



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İSTANBUL AYAZAĞA-CEBECİ-ÇATALCA  
BÖLGELERİNDEKİ AGREGA KAYNAKLARININ YÜKSEK  
DAYANIMLI BETONDA KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Jeo. Müh. Burcu GÜLER**  
**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Uygulamalı Jeoloji Programı**

**Danışmanlar**

**Prof. Dr. Atiye TUĞRUL**  
**Doç. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN**

**Haziran, 2006**

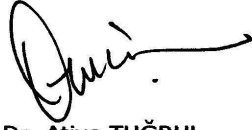
**İSTANBUL**

Bu alışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği tarafından T-785/27122005 sayılı proje ile desteklenmiştir.

**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

26/ 06/ 2006

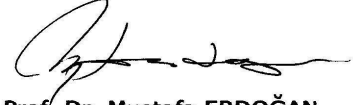
İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji programında Prof. Dr. Atiye TUĞRUL ve Doç. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN danışmanlığında İstanbul Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgelerindeki Agregat Kaynaklarının Yüksek Dayanımlı Betonda Kullanılabilirliği adlı Yüksek Lisans tez hazırlayan Burcu GÜLER'in savunma sınavını yapan jürimiz, tezin OYBİRLİĞİ ile KABULUNE karar vermiştir.



Prof. Dr. Atiye TUĞRUL  
Tez Danışmanı



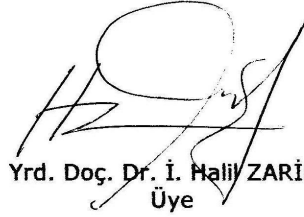
Prof. Dr. Okay GÜRPINAR  
Üye



Prof. Dr. Mustafa ERDOĞAN  
Üye



Prof. Dr. Aysan GÜRER  
Üye



Yrd. Doç. Dr. İ. Halil ZARİF  
Üye

## ÖNSÖZ

‘İstanbul Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri’ndeki Agregat Kaynaklarının Yüksek Dayanımlı Betonda Kullanılabilirliği’ konulu bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez konusunun seçiminde, bilimsel içeriğin oluşturulmasında katkılarda bulunan ve değerli önerileriyle çalışmayı yönlendiren, Danışmanım Prof. Dr. Atiye TUĞRUL’a ve tez çalışmamın arazi ve petrografik araştırmalarıyla yakından ilgilenen, Danışmanım Doç. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN’e,

Tez kapsamındaki arazi ve laboratuvar çalışmalarının sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için her türlü desteği sağlayan SET Beton A.Ş. Kalite Kontrol ve Çevre Müdürü Selahattin HASDEMİR’e,

Laboratuvar çalışmaları sırasında göstermiş oldukları yardımlardan dolayı, SET Beton Ambarlı Merkez Laboratuvar Şefi Bora YAĞLI’ya, İnş. Müh. Gediz TANCAN’a, teknisyen İrfan AKBABA’ya ve laboratuvar çalışanlarına,

İnce kesit fotoğraflarının çekilebilmesi için ortam sağlayan Prof. Dr. Sinan ÖNGEN’e,

Petrografik incelemeler için XRD analizleri sırasında desteğini esirgemeyen yüksek kimyager Jülide BAŞALAN’a ve kimyasal analizler sırasında yardımcı olan yüksek kimyager Semih SEZER’e,

Harita çizimlerim sırasında yardımını aldığım, Araş. Gör. Murat YILMAZ’a ve deneysel verilerin yorumlanmasında görüşlerinden yararlandığım, Araş. Gör. Ömer ÜNDÜL’e,

Tez çalışmam sırasında, hep yanımda olan ve hiçbir yardımdan kaçınmayan arkadaşlarıma ve yaşamımın her anında maddi ve manevi tüm desteklerinden dolayı aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Burcu GÜLER

## İÇİNDEKİLER

|                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                    | I    |
| İÇİNDEKİLER.....                                              | II   |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                            | V    |
| TABLO LİSTESİ.....                                            | VIII |
| SEMBOL LİSTESİ.....                                           | IX   |
| ÖZET.....                                                     | X    |
| SUMMARY.....                                                  | XI   |
| 1 GİRİŞ.....                                                  | 1    |
| 1.1 İNCELEME ALANININ TANITIMI.....                           | 3    |
| 1.1.1 Yüzey Şekilleri.....                                    | 4    |
| 1.1.2 Coğrafya .....                                          | 4    |
| 1.1.3 Akarsu Ağı.....                                         | 4    |
| 1.1.4 İklim.....                                              | 5    |
| 1.1.5 Bitki Örtüsü.....                                       | 5    |
| 1.1.6 Yerleşim ve Ulaşım .....                                | 6    |
| 1.2 ÇALIŞMANIN AMACI.....                                     | 6    |
| 1.3 ÖNCEKİ İNCELEMELER.....                                   | 6    |
| 1.3.1 Araştırma Alanının Jeolojisi İle İlgili Çalışmalar..... | 7    |
| 1.3.2 Araştırma Konusu İle İlgili Çalışmalar.....             | 9    |
| 2 MALZEME VE YÖNTEM .....                                     | 15   |
| 2.1 ARAZİ ÇALIŞMALARI .....                                   | 15   |
| 2.2 LABORATUVAR ÇALIŞMALARI.....                              | 15   |
| 2.2.1 Petrografik Araştırmalar .....                          | 16   |
| 2.2.2 Agrega Araştırmaları.....                               | 16   |
| 2.2.3 Beton Araştırmaları.....                                | 16   |
| 2.3 BÜRO ÇALIŞMALARI.....                                     | 16   |

|              |                                                                             |           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3</b>     | <b>BULGULAR.....</b>                                                        | <b>17</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>STRATİGRAFİ.....</b>                                                     | <b>17</b> |
| <b>3.1.1</b> | <b>Ayazağa-Cebeci Bölgesi.....</b>                                          | <b>17</b> |
| 3.1.1.1      | Trakya Formasyonu.....                                                      | 17        |
| 3.1.1.2      | Belgrad Formasyonu.....                                                     | 21        |
| 3.1.1.3      | Aliivyon.....                                                               | 22        |
| <b>3.1.2</b> | <b>Çatalca Bölgesi.....</b>                                                 | <b>22</b> |
| 3.1.2.1      | Temel Karmaşığı.....                                                        | 23        |
| 3.1.2.2      | Çatalca Graniti.....                                                        | 27        |
| 3.1.2.3      | Kırklareli Kireçtaşı.....                                                   | 27        |
| 3.1.2.4      | Sazlıdere Formasyonu.....                                                   | 29        |
| 3.1.2.5      | Gürpınar Formasyonu.....                                                    | 29        |
| 3.1.2.6      | Aliivyon.....                                                               | 30        |
| <b>3.2</b>   | <b>YAPISAL JEOLOJİ .....</b>                                                | <b>31</b> |
| <b>3.2.1</b> | <b>Kıvrımlar.....</b>                                                       | <b>31</b> |
| <b>3.2.2</b> | <b>Faylar.....</b>                                                          | <b>31</b> |
| <b>3.2.3</b> | <b>Diskondanslar.....</b>                                                   | <b>32</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>TARİHSEL JEOLOJİ .....</b>                                               | <b>32</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ.....</b>                                           | <b>36</b> |
| <b>3.4.1</b> | <b>Agrega Olarak Kullanılacak Kayaçların Jeolojik Özellikleri.....</b>      | <b>37</b> |
| <b>3.4.2</b> | <b>Agregaların Mineralojik ve Petrografik Özellikleri.....</b>              | <b>44</b> |
| <b>3.4.3</b> | <b>Agregaların Kimyasal Özellikleri.....</b>                                | <b>53</b> |
| <b>3.4.4</b> | <b>Agrega Deneyleri.....</b>                                                | <b>55</b> |
| 3.4.4.1      | Agregaların Tane Büyüklüğü Dağılımı .....                                   | 55        |
| 3.4.4.2      | Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı.....                            | 59        |
| 3.4.4.3      | Agregaların Gevşek Yığın Yoğunluğu ve Boşluk Hacmi.....                     | 62        |
| 3.4.4.4      | Agregalarda Kum Eşdeğeri Deneyi.....                                        | 64        |
| 3.4.4.5      | Agregalarda Metilen Mavisini Deneyi .....                                   | 65        |
| 3.4.4.6      | Agregaların Yassılık Endeksi.....                                           | 65        |
| 3.4.4.7      | Agregaların Şekil İndisi.....                                               | 66        |
| 3.4.4.8      | Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci (Mikro-Deval Katsayısı).....             | 67        |
| 3.4.4.9      | Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (Los Angeles Katsayısı).....         | 68        |
| 3.4.4.10     | Agregalarda Magnezyum Sülfat Deneyi.....                                    | 70        |
| <b>3.4.5</b> | <b>Agregaların Alkali-Agrega Reaksiyonu Yönünden Değerlendirilmesi.....</b> | <b>71</b> |
| 3.4.5.1      | Hızlandırılmış Harç Çubuğu Yöntemi.....                                     | 72        |
| <b>3.4.6</b> | <b>Çimentonun Özellikleri.....</b>                                          | <b>76</b> |
| <b>3.4.7</b> | <b>Su.....</b>                                                              | <b>76</b> |
| <b>3.4.8</b> | <b>Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemesi.....</b>                                | <b>77</b> |
| <b>3.4.9</b> | <b>Beton Deneyleri.....</b>                                                 | <b>77</b> |
| 3.4.9.1      | Taze Betonda Çökme Deneyi .....                                             | 79        |
| 3.4.9.2      | Taze Betonda Birim Ağırlık.....                                             | 79        |
| 3.4.9.3      | Taze Betonda Hava İçeriği.....                                              | 80        |
| 3.4.9.4      | Sertleşmiş Betonda Basınç Dayanımı.....                                     | 82        |
| 3.4.9.5      | Sertleşmiş Betonda Yarmada Çekme Dayanımı.....                              | 85        |

|          |                               |           |
|----------|-------------------------------|-----------|
| <b>4</b> | <b>TARTIşMA VE SONUÇ.....</b> | <b>86</b> |
|          | <b>KAYNAKLAR.....</b>         | <b>89</b> |
|          | <b>ÖZGEÇMİş.....</b>          | <b>98</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                    |                                                                                                                                           |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 1-1:</b>  | İncelenen alanların yer bulduru haritası.....                                                                                             | 3  |
| <b>Şekil 3-1:</b>  | Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nin jeoloji haritası ve enine kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).....          | 18 |
| <b>Şekil 3-2:</b>  | Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nin genelleştirilmiş stratigrafi sütun kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır)..... | 19 |
| <b>Şekil 3-3:</b>  | Çatalca Bölgesi'nin jeoloji haritası ve enine kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).....                 | 24 |
| <b>Şekil 3-4:</b>  | Çatalca Bölgesi'nin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).....       | 25 |
| <b>Şekil 3-5:</b>  | Ayazağa Bölgesi'ndeki taş ocağından genel bir görünüm.....                                                                                | 37 |
| <b>Şekil 3-6:</b>  | Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşlarını kesen diyabaz daykları.....                                                                            | 37 |
| <b>Şekil 3-7:</b>  | Ayazağa Bölgesi'ndeki taş ocağında gözlenen taban çakıltası.....                                                                          | 39 |
| <b>Şekil 3-8:</b>  | Cebeci Bölgesi'ndeki taşocağından genel bir görünüm.....                                                                                  | 39 |
| <b>Şekil 3-9:</b>  | Cebeci Bölgesi'ndeki kumtaşlarında gözlenen antiklinal yapısı.....                                                                        | 41 |
| <b>Şekil 3-10:</b> | Cebeci Bölgesi'ndeki birimlerin kıvrımlı ve kırıklı yapısı.....                                                                           | 41 |
| <b>Şekil 3-11:</b> | Çatalca Bölgesi'ndeki resifal kireçtaşının kıvrımlı ve kırıklı yapısı.....                                                                | 42 |
| <b>Şekil 3-12:</b> | Çatalca Bölgesi'ndeki kireçtaşlarında gözlenen eklem sistemleri.....                                                                      | 43 |
| <b>Şekil 3-13:</b> | Çatalca kireçtaşlarında şist çakılları içeren taban çakıltası.....                                                                        | 43 |
| <b>Şekil 3-14:</b> | Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X).....                                                        | 45 |
| <b>Şekil 3-15:</b> | Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşı içerisinde gözlenen meta-diyabazın mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X).....                              | 46 |
| <b>Şekil 3-16:</b> | Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşı içerisinde gözlenen meta-diyabazın mikroskopik görünümü (Tek Nikol, 25X).....                               | 46 |
| <b>Şekil 3-17:</b> | Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşına ait tüm kayaç X-Işınları Difraktogramı.....                                                         | 47 |
| <b>Şekil 3-18:</b> | Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X).....                                                         | 48 |
| <b>Şekil 3-19:</b> | Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşının mikroskopik görünümü (Tek Nikol, 25X).....                                                          | 48 |

|                    |                                                                                                                              |    |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 3-20:</b> | Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşına ait tüm kayaç X-Işınları Difraktogramı.....                                             | 49 |
| <b>Şekil 3-21:</b> | Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X).....                                          | 50 |
| <b>Şekil 3-22:</b> | Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 63X).....                                          | 50 |
| <b>Şekil 3-23:</b> | Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşına ait tüm kayaç X-Işınları Difraktogramı .....                                          | 51 |
| <b>Şekil 3-24:</b> | Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 63X).....                                         | 52 |
| <b>Şekil 3-25:</b> | Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Tek Nikol, 63X).....                                          | 52 |
| <b>Şekil 3-26:</b> | Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşına ait tüm kayaç X-Işınları Difraktogramı.....                                          | 53 |
| <b>Şekil 3-27:</b> | Ayazağa kumtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri.....                                                                  | 58 |
| <b>Şekil 3-28:</b> | Cebeci kumtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri.....                                                                   | 58 |
| <b>Şekil 3-29:</b> | Cebeci kireçtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri.....                                                                 | 59 |
| <b>Şekil 3-30:</b> | Çatalca kireçtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri.....                                                                | 59 |
| <b>Şekil 3-31:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Doygun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu değerlerinin değişimi.....                            | 60 |
| <b>Şekil 3-32:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Kuru Tane Yoğunluğu değerlerinin değişimi.....                                         | 61 |
| <b>Şekil 3-33:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Gevşek Yığın Yoğunluğu değerlerinin değişimi.....                                      | 63 |
| <b>Şekil 3-34:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Yassılık Endeksi ve Şekil İndisi değerlerinin değişimi .....                           | 67 |
| <b>Şekil 3-35:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Mikro-Deval aşınma dayanımı ve Los Angeles parçalanma oranı değerlerinin değişimi..... | 69 |
| <b>Şekil 3-36:</b> | Ayazağa kumtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi.....                                                                    | 74 |
| <b>Şekil 3-37:</b> | Cebeci kumtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi.....                                                                     | 74 |
| <b>Şekil 3-38:</b> | Cebeci kireçtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi.....                                                                   | 75 |
| <b>Şekil 3-39:</b> | Çatalca kireçtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi.....                                                                  | 75 |

|                    |                                                                                    |    |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 3-40:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Taze Beton Birim Ağırlık değerleri.....      | 80 |
| <b>Şekil 3-41:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Beton Basınç Dayanım değerleri.....          | 84 |
| <b>Şekil 3-42:</b> | Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Betonda Yarmada Çekme Dayanım değerleri..... | 85 |

## TABLO LİSTESİ

|                    |                                                                                                     |    |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 3-1:</b>  | Agregalarda Suda Çözünen Sülfat İçeriği.....                                                        | 54 |
| <b>Tablo 3-2:</b>  | Agregalarda Asitte Çözünen Sülfat İçeriği.....                                                      | 54 |
| <b>Tablo 3-3:</b>  | Agregalarda Klorür İçeriği.....                                                                     | 54 |
| <b>Tablo 3-4:</b>  | Agregalarda Toplam Kükürt İçeriği.....                                                              | 54 |
| <b>Tablo 3-5:</b>  | Ayazağa Kumtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları.....                                           | 56 |
| <b>Tablo 3-6:</b>  | Cebeci Kumtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları.....                                            | 56 |
| <b>Tablo 3-7:</b>  | Cebeci Kireçtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları.....                                          | 57 |
| <b>Tablo 3-8:</b>  | Çatalca Kireçtaşı Agregalarının Elek Analizi Deney Sonuçları.....                                   | 57 |
| <b>Tablo 3-9:</b>  | Agregalarda Doygun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu.....                                                   | 60 |
| <b>Tablo 3-10:</b> | Agregalarda Kuru Tane Yoğunluğu.....                                                                | 61 |
| <b>Tablo 3-11:</b> | Agregalarda Su Emme Oranı.....                                                                      | 62 |
| <b>Tablo 3-12:</b> | Agregalarda Gevşek Yığın Yoğunluğu.....                                                             | 62 |
| <b>Tablo 3-13:</b> | Agregalarda Boşluk Hacmi.....                                                                       | 63 |
| <b>Tablo 3-14:</b> | Agregaların Kum Eşdeğeri Değeri.....                                                                | 64 |
| <b>Tablo 3-15:</b> | Agregaların Metilen Mavisi Değeri .....                                                             | 65 |
| <b>Tablo 3-16:</b> | Agregaların Yassılık Endeksi.....                                                                   | 66 |
| <b>Tablo 3-17:</b> | Agregaların Şekil İndisi.....                                                                       | 66 |
| <b>Tablo 3-18:</b> | Agregaların Mikro-Deval Katsayısı.....                                                              | 68 |
| <b>Tablo 3-19:</b> | Agregaların Los-Angeles Katsayısı.....                                                              | 69 |
| <b>Tablo 3-20:</b> | Agregaların Magnezyum Sülfat İçeriği.....                                                           | 70 |
| <b>Tablo 3-21:</b> | Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgesi agregalarıyla hazırlanan harç çubuklarının genleşme oranları..... | 73 |
| <b>Tablo 3-22:</b> | Çimentonun Fiziksel Özellikleri.....                                                                | 76 |
| <b>Tablo 3-23:</b> | Çimentonun Kimyasal Özellikleri.....                                                                | 76 |
| <b>Tablo 3-24:</b> | Çimentonun Mekanik Özellikleri.....                                                                 | 76 |
| <b>Tablo 3-25:</b> | Beton Karışım Dizaynı.....                                                                          | 78 |
| <b>Tablo 3-26:</b> | Taze Beton Özellikleri.....                                                                         | 81 |
| <b>Tablo 3-27:</b> | Sertleşmiş Beton Özellikleri.....                                                                   | 83 |

## SEMBOL LİSTESİ

|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>SO<sub>3</sub></b>    | Sülfat İçeriği                    |
| <b>C</b>                 | Klorür İçeriği                    |
| <b>S</b>                 | Toplam Kükürt İçeriği             |
| <b>ρ<sub>ssd</sub></b>   | Doygun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu  |
| <b>ρ<sub>rd</sub></b>    | Kuru Tane Yoğunluğu               |
| <b>WA<sub>24</sub></b>   | 24 Saatteki Su Emme Oranı         |
| <b>ρ<sub>b</sub></b>     | Gevşek Yığın Yoğunluğu            |
| <b>v</b>                 | Boşluk Hacmi                      |
| <b>SE</b>                | Kum Eşdeğeri                      |
| <b>MB</b>                | Metilen Mavisi                    |
| <b>FI</b>                | Yassılık Endeksi                  |
| <b>SI</b>                | Şekli İndisi                      |
| <b>M<sub>DE</sub></b>    | Mikro-Deval Katsayısı             |
| <b>LAV<sub>500</sub></b> | Los-Angeles Katsayısı (500 devir) |
| <b>MS</b>                | Magnezyum Sülfat İçeriği          |
| <b>TS EN</b>             | Türk standartları                 |
| <b>ASTM</b>              | Amerikan standartları             |

## ÖZET

### İSTANBUL AYAZAĞA - CEBECİ- ÇATALCA BÖLGELERİNDEKİ AGREGA KAYNAKLARININ YÜKSEK DAYANIMLI BETONDA KULLANILABİLİRLİĞİ

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. İstanbul'un Avrupa yakasındaki kumtaşı ve kireçtaşlarının jeolojik, petrografik ve mineralojik özelliklerinin yanı sıra yapılan standart agrega deneyleri ve beton deneyleri ile yüksek dayanımlı betonda agrega olarak kullanılabilirlikleri ayrıntılı bir şekilde karşılaştırılmıştır.

Çalışma, Ayazağa, Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nde gerçekleştirilmiştir. Ayazağa Bölgesi'ndeki kırmataş ocakları, Cendere vadisi içerisinde yer almaktadır. Bölgedeki koyu gri renkli, Devoniyen yaşlı kumtaşı incelenmiştir. Bu kumtaşı köşeli-yarı köşeli, ince-orta tanelidir. Cebeci Bölgesi'ndeki Karbonifer yaşlı kumtaşı ile kireçtaşları incelenmiştir. Kumtaşı, koyu gri renkli, köşeli-yarı köşeli orta ince tanelidir. Kireçtaşları ise, koyu gri ve mavimsi siyah renkli, yaygın sparit damarlı, sert tabakalı veya masif görünümlü, biyomikritiktir. Çatalca Bölgesindeki kırmataş ocakları, Sarıkayatepe mevkiinde bulunmaktadır. Bölge de orta-kalın tabakalanmalı, bol fosilli, mikritik kireçtaşları işlenmektedir.

Araştırmalara, ilk olarak; Ayazağa, Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nde arazi gözlemleriyle başlanmış ve laboratuvar çalışmaları için agrega örnekleri alınmıştır. Bu örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve bunlar polarizan mikroskopta incelenmiştir. Ayrıca, kayaçların mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi için XRD analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, farklı agregaların beton özelliklerine etkilerini değerlendirmek amacıyla TS EN Standartlarına göre agrega deneyleri yapılmıştır. Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının alkali-agrega reaksiyonu yönünden değerlendirilmesi için hızlandırılmış harç çubuğu yöntemi kullanılmıştır.

Aynı agrega örnekleriyle, çimento dozajları farklı iki beton karışımı yapılmıştır. Hazırlanan beton numuneleri üzerinde taze beton deneyleri ile sertleşmiş beton deneyleri (basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı) yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre, farklı çimento dozajları ile yapılan betonların 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında, en yüksek dayanımı Çatalca ve Cebeci kireçtaşı agregalı betonların verdiği görülmüştür.

Ayazağa, Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'ndeki kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının petrografik özelliklerinin yanı sıra agrega özelliklerinin de standartlarda belirtilen kabul edilebilir limitler içinde bulunması veya bu limit değerlere çok yakın olması nedeniyle yüksek dayanımlı beton agregası olarak kullanılmaları uygundur.

## **SUMMARY**

### **USABILITY OF AGGREGATE RESOURCES IN İSTANBUL AYAZAĞA-CEBEÇİ-ÇATALCA REGIONS IN HIGH STRENGTH CONCRETE**

This study was prepared as Master Thesis in Applied Geology Program, Department of Geological Engineering, Graduate School of Science, İstanbul University. Geological, petrographical, mineralogical of the sandstones and limestones in European part of İstanbul and also their usability as high strength concrete aggregate with the standard aggregate tests and concrete tests were correlated in details.

The study was carried out in Ayazağa, Cebeci and Çatalca regions. The quarries in Ayazağa region are located in Cendere Valley. In the region dark grey colored Devonian sandstones were investigated. These sandstones are angular-semi angular and fine-medium grained. In Cebeci region, Carboniferous sandstone and limestone were investigated. Sandstones are dark grey colored, angular-semi angular, medium-fine grained. Biomicritic limestones are dark grey and blue black colored with sparit veins. The quarries that are in Çatalca region are located in Sarıkayatepe. In the region there are fossiliferous micritic limestones.

Experimental studies were firstly begun with field observations and aggregate specimens were taken from Ayazağa, Cebeci and Çatalca Regions. From these samples, thin sections were prepared and they were examined under a polarising microscope. Besides, XRD analysis was made for determining mineralogical composition of the rocks.

In this study, for the evaluation the effect of different aggregates on concrete properties, standard aggregate tests were carried out in accordance with TS EN Standards. Accelerated mortar bar tests were also performed on sandstone and limestone aggregates for evaluation of the rocks from the point of alkali-aggregate reaction.

Two concrete mixtures are made by using same aggregate samples with two different cement dosages. Fresh and hardened concrete tests were carried out (compressive strength and tensile splitting strength) on the prepared concrete specimens. According to the experimental results conducted on concrete samples made with Çatalca limestone and Cebeci limestone aggregates, have highest strength.

Because of the petrographical characteristics and the aggregate properties of the sandstone and limestone aggregates produced in Ayazağa, Cebeci and Çatalca regions are in the acceptable limits or very close to these limits, therefore they are suitable to use in high strength concrete.

# 1 GİRİŞ

Ülkemizde son yirmi yıl içinde köyden kente hızlı bir nüfus akımının meydana gelmiş olması, bu nüfus hareketinin tabii sonucu olarak inşaat sektöründeki büyüme ve gelişme, yol yapımının hızlanması ve benzer nedenlerle agrega talebinde büyük artışlar olmuştur. Bu artışta agrega maliyetinin çimento maliyetinden düşük olması da bir etkindir. Ancak agreganın betonda bir dolgu malzemesi olarak kullanılmasının tek sebebi ekonomi sağlamak değildir. Agrega aynı zamanda betona önemli teknik avantajlar sağlar; beton çimento hamuruna göre daha iyi bir hacim sabitliğine ve çevre etkilerine karşı daha çok dayanıklılığa sahip olur. Bunlarla birlikte taze betonun işlenebilmesi, pompalanabilmesi, beton içerisindeki hava miktarı da agrega tarafından belirlenir (Erdoğan, 1995).

Beton, dünyada olduğu gibi ülkemizde en çok kullanılan yapı malzemesidir. Betonda aranan en önemli özellik ise basınç dayanımıdır. Binalarda basınç dayanımı yüksek beton kullanılması amaçlanmalıdır. Bu gelişmelerin altında yatan neden araştırma ve geliştirmedir. Araştırma ve geliştirmeye gerekli önem verildikçe teknolojik ilerlemede kaçınılmazdır.

Beton teknolojisindeki hızlı gelişmeyle birlikte artık günümüzde basınç dayanımı 120 MPa'ı aşan betonlar yapılarda kullanılabilmektedir. Beton basınç dayanımının artmasıyla; betonun elastisite modülü de artmakta, yüksek yoğunluk, düşük geçirimsizlik ve dış etkenlere karşı daha yüksek dayanım elde edilmektedir. Betonlardaki bu yüksek dayanıma agregaların etkisi çok büyüktür. Normal dayanımlı betonlarda agrega ve matriks arasındaki geçiş zonunu, su/çimento oranının etkileme faktörü çok zayıftır. Fakat, yüksek dayanımlı betonlarda, su/çimento oranının aşırı derecede azalmasından dolayı, matriks ve arayüzey dayanımı oldukça artar. Bunun sonucunda da, agrega türünün etkisi artmış olur.

Kaliteli bir beton elde edebilmek için taze ve sertleşmiş beton performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan agreganın, seçimi çok önemlidir. Agreganın kimyasal ve mineralojik bileşimi, petrografik yapısı, tane yoğunluğu, dayanımı, fiziksel ve kimyasal kararlılığı, boşluk yapısı, rengi gibi özellikleri elde edildiği kayacın özelliklerine bağlıdır. Ancak genellikle agreganın tane şekli ve boyutları, yüzey yapısı

ve su emmesi gibi özellikleri göz önüne alınır. Bu nedenle agreganın elde edildiği kayacın özelliklerinin kayacın mikroskop altında göstermiş olduğu dokusal özellikler, mineral taneleri ve boyutları, birbirleriyle olan ilişkilerinin, ayrışma derecelerinin ve türlerinin iyi bilinmesi gerekir.

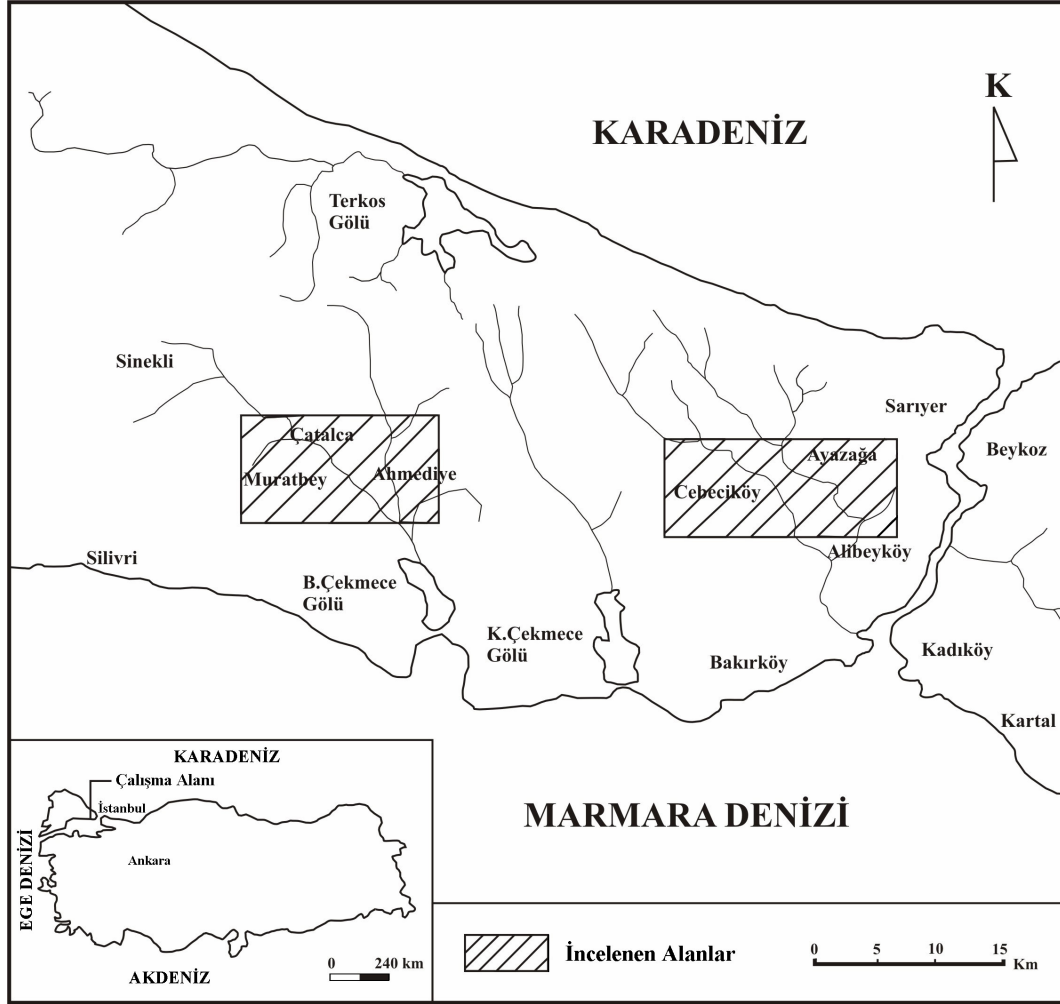
Bu çalışmada Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'ndeki kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının yüksek dayanımlı betonda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırmalara ilk olarak; saha çalışmalarıyla başlanmıştır. Bu çalışmalar kapsamında, laboratuvar araştırmaları için agregalardan örnekleme yapılmış ve bu temsili örneklerden ince kesitler hazırlanarak, polarizan mikroskopta mineralojik-petrografik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, kayaçların mineralojik bileşimlerini desteklemek amacıyla XRD analizleri de yapılmıştır.

Çalışma kapsamında betonu oluşturan bileşenlerden en önemlisi olan agregaların özellikleri TS 706 EN 12620 Standardına göre yapılan deneylerle saptanmış, agregalar içindeki minerallerin betona etkisi ve agregaların alındığı bölgelerin jeolojik özellikleri de anlatılmıştır. Ayazağa-Cebeci kumtaşı ve Cebeci Çatalca kireçtaşı agregaları üzerinde hızlandırılmış harç çubuğu yöntemi kullanılarak alkali-agrega reaksiyonu deneyleri yapılmıştır.

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgesi kumtaşı ve kireçtaşları kullanılarak, çimento dozajları farklı ( $300 \text{ kg/m}^3$  ve  $400 \text{ kg/m}^3$ ) iki farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Beton karışımları için en uygun granülometri seçilmiş, aynı tür kum ve çimento kullanılmış ve su/çimento oranı sabit tutulmuştur. Hazırlanan beton numuneleri üzerinde taze beton deneyleri (çökme deneyi, birim ağırlık ve hava içeriği) ile sertleşmiş beton numunelerine ait basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı belirlenmiştir.

## 1.2 İNCELEME ALANININ TANITIMI

İnceleme alanı İstanbul ilinin Avrupa yakasında yer alan Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgelerini kapsar (Şekil 1-1).



Şekil 1-1: İncelenen alanların yer bulduru haritası

### **1.1.1 Yüzey Şekilleri**

İstanbul genelinde düzensiz ve dağınık yapılaşmanın etkisiyle birçok tepe yerleşim alanları içerisinde kalmıştır.

Ayazağa Bölgesi'nin başlıca yükseltileri; Alaypınar Tepe (176m), Kocaman Tepe (155m), Kavaklar Tepe (138m), Nişantaşı Tepe(114m), Papaz çayırı Tepe (112m) ve Şamlı Tepe (93,8 m)'dir.

Cebeci Bölgesi'nin en önemli yükseltileri; Düzkıran Tepe (180m.), Kocaman Tepe (155m.), Çınar Tepe (151m.) ve Çiftebayır Tepe (120m.)'dir. Yükseltiler kuzeyden güneye doğru alçalım göstermekte olup, KB-GD doğrultudur.

Çatalca Bölgesi çok yüksek alanlara sahip olmakla birlikte yükseltiler kuzeye doğru artmaktadır. En önemli yükseltiler; Yel değirmeni Tepe (240m), Sarıkaya Tepe (238m), İhlamur Tepe (229 m), Celaliye Tepe (224 m), Ağamezarı Tepe(201 m)'dir.

### **1.1.2 Coğrafya**

İstanbul'un Şişli ilçesine bağlı olan Ayazağa Bölgesi yaklaşık 10 km uzunluğundaki KB-GD doğrultulu Cendere vadisi içerisinde yer almaktadır.

İstanbul Boğazı'nın batısında yer almakta olan Cebeci Bölgesi'nin kuzeybatısında Yayla köyü, batısında Habipler, güneybatısında Sultançiftliği mahallesi, güneydoğusunda Gazi mahallesi, doğusunda Alibeyköy Barajı, kuzeydoğusunda ise Kemerburgaz bulunmaktadır.

İstanbul'un KB'sında yer alan Çatalca Bölgesi, Çatalca'nın güneyindeki Muratbey ve Ahmediye köyleriyle çevresini kapsamaktadır.

### **1.1.3 Akarsu Ağı**

Ayazağa Bölgesi'ndeki başlıca akarsular; Malova Deresi, Ayazağa Deresi ve Azizpaşa Çayırı Deresi'dir. Bu dereler Haliç ve İstanbul Boğazına dökülmekte olup, dendritik ve menderesli drenaj sistemi gösterirler.

Cebeci Bölgesi'nde genellikle ince dendritik drenaj sistemi gözlenmektedir. Akarsular kuzeybatı-güneydoğu yönünde akmakta ve sularını Alibeyköy Baraj gölüne boşaltmaktadır. En önemli akarsular ise kuzeydeki Malova Deresi ile Cebeciköy' den geçen Cebeci Deresi'dir.

Çatalca Bölgesi'ndeki akarsular; Kocakarı Köprüsü Dere, İhlamur Deresi, Celaliye Deresi, Keşli Deresi ve Türkoba Deresi'dir.

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nde bu derelerin dışında birçok kuru dere de bulunmaktadır.

#### **1.1.4 İklim**

Çalışma alanı Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin kesişme sahasıdır. Genel anlamda karasal iklim hakimdir. Bölgede; yazlar sıcak ve kurak, kışlar yağışlı ve soğuktur. En çok yağış Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında görülür. Son 5 yılın verilerine göre; en soğuk ay ortalamasının 5°C, en sıcak ay ortalamasının da 22 °C olduğu görülmüştür.

#### **1.1.5 Bitki Örtüsü**

İstanbul'da yerleşim yerlerinin orman alanları içinde kalması, bitki örtüsünün zamanla azalmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında bitki örtüsü güneyden kuzeye gidildikçe artmaktadır.

Ayazağa Bölgesi, ağaçlı maki bitki topluluklarından, çayırlardan ve orman alanlarından oluşmaktadır.

Cebeci Bölgesi'nin kuzey kesimlerinde görülen sık çam ormanları arasında yer yer çayırlar da bulunmaktadır. Alibeyköy Baraj gölü çevresinde de ağaçlandırma sahaları yer almaktadır.

Çatalca Bölgenin bitki örtüsünü ise, genellikle tarım arazileri oluşturmaktadır. Tarım arazilerinde tahıl bitkileri ve ayçiçeği yetiştirilmektedir. Bunların dışında yer yer maki bitki örtüsü de görülmektedir.

### **1.1.6 Yerleşim ve Ulaşım**

İstanbul'un Ayazağa ve Cebeci Bölgeleri'nde, yerleşim yerlerinin büyük bir bölümünün kaçak ve ruhsatsız oluşu ve beraberinde artan nüfus oranı, alt yapı eksikliğini ortaya çıkarmaktadır. Son yıllarda İstanbul'a olan göçler yerleşimi Çatalca Bölgesi'ne kaydırmakta ve başlıca yerleşim yerlerini de ilçeye bağlı köyler oluşturmaktadır.

Ulaşım açısından oldukça elverişli bir konuma sahip olan İstanbul'un Ayazağa, Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nde toplu taşıma araçları düzenli bir şekilde çalışmaktadır. Ayrıca TEM otoyolu da ulaşımı kolaylaştırmaktadır. Taş ocaklarının çevresindeki yollar stabilize olup, günün her saati kamyon trafiği vardır.

## **1.2 ÇALIŞMANIN AMACI**

Performans ve ekonominin önemli olduğu günümüzde beton özelliklerinin iyileştirilmesi daha fazla önem kazanmıştır. İstenilen performansta bir beton elde edilebilmek için uygun malzemenin kullanılması gerekir. İyi bir beton için kaliteli bir agrega kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, betonda kullanılacak agregaların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin, TS EN 12620 standartlarına uygun olması gerekir.

Yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, betonu oluşturan temel malzemelerden agreganın mineralojik ve petrografik özelliklerinin beton davranışına etkisi araştırılmış, agrega özellikleri ele alınarak neden-sonuç ilişkileri üzerinde durulmuştur.

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'ndeki taş ocaklarından alınan kumtaşları ve kireçtaşlarının jeolojik, mineralojik ve petrografik özelliklerinin yanı sıra standart agrega ve beton deneyleri ışığı altında, yüksek dayanımlı beton agregası olarak kullanılabilirlikleri agrega kalitesi yönünden karşılaştırılmıştır.

## **1.3 ÖNCEKİ İNCELEMELER**

Önceki incelemeler, araştırma alanı ve araştırma konusu ile ilgili çalışmalar olarak iki kısımda sunulmuştur.

### 1.3.1 Araştırma Alanının Jeolojisi İle İlgili Çalışmalar

İstanbul'un jeolojisi 19.yy. ortalarından günümüze kadar yerli ve yabancı birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalar aşağıda, kronolojik sıralama ile sunulmuştur.

**Tchihatcheff (1864);** İstanbul ve çevresinde ilk ciddi ve kapsamlı jeolojik çalışmayı yapmıştır. Trakya formasyonunun yaşını Devoniyen olarak belirlemiş, Bakırköy civarında gölsel kökenli Mactralı kireçtaşlarının varlığından söz etmiştir.

**Penck (1919);** İstanbul civarında Paleozoyik arazinin sınırlarını çizmiştir. Trakya serisi adını verdiği bu birimin Alt-Üst Devoniyen döneminde karasal fasiyeste çökeldiğini kabul etmiştir.

**Chaput (1931);** İstanbul ve civarının jeolojisini inceleyerek 1/25000 ölçekli haritasını hazırlamıştır. Cebeciköy'deki kireçtaşlarının varlığını ve stratigrafik ilişkileri dolayısıyla da Trakya serisinin Karbonifer yaşta olduğunu belirtmiştir.

**Pamir ve Sayar (1933);** Küçükçekmece formasyonu içerisinde buldukları omurgasızlara ait yirmidokuz diş ve kemik fosilini tayin ettirerek, Mactralı kireçtaşı (Bakırköy kireçtaşı üyesi) ve kemikli kum çakıllı (Çukurçeşme üyesi) Miyosen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Trakya formasyonunun yaşını ise, Devoniyen olarak kabul etmişlerdir.

**Paeckelman (1938);** Trakya serisinin Primer derecelenme gösterdiğini ve Trakya formasyonunun denizel kökenli olduğunu belirtmiştir. Trakya formasyonu üyesi olan Çamurluhan şeyl ve konglomeralarının Orta Devoniyen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

**Pamir-Baykal (1947);** Istranca Dağları'nda yaptıkları çalışmalarında Metamorfik kayaları; a) Kırklareli Gnaysı, b) Fatmakaya Gnaysı, c) Fillat, kuvarsit ve mikalı şistler, d) Mermer olarak ayrı ayrı haritalamış ve tümünün Alt Kambriyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada asıl inceleme konusu olan Eosen yaşlı resifal kireçtaşından “resifal kalker seviyeleri” olarak bahsedilmiştir.

**Dizer (1951);** Çatalca-Küçükçekmece arasındaki Eosen kireçtaşının paleontolojisini doktora tezi olarak sunmuştur. Saptadığı fosillere dayanarak Priaboniyen-Oversiyen-Lütesiyen katlarını kullanmıştır. Muratbey dolayından derlediği fosillerde Priaboniyen-Lütesiyen yaşını saptamıştır.

**Akartuna (1953);** Çatalca ve Karacaköy bölgesinde yaptığı çalışmalarda, kristalen şist ve Kuvarsitlere Üst Silüriyen-Orta Devoniyen yaşını vermiştir. Eosen'i Lütesiyen-Oversiyen, Oversiyen-Priaboniyen olarak iki bölümde incelemiş, Neojenin Üst Miyosen ve Pliyosen tabakaları ile temsil edildiğini ileri sürmüştür.

**Erentöz (1953);** Neojen olarak varsayılan istifin hepsini Sarmasiyen'e dahil ederek Congeria'lı kum katmanlarının Sarmasiyen'in en üstü sayılabileceğini belirtmiştir.

**Yalçınlar (1954);** Trakya formasyonunun ilk defa Karbonifer yaşlı olabileceğini belirtmiştir. Cebeciköy'deki Vizeen yaşlı kireçtaşının varlığını ortaya çıkarmıştır. Cebeciköy kireçtaşı üzerine gelen silisli şeylerin florasına dayanarak Trakya serisini Üst Devoniyen-Vestfaliyen yaşında karasal bir istif olarak kabul etmiştir.

**Arıç (1955);** Haliç ve Küçükçekmece arasında yapmış olduğu doktora çalışmasında en altta kumtaşı ve Congeria'lı kireçtaşı, onun üzerinde kemikli kum ve çakıllar kil ve marn, en üstte de Mactralı kireçtaşı seviyelerine ayırmış ve bu seviyelere Sarmasiyen yaşını vermiştir.

**Ülkümen-Rückert (1960);** İnceleme alanını KB'sında Neojen balıklarının paleontolojisini konu aldığı doktora tezinde Congeria'lı kireçtaşını Miyosen'in en altına yerleştirmiş ve Eosen istifleri üzerinde düşük açılı uyumsuzlukla bulunduğunu belirtmiştir.

**Baykal ve Kaya (1963);** Trakya formasyonu içerisinde bulunan "Hepidostrobus browni Schimper Eleutherophyllum mirabile Sternb" gibi fosillere dayanarak bu formasyonun Vizeen yaşında olduğunu belirtmişlerdir.

**Abdüsselamoğlu (1963);** Baltalimanı formasyonunu çörtler (lidit, radyolarit) olarak nitelendirmiştir. Trakya formasyonunun içinde ise grovak şistlerin çörtler üzerinde bulunmaları dolayısı ile Karbonifer yaşında olduklarını belirtmiştir.

**Sönmez-Gökçen (1964);** Doktora tezinde Üst Miyosen olarak bilinen çökellerin, bu inceleme alanında toplanan fosillerin yardımıyla Stampiyen yaşında olduklarını saptamıştır.

**Keskin (1966);** Pınarhisar resif karmaşığını, doktora tez konusu olarak çalışmış ve Kırklareli kireçtaşının stratigrafi aşamasını üyeden formasyona yükseltmiştir. Ayrıntılı mikrofasiyes incelemesi sonucunda bu birimdeki paleotopoğrafya şekilleriyle yakından ilgili olan kalınlığın bir yerden başka bir yere oldukça değiştiğini ve dört çeşit ortamda çökeldiğini ileri sürmüştür.

**Kaya (1971);** İstanbul Bölgesi'nin genel Karbonifer stratigrafisini çalışmıştır. Trakya formasyonunun Vizeen ortası sonuna kadar olan bir zaman aralığını kapsadığını belirtmiştir.

**Kasar (1987);** TPAO adına hazırladığı “Kuzey Trakya Bölgesi'nin Jeolojisi” adlı raporunda birim ayırtlaması yapmış ve bölgenin hidrokarbon potansiyeli hakkında görüşler ortaya koymuştur.

### **1.3.2 Araştırma Konusu İle İlgili Çalışmalar**

İstanbul ve civarında birçok kumtaşı ve kireçtaşı ocağı bulunmaktadır. Bu ocaklar, asfalt ve beton agregası olarak genellikle özel sektör tarafından işletilmektedir. Beton agregaları üzerinde farklı amaçlara yönelik yapılan ülkemizde ve dünyada çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalar aşağıda, kronolojik sıralama ile sunulmuştur.

**Ramsay, vd. (1974);** Farklı kökenli malzemelerden üretilen kırmataşlar üzerinde yaptıkları araştırmalarda, kayaçların petrografik özellikleri ile bunlardan elde edilen kırmataşların şeklinin agrega kırılma ve darbe dayanımlarını önemli oranda etkilediğini belirtmişlerdir.

**Fookes (1980);** Bağlayıcılar ve agregalar üzerinde yaptığı çalışmada, çimento türlerini, betonda kullanılacak agregaların oranlarını ve betonu oluşturan malzemelerin özelliklerinin önemine değinmiştir. Agregaların fiziko-mekanik özelliklerinin betonun dayanımına ve durabilitesine olan etkilerini tartışmıştır. Agregalar üzerinde yapılan inceleme ve deneyleri tanıtarak, betondaki önemine ayrıntılı olarak değinmiştir. Ayrıca

yazar, betonda kullanılması düşünölen agregalar için, agrega özelliklerine ait limit değlererin hangi sınırlar arasında olması yönünde değlendirmelere yer vermiştir.

**Al-Jassar ve Hawkins (1991);** Bristol'e yakın olan kireçtaşı ocaklarından derledikleri numuneler üzerinde petrografik, kimyasal ve mineralojik analizler yapmışlardır. Örneklerin daha sonra tek eksenli basınç dayanımlarını belirlemişlerdir. Elde edilen verilere göre kireçtaşlarının litolojik özelliklerinin dirençlerini etkilediğini, özellikle alkali-karbonat reaksiyonunun, direnci önemli oranda düşürdüğünü vurgulamışlardır.

**Fookes (1991);** Ayrışmanın kayaların agrega olarak kullanılma özelliklerini önemli oranda etkilediğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre kayaların mühendislik özellikleri ile agrega darbe dayanımları, agrega olma niteliklerini belirleyici önemli parametrelerdir.

**Edet (1992);** Kayaların agrega olarak kullanım özelliklerini fiziksel özellikleri ile bünyesindeki mikroçatlakların kontrol ettiğini vurgulayarak, özellikle patlatma ile üretilen agregalarda bu duruma dikkat edilmesi gerekliliğini vurgulamıştır.

**Erdoğan (1992);** Alkali-karbonat reaksiyonun gelişim mekanizmasını ve nedenlerini incelediği çalışmasında; alkali-dolomit ve alkali-kalsit reaksiyonlarını araştırmış, kalsit minerallerinden oluşan agregalarda, alkali-karbonat reaksiyonu kısa sürede iyon dengesine ulaştığı için betonda herhangi bir tahribatın olmadığını, alkali dolomit reaksiyonunda ise tane yada kristal boyutunun 50 mikrondan daha küçük ve porozitenin %8'inin üzerinde olması durumunda reaksiyon gelişim hızının yüksek olduğunu tespit etmiştir. Alkali-karbonat reaksiyon hızının ortamın nemine, sıcaklığına ve pH değerine göre arttığını veya azaldığını, reaktif kayaç agregalarının, alkali oranı düşük çimentolarla kullanılması durumunda riskin ortadan kalktığını, agrega boyutlarının iri tutulmasının da yararlı etkileri olduğunu vurgulamıştır.

**Williams ve McNamara (1992);** Farklı bileşimdeki kireçtaşları üzerinde çalışan araştırmacılar, kireçtaşlarındaki bileşim değışimlerinin bunların dirençlerini önemli oranda etkilediğini vurgulamışlardır.

**Erdoğan (1993);** İstanbul ve dolayının yapay agrega potansiyelini çalışmıştır. Bölge kayaçlarının agrega özelliklerini incelemiş ve farklı kırıcı tiplerinin agrega kalitesine olan etkilerine değinmiştir. Yaptığı çalışmalar sonucunda tane boyu küçölmesi sonucunda kusurlu tane oranlarının arttığını ortaya koymuştur.

**Akpokodje ve Hudec (1994);** Granit, gnays ve kumtaşları üzerinde yaptıkları araştırmalarda bu kayaçların mineralojik ve fabrik özelliklerinin yanı sıra ayrışma ürünlerinin mühendislik özellikleri ile agrega olma özelliklerine etkisini ortaya koymuşlardır.

**Irfan (1994);** Granitik kayalardan elde edilen kırmataşlar üzerinde yaptığı araştırmalarda, granitlerin petrografik özellikleri ile fiziko-mekanik özelliklerinin agrega özelliklerini önemli oranda etkilediğini vurgulamıştır.

**Uribe-Afif (1994);** Kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanım özelliklerini araştırmıştır. Ayrışma sonucu gelişen erimeyen maddelerin agrega kalitesini etkilediğini ve bunların ince madde oluşumunu artırdığını belirtmiştir. Ayrıca yazar, beton agregası olarak kullanılacak malzemelerin %7'den fazla kil minerali içermemesi gerektiğini vurgulamıştır. Kil oranının yüksek olması betonda dayanım kaybına neden olduğunu ifade etmiştir.

**Gutierrez ve Canovaz (1996);** Çalışmalarında, yüksek dayanımlı betonlarda malzeme seçimi ve karışım oranları için bazı öneriler getirmişlerdir. 6 farklı agrega kullandıkları çalışmalarında agreganın beton kıvamı ve dayanımına etkilerini incelemişlerdir. Betonun kıvamını en çok etkileyen temel agrega özelliği su emmesidir. Agreganın su emmesi işlenilebilmeyi azaltır. Agregaların su emmelerinin yakın olması durumunda işlenilebilmeyi etkileyen diğer faktörler ise tane şekli, granülometrisi, maksimum tane boyutu gibi özellikleridir. Araştırmacılar, mekanik özellikleri birbirine yakın iki tip agregadan kireçtaşı ile üretilen betonun daha iyi sonuç verdiğini görmüşlerdir. Bunun nedeni olarak da kireçtaşı agregasının çimento hamuru ile arasındaki iyi epiktaksi bağı göstermişlerdir.

**De Larrard ve Belloc (1997);** Beton sınıfına göre agrega tercihinin yapılabileceğini, normal ve yüksek dayanımlı betonda agrega sınıfının değiştirilerek daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir.

**Özturan ve Çeçen (1997);** Farklı dayanımdaki betonların mekanik özelliklerine iri agrega tipinin etkileri konusunda araştırmalar yapmışlardır. Çalışmalarında betonun 28 günlük basınç dayanımları 30, 60 ve 90 MPa, su-çimento oranı 0,58, 0,40 ve 0,30 olan üç beton karışımı hazırlamışlardır. Bu karışım için iri agrega malzemesi olarak bazalt,

kireçtaşı ve iri kum (çakıl) kullanılmıştır. 28 günlük test sonuçlarına göre en yüksek dayanımlı betonu bazalt ürünleri göstermiş, en düşük dayanımı ise iri kum agregaları vermiştir. Normal dayanımlı betonlar için hazırladıkları karışımlar sonucunda bazalt ve çakıllar benzer dayanım verirken kireçtaşları biraz daha yüksek dayanım vermiştir. Hazırlanan betonlar üzerinde yapılan çekme deneyleri sonucunda en yüksek çekme dayanımını bazalt ve kireçtaşı agregası kullanılarak hazırladıkları betondan elde etmişlerdir.

**Taşdemir (1998);** İki farklı tür kireçtaşıyla yaptığı çalışma da beyaz kireçtaşı içeren betonlar, gri kireçtaşı içerenlere göre daha yüksek dayanımlar göstermiştir. Bu durum da, beyaz kireçtaşının elastik olarak daha uyumlu olmasına ve agrega-matris yüzeyinde daha üniform gerilme dayanımları oluşturmaya bağlanmıştır. Beyaz kireçtaşı gri kireçtaşından daha çok su emmektedir. Hidratasyon sırasında bu su ara yüzeyde kullanılmakta bunun sonucunda ise agrega çimento hamuru arasındaki bağın iyileşmesi ile beton dayanımı da artmaktadır. Beyaz kalkerin mineralojisinin de bu sonuçlarda etkili olabileceği belirtilmiştir.

**Tokyay (1998);** Yüksek dayanımlı betonlar üretmek için yaptığı çalışmada dere çakıllı, granit diyabaz ve kireçtaşı kullanmıştır. Basınç dayanımı en düşük kayaç olan kireçtaşı ile yapılan betonlar en yüksek dayanıma ulaşmıştır.

**Tasong vd. (1998,1999);** Beton agregası olarak, kimyasal özellikleri farklı, bazalt, kireçtaşı, silis kumu ve kuvarsit gibi değişik malzemeler üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda seçilen örneklerin çimento pastasıyla kimyasal etkileşimlerinin birbirinden farklı olduklarını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, çalışmalarında agrega yüzeyindeki çimentonun kimyasal rolünü belirlemeyi hedeflemişlerdir. Agrega-çimento pastası “arayüzey geçiş zonu bölgesi” (ITZ) olarak tanımlamışlar ve bunun, betonda en az bilinen bir özellik olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu özelliğin betonun mekanik özellikleri ile durabilite performansını etkilediğini ifade etmişlerdir.

**Poitevin (1999);** Kireçtaşı agregaları kullanılarak üretilen betonların kullanılabilirliğini ve dayanıklılığını incelemiştir. Yaptığı çalışmada kireçtaşı agregalarının betonda kullanılabilirliğinin en önemli ölçütlerinden birinin Los Angeles parçalanma dayanımı olduğunu belirtmiş ve alkali-agrega reaksiyonu tehlikesi nedeniyle detaylı ve sistematik

incelemeler yapılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca düşük su emme değerine sahip agregalar kullanılması durumunda yüksek dayanımlı beton elde edilebileceğini ifade etmiştir.

**Wakizaka (2000);** Japonya’da agrega olarak kullanılan kayaların, alkali-silis reaksiyonunu belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, reaksiyon oluşturan agregalar arasında, andezit, riyolit, tuf, dasit, bazalt, şeyl, çört ve bazı kumtaşlarının olduklarını belirtmiştir. Volkanik kayalardaki reaksiyonu kristobalit, tridimit ve volkan camı, sedimanter ve metamorfik kayalardaki reaksiyonu ise kristalizasyon ve kuvars içeriğinin kontrol ettiğini belirtmiştir.

**Smith ve Collis (2001);** Agregalar üzerine hazırladıkları kitapta, özellikle İngiltere olmak üzere çeşitli Avrupa ülkelerinin agregaları hakkında özet bilgiler vermişlerdir. Kitaplarında, özellikle agregalar üzerinde yapılan araştırma ve deneylere yer vermişlerdir. Agregalar kullanım alanlarına göre ayrılmış ve değerlendirmeler de kaya çeşitlerine göre yapılmıştır.

**Marzouk (2003);** Alkali-agrega reaksiyonunun normal ve yüksek dayanımlı betonların mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu çalışmada yüksek oranda reaktif agregalarla, orta derecede reaktif agregalar normal ve yüksek dayanımlı beton yapımında kullanılmıştır. 28 günlük kür süreci sonunda, örnekler 12 hafta boyunca sodyum hidroksit veya 80 °C’de de-iyonize suyla dolu bir tanka bırakılmıştır. Yüksek derecede reaktif agrega içeren ve sodyum hidroksit çözeltisine maruz bırakılan normal dayanımlı betonlarda, orta derecede reaktif agregalarla hazırlanmış beton örneklerine oranla mekanik özelliklerde daha fazla kayıp görülmüştür.

**Beshr (2003);** Yaptığı çalışmada iri agreganın dört çeşidinin (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kuvarsit, kireçtaşı ve çelik cürufu), yüksek dayanımlı betonun sıkışma ve çekme dayanımı ve elastisite modülü üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. En yüksek basınç dayanımını çelik cürufunun, en düşük basınç dayanımını ise kireçtaşı kullanılarak hazırlanan betonlarda elde edildiği ifade edilmiştir. Benzer şekilde en yüksek çekme dayanımını çelik cürufu agregalı betonun verdiğini ve bunu dolomitik ve kuvarsitik kireçtaşı agregalı betonların izlediğini, en düşük çekme dayanımının ise kireçtaşı agregalı betonlarda elde edildiğini söylemiştir. İri agreganın türü

betonun elastisite modülünü etkilemektedir. Zayıf agregalar kullanılarak hazırlanan betonlar, dayanımlı agregalar kullanılarak hazırlanan betonlara oranla daha kırılgandır.

**Zarif vd. (2003);** İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesini yaptıkları çalışmalarında , kireçtaşlarının bileşim ve dokusal olarak farklılıkları üzerinde durmuşlar ve bu değişik özellikteki kireçtaşlarının agrega olarak kullanılabilirliklerini araştırmışlardır. İncelenen kireçtaşları petrografik ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, kaliteleri ve agrega özellikleri bakımından da standartlarda belirtilen limitler içinde veya bu limit değerlere çok yakın sonuçlar vermektedir. Bu nedenle İstanbul'un kireçtaşları agrega olarak birçok alanda kullanılabilir. Bu

## **2 MALZEME VE YÖNTEM**

Bu araştırma kapsamında; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır. Araştırmalara literatür derlemesi ile başlanmış olup, yapılan çalışmalara, aşağıda değinilmiştir.

### **2.1 ARAZİ ÇALIŞMALARI**

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'ndeki arazi çalışmalarına, 2005 yılı yaz aylarında başlanmış olup, 2006 yılı içinde daha detaylı çalışılmıştır. Arazi çalışmaları, bölgelerdeki, işletilmekte olan taş ocakları ve çevresinde sürdürülmüştür. Bu çalışmalar sırasında stratigrafik istif tanımlanmaya çalışılmış, litolojinin karakteristik olarak görüldüğü yerlerde fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Ayrıca, Ayazağa-Cebeci Bölgesi ve Çatalca Bölgesi olmak üzere, her iki bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve enine kesiti hazırlanmıştır. Daha sonra hem laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere blok numuneler alınmıştır.

### **2.2 LABORATUAR ÇALIŞMALARI**

Arazi çalışmalarında alınan temsili örnekler derlenerek, agrega ve beton deneyleri için laboratuvar numune hazırlanmıştır. İstanbul Üniversitesi Laboratuvarları ve SET Beton A.Ş Laboratuvarlarında yapılan ayrıntılı deney ve araştırmalar sonucunda, Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'ndeki kumtaşı ve kireçtaşları, yüksek dayanımlı betonda kullanılabilirlik yönünden değerlendirilmiştir.

Deneyisel çalışmalar, araziden derlenen standartlara uygun örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarına, Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nden alınan kumtaşları ve kireçtaşlarının mineralojik-petrografik ve kimyasal özelliklerinin tespitiyle başlanmış ve agregalarda bulunabilen zararlı bileşenler de araştırılmıştır. Daha sonra, aynı agrega örnekleri kullanılarak iki farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Beton numuneleri üzerinde, taze beton ve sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçları da, TS EN standartlarına göre yorumlanmıştır.

Laboratuvar çalışmaları, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Malzeme-Mineraloji-Petrografi Laboratuvarları ve SET Beton Ambarlı Merkez Laboratuvarında yapılmıştır.

### **2.2.1 Petrografik Araştırmalar**

Araziden derlenmiş temsilci örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve bunlar polarizan mikroskobu ile incelenmiştir. Kayacın, mineralojik bileşimi, boşluk miktarı yapısal, dokusal özellikleri ile ayrışmaya uğramış minerallerin varlığı ve oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca ince kesit çalışmalarını desteklemek amacıyla XRD analizleri de yapılmıştır.

### **2.2.2 Agregat Araştırmaları**

Farklı özellikteki kumtaşı ve kireçtaşlarından, arazide blok numuneler derlenmiş ve bunlardan laboratuarda çeneli kırıcı ile elde edilen kırmatatlar üzerinde standart agregat deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler ile, farklı özellikteki kumtaşı ve kireçtaşlarına ait, tane büyüklüğü dağılımı, tane yoğunluğu ve su emme oranı, geveşek yığın yoğunluğu ve boşluk hacmi, kum eşdeğeri değeri, metilen mavisi değeri, yassılık endeksi, şekil indisi, agregat aşınma direnci-(Micro-Deval Katsayısı), agregat parçalanma direnci-(Los Angeles Katsayısı) ve magnezyum sülfat değeri belirlenmiştir.

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri’nden alınan kumtaşı ve kireçtaşı agregalarını alkali-agregat reaksiyonu açısından değerlendirmek amacıyla, hızlandırılmış harç çubuğu deneyi yapılmıştır. Bu amaçla bölgelerden elde edilen agregaların yüksek dayanımlı betonda kullanılması durumunda zararlı olabilecek aktif silis, dolomit, kil ve silt etkileri araştırılmıştır.

### **2.2.3 Beton Araştırmaları**

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri’nden alınan agregat örnekleriyle hazırlanan beton numuneleri üzerinde taze beton deneyleri (kme deneyi, birim ağırlık ve hava içeriği) ile sertleşmiş beton numunelerine ait, basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı belirlenmiştir.

## **2.3 BÜRO ALIşMALARI**

Büro çalışmalarına 2005 yılından itibaren araştırma konusu ile ilgili literatür derlemesiyle başlanmıştır. Yapılan gözlem ve deneylerden elde edilen bütün veriler, bilgisayar ortamına aktarılarak, kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının yüksek dayanımlı betonda kullanılabilirliği ve karşılaştırılmıştır.

### 3 BULGULAR

#### STRATİGRAFİ

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'ndeki Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kaya birimlerinin litolojik tanım ve dağılımları, stratigrafik ilişkileri, kalınlıkları, yaşları, fosil içerikleri ve petrografik özellikleri her bölge için farklılık göstermektedir. Bu nedenle, Ayazağa-Cebeci Bölgesi ve Çatalca Bölgesi olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

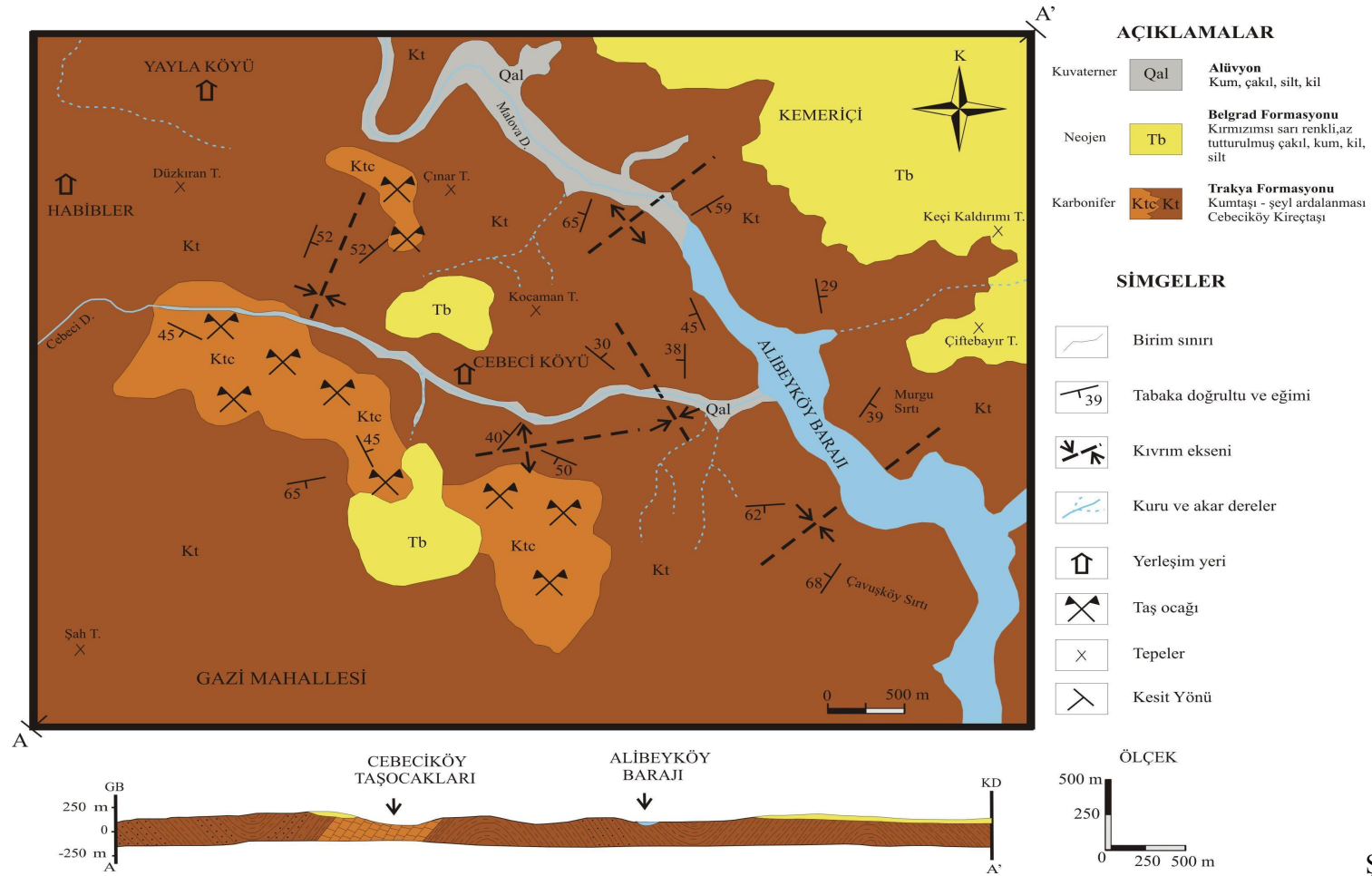
##### 3.1.1 Ayazağa-Cebeci Bölgesi

Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nde en altta, Karbonifer yaşlı derin deniz fasiyesini belirten, filiş niteliğindeki kumtaşı ve şeyllerden oluşan Trakya formasyonu yer alır. Bu formasyonun içinde Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi ayırt edilmiştir. Trakya formasyonu üzerinde Neojen yaşlı, acı göl fasiyesini belirten az tutturulmuş çakıllı, kumlu siltli, killi Belgrad formasyonu uyumsuz olarak yer alır. Bölgenin en genç çökeli Kuvaterner yaşlı alüvyon olup dere yataklarında görülmektedir (Şekil 3-1). Bölge de yapılan önceki çalışmalardan elde edilen yaş verileri ile arazideki gözlemler sonucunda, birimlerin stratigrafik tanımlamaları yaşlıdan gence doğru sıralanarak verilmiştir (Şekil 3-2).

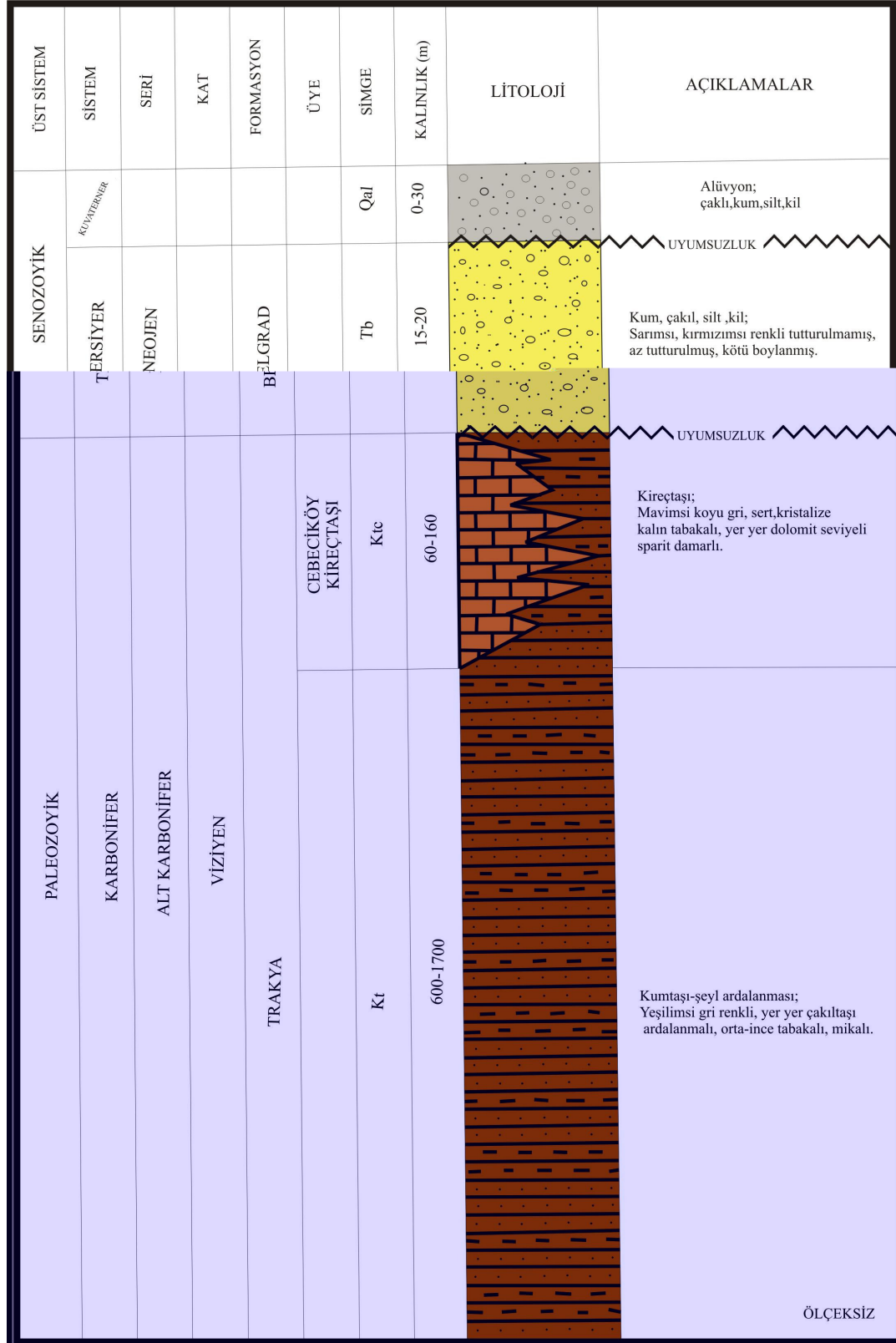
##### 3.1.1.1 Trakya Formasyonu

Birim ilk olarak Abdüsselamoğlu (1963) tarafından Trakya formasyonu olarak adlandırılmıştır. İstanbul Paleozoyik arazisinin üst birimini oluşturmaktadır. Çalışma alanında stratigrafik istifin temelini oluşturup, çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve şeyl litolojisinden oluşmaktadır.

Şeyller içinde çok ince laminalı silttaşından çok kaba çakıltalarına kadar türbidit oluşuklar yer alır. Ayrıca, çok ince kum tabakaları gözlenmekte olup, kumtaşı-şeyl aralanmalarındaki kalınlıklar birbirine yakındır. Kumtaşından şeyle doğru geçiş dereceli olarak gerçekleşmiştir. Kumtaşları kirli sarı açık sarı ve gri renkte, orta kalın tabakalanmalı iken şeyler ise, açık yeşil sarımsı renklerde, ince tabakalanmalı olarak görülürler.



Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nin jeoloji haritası ve enine kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).



Şekil 3-2: Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nin genelleştirilmiş stratigrafi sütun kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).

Farklı kalınlıklarda şeyl ve grovak aralanmasından oluşan birim Malova Deresi ve Ayazağa Deresi boyunca, Cebeciköy civarı, Habipler ve Yayla Köyü'nün alt kısımlarında mostralara vermektedir.

Trakya formasyonunun Hersiniyen ve Alpin orojenik hareketlerinin etkisi ile aşırı derecede kıvrımlı kırıklı bir yapı kazanması nedeniyle formasyon içerisinde kumtaşı-şeyl oranlarından yararlanarak sınır çizilmesi ve üyelerine ayrılması mümkün değildir. Yapılan incelemede Cebeciköy çevresinde geniş bir alanda gözlenen Cebeciköy kireçtaşı ayırtlanmıştır. Cebeciköy mevkiinde şeyler kil oranı azalarak kireçtaşına doğru geçiş yaparlar. Ayrışmış yüzeyleri siyaha yakın koyu renklidir.

Formasyonda yapılan eski çalışmalardan P.Tchihatcheff (1864) ve Penck (1919) bu formasyonun Devoniyen yaşında olduğunu ve bazı karasal seviyelerden meydana geldiğini söylemiştir. Paeckkelmann (1938) bu formasyonun Almanya'daki Kulm formasyonu ile benzerliklerini görmüş ve yaşını da Üst Devoniyen olarak kabul etmiştir. Okay (1947) bu seriyi Trakya serisi adı altında, Üst Devoniyen yaşlı olarak göstermiştir. Yalçınlar (1951) ilk defa Cebeciköy kireçtaşlarının Vizeen yaşında olduğunu ve buna bağlı olarak Trakya serisinin de Karbonifer yaşında olabileceğini belirtmiştir. Daha sonraki çalışmasında Trakya serisinin karasal birikme sonucunda olduğunu ve Westfaliyen'e kadar uzandığını belirtmiştir.

Baykal-Kaya (1963) bu bölgede detaylı çalışmalar yaparak sözü edilen bitkili-killi, konglomeralı grovaklar seviyesinin Karbonifer yaşlı olduğunu gerek daha önceden bulunan fosiller, gerekse kendi bulduklarıyla ispat etmiştir. Abdüsselamoğlu (1963) Trakya formasyonunun altında bulunan radiolaritler içinde Vizeen yaşına ait radiolaritler bulmuş, bu verilere dayanarak üzerinde bulunan birime Karbonifer yaşını vermiştir.

Formasyonun büyük kısmında boylanmış kumtaşlarının bulunması, kumtaşı-şeyl aralanmaları, yatay ve düşey tane derecelenmesi, oluşuk arası şeyl parçaları, tane yönelmesi ve üstte küçük ölçekli çapraz tabakaların bulunuyor olması gibi belirteçler türbidit akıntısı çökellerini işaret etmektedir. Türbidit birimlerin hakim olduğu fosilsiz kesimler başta daralan, sona doğru genişleyen bir neritik kuşağa bağlı batiyal ortamı göstermektedir (Altınlı,1976).

### ***Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi***

Cebeciköy civarında tipik mostralar vermektedir. Birim başlıca kireçtaşı olmak üzere az miktarda killi kireçtaşı, karbonatlı şeyl ve ikincil dolomit ile çörtlerden oluşmaktadır. İlk adlama Baykal ve Kaya (1963) tarafından formasyon aşamasında yapılmış, bu çalışmada ise Trakya formasyonunu üyesi olarak kabul edilmiştir.

Cebeciköy kireçtaşı mavimsi siyah, koyu gri renklerde olup sert, az kristalize, yaygın kalsit damarlı, kalın ve orta tabakalı, yer yer dolomit düzeylidir. Kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunar ve Trakya formasyonu içerisine mercek şeklinde bulunmaktadır. Ayrışmış yüzeylerde gözenekli bir kuşakla sınırlanmış ince eklemli çıkıntılar meydana getirir. Masif kireçtaşlarında ise genellikle tabakalanmaya paralel yumru dizileri, ince ve sık tabakalanmalı kesimlerde şeritler halinde bulunur.

Cebeciköy kireçtaşı üyesi tip kesitinde 160 m kalınlıktadır. Yanal yönde kamalanarak kaybolan birim, İstanbul Boğazı doğusunda ince seviyeler halinde gözlenir. Cebeciköy kireçtaşı üyesi, foraminifer, mercan ve brakiyopod fosilleri bakımından zengindir. Birimin 130 m’lik alt kesiti, Vizeen Ortası Sonu, 15 m’lik üst kesiti ise Vizeen Sonu Ortası’na ait mikrofauna kapsar (Kaya, 1971).

#### ***3.1.1.2 Belgrad Formasyonu***

İstanbul ve çevresinde geniş bir alanda yayılım gösterir. İlk olarak Paeckelmann (1938) tarafından “Belgrad Serisi” olarak tanıtılan bu birim Eroskay (1978) tarafından “Belgrad Formasyonu” olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon, tabanda yeşilimsi gri renkli, kil ara seviyeli; genelde kırmızı, kızıl kahve, kahverengimsi sarı renkli kil hamurlu, kötü boylanmalı çakıl ve kaba çakıllar ile kırmızı renkli, ince-orta taneli kumlardan oluşan bir istif olarak tanımlanmaktadır.

Belgrad formasyonu inceleme alanında sarımsı, kırmızımsı kum, çakıl, silt ve killerden meydana gelmiştir. Altta kendisinden yaşlı Trakya formasyonunu diskordans olarak örtmüştür. Belgrad formasyonunun çökeltme ortamı karasal olarak düşünülmüştür (Yalçınlar, 1954). Bazı kesimlerde bu formasyon Kuvaterner yaşlı alüvyon tarafından diskordansla örtülmüştür.

Birime ilk olarak Pamir ve Sayar (1933) bulmuş oldukları Mastodan longirostris fosiline göre Üst Sarmasiyen yaşını vermiştir. Paeckelmann (1938) ve Abdüsselamoğlu (1963) Neojen, Akartuna (1963) Neojen-Pliyosen, Kaya (1971) Neojen, Eroskay (1978) Pliyosen ve Önalın (1981) Neojen yaşlarını vermişlerdir.

Belgrad formasyonunun en belirgin özelliği olarak en altta gri, grimsi bej, kırmızımsı gri renkli, çok ince taneli, çapraz tabakalanmalı, üste doğru tane boyunda belirgin bir derecelenme görülen ve kumun içinde sarımsı renkli kilce zengin ve gri renkli alüminyumca zengin kil-şeyl ardalanmasının görülmesidir. Gölsel bir çökel olan bu birimin yanal olarak değişiklik gösterdiği gözlenmiş olup, çakıl ve kumdan oluşan bir yanal fasiyes izlenmektedir. Birkaç cm ve mm kalınlığında kum ve çakıldan oluşan birimin çakılları genellikle silisli kaya parçalarından oluşmuştur. Ayrıca beyazımsı gri, beyaz ve kırmızımsı renkli kuvars ve silisli kaya çakılları yer almaktadır.

#### **3.1.1.3 Alüvyon**

Çalışma alanında stratigrafik istifin en genç birimidir. Özellikle dere kenarlarında ve alçak kesimlerde yayılım göstermekte olup, gri, koyu gri arasında bir renge sahiptir. Alüvyonlar, Alibeyköy Deresi , Kağıthane Deresi, Malova Deresi ve Kemerburgaz vadisi boyunca gözlenir.

Alüvyonlar genellikle tutturulmamış kil-silt-kum ve ufak çakıllı seviyelerin birbiriyle geçişli ve ardalanımından oluşmakta ve yaklaşık olarak 5 ile 25 m kalınlık sunar. Litolojik olarak kendisinden yaşlı Belgrad formasyonunun erozyonu neticesinde gelen parçalar birimde sedimantasyona uğramış, grovakların çok gevrek ve kırılğan oluşundan dolayı alüvyonlar içerisinde bolca bulunmasına neden olmuştur.

#### **3.1.2 Çatalca Bölgesi**

Bölge'deki en yaşlı birimler Istranca Masifi'ni oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardır. Bu kayalar Mesozoyik yaşlı granit tarafından kesilmiştir (Şekil 3-3). Masifin metamorfizma yaşı Üst Jura, granit kökenli magmatiklerin sokulum yaşıysa Üst Kretase'dir (Aydın, 1982).

Senozoyik istif Eosen ve Miyosen yaşı çökellerden oluşur. Bu çökeller transgresif özellikteki Kırklareli formasyonu ve onun şelfin daha derin kesiminde çökelmiş eşdeğeri olan Sazlıdere formasyonu ile Gürpınar Formasyonu'dur. Kırklareli formasyonu Istranca Masifi'nin inceleme alanındaki temsilcisi olan Temel Karmaşığı üzerine açılmal uyumsuz olarak çökelmiştir. Gürpınar formasyonu ise Kırklareli formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Şekil 3-4).

### **3.1.2.1 Temel Karmaşığı**

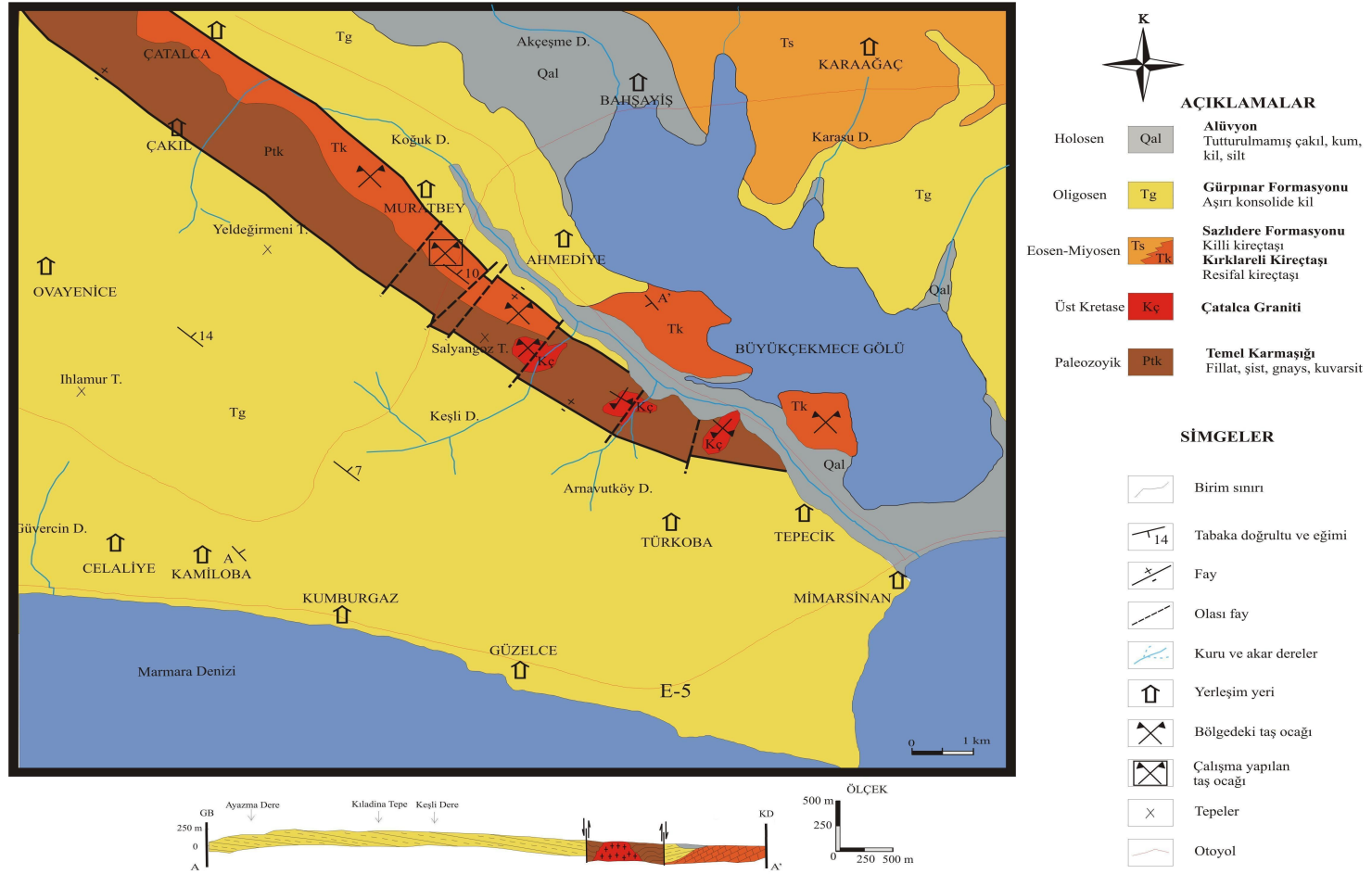
Birim Erentöz (1953) tarafından “Çatalca Serisi”, Akartuna (1953) tarafından “Kristalin Şist Serisi”, Keskin (1966) tarafından Pınarhisar Yöresi'nde “Temel Karmaşığı” adlarıyla tanıtılmıştır.

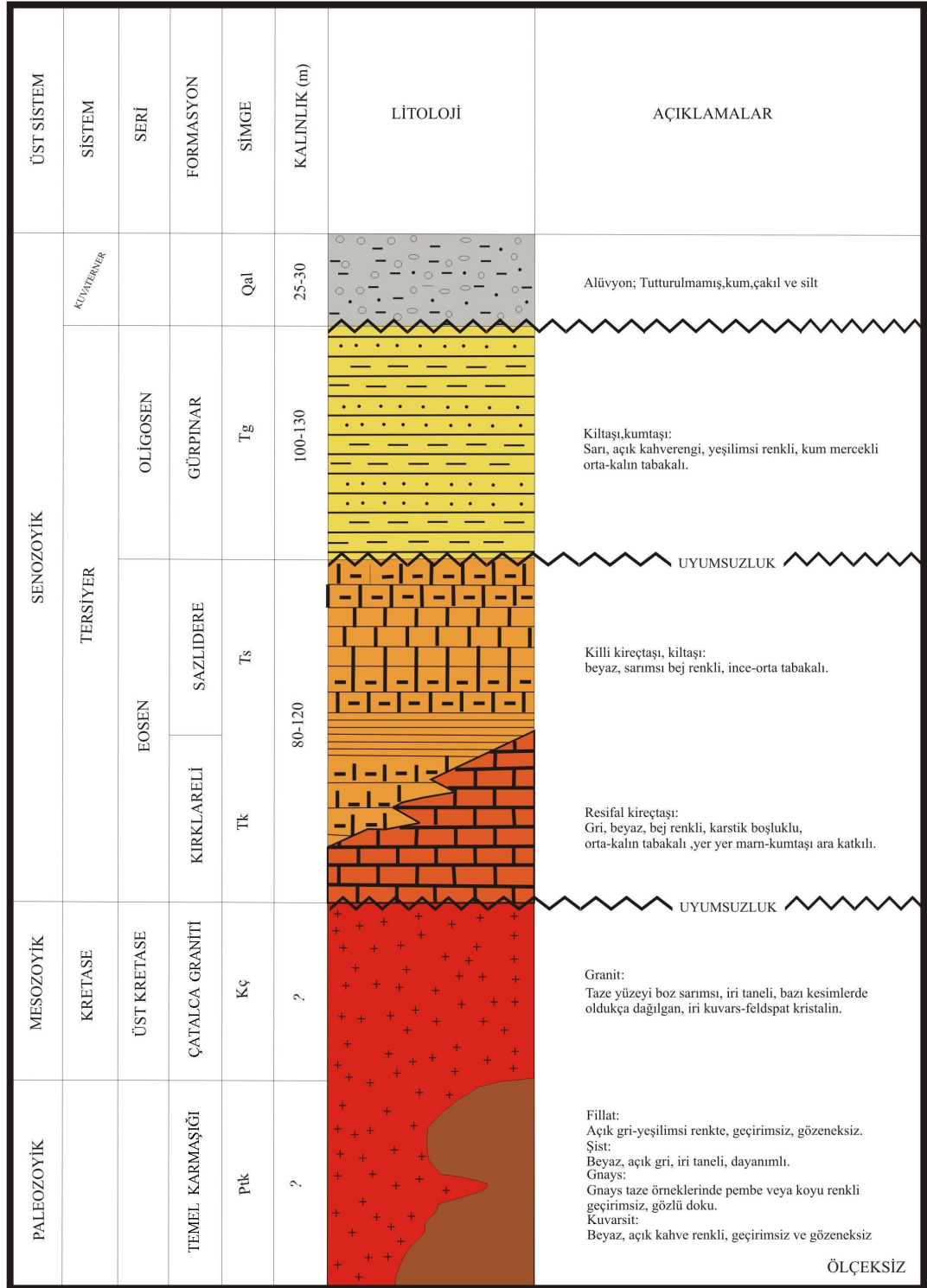
Çalışma sahasındaki en yaşı kaya birimini Istranca Masifi'ni oluşturan Paleozoyik-Mezozoyik yaşı gnayslar, mikaşistler, mermer, kalkşist, kuvarsit ve fillitler oluşturmaktadır. Bu birimler yer yer (inceleme alanı dışında) Üst Kretase yaşı Demirköy, Dereköy, Şükrüpaşa dolaylarında sokulum kayalarıyla kesilmişlerdir.

Aydın (1982) Istranca Masifinin metamorfizma yaşını Üst Jura, granit kökenli magmatiklerin sokulum yaşını ise, Üst Kretase olarak belirtmiştir. Üşümezsoy (1995) Istranca Masifi'nin Paleozoyik yaşı kıtasal kabuk granitiyle Triyas-Jura yaşı metasedimentlerden meydana geldiğini ve bunları kesen Üst Kretase yaşı Demirköy batolitiyle eş zamanlı gelişmiş granodiyoritik kayalardan oluştuğunu belirtmiştir.

Birimin taze rengi yeşil, ayrışma rengi kahverengimsi kırmızıdır. Bileşimindeki klorit oranının arttığı kesimlerde yeşilimsi renkte görülür. Mika oranının arttığı kesimlerde ise boz, sarı renkte, ince taneli ve çoğunlukla ayrışmıştır.

Istranca Masifi'nin devamı niteliğindeki Metamorfik birimler çalışma alanında KB-GD uzanımlıdır. Muratbey Köyü'nde, Yeldeğirmeni Tepesi'nde ve Muratbey Tepe'de mostra veren Temel Karmaşığı'nın KD'da Kırklareli Formasyonu ile dokanağı faylıdır.





Şekil 3-4: Çatalca Bölgesi'nin genelleştirilmiş stratigrafi sütun kesiti (Yurtsever ve Çağlayan, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).

### ***Gnays ve Kuvarsitler***

İri kuvars ve feldspat taneli gnaysa Akartuna (1953) “Gnays Serisi” adını vermiştir. Birimi Silüriyen-Orta Devoniyen’e koyarak, şistleri gnayslarla birlikte aynı yaşta göstermiştir. Ayrıca, Orta Balkanlarda Üst Karbonifer altında bulunan gnaysların, batıda Silüriyen şistlerinin altında bulunduğunu ve bunların Silüriyen yaşında olduklarını kabul etmiştir.

Gnays; taze örneklerinde içerdiği feldspat, biyotit, muskovit minerallerinin çokluğuna göre pembe veya koyu renklidir. Alterasyon sonucunda sarımsı-kırmızımsı renkler almıştır. Geçirimsiz, gözeneksiz, gözlü dokuya sahiptir. Kuvars; kayanın egemen minerali olup bazen % 90 dan fazla oranda bulunmakta ve kayaya kuvarsit özelliği kazandırmaktadır. Taneler göz veya badem şeklindedir. Kuvarsit; beyaz, açık kahverengi, gri renkli, ayrışma yüzeyinde kahverenkli, geçirimsiz, gözeneksizdir. Kuvars, kayanın egemen mineralidir. Çok az oranda mika bulunmaktadır. Mikaların dizilimi kayaya bantlı yapı kazandırmıştır.

Gnays ve kuvarsite daha sık olarak Salyangoz Tepesi ile Muratbey Tepesi’nde ve Devetaşı Tepe’de rastlanır. Birim güneyde masif, kahverengi yapıya sahipken, kuzeye gidildikçe beyaz renkli küçük mostralara şeklinde gözlenir. Daha üstteki fillatlarla olan dokanağına gidildikçe fillatlarla ardalanmaktadır.

### ***Fillat ve Şistler***

Gnays-kuvarsit üzerinde bulunan bu birim alttan üste doğru belirgin bir litolojik bir dizilim gösterir. En altta grafitli fillat, kloritli fillat ve şistler vardır. Bütün bu birimler içinde metatüf bantları görülmüştür. Kloritli fillat; yeşil, ayrışma yüzeyinde yeşil, sarı renkli, geçirimsiz, gözeneksiz, yarı şisti dokuludur. Kuzeyden güneye gidildikçe sertliği azalmakta ve elle ufalanabilir hale gelmektedir.

Devetaşı Tepe’nin KD’sundan Çakıl Tepe’ye kadar fillat, Maya Tepe’nin GD yamacında metatüf görülür. Güneye gidildikçe Sarıkaya Tepe’de, Pamuktepe’de Lahana Tepe’nin batı yamaçlarında, Yeldeğirmeni Tepe’de ve Kartal Tepe’de bulunan şevlerde, Bayır Tepe’de ve Sığırtmaç Tepe’de şistler görülür.

### 3.1.2.2 *Çatalca Graniti*

Granit çalışılan bölgenin güneyinde yer alan Temel Karmaşığını üç farklı yerde kesmiş olarak görülür. Sokulum, metamorfizmadan az sonradır. Kontakt/termal metamorfizmanın etkileri az belirgindir (Khalili,1987).

Gnays içinde bulunan granitin taze yüzeyi boz sarımsıdır. Farklı mostralarda farklı dokulara sahiptir. Keşil Deresi'ndeki granit açık renkli ve ince tanelidir. Arnavutköy Deresindeki granit ise boz-sarı renkli iri tanelidir. Kuvars ve feldspat kristallerinin boyutları bazı yerlerde 1 cm'ye ulaşmaktadır. Feldspatlar yüksek derecede ayrılmış olduklarından dağınık olarak gözlenir.

Bu bölgede çalışmış araştırmacılar bu magma kayasını lökogranit olarak tanıtmışlardır (Akartuna 1953 ve Erentöz 1953). Ayrıca Akartuna (1953) çalışma alanının kuzeyinde ayırtladığı granitin Hersiniyen Orojenezi sırasında yerleştiğini kabul etmektedir.

### 3.1.2.3 *Kırklareli Kireçtaşı*

Kemper (1961) tarafından Keşan formasyonu'nun bir üyesi olarak ayrılan bu resifal kireçtaşı en belirgin mostralarının Kırklareli'nde bulunması dolayısıyla "Kırklareli Kireçtaşı" adını almıştır. Bu birim Keskin (1966) tarafından üye aşamasından formasyona yükseltilmiştir.

Kırklareli kireçtaşı Büyükçekmece Gölü batısında ve kuzeybatısında, KB-GD gidişli dar bir şeridin uzanımı boyunca, Muratbey civarlarında ise Çatalca İstanbul karayoluna paralel olarak mostra verir ve yaklaşık olarak 10 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplar.

Kırklareli kireçtaşı yüzeyde dolomitik boz renkli ve çokça erimelidir. Kırık yüzeyi açık sarıdır. Sıkı sert, orta kalın katmanlanmalı ve yeniden kristallenmelidir Güneye doğru Temel Karmaşığı'nın ve Trakya formasyonu'nun topografik yüksekliğine bağımlı olarak azalan birimin kalınlığı, 80-120 m arasında değişmektedir.

Birim Ahmediye civarında Temel Karmaşığı üzerinde, İkitelli civarında ise Trakya formasyonu üzerindedir. Temel Karmaşığı üzerine açısız uyumsuzlukla çökelmiştir. Ahmediye civarında Kırklareli kireçtaşı taban çakıltısı ile başlar. Kalınlığı

75 cm kadar olan bu çakıltası Temel Karmaşığı'nın şist, gnays kuvarsit granit çakıllarını içerir. Çakıllar gevşek tutturulmuş, iyi yuvarlaklaşmış ve küreselleşmiştir. İkitelli dolaylarında Trakya formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan Kırklareli Kireçtaşı ise demiroksitli kuvars çakılları ile başlamaktadır. Kırklareli Formasyonu'nun KB'da Temel Karmaşığı ile dokanağı faylıdır.

Eosen yaşındaki birim Eosen denizinin derinliğine göre yanal yönde resifal kireçtaşı ve kil seviyeleriyle temsil edilir. Birim resifal kireçtaşının gelişmesine uygun olan sığ ve sıcak bir denizde çökelmiştir (Kasar, 1987). Resif çekirdeği, resif ilerisi, resif gerisi fasiyesleri aşağıda sunulmuştur;

**Resif Çekirdeği:** Temel yükseltileri ve fayların yüksek bloklarında sağlanan uygun ortam koşullarında mercan, hydrozoa ve kırmızı alg kolonilerinden oluşan dalgaya dayanımlı setler şeklinde gelişmiştir. Tabakalanma gözlenmez. Sert , dayanımlı litolojisi nedeniyle belirgin topografik yükselti oluşturdıklarından resif ilerisi ve resif gerisi karbonatlarından kolayca ayırt edilebilmektedir. En iyi mostralar Pınarhisar civarındadır.

**Resif İlerisi:** Resif çekirdeğinin açık deniz yönünde yer alır. Resif çekirdeğinin hemen önünde, resiften koparılmış parçalardan oluşan, tabakalanması belirsiz kalkarenit ve kalsiruditlerden oluşur. Resifin ileri bölgelerinde 25-30°'ye varan yüksek eğimli iyi tabakalanmalı, kavkı parçalı, bol foraminifer fosilli kireçtaşları gelişmiştir. Genellikle genç birimler tarafından örtülü olduklarından yaygın mostra vermezler. En iyi mostralar Pınarhisar civarındadır.

**Resif Gerisi:** Resiflerle kara arasında yer alan lagünde çökelen birimleri içerir. Bu bölgede killi- kumlu kireçtaşları ile marnlar çökelmiştir. Çoğunlukla pelecypod, gastropod, ekinit, foraminifer, seyrek olarak tek ve koloni halinde mercan fosillidir. Kalın-az belirgin tabakalı olarak gelişmişlerdir. Evaporitlerin çökelmemiş olması lagünün kanallar vasıtasıyla açık deniz ile bağlantısı olduğunu gösterir. En iyi mostralar Pınarhisar-Soğucak köyü civarında görülür (Kasar, 1987). Kırklareli Kireçtaşı'nın çalışma alanında görülen kesimi resif gerisi ortamda çökelmiştir.

#### **3.1.2.4 Sazlıdere Formasyonu**

Ünal (1967) tarafından adlandırılan Sazlıdere formasyonu killi kireçtaşı ve şeyl araldanmasından oluşur. Bu birim çalışma alanında Çatalca'nın kuzeyinde Bahşayısta görülmektedir.

Sazlıdere Formasyonu, Küçükçekmece Gölü'nün kuzeybatısında daha çok şeyl ve killi kireçtaşı araldanması şeklindeyken, Çatalca'nın kuzeyinde İncegiz Köyü civarında kireçtaşı ve şeyl araldanmasına dönüşmekte olup, beyaz, gri, mavimsi ve sarı renklidir. Birim tabakalı bir yapıya ve yaklaşık 75 m'lik bir kalınlığa sahiptir, ancak bazı kesimlerde 100-120 m'ye ulaşabilmektedir. Formasyon içerisinde bazı yerlerde yumuşak-sert çört konkresyonları, çakıltası ara katkılı marn ve kalın katmanlanmalı kireçtaşı düzeyleri görülmektedir.

Sazlıdere formasyonunun yaşı; foraminifer ve Ostracod fosillerine göre Üst Eosen- Alt Oligosen yaşlı olarak belirlenmiştir (Gökçen, 1973 ve Keskin, 1974). Bu formasyon metamorfik temel üzerinde transgresif olarak bulunmaktadır. Kırklareli formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişlidir. Gürpınar Formasyonu bu birim üzerine uyumsuz olarak çökelmiştir.

Keskin (1974), Turgut vd. (1983); birimin fosil içeriğine, litolojik özelliklerine ve stratigrafik konumuna göre şelfin daha derin kesimlerinde çökelmiş olabileceğini belirtmişlerdir.

#### **3.1.2.5 Gürpınar Formasyonu**

Gürpınar formasyonu tipik olarak Gürpınar Köyü ve çevresinde görüldüğü için , "Gürpınar Formasyonu" olarak adlandırılmıştır Sayar (1978). Ergene Havzası'nda çalışmış olan yer altı suyu araştırmacıları; bu kaya birimine Yenimuhacir Formasyonu adını vermişlerdir. Akartuna (1953) tarafından, birimin üstte killi, kumlu, ince katmanlı karton şeyl ve altta da Congeria'lı kireçtaşı, marn, killi kireçtaşı, ince tabakalı şeyl ve kumtaşlarından oluştuğu ileri sürülmüştür.

Bu formasyonun tabanındaki çakıllar Temel Karmaşığı'ndaki gnays, kuvarsit, granit ve şist kaya birimlerinden türemişlerdir. Çakılların tane çapı değişken olup, 1-4 cm karbonatlı çimento ile tutturulmuştur. Taban çakıltası karakterindeki bu birimin

üzerine Congeria'lı kireçtaşı gelir. Birim beyaz-bej-açık gri, üst seviyelere doğru kırmızı, ince orta katmanlı, karstik boşluklu, bol miktarda Congeria fosilli ve 1-2 m kalınlıktadır. Congeria'lı kireçtaşı'nın kil miktarı arttığında marn, kil ve şeyle doğru geçişler görülür. Daha üst seviyelere doğru ise az tutturulmuş kumtaşı birimlerine geçilir.

Gürpınar formasyonu'nun marnlı ve killi seviyeleri mavi-yeşil, az plastik, çatlaklı, orta- kalın katmanlıdır. Ayrıca killi düzeyler içerisinde ince bantlar şeklinde kömür seviyeleri görülebilmektedir. Kumtaşı seviyeleri ise sarı-yeşil renkli, az tutturulmuş ve tatlı su fosillidirler.

Gürpınar formasyonu'nun kalınlığının 100-130 m civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu formasyon Kırklareli Kireçtaşı ve Temel Karmaşığı üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Bu uyumsuzluk Mandra Tepe'de, Hoşdere ve Ahmediye Köyü'nün batısındaki taş ocaklarında görülür. İstifin yaşı değişik araştırmacılar tarafından Oligosen ve/veya Miyosen olarak benimsenmiştir. Sönmez ve Gökçen (1964) yaptığı detaylı paleontolojik araştırmalar sonucu formasyondaki kireçtaşı ve kumtaşı içerisindeki tatlı su fosilleri Congeria ve Melonopsis yardımıyla Oligosen (Stampiyen ) yaşını saptamıştır.

Formasyonun yaşı istifdeki konumuna göre Geç Alt Oligosen'dir (Keskin, 1974). Laminallı şeylerden oluşması, ince kumtaşı düzeyleri içermesi ve istifdeki konumu gözönünde bulundurularak delta ilerisi ortamında çökeldiği ileri sürülmüştür (Ediger vd., 1995). Bu görüşü destekleyen diğer bir bulgu da Ülkümen vd., (1993) tarafından tespit edilmiş olan birim içindeki denizel organizma ve balık fosillerinin varlığıdır.

### **3.1.2.6 Alüvyon**

İnceleme alanında özellikle Büyükçekmece Gölü kıyısında ve göle dökülen dere yatakları boyunca dar vadi yataklarıyla görülmektedir. Derelerin mansap kısımlarında genişleyerek yer almaktadır. İnce ve kaba kırıntılı malzemelerden oluşmuştur. Akarsuların aşındırdığı birimlerin genellikle yumuşak ve ince malzemeler olmasından dolayı alüvyonu oluşturan taneler genellikle kil, silt ve ince kum boyutundadır. Çakıllı seviyeler ancak ince bantlar şeklindedir.

Büyükçekmece Koyu'nun güneyinde 0-10 m kalınlığında olan alüvyon, üstte 3 m kalınlığında kil, alttaysa ince kumdan oluşmuştur (Khalili, 1987). Gölün çevresinde ince kırıntılı malzeme (kil ve silt) hakim olup ayrıca bataklıklarda görülmektedir. Marmara Denizi kıyısında mevcut sahil şeridi de, alüvyondan oluşmuştur. Bu şeridin kalınlığı 5-10 m civarında değişmektedir.

### **3.2 YAPISAL JEOLojİ**

İstanbul Bölgesi'nin yapısal jeolojisi çeşitli faylarla kıvrımlara, birimlerin stratigrafik dağılımlarına, yanal ve düşey geçişlere bağlı olarak karmaşık bir yapı sunar. Ayrıca bölgenin örtülü olması da çözümü zorlaştırmaktadır.

İnceleme alanında Hersiniyen ve Alpin Orojenezleri etkili olmuş ve bu orojenezlerden etkilenerek iki kez tektonik deformasyon geçirmiştir.

#### **3.2.1 Kıvrımlar**

Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nde genellikle kıvrım eksenleri KB-GD gidişlidir. Neojen yaşlı Belgrad formasyonunda iyi gelişmiş kıvrımlanmalar görülmemekle birlikte, en yaşlı birim olan Trakya formasyonunda da haritaya geçirilemeyecek kadar küçük kıvrımlar tespit edilmiştir.

Çatalca Bölgesi'nde Paleozoyik yaşlı Temel Karmaşığı çeşitli kıvrım fazlarından etkilenmiştir. Temel Karmaşığındaki kıvrımcıkları sahada gözlemek mümkün olmasına rağmen ölçümlerle haritaya geçilebilecek ölçekte kıvrım eksenini saptanamamıştır.

Metamorfitlelerin birden çok kıvrımlanma evresi geçirdikleri, şistlerdeki belirgin kıvrımcıklardan görülmektedir. Ayrıca kıvrımlanma fazlarının etkisiyle değişik doğrultu ve eğimde yapraklanmalar gelişmiştir.

#### **3.2.2 Faylar**

Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nde bölgesel tektonizmaya bağlı gelişen ve Karbonifer yaşlı Trakya formasyonunda faylar mevcuttur. Burada gözlenen faylar haritalanamayacak kadar küçük ölçekli olup, birim sınırlarındaki ani sapmalardan ve diklenmiş tabakalardan yararlanarak belirlenmiştir. Ayrıca Belgrad formasyonunu

Trakya Formasyonu'nun Cebeciköy kireçtaşı üyesi ile aynı yapısal düzeye getiren sol yönlü doğrultu atımlı faylar da bulunmaktadır (Ketin ve Güner, 1989).

Çatalca Bölgesi'nde haritaya geçirilemeyecek ölçekte faylar görülmüştür. Bu faylar genellikle Kırklareli kireçtaşı içinde ve dokanaklarında görülmekte olup, düşey fay niteliğindedir. Trakya Havzası'nın açılması sırasında oluşan yapıları sintektonik faylanmalar ve büyüme fayları, kapanması sırasında oluşan yapıları kıvrımlanmalar oluşturur. Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşmaya başlamasıyla önce Trakya Havzası içinde KB-GD yönünde gelişen fay, bugün bulunduğu Marmara Denizi içine doğru ilerlemiş ve KB-GD yönünde doğrultu atımlı fay sistemi meydana getirmiştir (Turgut vd., 1983).

### **3.2.3 Diskondanslar**

Ayazağa-Cebeci Bölgesinde Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu ile Neojen yaşlı Belgrad formasyonu olmak üzere iki birim bulunmaktadır. Belgrad formasyonu, alttaki Trakya formasyonunun üzerine normal açılı diskordan olarak gelmektedir.

Çatalca Bölgesi'nde iki tane uyumsuzluk vardır. Bunlardan ilki Büyükçekmece Gölü'nün batısında ve Çatalca sırtlarında, Temel Karmaşığı ile Kırklareli formasyonu arasındadır. Diğer de Mandıra Tepe ile Ahmediyе Köyü'nün batısındaki taş ocaklarında, Gürpınar ve Kırklareli formasyonları arasında görülmektedir.

## **3.3 TARİHSEL JEOLojİ**

Ayazağa-Cebeci Bölgesi'nde temeli oluşturan Trakya formasyonu aynı zamanda İstanbul Paleozoyik'inin en üst seviyesini oluşturmaktadır. Karbonifer'de derin türbidit ortamda çökelmiş olan Trakya formasyonu, Hersiniyen Orojenezi ile yükselerek su üstüne çıkmıştır. Çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve şeylden oluşan bu formasyonda kalın pasif kıta kenarı özelliği gözlenmektedir. Trakya formasyonuna ait birimler bir kıta kenarı üzerinde çökelmiştir. Karbonifer-Permien dönemlerinde bu birimler deforme olmuştur (Sandulescu, 1978).

Trakya formasyonu ileri derecede tektonik deformasyonlara uğramış, formasyonda çok yönlü bir kırılma ve kayma sistemi gelişmiştir. Formasyonun bu özel yapısının nedeni, filiş karakteri taşıyan sedimenter istifin 2000 metreyi aşan kalınlığı, tabakaların inceliği, formasyonun Hersiniyen ve Alpin orojenez dönemlerinde farklı yönlerde deformasyona uğramış olmalarıdır (Ketin ve Güner, 1989).

Neojen’de karasal çökel özelliğine sahip içerisinde küt köşeli, kötü boylanmış çakılların bulunması ve kömür tabakalarına rastlanması birimin akarsu etkisi ile çökeldiğini gösterir (Önalın, 1981).

Çatalca Bölgesi’nin içinde yer aldığı Trakya Havzası, sedimenter bir havzadır. Havzayı çevreleyen ve havzadaki sedimanlara kaynak teşkil eden kristalin masifler; kuzeyde Istranca, kuzeybatı ve batıda Rodop, güneyde ise Menderes’tir.

Trakya Havzası’nda çökelme Orta Eosen sonlarında başlamıştır. Bu dönemde KD-GB yönlü küçük bir denizel koridorla transgresyon başlamış ve çökelme eksenini geliştirmiştir. Transgresyon Üst Eosen-Alt Oligosen döneminde olgunlaşıp, neredeyse tamamen denizel ortama dönüşmüştür (Turgut vd.,1983).

Transgresyonun olgunlaşma döneminde, havzanın kenarları hareketlenmiş ve buralardan kaynaklanan bol miktardaki kırıntılı malzeme havzada birikmiştir. Aynı dönemde havzanın hızlı çökmesi ve çökmeyeyle gelişen alana bol miktarda kırıntılı malzeme gelmesi sonucu Üst Eosen sonlarında ince ve kaba taneli klastiklerin oluşturduğu filiş türü kalın bir çökel istifi oluşmuştur. Bu istifin litolojik karakteri paleo yükselimler, basamak faylar ve havzayı çevreleyen kristalin masiflerin farklılığı nedeniyle her yerde aynı olmamıştır (Turgut vd., 1983).

Transgresyonun olgunlaşma döneminde volkanik aktivite de görülmüştür. Özellikle havzanın orta batı ve kuzeydoğusunda yoğunlaşan volkanik aktivite andezitik ve dasitik karakterdedir. Bu malzemenin havzaya yayılması havza çökellerinin bazı alanlarda tuf ara katkılı veya matriksli olmasına neden olmuştur. Transgresyonun olgunluk dönemi Alt Oligosenin sonlarından itibaren sona ermiş ve genel bir regresyonel çökelme ortamı gelişmiştir. Bu çökelme ortamları gölsel, fluvial, sahil yakını ve yer yer denizeldir. Tektonizmanın etkinliğini kaybetmesi, havzanın kaba kırıntılarla beslenmesini önlemiş, daha çok kalın gölsel şeyl, marn ve kireçtaşlarıyla

kömür ve flüviyal karakterde ve silttaşlarından oluşan çökel istifi oluşmuştur. Bu dönemde volkanik aktivite de sönümlenmiş, böylece volkanik materyal desteği de kesilmiştir (Turgut vd., 1983).

Üst Oligosen-Alt Miyosen’de Trakya Havzası bütünüyle yükselmiş ve aşınma dönemi başlamıştır. Bu aşınmayla önemli miktarda çökel kalınlığı kaybolmuştur. Orta Miyosen başlarında bir tektonik hareketlenme bölgeyi etkilemiştir. Havza kenarlarında geniş çapta kıvrılma ve kırılmalar oluşmuştur. Havzanın güneybatısında, KD-GB doğrultulu tektonik bir zon şekillenmiştir. Bu tektonik deformasyon olasılıkla doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi’nin buradaki devamını oluşturmaktadır (Turgut vd., 1983).

Miyosen boyunca tektonik aktivite ve aşınma devam ederken, havzanın kuzeybatı ucundaki denizel ortamlardaki klastik malzeme çökeli de devam etmiştir. Üst Miyosen sonlarına doğru havzanın büyük bir kesimi karasal ortama dönüşmüştür. Bunun sonucu bölgesel bir uyumsuzluk gelişmiş ve Miyosen öncesi birimleri örten çakıltaşı, kiltası ve kömürlerden oluşan kalın bir çökel istif oluşmuştur. Pliyosen ve daha sonrası genç hareketlerle havza güncel konumunu almıştır (Turgut vd., 1983).

Trakya Havzası ile ilgili diğer bir çalışma ise, Sakarya Kıtası’nın Pontidlerin altına dalması sırasında Trakya Havzası’nın yay önü havza olarak oluşması modelidir (Görür ve Okay, 1996). Bu modele göre, Geç Kretase ve Paleosende İstanbul Zonu güneye hareket ederek arkasında Karadeniz’i açmıştır. Aynı zamanda Pontid İçi okyanus kuzeye doğru dalarak yitmiş ve Erken Eosen’de de doğu kolu tamamen kapanmıştır. Bunun sonucunda da Sakarya Zonu ile İstanbul Zonu çarpışıp kilitlemiş, batıda dalma-batma zonundaki üst levha (Istranca Zonu) güneye hareket edip gerilmeye başlamıştır. Bu gerilmelerle Istrancalar üzerine Orta Eosen’den itibaren yay önü konumlu Trakya havzası oluşmaya başlamıştır. Pontid içi okyanusunun batı kolu Oligosen sonunda yitmiş ve Sakarya Zonu ile Istranca Zonu çarpışmıştır. Bu süreç Trakya Havzası çökelleri üzerinde açık olarak izlenebilir (Görür ve Okay, 1996).

Orta Eosen’den Alt Oligosen’e kadar türbiditik derin deniz çökellerinden sık deniz çökellerine geniş ve Üst-Oligosen’den itibaren de geniş ve karasal ortam çökellerinin izlenmesi, Trakya Havzası Tersiyer istifinin genel özelliğidir. Trakya havzasının oluşumuyla ilgili olarak birinci görüşte ifade edilen transgresyon,

olgunlaşma safhası ve regresyon dönemi aslında giderek okyanusun suyunun azalmasına bağlı olarak şekillenmiştir. Aynı zamanda, transgresyonun olgunlaşma döneminde havzaya andezitik ve dasitik karakterde volkanizmanın ve ürünlerinin yoğunlaştığı belirtilmektedir. Bu tür volkanik aktivite ve ürünleri de dalma-batma zonlarında görülen özelliklerdendir (Görür ve Okay, 1996).

Oligosende Istranca, İstanbul ve Sakarya Zonları yaklaşık bugünkü tektonik konumlarına gelmişlerdir (Görür ve Okay, 1996). Genç Oligosen Erken Miyosen’de yaygın bir kalkalkalen magmatizma yaşanmış, buna bağlı olarak çok sayıda granodiyoritik plüton oluşmuş ve geniş bölgeler kalkalkalen karakterde ve volkanoklastik kayalarla örtülmüştür (Ercan ve Türkecan,1998).

### 3.4 MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

İstanbul hızla gelişen ve büyüyen bir yerleşim, sanayi ve ticaret merkezi olarak Türkiye ve Dünya’da yeniden yapılanma açısından ön sıralarda yer almaktadır. Bu büyüme ve gelişmenin getirdiği hızlı ve modern yapılanmanın gereği, kaliteli agrega ihtiyacı artmaktadır. İstanbul’un agrega ihtiyacının bir bölümü, özellikle Avrupa yakasındaki Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri’nde yayılım gösteren kumtaşı ve kireçtaşlarından sağlanmaktadır.

Agregalar beton bileşiminde en çok kullanılan malzeme olduğundan, agrega özelliği betonun niteliğini direkt olarak etkilemektedir. Agreganın türü, mineralojisi, dokusu gibi önemli jeolojik faktörler, betonun dayanımında, aşınmasında, kimyasal etkilere karşı davranışında ve hacimsel deformasyonunda önemli etkiye sahiptir. Ayrıca agreganın şekli ve yüzey pürüzlülüğü betonda agrega ile çimento arasında kurulacak bağın kuvvetini belirler (Zarif ve diğ., 2003).

Bu çalışmada, İstanbul’un Avrupa yakasında yüzeylenen kumtaşı ve kireçtaşlarının jeolojik, petrografik ve mineralojik özelliklerinin yanı sıra yapılan standart agrega ve beton deneyleri ile yüksek dayanımlı betonda agrega olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Ayrıca bu kumtaşları ve kireçtaşlarının, agrega kalitesi yönünden karşılaştırması da yapılmıştır.

Araştırmalara agregalar üzerinde yapılan çalışmaların derlenmesi ile başlanmıştır. Arazi çalışmalarından elde edilen temsili örnekler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları sonucu öncelikle agregaların mineralojik-petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca farklı agregaların beton özelliklerine etkilerini değerlendirmek amacıyla taş ocaklarından getirilen örnekler üzerinde TS EN Standartlarına göre, agrega deneyleri yapılmıştır. Aynı agrega örnekleri kullanılarak, hazırlanan beton numuneleri üzerinde de TS EN Standartlarına uygun olarak, taze beton deneyleri (çökme deneyi, birim ağırlık ve hava içeriği) ile sertleşmiş beton deneyleri (basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı) yapılmıştır.

### 3.4.1 Agregada Olarak Kullanılacak Kayaçların Jeolojik Özellikleri

Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşı ocağı, kahverengi-sarımsı, turuncu renklerde az-sert yumuşak, çatlak araları kil ve demiroksit dolgulu, 5-17 m kalınlığında bir ayrışma zonu ile örtülüdür (Şekil 3-5).



Şekil 3-5: Ayazağa Bölgesi'ndeki taş ocağından genel bir görünüm



Şekil 3-6: Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşlarını kesen diyabaz daykları

Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşları, gri-kahverenkli, ince taneli ince-orta tabakalı, sık çatlaklı, orta sağlam masif bir görünümündedir. Kıltaşı-silttaşı ve kumtaşından oluşan birimlerde yer yer metamorfizma etkileri de izlenmektedir. Bölgede yaklaşık kalınlığı 1-1,5 m'yi bulan D-B uzanımlı, andezit ve diabaz dayklarına rastlanmaktadır (Şekil 3-6). Kumtaşları özellikle volkanik damarlar civarında hafif metamorfizma etkisi göstermektedir (Cilason,1989).

Hidrotermal çözeltiler etkisiyle kumtaşlarında, kloritleşme görülmektedir. Birim içinde çok az gözlenen pirit ( $\text{FeS}_2$ ) mineralinin varlığı bazı cevherleşmelerin olduğunu göstermektedir. Kumtaşı-kıltaşı aralanmasından oluşan birim, bol miktardaki damar kayalar ile kesilmiştir. Fay zonları boyunca deformasyon gösteren kıltaşlarının yanı sıra kırılğan yapıya sahip olan deformasyona uğramış kıltaşları, ezik bir zon oluşturmaktadır. İnce taneli yeşilimsi gri renkli kumtaşları içerisinde, epidotlaşma ve karbonatlaşma gözlenmektedir.

Kum boyu malzeme ile çimentolanmış ve yer yer de şist dokusu gösteren taban konglomerası, yuvarlak 3-5 cm çapa sahip şist, şeyl, kuvarsit parçalarından oluşan metamorfik çakıllar ile volkanik çakıllardan oluşmakta ve bileşenler yuvarlak az köşeli olarak gözlenmektedir (Şekil 3-7).

Cebeci Bölgesi'nde birçok kumtaşı ve kireçtaşı ocağı bulunmaktadır. Bu ocaklarda yapılan incelemelerde; tüm birimlerin üzerini örter durumda bulunan ve kalınlığı 10-15 m arasında değişen bir toprak örtüsü bulunmaktadır. Ayırışma derinliğine bağlı olarak alt kesimleri, koyu gri, çok sert, orta-ince katmanlı, çatlak araları kalsit ve kuvars dolguludur (Şekil 3-8).



Şekil 3-7: Ayazağa Bölgesi'ndeki taş ocağında gözlenen taban çakıltaşı



Şekil 3-8: Cebeci Bölgesi'ndeki taş ocağından genel bir görünüm

Cebeciköy taşocaklarında gözlenen birimler Trakya Formasyonu içinde yer alır (Kaya,1971). Kumtaşı, silttaşı ve kilitaşları içinde mercekler şeklinde kireçtaşı, karbonatlı şeyl ve konglomeralar ile yer yer diyabaz ve andezit daykları bulunmaktadır. Cebeciköy kireçtaşları içerisinde de deformasyona uğramış çok az kilitaşı seviyesi gözlenmektedir.

Sahada gözlenen tüm birimler üzerinde gelişmiş yoğun küçük ölçekli faylanmalar ve çatlak sistemleri formasyona oldukça karmaşık ve düzensiz bir yapı kazandırmıştır. Bu fay zonlarının kırıkları boyunca da oksidasyon ve kalsitleşme gelişmiştir.

Saha çalışmalarında, Trakya formasyonu içerisinde çok sayıda antiklinal ve senklinale rastlanmıştır (Şekil 3-9). Birim aşırı derecede tektonik aktiviteye maruz kaldığından kırıklı kıvrımlı bir yapı kazanmıştır (Ketin ve Güner, 1989).

Trakya formasyonunda tabaka doğrultuları KD-GB doğrultulu olup, eğimler de değişik derecelerde çoğunlukla GD veya KB'ya dır (Şekil 3-10). Saha çalışmaların da, tabaka doğrultu ve eğimleri ortalama K 30 D, 70 KB, paralel eklem sistemleri KD-GB ve KB-GD doğrultulu 45 derece eğimli olarak ölçülmüştür.



Şekil 3-9: Cebeci Bölgesi'ndeki kumtaşlarında gözlenen antiklinal yapısı



Şekil 3-10: Cebeci Bölgesi'ndeki birimlerin kıvrımlı ve kırıklı yapısı

Çatalca Bölgesi'nde agrega üretimi için tek elverişli kaya resifal kireçtaşıdır. Bu resifin özellikleri ve iç yapısı göz önüne alındığında bir set resifi olarak geliştiği anlaşılmaktadır (Cilason,1989).

Çatalca Bölgesi'ndeki kireçtaşları, sarımsı-bej renkli genellikle orta-kalın tabakalanmalı, killi ve gevşek bir yapıdadır. Masif görünümlü, blok elde edilemeyecek şekilde bir çatlak sistemini içeren kireçtaşları ilksel görünümünü kaybetmiştir. Bu kireçtaşları, genellikle KD'ya eğimli olup, içerisindeki çatlaklar kalsit ve organik maddelerce doldurulmuş, az kristalize, bol fosil kavkılı, gelişi güzel eklem sistemlerine sahip, kırılğan, demir oksitli seviyeler içermektedir (Şekil 3-11).



Şekil 3-11: Çatalca Bölgesi'ndeki resifal kireçtaşının kıvrımlı ve kırıklı yapısı

Resifal kireçtaşının, yaklaşık kalınlığı 200-300 m'yi bulmaktadır. Tabakalanmaya dik yönde çatlaklar içeren bu kireçtaşının içerisinde oluşan erime boşlukları kalsitle dolmuştur. Birim, fosil içeriği ve boşluklu ve bol çatlaklı yapısından dolayı kırılğandır. Fay zonları boyunca oksidayon ve killeşme görülmektedir. Kireçtaşları içerisinde oluşan düşeye yakın eklemler kil dolguludur (Şekil 3-12).

Eosen yaşlı kireçtaşları, metamorfik serilerin üzerine gelmiş ve bu nedenle metamorfik seviyeleri de içine alarak çökelmiştir. Metamorfik taban seviyesi üzerine gelen kireçtaşları, yaklaşık 1-2 cm çapında şist ve 5-6 cm çapında fosiller içermektedir (Şekil 3-13).



Şekil 3-12: Çatalca Bölgesi'ndeki kireçtaşlarında gözlenen eklem sistemleri



Şekil 3-13: Çatalca kireçtaşlarında şist çakılları içeren taban çakıltaşı

### 3.4.2 Agregaların Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Agrega olarak kullanılan kumtaşları ve kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik özellikleri, agreganın dayanımını etkilediği için bilinmesi son derece önemlidir. Bu nedenle Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarının, makro özellikleri tanımlanmış ve mikro özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitlerin, polarizan mikroskopta incelenmesi sonucunda kumtaşları ve kireçtaşlarının mineralojik-petrografik özellikleri ortaya konulmuştur.

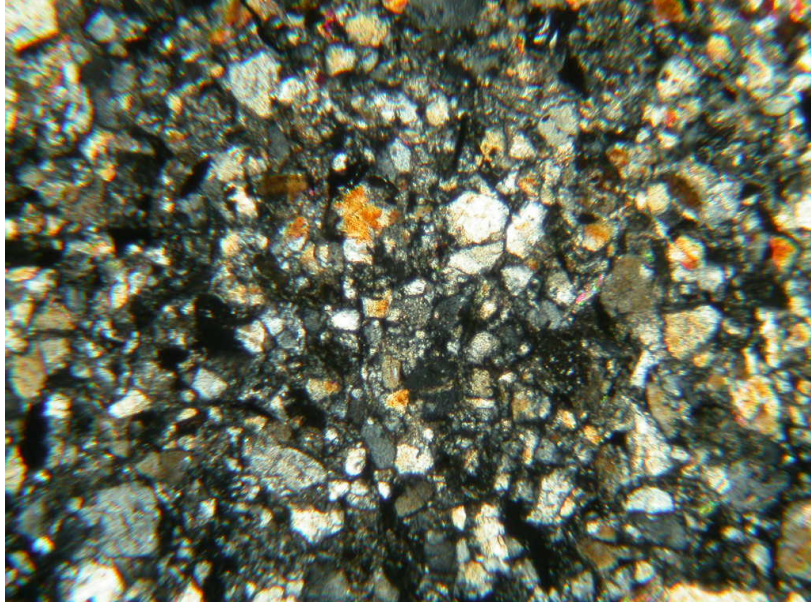
Bu bölümde; Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden alınan kumtaşları ve kireçtaşlarının makro ve mikro özellikleri sırasıyla tanımlanmıştır. Ayrıca, ince kesit çalışmalarını desteklemek için yapılan XRD analizleri de verilmiştir.

#### *Ayazağa Bölgesi'ndeki Kumtaşları*

Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşları; grimsi yeşil renkli, orta ince-taneli ve çatlakları kalsitle dolu olan kayaçlardır. Yer yer daha ince taneli seviyelerin gözlendiği kumtaşlarının kırılma yüzeyleri düzgündür. Bu kumtaşları içerisinde gözlenen dayklar ise, porfirik dokulu yeşil renkli, ince taneli bir hamur içerisinde iri plajiyoklazların gözlendiği, genellikle diyabaz bileşiminde damar kayaçlarıdır.

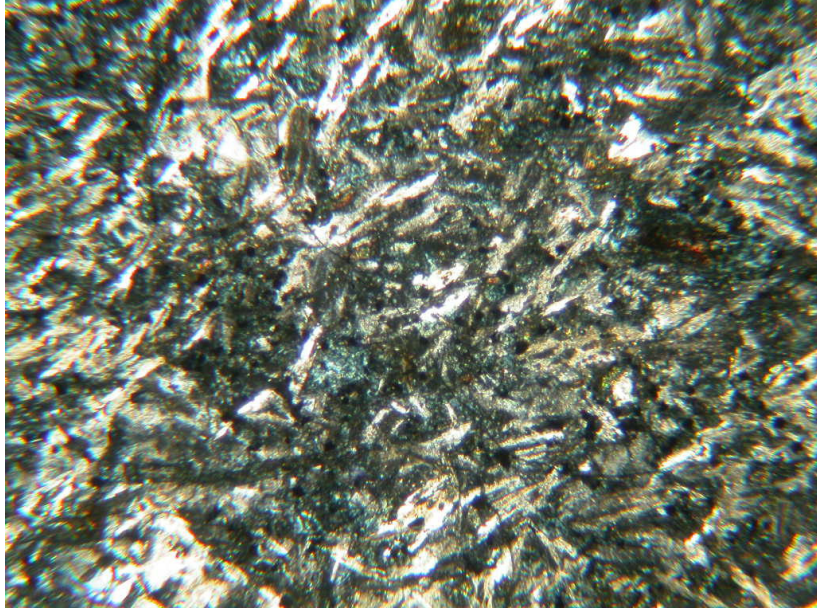
Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, bu kayaçların ince-orta taneli, iyi boylanmalı ve yuvarlak az köşeli bileşenlerden oluştuğu görülmektedir. Mineralojik bileşim olarak kuvars, feldispat, mika mineralleri ve çimento olarak da karbonat bağlayıcıdan oluşmuştur (Şekil 3-14).

Çamurumsu karbonat bağlayıcının daha hakim olduğu kayaç; çok az kil, spartit ve mikrit bağlayıcıdan da oluşmaktadır. Kumtaşlarının bileşenlerinin yaklaşık yüzde oranlarına göre “subarkoz” olarak isimlendirilebilir (Folk, 1962). Dokusal özellikleri bakımından bazı örnekler “ince-orta taneli kumtaşı” olarak tanımlanmaktadır. Kuvars oranının çok fazla olduğu kayaç içerisinde bol miktarda plajiyoklaz, kenarı ve köşesi belirgin kuvarsit ve şist parçacıkları da görülmektedir. Metamorfizma geçiren kayaçta bağlayıcı konumundaki kil mineralleri klorite dönüşmüştür. Kuvars oranının fazla oluşu metamorfik bir beslenimin olabileceğini göstermektedir.

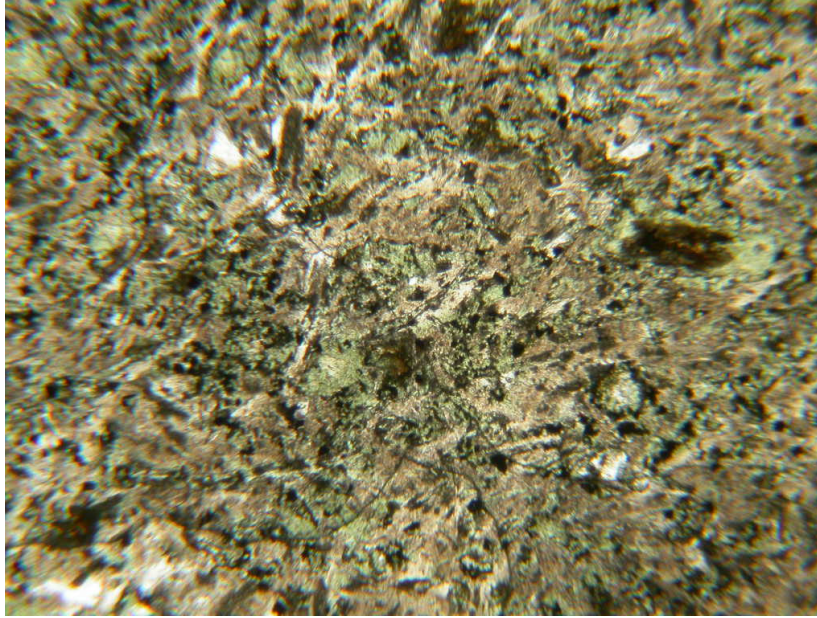


Şekil 3-14: Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X)

Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşları içerisinde gözlenen ve kısmen alterasyon geçirmiş olan dayklar, bazalt-diyabaz bileşiminde olup, akma dokusu ile porfirik dokuya sahiptirler. Kayaç içerisinde volkanik cam parçacıkları ve hamurda kloritleşme gözlenmektedir (Şekil 3-15). Mineralojik bileşimde ana mineral olarak plajiyoklaz ve ikincil mineral olarak da albit, kuvars, kalsit, epidot, klorit minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 3-16). Albitleşme, kloritleşme, epidotlaşma ve opasitleşme yaygındır. Bu tür alterasyonlar Ca açısından zengin hidrotermal bir getirimi göstermektedir. Ayrıca, piroksenler ve opak mineraller görülmektedir. Bu özelliklerinden dolayı kayaç metadiyabaz veya altere diyabaz olarak isimlendirilebilmektedir.

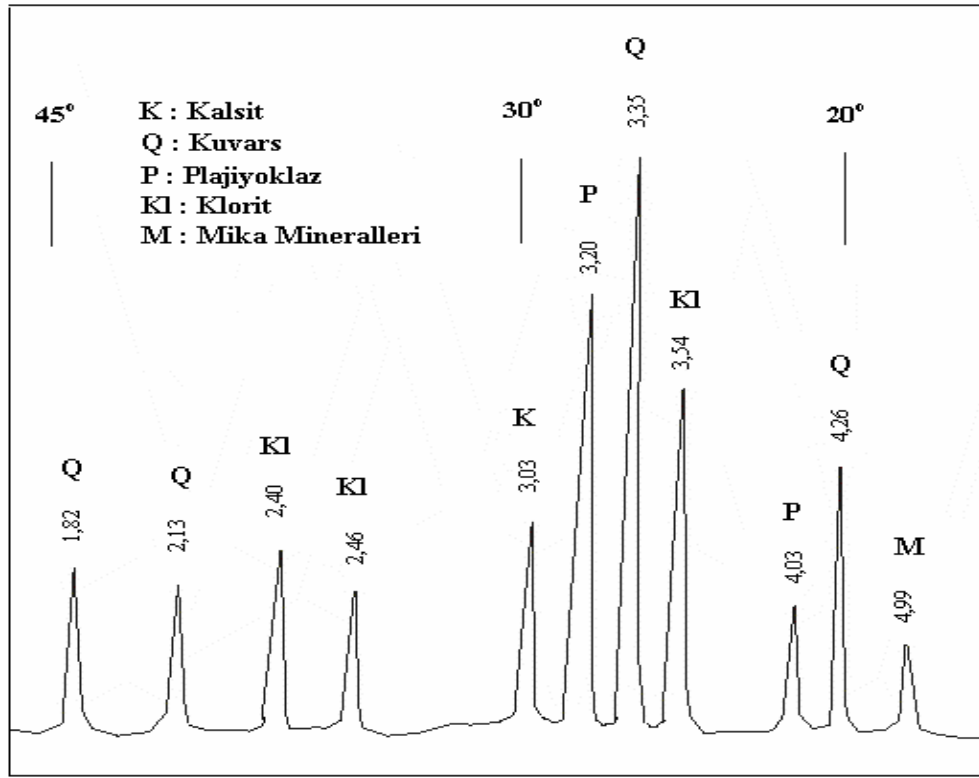


Şekil 3-15: Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşı içerisinde gözlenen meta-diyabazın mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X)



Şekil 3-16: Ayazağa Bölgesi'ndeki kumtaşı içerisinde gözlenen meta-diyabazın mikroskopik görünümü (Tek Nikol, 25X)

Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşlarına ait tüm kayaç X-ışınları difraktogramı değerlendirildiğinde el örneği ve mikroskopik incelemelerle benzer mineraloji sunduğu gözlenmektedir (Şekil 3-17).

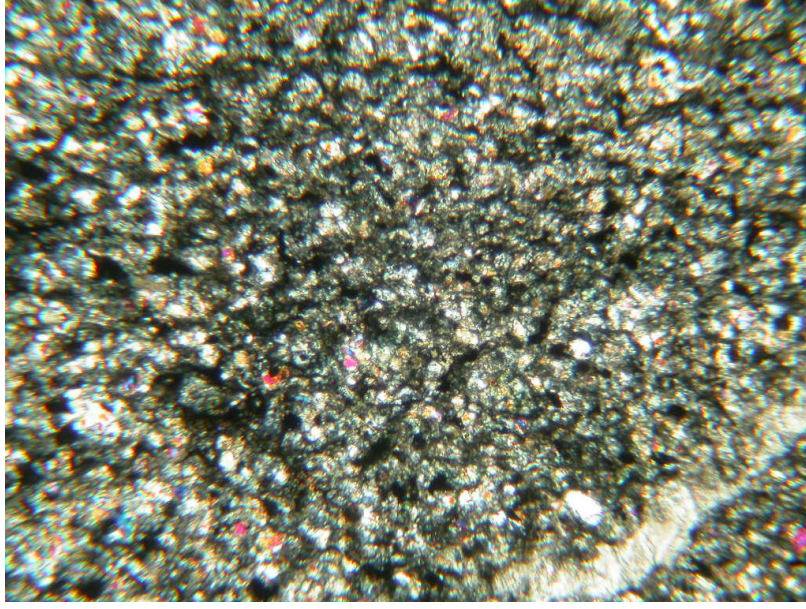


Şekil 3-17: Ayazağa Bölgesi'nden alınan kumtaşına ait tüm kayaç X-Işınları Difraktogramı

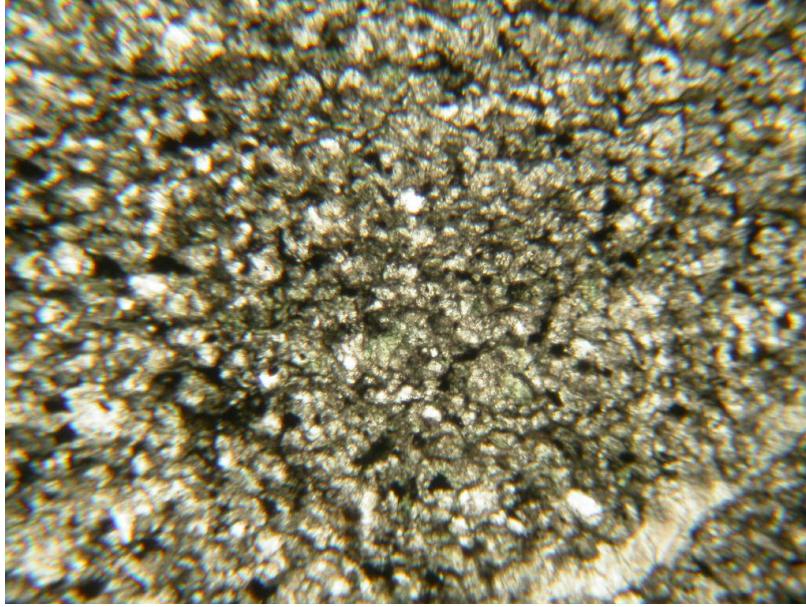
#### ***Cebeci Bölgesi'ndeki Kumtaşları***

Cebeci Bölgesi'ndeki kumtaşları; grimsi siyah renkli, ince taneli, kalın tabakalanma gösteren, tabaka kalınlığı (5-6 cm) ve kırılma yüzeyleri düzgün olan kayaçlardır. Bu kumtaşlarının daha iri taneli olanları (1-2 mm), yeşilimsi-gri renkli ve bileşenleri gözle ayırt edilebilmektedir. Kalsit, mika minerallerinin kristalleri parlak ve düzgün yüzeyli gözlenmektedir. Kayaca yeşil rengini veren klorit mineralidir. Kırık ve çatlaklar iri taneli kalsit mineralleriyle dolmuş olarak görünmektedir.

Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, bu kayaçlar; ince taneli, bol kırık ve çatlaklı, iyi boyplanmalı olarak gözlenmektedir. Bileşim olarak kuvars, feldispat, mika mineralleri ile çimento olarak da çok az karbonat bağlayıcıdan oluşmaktadır (Şekil 3-18).



Şekil 3-18: Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X)

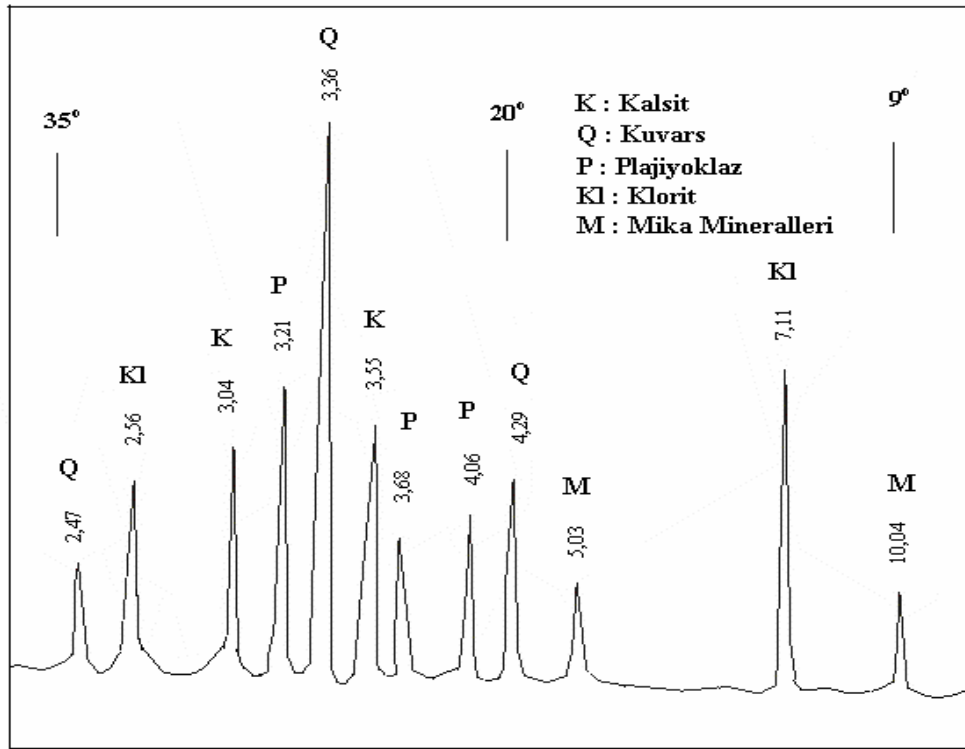


Şekil 3-19: Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşının mikroskopik görünümü (Tek Nikol, 25X)

Tane destekli bir kayaç olduğundan, bağlayıcısı az miktarda karbonat ve daha az da kil bağlayıcıdan oluşmaktadır (Şekil 3-19). Kumtaşları bileşenlerinin yaklaşık yüzde oranlarına göre “subarkoz” olarak adlandırılabilir (Folk, 1962). Ancak dokusal zellikleri ile tane boyu dikkate alındığında ise bazı örnekler “ince taneli kumtaşı” veya “meta-silttaşı” olarak da tanımlanabilir.

Kayacın içerisindeki kırık ve çatlaklar kalsitle ve yer yer de piritle dolmuştur. Çok hafif metamorfizma geçiren kayaçta bağlayıcı konumundaki kil mineralleri klorite dönüşmüştür. Kuvars oranının fazla oluşu metamorfik bir beslenimi gösterebilir.

Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşına ait X-ışınları difraktogramı incelendiğinde, mineralojik bileşimin optik mikroskopik incelemelerle uyumlu olduğu gözlenmektedir (Şekil 3-20).

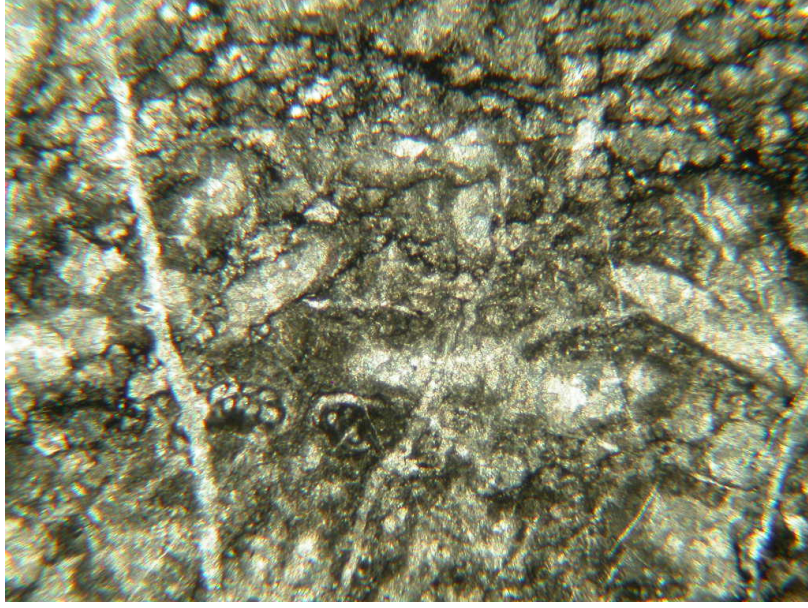


Şekil 3-20: Cebeci Bölgesi'nden alınan kumtaşına ait tüm kayaç X-Işınları Difraktogramı

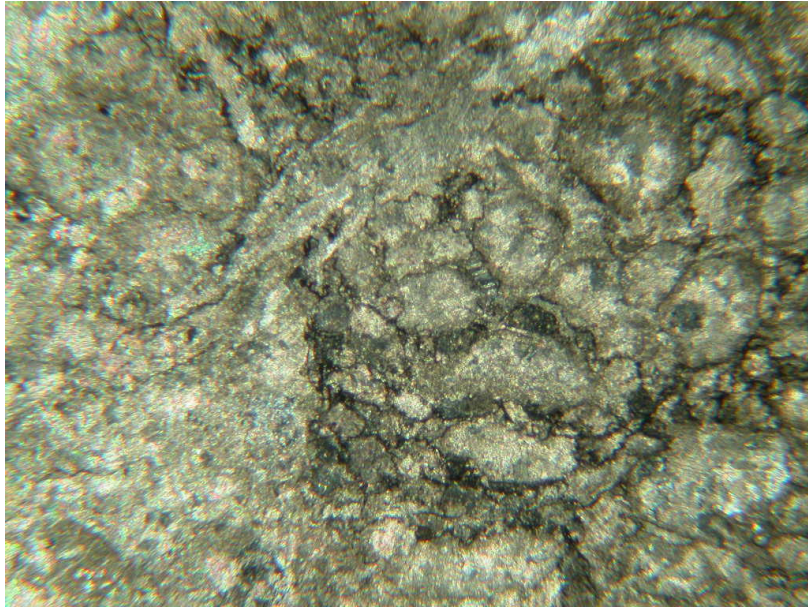
#### ***Cebeci Bölgesi'ndeki Kireçtaşları***

Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşları; grimsi siyah renkli, çok ince taneli (laminalı), çok az kristalize, içerisindeki kırık ve çatlakların kalsitle dolduğu kayaçlardır. Masif görümlü, çok az tabakalanmalı ve kil içeriğinin fazla olduğu kısımlar killi kireçtaşı olarak adlandırılabilir. Bu kayaçlar kırılğan olup, kırılma yüzeyleri düzgündür. Kırık ve çatlaklar boyunca pirit mineralizasyonları gelişmiştir.

Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, az kristallenmiş sparit çimentolu kayaçlar ile fosilli mikritik çimentolu kayaçlar tanımlanmaktadır. Kayacın içerisinde yer yer yuvarlak fosil kalıntılara ya da kavkılarına rastlanmaktadır (Şekil 3-21).



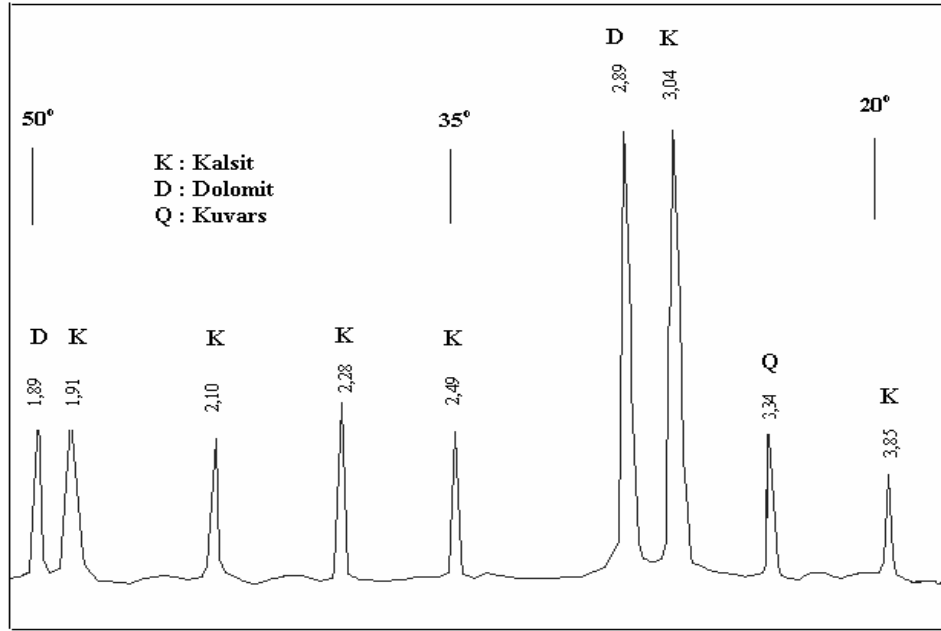
Şekil 3-21: Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 25X)



Şekil 3-22: Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 63X)

Cebeci Bölgesi'ndeki kireçtaşlarında fosiller tane yerine geçmiş ve kayaçtaki intraklast parçacıkları da silis karbonatla birlikte çökelmiştir. Kireçtaşları bileşenlerinin yaklaşık yüzde oranlarına göre “intra-biyosparit ” (Folk, 1962) veya tane destekli anlamına gelen “tane taşı ” (Dunham, 1962) olarak isimlendirilebilir. Kırık ve çatlaklı bir yapıya sahip olan kayaçtaki litoklast ve intraklast parçacıkları, kayacın enerjisi yüksek, çalkantılı ve sığ denizel bir ortamda çökelmiş olduğunu göstermektedir (Şekil 3-22).

Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşına ait tüm kayaç X-ışınları difraktogramına göre karbonatlı kayaçlar çoğunlukla kalsit minerallerinden daha az olarak da dolomit minerallerinden oluşmaktadır. Bunun yanısıra çok az da olsa kuvars tespit edilmiştir (Şekil 3-23).

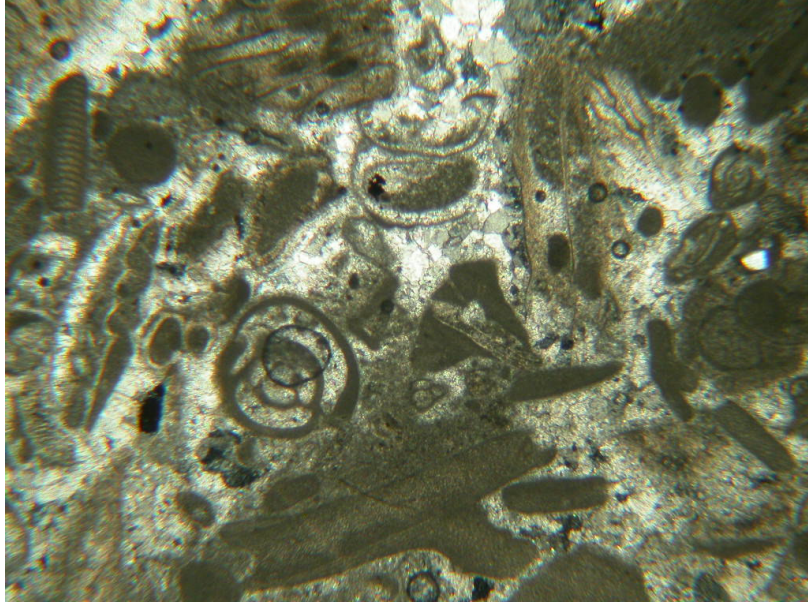


Şekil 3-23: Cebeci Bölgesi'nden alınan kireçtaşına ait tüm kayaç X-ışınları Difraktogramı

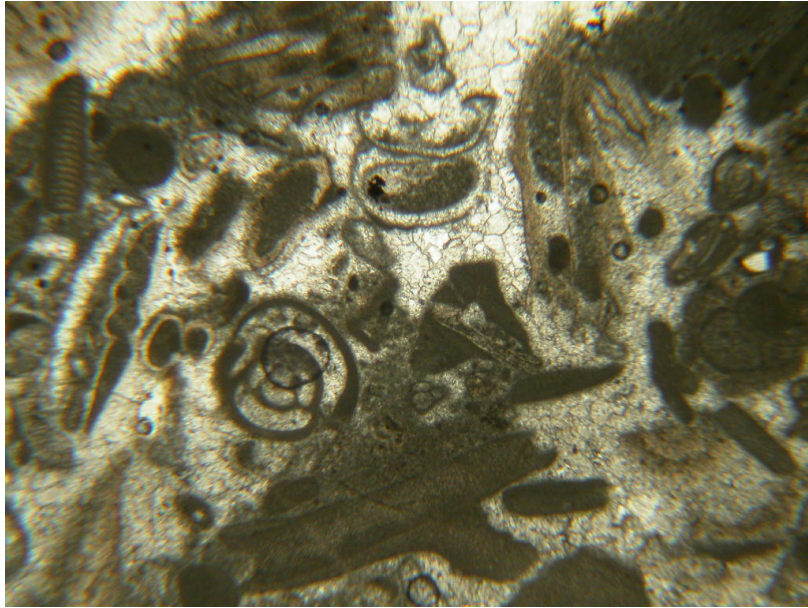
### ***Çatalca Bölgesi'ndeki Kireçtaşları***

Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşları, beyazımsı-krem renkli, az kristalize içerisinde makro fosil kavrıkları içeren, yer yer erime çözünme boşluklarının olduğu masif görünümlü kayaçlardır. Altta metamorfitten parçalar alan kireçtaşlarının dış yüzeylerinde alterasyonun izleri görülmektedir. Taban çakıltısı ile başlayan seviyeler içerisindeki çakılların boyutları mm'den cm boyutuna kadar değişmektedir. Bu çakıllar homojen olup, genellikle fillit, şist gibi metamorfik kayaç parçacıkları içermektedir.

Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, resifal kireçtaşı olarak tanımlanan kayaç, bol fosil, bol kavkı parçalarından oluşan allokem ve mikrosparit türü otokemlerden oluşmaktadır. Kayaç içerisinde intraklast (kireçtaşı parçası) ve mercan fosilleri gözlenmektedir (Şekil 3-24).



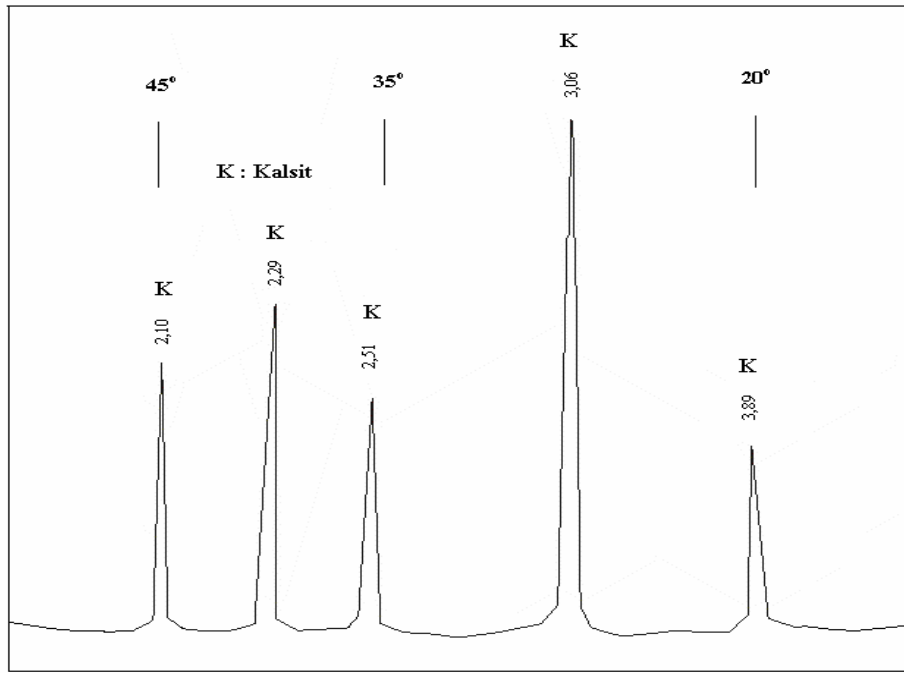
Şekil 3-24: Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Çift Nikol, 63X)



Şekil 3-25: Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşının mikroskopik görünümü (Tek Nikol, 63X)

Çatalca Bölgesi'ndeki kireçtaşlarının sığ derinlikte bir ortamda çökmesi kayaçta çok az da olsa killi veya siltli seviyeler bulunduğunu işaret etmektedir. Kireçtaşlarının bileşenlerinin yaklaşık yüzde oranlarına göre “intra-biyo mikrosparit” (Folk, 1962) ve tane destekli olduğu için de “tane taşı” (Dunham, 1962) olarak isimlendirilebilir. Matriksin çok az olduğu kayaç çok bol miktarda fosil içermektedir. Kayaçta globotruncana , alveolina, mercan fosil parçalarına rastlanmakta olup, fosillerin locaları çok belirgin olarak görülmektedir (Şekil 3-25).

Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşına ait tüm kayaç X-ışınları difraktogramında birimin tamamen kalsitten oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 3-26).



Şekil 3-26: Çatalca Bölgesi'nden alınan kireçtaşına ait tüm kayaç X-ışınları Difraktogramı

### 3.4.3 Agregaların Kimyasal Özellikleri

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarında, TS EN 1744-1'de anlatılan yöntemle göre, suda ve asitte çözünen sülfat, toplam kükürt ve klorür değerlerinin tayini için deneyler yapılmıştır. Bu deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-1, Tablo 3-2 ve Tablo 3-3 ve Tablo 3-4'de sunulmuştur.

Tablo 3-1: Agregalarda Suda Çözünen Sülfat İçeriği

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Sülfat İçeriği SO<sub>3</sub>(%)</b> |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 0,056                                   |
| Cebeci Kumtaşı        | 0,107                                   |
| Cebeci Kireçtaşı      | 0,16                                    |
| Çatalca Kireçtaşı     | 0,033                                   |

Tablo 3-2: Agregalarda Asitte Çözünen Sülfat İçeriği

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Sülfat İçeriği SO<sub>3</sub> (%)</b> |
|-----------------------|------------------------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 0,6714                                   |
| Cebeci Kumtaşı        | 0,6221                                   |
| Cebeci Kireçtaşı      | 0,3583                                   |
| Çatalca Kireçtaşı     | 0,6716                                   |

Cebeci Bölgesi'ndeki taş ocaklarında kırık zonları boyunca görülen pirit minerallerinin oksidasyonu ile sülfat miktarı artmaktadır. Bu nedenle agregalarda suda çözünen sülfat miktarı diğer bölgelere oranla Cebeci Bölgesi'nde daha fazla görülmektedir.

Tablo 3-3: Agregalarda Klorür İçeriği

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Klorür İçeriği Cl (%)</b> |
|-----------------------|------------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 0,1065                       |
| Cebeci Kumtaşı        | 0,0639                       |
| Cebeci Kireçtaşı      | 0,0568                       |
| Çatalca Kireçtaşı     | 0,0497                       |

Tablo 3-4: Agregalarda Toplam Kükürt İçeriği

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Toplam Kükürt İçeriği S (%)</b> |
|-----------------------|------------------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 0,234                              |
| Cebeci Kumtaşı        | 4,079                              |
| Cebeci Kireçtaşı      | 9,078                              |
| Çatalca Kireçtaşı     | 0,124                              |

Cebeci Bölgesi'ndeki taş ocaklarında görülen hidrotermal alterasyona bağlı olarak pirit minerallerinde oksitlenme ile sülfatın açığa çıkması söz konusudur. Kükürt de agregalarda sülfat olarak bulunduğu için toplam kükürt miktarı diğer bölgelere oranla Cebeci Bölgesi'nde daha fazla görülmektedir.

Ayazağa-Cebeci kumtaşları ve Cebeci-Çatalca kireçtaşlarında, organik madde tayini için yapılan deneylerde çözelti renginin referans örnekten açık olması, bu kumtaşı ve kireçtaşlarının organik madde içermediğini göstermektedir (TS EN 1744-1).

Agregaların kimyasal özelliklerinin tayini için yapılan deneylerle Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgelerinden alınan kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının betonda kullanılabileceği görülmüştür.

#### **3.4.4 Agregada Deneyleri**

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nde yüzeyleyen kumtaşı ve kireçtaşlarından elde edilen agregalar üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda, TS 706 EN 12620 Standartları'nda önerilen yöntemler esas alınmıştır.

Agregalar üzerinde yapılan deneyler; İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarı ve SET Beton Ambarlı Merkez Laboratuvarında yürütülmüştür.

Bu bölümde kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının; tane büyüklüğü dağılımı, tane yoğunluğu ve su emme oranı, gevşek yığın yoğunluğu ve boşluk hacmi, kum eşdeğeri değeri, metilen mavisi değeri, yassılık endeksi, şekil indisi, agrega aşınma direnci- (Micro-Deval Katsayısı), agrega parçalanma direnci-(Los Angeles Katsayısı) ve magnezyum sülfat değeri belirlenmiştir.

##### **3.4.4.1 Agregaların Tane Büyüklüğü Dağılımı**

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarında, tane büyüklüğü dağılımını belirlemek için elek analizi deneyleri yapılmıştır (TS EN 933-1). Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-5'de Tablo 3-6, Tablo 3-7 ve Tablo 3-8'de sunulmuştur.

Tablo 3-5: Ayazağa Kumtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları

| Ayazağa Kumtaşı | <i>Elek Altı Kümülatif Yüzdesi</i><br>(%, <i>ağırlık</i> ) |                   |                   |
|-----------------|------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                 | Kum                                                        | Kırmataş<br>No :1 | Kırmataş<br>No :2 |
| <b>0,25</b>     | 17                                                         | 0                 | 0                 |
| <b>0,5</b>      | 26                                                         | 0                 | 0                 |
| <b>1</b>        | 40                                                         | 0                 | 0                 |
| <b>2</b>        | 62                                                         | 0                 | 0                 |
| <b>4</b>        | 96                                                         | 2                 | 0                 |
| <b>8</b>        | 100                                                        | 68                | 1                 |
| <b>16</b>       | 100                                                        | 100               | 75                |
| <b>31,5</b>     | 100                                                        | 100               | 100               |

Tablo 3-6: Cebeci Kumtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları

| Cebeci Kumtaşı | <i>Elek Altı Kümülatif Yüzdesi</i><br>(%, <i>ağırlık</i> ) |                   |                   |
|----------------|------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                | Kum                                                        | Kırmataş<br>No :1 | Kırmataş<br>No :2 |
| <b>0,25</b>    | 14                                                         | 1                 | 0                 |
| <b>0,5</b>     | 41                                                         | 1                 | 0                 |
| <b>1</b>       | 53                                                         | 1                 | 0                 |
| <b>2</b>       | 76                                                         | 4                 | 0                 |
| <b>4</b>       | 99                                                         | 10                | 1                 |
| <b>8</b>       | 100                                                        | 58                | 2                 |
| <b>16</b>      | 100                                                        | 100               | 64                |
| <b>31,5</b>    | 100                                                        | 100               | 100               |

Elek analizi sonucunda betonda kullanılacak agreganın en büyük tane boyutu ve her elekten geçen agrega yüzdesi saptanarak granülometri eğrisi çizilir. Agrega numunesinin ne kadarının ince ne kadarının iri olduğu ve iki sınıf arasında belirli tane iriliğinde ne kadar agrega bulunduğu ise, gradasyon eğrisi çizildikten sonra 4,75 mm'lik eleğin kümülatif elek altı baz alınarak çizilir. Granülometri, taze betonun işlenebilme özelliğini, sertleşmiş betonun dayanımını, birim ağırlığını ve ekonomisini etkiler.

Tablo 3-7: Cebeci Kireçtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları

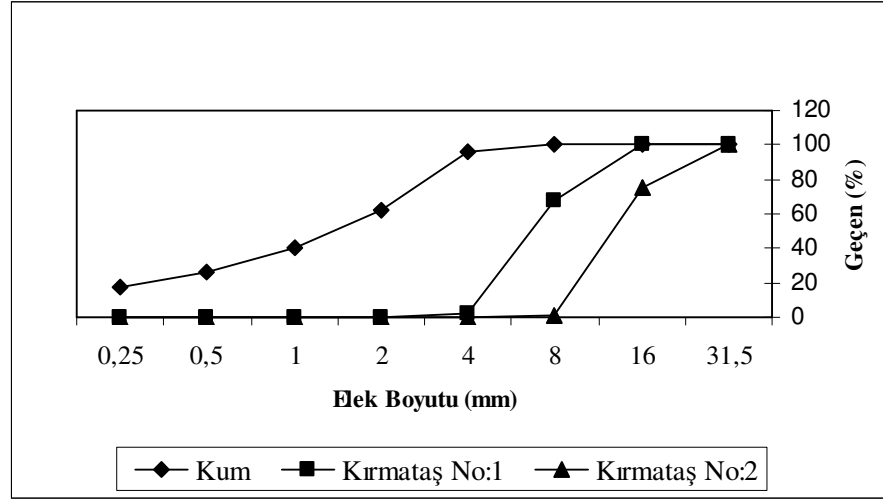
| <b>Cebeci Kireçtaşı</b> | <b><i>Elek Altı Kümülatif Yüzdesi</i></b><br><b><i>(%, ağırlık)</i></b> |                           |                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Elek Boyutu (mm)</b> | <b>Kum</b>                                                              | <b>Kırmataş<br/>No :1</b> | <b>Kırmataş<br/>No :2</b> |
| <b>0,25</b>             | 21                                                                      | 0                         | 0                         |
| <b>0,5</b>              | 31                                                                      | 0                         | 0                         |
| <b>1</b>                | 49                                                                      | 0                         | 0                         |
| <b>2</b>                | 73                                                                      | 1                         | 0                         |
| <b>4</b>                | 97                                                                      | 3                         | 0                         |
| <b>8</b>                | 100                                                                     | 56                        | 3                         |
| <b>16</b>               | 100                                                                     | 100                       | 80                        |
| <b>31,5</b>             | 100                                                                     | 100                       | 100                       |

Tablo 3-8: Çatalca Kireçtaşı Agregalarının Elek Analizi Sonuçları

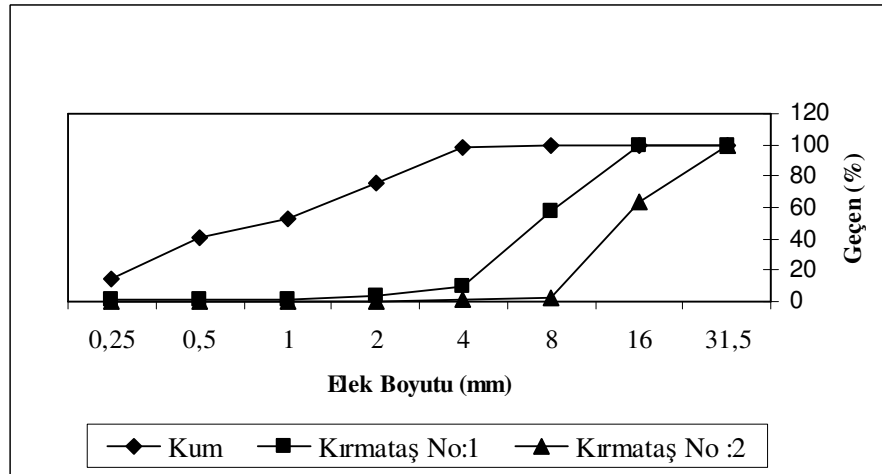
| <b>Çatalca Kireçtaşı</b> | <b><i>Elek Altı Kümülatif Yüzdesi</i></b><br><b><i>(%, ağırlık)</i></b> |                           |                           |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Elek Boyutu (mm)</b>  | <b>Kum</b>                                                              | <b>Kırmataş<br/>No :1</b> | <b>Kırmataş<br/>No :2</b> |
| <b>0,25</b>              | 14                                                                      | 0                         | 0                         |
| <b>0,5</b>               | 58                                                                      | 0                         | 0                         |
| <b>1</b>                 | 83                                                                      | 0                         | 0                         |
| <b>2</b>                 | 99                                                                      | 1                         | 0                         |
| <b>4</b>                 | 100                                                                     | 3                         | 0                         |
| <b>8</b>                 | 100                                                                     | 47                        | 0                         |
| <b>16</b>                | 100                                                                     | 100                       | 61                        |
| <b>31,5</b>              | 100                                                                     | 100                       | 100                       |

Elek analizi sayesinde agreganın en büyük tane boyutu ( $D_{max}$ ) da belirlenir.  $D_{max}$  büyük agreganın kullanılması betonun kompasitesini artırır. Aynı zamanda aynı işlenebilme için daha az su kullanılmasını sağlar. Böylece üretilen yüksek dayanımlı betonlar daha ekonomik olacaktır.

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri Şekil 3-27, Şekil 3-28, Şekil 3-29 ve Şekil 3-30'da verilmiştir.

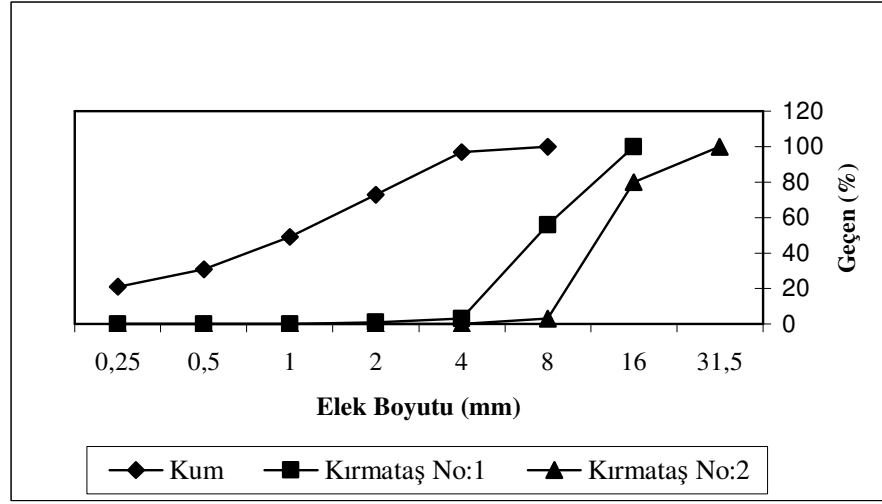


Şekil 3-27: Ayazağa kumtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri

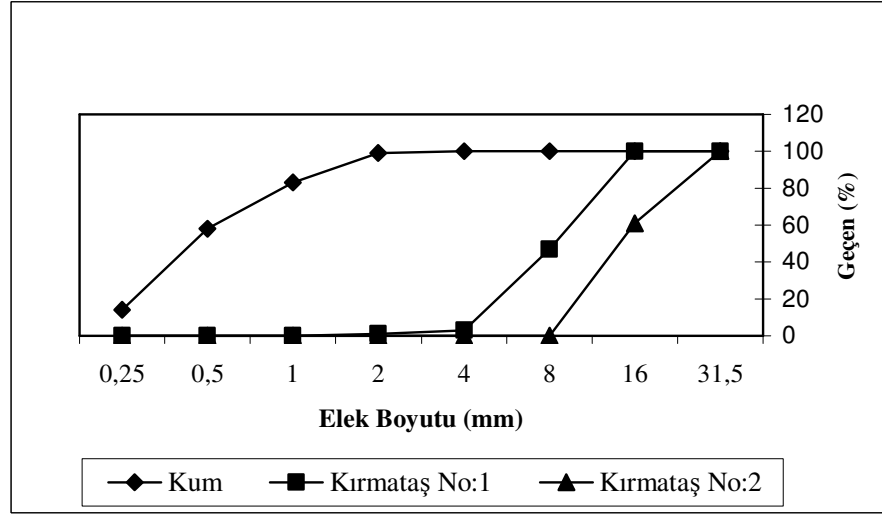


Şekil 3-28: Cebeci kumtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri

Agregaların tane büyüklüğünün tayini için yapılan deneylerle Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgelerinden alınan kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının betonda kullanılabileceği görülmüştür.



Şekil 3-29: Cebeci kireçtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri



Şekil 3-30: Çatalca kireçtaşı agregalarına ait granülometri eğrileri

#### 3.4.4.2 Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı

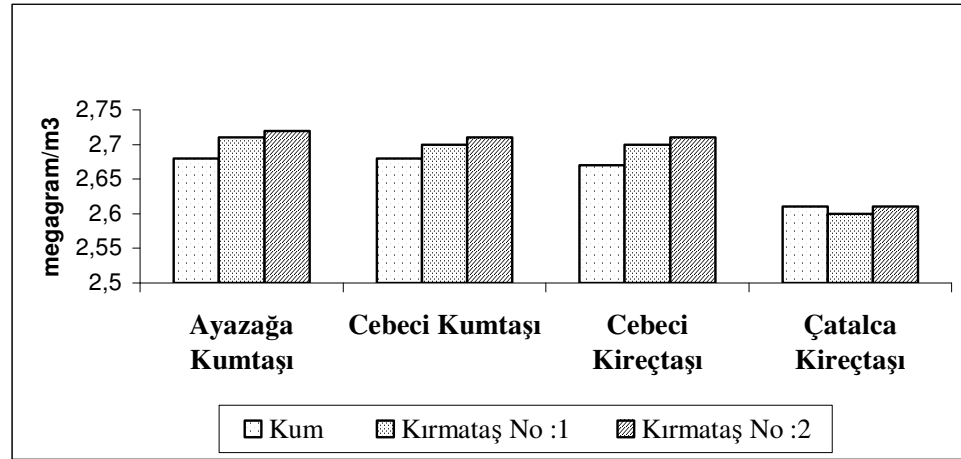
Tane yoğunluğu, kütlenin hacme oranından hesaplanır. Kütle, deney numunesi kısmını tartmak suretiyle hacim ise, suyun kütesinden tayin edilir (TS EN 1097-6).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşlarında, TS EN 1097-6'de belirtilen yöntemle göre, tane yoğunluğu ve su emme oranı için deney yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-9, Tablo 3-10 ve Tablo 3-11'de sunulmuştur.

Tablo 3-9: Agregalarda Doygun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu

| <b>Doygun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu <math>\rho_{ssd}</math> (megagram/m<sup>3</sup>)</b> |            |                       |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Agrega Kaynağı</b>                                                                    | <b>Kum</b> | <b>Kırmataş No :1</b> | <b>Kırmataş No :2</b> |
| Ayazağa Kumtaşı                                                                          | 2,68       | 2,71                  | 2,72                  |
| Cebeci Kumtaşı                                                                           | 2,68       | 2,70                  | 2,71                  |
| Cebeci Kireçtaşı                                                                         | 2,67       | 2,70                  | 2,71                  |
| Çatalca Kireçtaşı                                                                        | 2,61       | 2,60                  | 2,61                  |

Doygun yüzey kuru tane yoğunluğu, doymuş hale getirilmiş numunenin tartılmasıyla belirlenen kütlenin hacme oranıdır. Kuru tane yoğunluğu ise, etüvde kurutulmuş numunenin tartılmasıyla belirlenen kütlenin hacme oranıdır. Su emme oranı da doymuş ve yüzeyi kuru agrega kütlesi ve kuru agrega kütlesine göre hesaplanır (TS EN 1097-6).



Şekil 3-31: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Doygun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu değerlerinin değişimi

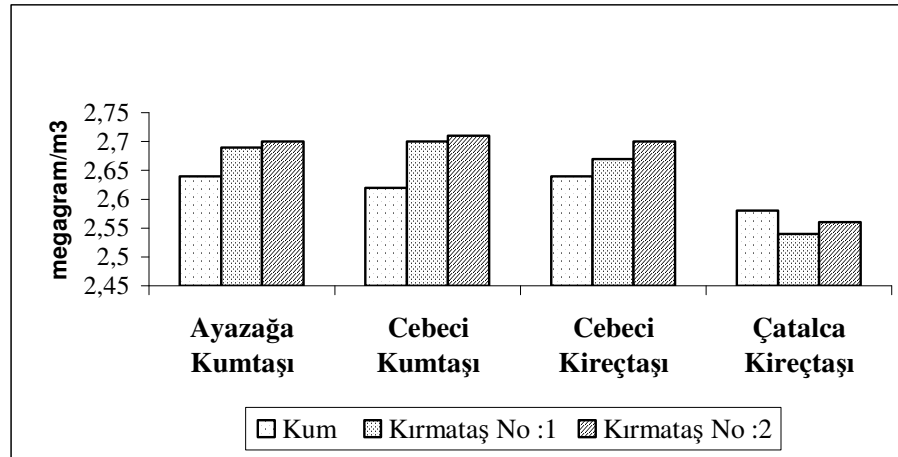
Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşı agregalarıyla yapılan deneylerle, yüksek tane yoğunluğuna sahip agregaların, kimyasal ve mekanik etkilere ve ayrışmaya karşı daha dayanımlı olduğu görülmektedir (Şekil 3-31).

Çatalca kireçtaşı agregalarının doymuş yüzey kuru tane yoğunluğu diğer bölgelere göre daha düşüktür. Bunun nedeni, Çatalca kireçtaşı agregasının gözenekli bir yapıya sahip oluşudur.

Tablo 3-10: Agregalarda Kuru Tane Yoğunluğu

| Kuru Tane Yoğunluğu $\rho_{rd}$ (megagram/m <sup>3</sup> ) |      |                |                |
|------------------------------------------------------------|------|----------------|----------------|
| Agrega Kaynağı                                             | Kum  | Kırmataş No :1 | Kırmataş No :2 |
| Ayazağa Kumtaşı                                            | 2,64 | 2,69           | 2,70           |
| Cebeci Kumtaşı                                             | 2,62 | 2,70           | 2,71           |
| Cebeci Kireçtaşı                                           | 2,64 | 2,67           | 2,70           |
| Çatalca Kireçtaşı                                          | 2,58 | 2,54           | 2,56           |

Agrega tane yoğunluğuna göre agreganın kökeni hakkında da bilgi sağlanabilmektedir. Agreganın su emme değeri, başlıca tane yoğunluğu, dona karşı mukavemeti ve dayanımı etkilemektedir. Agreganın tane yoğunluğu ve su emme oranı, esas olarak beton karışım hesaplarında kullanılmaktadır.



Şekil 3-32: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Kuru Tane Yoğunluğu değerlerinin değişimi

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşı agregalarıyla yapılan deneylerle, düşük su emme oranına sahip agregaların, mekanik etkilere ve ayrışmaya karşı daha dayanımlı olduğu görülmektedir (Şekil 3-32).

Çatalca kireçtaşı agregaları diğer bölgelere göre daha düşük tane yoğunluğuna sahiptir. Bu durum, Çatalca kireçtaşı agregasının gözenekli yapıya sahip olmasına bağlı olarak su emme oranındaki artıştan kaynaklanabilir.

Tablo 3-11: Agregalarda Su Emme Oranı

| Su Emme Oranı $WA_{24}$ (%) |     |                |                |
|-----------------------------|-----|----------------|----------------|
| Agrega Kaynağı              | Kum | Kırmataş No :1 | Kırmataş No :2 |
| Ayazağa Kumtaşı             | 1,6 | 0,7            | 0,7            |
| Cebeci Kumtaşı              | 1,6 | 0,7            | 0,5            |
| Cebeci Kireçtaşı            | 1,3 | 0,8            | 0,4            |
| Çatalca Kireçtaşı           | 1,2 | 2,2            | 1,7            |

Agregaların su emme değeri, don etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca beton karışımlarında karma suyunun oranını etkilemesi ve betonun dayanımını düşürmesi nedeniyle de önem kazanmaktadır. Bu nedenle su emme oranının, % 3'den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

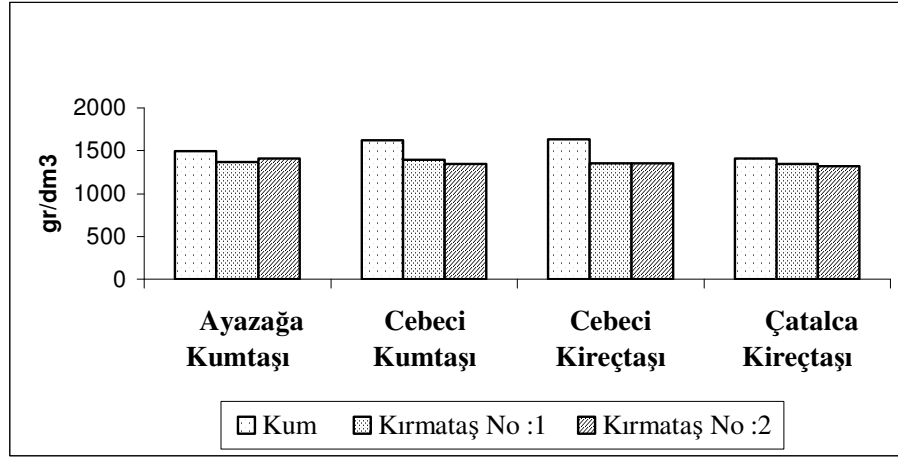
#### 3.4.4.3 Agregaların Gevşek Yığın Yoğunluğu ve Boşluk Hacmi

Gevşek yığın yoğunluğu, sıkışmamış kuru agreganın kütesinin ölçü kabının hacmine bölünmesiyle elde edilen değerdir. Boşlukların yüzdesi de gevşek yığın yoğunluğundan ve tane yoğunluğundan hesaplanır (TS EN 1097-3).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarında, TS EN 1097-3'de belirtilen yöntemle göre, gevşek yığın yoğunluğu ve boşluk hacmi için deneyler yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3-12 ve Tablo 3-13'de sunulmuştur.

Tablo 3-12: Agregalarda Gevşek Yığın Yoğunluğu

| Gevşek Yığın Yoğunluğu $\rho_b$ (gr/dm <sup>3</sup> ) |      |                |                |
|-------------------------------------------------------|------|----------------|----------------|
| Agrega Kaynağı                                        | Kum  | Kırmataş No :1 | Kırmataş No :2 |
| Ayazağa Kumtaşı                                       | 1497 | 1366           | 1414           |
| Cebeci Kumtaşı                                        | 1618 | 1395           | 1350           |
| Cebeci Kireçtaşı                                      | 1635 | 1351           | 1357           |
| Çatalca Kireçtaşı                                     | 1410 | 1350           | 1320           |



Şekil 3-33: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Gevşek Yığın Yoğunluğu değerlerinin değişimi

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşı agregalarıyla yapılan deneylerle, agregataneleri içinde bulunan su miktarına ve agreganın boşluk hacminin azalmasına bağlı olarak gevşek yığın yoğunluğunun arttığı görülmektedir (Şekil 3-33).

Gevşek yığın yoğunluğu, agreganın tane şekli ve tane yoğunluğuyla yakından ilgilidir. Agregada içerisinde bulunan kusurlu tane oranı arttıkça boşluk miktarı artacak ve gevşek yığın yoğunluğu da düşecektir. Bu nedenle Çatalca kireçtaşı agregasının gevşek yığın yoğunluğu değeri diğer bölgelere göre daha düşüktür.

Tablo 3-13: Agregalarda Boşluk Hacmi

| Boşluk Hacmi v (%) |     |                |                |
|--------------------|-----|----------------|----------------|
| Agrega Kaynağı     | Kum | Kırmataş No :1 | Kırmataş No :2 |
| Ayazağa Kumtaşı    | 44  | 50             | 48             |
| Cebeci Kumtaşı     | 44  | 48             | 50             |
| Cebeci Kireçtaşı   | 46  | 49             | 50             |
| Çatalca Kireçtaşı  | 46  | 48             | 49             |

Agrega tanelerinin boşluklu olması ile bunlardan yapılan betonun dış etkenlere karşı korunmasında, olumsuzluklar gözlenmektedir. Agregada yüzeyinde yer alan gözenekler doğrudan doğruya donma ve çözülme dayanımını, mukavemeti, elastisiteyi, aşınma mukavemetini, tane yoğunluğunu etkilemektedir (Fookes,1980).

Agregalarda bulunan mikro ölçekteki boşluklar, tane özgül yüzeyini artırmalarından dolayı çimento ile agrega arasında oluşan aderansı arttırmaktadır. Bu nedenle donma-çözülmeden etkilenmeyecek ölçüde bulunan boşluklar agrega tanelerinde bulunması ile yüzeyin pürüzlülük kazanması sonucu betonda dayanım artmaktadır.

#### **3.4.4.4 Agregalarda Kum Eşdeğeri Deneyi**

Kum eşdeğeri deneyi; ince agregalarda ve diğer boyut gruplarına dahil agregalarda, (0-2) mm aralığının kum eşdeğerinin tayini için kullanılan bir yöntemdir (TS EN 933-8).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarında TS EN 933-8'de belirtilen yöntemle göre, Kum Eşdeğeri deneyi, yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-14'de sunulmuştur.

Tablo 3-14: Agregaların Kum Eşdeğeri Değeri

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Kum Eşdeğeri SE</b> |
|-----------------------|------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 36                     |
| Cebeci Kumtaşı        | 65                     |
| Cebeci Kireçtaşı      | 83                     |
| Çatalca Kireçtaşı     | 78                     |

Agregalarda bulunabilen ince maddelerin (özellikle kil ve silt), agrega taneleri üzerinde örtü oluşturdıklarından dolayı zararlı olabileceği belirtilmiştir ve bunların çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki bağı zayıflatıklarını ileri sürülmüştür (Fookes, 1980).

Kireçtaşı agregalarındaki kum eşdeğerinin yüksek oluşu, kireçtaşlarının içerisinde bantlar şeklinde görülen kil seviyelerin çokluğuna bağlanabilir. İnce malzeme oranının artmasıyla kum eşdeğeri de artmaktadır. Bu nedenle agregalarda çok ince malzeme miktarının % 3 den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

#### 3.4.4.5 Agregalarda Metilen Mavisi Deneyi

Metilen mavisi deneyi; ince agregalarda veya gruplandırılmamış agregalar da, (0-2) mm aralığının metilen mavisi değerinin tayini için kullanılan bir yöntemdir (TS EN 933-9).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşlarında TS EN 933-9'de verilen yönteme göre, Metilen Mavisi deneyi, yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-15'de sunulmuştur.

Tablo 3-15: Agregaların Metilen Mavisi Değeri

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Metilen Mavisi MB</b> |
|-----------------------|--------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 1,8                      |
| Cebeci Kumtaşı        | 1,8                      |
| Cebeci Kireçtaşı      | 1,2                      |
| Çatalca Kireçtaşı     | 1,6                      |

İnce maddeler, betonda birçok olumsuzluğa neden olmaktadır. Bu maddeler, agregataneleri etrafını sardıklarından dolayı, agregat ile çimento hamuru arasında kalarak aderansı azaltması, betonun prizine veya sertleşmesine etki etmesi, betonun mukavemetini düşürmesi, çimento hamurunda zararlı kimyasal reaksiyonlara yol açabilmesi ve donatının korozyona karşı korunmasını azaltan etkileri bulunmaktadır (Baradan, 1991).

Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarındaki metilen mavisi değerinin yüksek oluşu, kumtaşı ve kireçtaşlarındaki su emme oranının fazla olmasından kaynaklanabilir.

#### 3.4.4.6 Agregaların Yassılık Endeksi

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşlarında, agregatanelerinin yassılığını belirlemek için yassılık endeksi deneyleri yapılmıştır (TS EN 933-3). Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-16'da sunulmuştur.

Tablo 3-16: Agregaların Yassılık Endeksi

| Agrega Kaynağı    | Yassılık Endeksi Fl (%) |
|-------------------|-------------------------|
|                   | Kırmataş No :1-No :2    |
| Ayazağa Kumtaşı   | 19                      |
| Cebeci Kumtaşı    | 20                      |
| Cebeci Kireçtaşı  | 13                      |
| Çatalca Kireçtaşı | 14                      |

Ayazağa ve Cebeci kumtaşı agregalarındaki yassılık endeksi değerlerinin Cebeci ve Çatalca kireçtaşı agregalarına göre daha yüksek oluşu; kumtaşlarının kırıklı çatlaklı yapısından kaynaklanabilir. Ayrıca kumtaşı agregalarının süreksizlik yüzeylerine paralel bir şekilde kırılması da yassılık değerlerini artırmaktadır.

Beton içerisinde bulunan çoğu yassı taneler, kolaylıkla çimento ile bağ kurabilir, fakat kontakları daha kolay aşınmaktadır. Karışım içinde yer alan bazı yassı taneler, yığın içinde köprü oluşturacak açık boşluk oluşturur, bu beton içinde bölgesel olarak zayıflık zonu oluşturur, ayrıca çimento ihtiyacını arttırmaktadır (Postacioğlu,1987). Bu nedenle iri agregalarda, yassılık endeksinin % 50'den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

#### 3.4.4.7 Agregaların Şekil İndisi

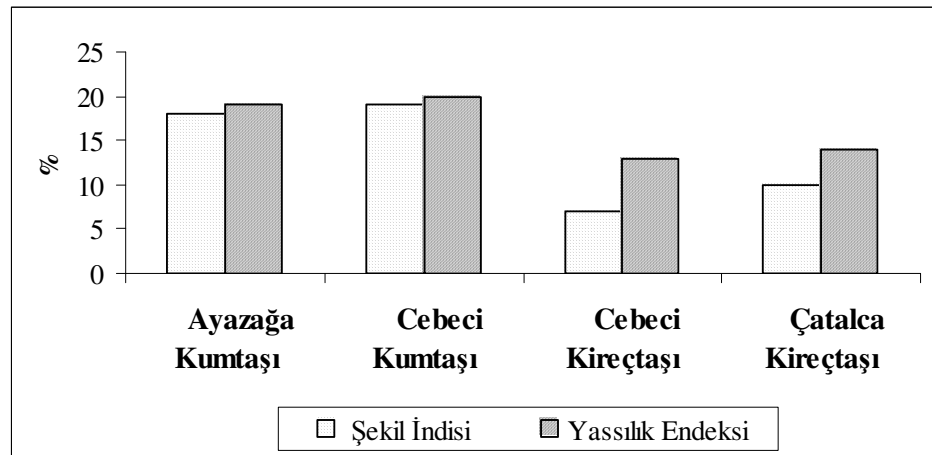
Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarında, agregatanelerinin şeklini belirlemek için şekil indisi deneyleri yapılmıştır (TS EN 933-3). Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-17'da sunulmuştur.

Tablo 3-17: Agregaların Şekil İndisi

| Agrega Kaynağı    | Şekli İndisi SI (%) |
|-------------------|---------------------|
|                   | Kırmataş No:1-No:2  |
| Ayazağa Kumtaşı   | 18                  |
| Cebeci Kumtaşı    | 19                  |
| Cebeci Kireçtaşı  | 7                   |
| Çatalca Kireçtaşı | 10                  |

Agrega araştırmalarında, agrega tanelerinin şeklinin bilinmesi son derece önemlidir. Agregatanelerinin şekli, beton üretiminde iri agregalar için söz konusu olup, daha çok betonun mukavemeti üzerinde etkisi vardır (Baradan,1991). Bu nedenle iri agregalarda, şekil indisinin % 55’den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

Beton karışımında fazlaca bulunan biçimsiz agregataneleri, g pompalanma ve sıkıştırma işleminin daha zor gerçekleşmesine neden olmaktadır. Taze betonun en önemli özelliği sayılan işlenebilmeyi; agreganın gradasyonu, en büyük tane boyu, tane şekli ve tanelerin yüzey pürüzlülüğü etkilemektedir (Fookes, 1980).



şekil 3-34: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Yassılık Endeksi ve şekil İndisi değerlerinin değişimi

Ayazağa ve Cebeci kumtaşı agregalarındaki şekil indisideğerlerinin Cebeci ve Çatalca kireçtaşı agregalarına göre daha yüksek oluşu; kumtaşlarının ince-orta taneli, iyi boylanmalı ve yuvarlak az köşeli bileşenlerden oluşmasından kaynaklanabilir.

#### 3.4.4.8 Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci (Mikro-Deval Katsayısı)

Mikro-Deval aşınma deneyi, iri agregaların bir miktar su ilave edilerek tamburda elik bilyeler ile dönmesi sonucu, 1,6 mm açıklıklı elekte kalan malzemenin yüzde miktarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu deneyde, tambur içerisinde bulunan agregalar ile aşındırıcı malzeme arasındaki sürtünmenin neden olduğu aşınma ölçülür (TS EN 1097-1).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşlarında TS EN 1097-1'de anlatılan yöntemle göre, Mikro-Deval deneyi yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-18'de sunulmuştur.

Tablo 3-18: Agregaların Mikro-Deval Katsayısı

| Agrega Kaynağı    | Mikro-Deval Katsayısı $M_{DE}$ (%) |
|-------------------|------------------------------------|
|                   | (Kırmataş No:1-No:2)               |
| Ayazağa Kumtaşı   | 19                                 |
| Cebeci Kumtaşı    | 17,5                               |
| Cebeci Kireçtaşı  | 17                                 |
| Çatalca Kireçtaşı | 24                                 |

Cebeci Bölgesi'ndeki kumtaşı ve kireçtaşlarının bol kırıklı çatlaklı yapıya sahip olmasından dolayı bu bölgedeki kireçtaşlarından elde edilen agregalardaki aşınma direnci diğer bölgelere göre daha düşüktür

Yol ve havaalanlarındaki betonlar çarpma ve aşınma etkileri altındadır. Betonun bu etkilere dayanıklı olabilmesi için, yapımında kullanılan iri agreganın aşınmaya ve çarpmaya karşı yeterli mukavemete sahip olması gerekmektedir. Bu amaçla agregalar üzerinde Mikro-Deval ve Los Angeles deneyleri yapılmaktadır (Postacıoğlu, 1987; Baradan, 1991). İri agregalarda aşınma direncinin tayini için kullanılan Mikro-Deval katsayısının % 35 'den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

#### 3.4.4.9 Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (Los Angeles Katsayısı)

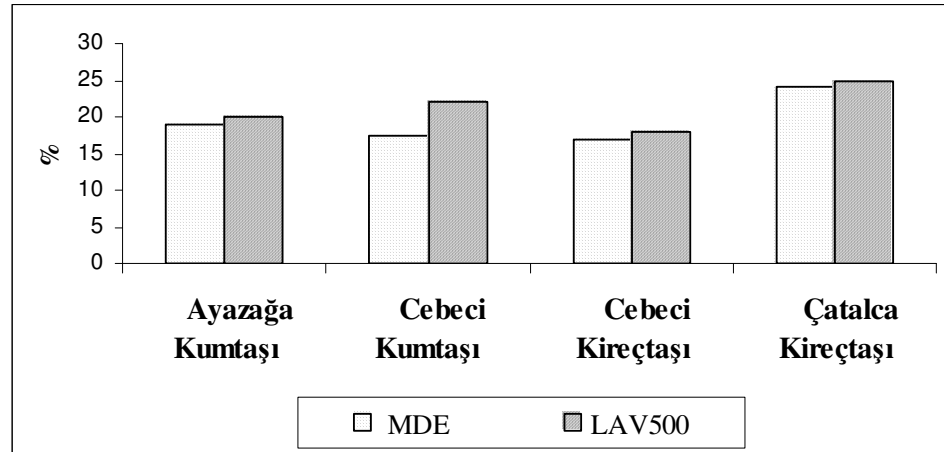
Los Angeles deneyi, iri agregaların tamburda çelik bilyeler ile dönmesi sonucu, 1,6 mm açıklıklı elekten kalan malzemenin yüzde miktarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (TS EN 1097-2).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşlarında TS EN 1097-2'de anlatılan yöntemle göre, Los Angeles deneyi yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-19'de sunulmuştur.

Tablo 3-19: Agregaların Los-Angeles Katsayısı

| Agrega Kaynağı    | Los-Angeles Katsayısı LAV <sub>500</sub> (%) |
|-------------------|----------------------------------------------|
|                   | (Kırmataş No:1-No:2)                         |
| Ayazağa Kumtaşı   | 20                                           |
| Cebeci Kumtaşı    | 22                                           |
| Cebeci Kireçtaşı  | 18                                           |
| Çatalca Kireçtaşı | 25                                           |

Kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik özelliklerinden dolayı kumtaşlarına oranla parçalanma direncinin daha fazla olması gerektiği bilinmektedir. Ancak Cebeci Bölgesi'ndeki kireçtaşlarının bol kırıklı çatlaklı yapıya sahip olmasından dolayı, bu bölgedeki agregaların parçalanma direnci diğer bölgelere oranla daha düşüktür. (Şekil 3-35).



Şekil 3-35: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Mikro-Deval aşınma dayanımı ve Los Angeles parçalanma oranı değerlerinin değişimi

Agregalarda basınç dayanımının tayini için yapılan Los Angeles deneyi sonucundaki parçalanma değeri, tane dayanımı hakkında bilgi vermektedir. Aşınma dayanımı değeri ne kadar az ise, tanelerin mekanik etkilere karşı dayanımının o derece yüksek olduğu kabul edilir. İri agregalarda parçalanma direncinin tayini için kullanılan Los Angeles katsayısının % 50'den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

#### 3.4.4.10 Agregalarda Magnezyum Sülfat Deneyi

Magnezyum sülfat deneyi; magnezyum sülfata daldırılan agregaların etüvde kurutulduktan sonraki davranışlarını değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu deneyle magnezyum sülfatın agregalar üzerindeki zararlı etkileri ve dona dayanımı ölçülür (TS EN 1367-2).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşlarında, TS EN 1367-2'de anlatılan yöntemle göre, magnezyum sülfat deneyi yapılmıştır. Deneyler, laboratuvar ortamında en az üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-20'de sunulmuştur.

Tablo 3-20: Agregaların Magnezyum Sülfat İçeriği

| <b>Agrega Kaynağı</b> | <b>Magnezyum Sülfat İçeriği MS (%)</b> |
|-----------------------|----------------------------------------|
| Ayazağa Kumtaşı       | 10                                     |
| Cebeci Kumtaşı        | 12                                     |
| Cebeci Kireçtaşı      | 9                                      |
| Çatalca Kireçtaşı     | 8                                      |

Kireçtaşı agregalarındaki magnezyum sülfat değeri kumtaşı agregalarına göre daha düşüktür. Bu durum kumtaşı agregalarının su emmesinin ve boşluk hacminin fazla olmasından kaynaklanabilir. Kireçtaşı agregalarının su emmesi düşük ve termik genleşmesi sınırlı olduğu için dona dayanıklıdır denilebilir. Ayrıca agrega ile çimentonun yüksek aderans sağlaması ile donmaya ve diğer hava tesirlerine karşı beton dayanımını artırmaktadır.

Hava şartlarına maruz kalan betonlar için önemli özelliklerden birinin agreganın çözülme direnci olup, bu özellik agreganın porozitesi, su emmesi ve boşluk yapısı ile denetlenmektedir. Agregalar parçalarının çok fazla su emmesi durumunda, donma esnasında hacim değişikliğini, gözenekler karşılayamaz ve bu agregalar kullanılarak yapılmış betonda tahribat ortaya çıkmaktadır (Fookes, 1980). Bu nedenle iri agregalarda dona dayanıklılık tayini için kullanılan Magnezyum Sülfat değerinin % 35'den daha az olması istenmektedir (TS 706 EN 12620).

### 3.4.5 Agregaların Alkali-Agrega Reaksiyonu Yönünden Değerlendirilmesi

Alkali agrega reaksiyonu; agregalarda bulunabilen alkali reaktif minerallerin çimentoda bulunan alkali oksitler  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  ile kimyasal bir reaksiyon oluşturmaları ve bunun sonucunda genleşebilme kabiliyetine sahip bir jelin meydana gelmesidir. Bu jelin, su emdikçe hacminin daha çok artmasıyla, betonda çatlamlar oluşmaktadır. Bu mikroçatlaklar zamanla büyüyerek betonda önemli oranda dayanım kaybı meydana getirmektedir (Postacıoğlu, 1987).

Bazı tip agregaların çimento içinde bulunan alkali ile birleşerek genleşen bir jel meydana getirdiği ilk kez, Stanton (1940) tarafından açıklanmıştır. Alkali-agrega reaksiyonu ile ilgili olarak, günümüze kadar birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarla da; reaksiyon oluşumunda etkili olan minerallerin; opal, kalsedon ve volkan camı, kriptokristalin kuvars, tridimit, kristobalit ile basınç etkisinde kalmış kuvars olduğu sonucuna varılmıştır (Fookes, 1980; Gillott, 1975; Hobbs, 1990; Grattan-Bellew, 1987; Wakizaka, vd., 1989; Wakizaka, 2000).

Alkali agrega reaksiyonu; alkali-silis reaksiyonu ve alkali-karbonat reaksiyonu olmak üzere iki çeşittir:

#### ***Alkali-Silis Reaksiyonu***

Amorf silisli yapıya sahip agregalarla çimento içindeki alkaliler reaksiyona girerek alkali silika jeli adı verilen bir ürün meydana getirirler. Alkali silika jeli çok yüksek su emme kapasitesine sahiptir. Gerek beton içinden gerekse atmosferden emdiği rutubetle sürekli genleşir. Amorf silisli agregalarla alkali oksitlerin reaksiyonu çok yavaş gelişir. Beton sertleştikten sonra meydana gelen bu olay sonucunda genleşmeler içsel gerilmelere ve betonda çatlamlara yol açar (Postacıoğlu, 1987).

Agregalarda reaksiyon yapabilen silisten oluşan bileşenler, betonun boşluk suyunda çözünen alkali hidroksit ile kuvvetli kimyasal reaksiyona girerek önce berrak ve yüksek konsantrasyonlu, sonra yüksek viskoziteli alkali silikat çözeltisini meydana getirir. Agreganın alkaliye duyarlı bileşenleri bu sırada yumuşar ve çözünür. Reaksiyon süresi ve şiddeti; özellikle agreganın alkaliye duyarlı bileşenlerinin cins ve miktarına, tane büyüklüğüne ve dağılışına, betonun boşluğunda bulunan çözeltideki alkalihidroksit miktarına ve sertleşmiş betonun çevre koşullarına bağlıdır (Fookes, 1980).

### ***Alkali-Karbonat Reaksiyonu***

Portland çimentosunun bileşimindeki alkaliler ile karbonat kökenli agregaların kimyasal tepkimesi sonucu, beton içinde karbonat jelleri oluşmaktadır. Reaksiyon ürünü olan bu jeller, su içeriğinin yükseliş ile orantılı olarak zamanla betonda içsel gerilme artışına neden olmaktadır. Söz konusu bu reaksiyonların beton üzerindeki olumsuz etkileri, yapıyı çevreleyen fiziksel koşullarla ilişkili olarak bazen uzun bazende kısa sürede açığa çıkmaktadır. Betonda çatlama, dökülme, direnç azalması gibi olumsuz sonuçlara yol açan tepkimenin, özellikle ince kristalli ve yüksek poroziteli dolomit agregalarında daha hızlı geliştiği belirlenmiştir (Erdoğan,1992).

Alkali karbonat reaksiyonu daha çok  $\text{CaCO}_3$  bileşimli kalsit ile  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  bileşimli dolomit mineralleri ve bu minerallerden oluşan kayalar arasında gözlenmektedir. Bu nedenle, alkali-karbonat reaksiyonundan söz edildiğinde, alkali-kalsit ve alkali-dolomit reaksiyonları anlaşılmaktadır. Bu reaksiyonun başlama ve gelişimine ilişkin olarak yürütülen araştırmalar, alkali-karbonat reaksiyonunun her kalsit yada dolomit bileşimli kayalarda oluşmadığını ortaya koymuştur. Alkali - karbonat reaksiyonunun gelişimi ve betondaki olumsuzluklarının kendini göstermesi, yapının içinde bulunduğu fiziksel koşullara bağlı olarak uzun bir zaman dilimine yayılmaktadır (Erdoğan,1992).

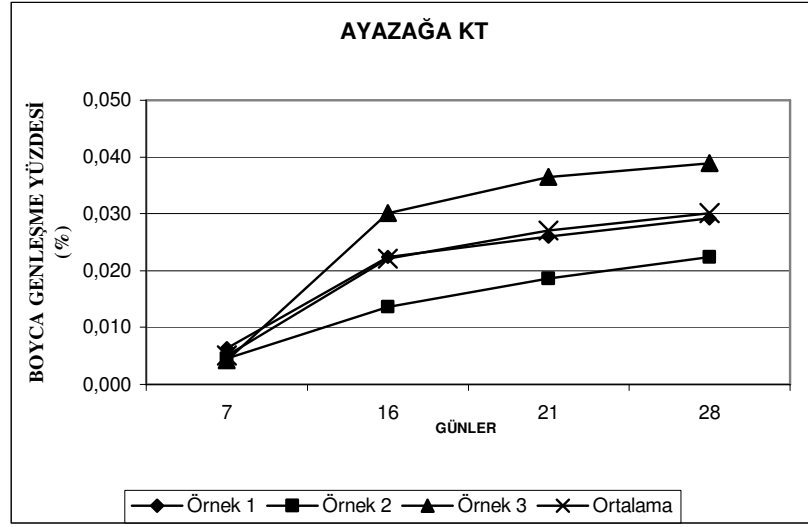
Alkali-agrega reaksiyonun belirlenmesi amacıyla bir çok standart geliştirilmiştir. Bu araştırmada da; en önemli yöntemden biri olan, ASTM C-1260 agregaların potansiyel alkali reaktivitesi için test metodu (hızlandırılmış harç çubuğu yöntemi) kullanılmıştır.

#### ***3.4.5.1 Hızlandırılmış Harç Çubuğu Yöntemi***

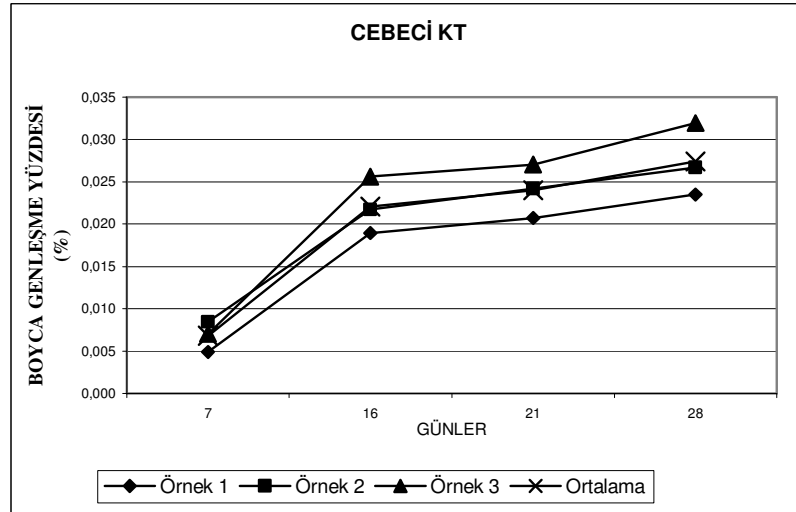
Agregalarda bulunabilen alkali reaktif minerallerin zararlı etkilerini ortaya koymak amacıyla, ASTM C 1260'deki yöntemlere göre harç çubuğu deney metodu uygulanmıştır. Deneyle, kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının çimento hamuruyla oluşturabileceği reaksiyon sonucu, genleşmesine bağlı olarak boy uzamaları belirlenmiştir. Deneyler, en az üç numune üzerinde yapılmış olup, genleşme oranları 7, 14, 16, 21 ve 28 günlük dönemler halinde sunulmuştur (Tablo 3-21).

Tablo 3-21: Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgesi agregalarıyla hazırlanan harç çubuklarının genleşme oranları

|                        | 7. Gün       | 14. Gün      | 16. Gün      | 21. Gün      | 28. Gün      |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                        | (%)          |              |              |              |              |
| <b>AYAZAĞA<br/>KT</b>  | 0,006        | 0,014        | 0,022        | 0,026        | 0,029        |
|                        | 0,005        | 0,008        | 0,014        | 0,019        | 0,022        |
|                        | 0,004        | 0,016        | 0,030        | 0,036        | 0,039        |
| <b>Ortalama</b>        | <b>0,005</b> | <b>0,013</b> | <b>0,022</b> | <b>0,027</b> | <b>0,030</b> |
| <b>CEBECİ<br/>KT</b>   | 0,005        | 0,015        | 0,019        | 0,021        | 0,024        |
|                        | 0,008        | 0,018        | 0,022        | 0,024        | 0,027        |
|                        | 0,007        | 0,023        | 0,026        | 0,027        | 0,032        |
| <b>Ortalama</b>        | <b>0,007</b> | <b>0,019</b> | <b>0,022</b> | <b>0,024</b> | <b>0,027</b> |
| <b>CEBECİ<br/>KÇT</b>  | 0,003        | 0,019        | 0,021        | 0,027        | 0,032        |
|                        | 0,015        | 0,033        | 0,035        | 0,038        | 0,043        |
|                        | 0,016        | 0,033        | 0,041        | 0,045        | 0,052        |
| <b>Ortalama</b>        | <b>0,012</b> | <b>0,028</b> | <b>0,032</b> | <b>0,036</b> | <b>0,042</b> |
| <b>ÇATALCA<br/>KÇT</b> | 0,003        | 0,011        | 0,013        | 0,016        | 0,021        |
|                        | 0,007        | 0,019        | 0,025        | 0,027        | 0,032        |
|                        | 0,008        | 0,014        | 0,024        | 0,026        | 0,030        |
| <b>Ortalama</b>        | <b>0,006</b> | <b>0,015</b> | <b>0,020</b> | <b>0,023</b> | <b>0,028</b> |

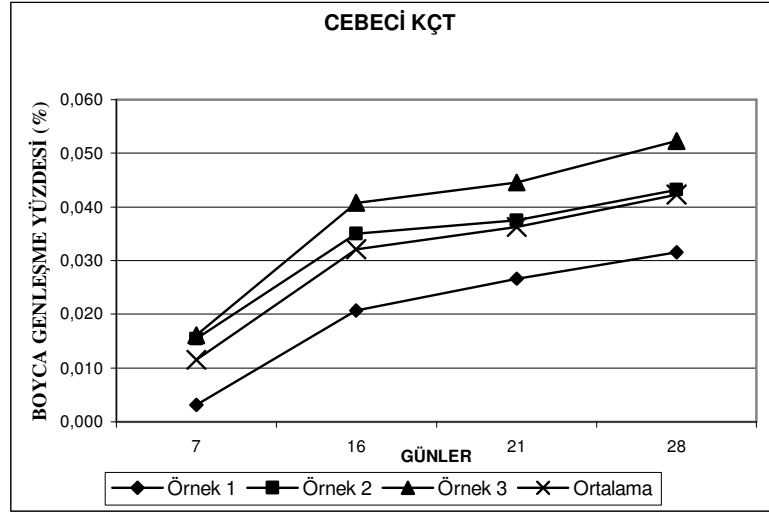


Şekil 3-36: Ayazağa kumtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi

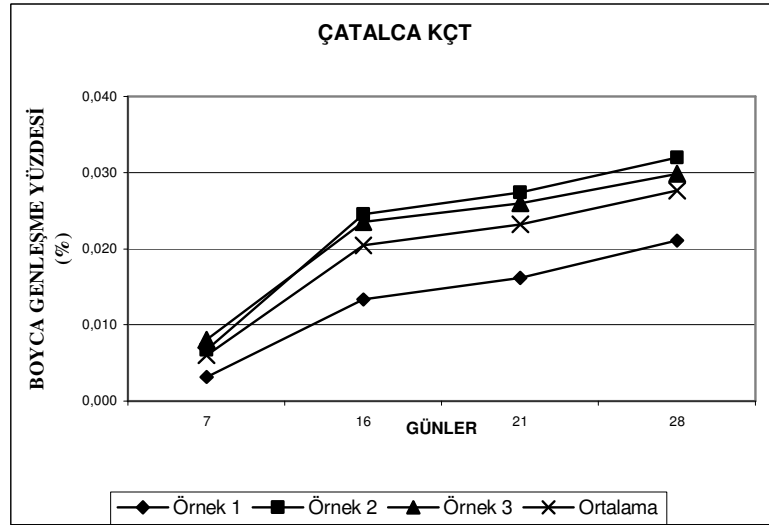


Şekil 3-37: Cebeci kumtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi

Ayazağa-Cebeci kumtaşı agregaları ile yapılan alkali-silis reaksiyonu deneylerinden elde edilen 7-14 günlük ölçümlerde, Cebeci kumtaşlarının ortalama genleşme oranının, Ayazağa kumtaşlarından daha yüksek olduğu görülmüştür. 16 günlük ölçümlerde, Ayazağa ve Cebeci kumtaşlarında ortalama genleşme oranı aynı olmasına karşın, 21-28 günlük ölçümlerde ise Ayazağa kumtaşlarının ortalama genleşme oranı Cebeci kumtaşlarından daha yüksek olarak bulunmuştur (Şekil 3-36, Şekil 3-37).



Şekil 3-38: Cebeci kireçtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi



Şekil 3-39: Çatalca kireçtaşı agregalarının boyca genleşme yüzdesi

Cebeci-Çatalca kireçtaşı agregaları ile yapılan alkali-karbonat reaksiyon deneylerinden elde edilen 7, 14, 16, 21 ve 28 günlük ölçümler sonucunda, Cebeci kireçtaşlarının ortalama genleşme oranının Çatalca kireçtaşlarının ortalama genleşme oranından daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 3-38, Şekil 3-39). Bu durum Cebeci kireçtaşlarının mineralojik bileşiminden kaynaklanmaktadır. Cebeci kireçtaşında yapılan ince kesitlerde ve XRD analizlerinde rastlanan dolomit minerali, genleşme oranının artmasına neden olmuştur.

### 3.4.6 Çimentonun Özellikleri

Beton üretiminde, Anadolu Çimentoları Ambarlı Tesisinde üretilen portland çimentosu (PÇ 42,5) kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 3-22, Tablo 3-23 ve Tablo 3-24’de verilmiştir.

Tablo 3-22:Çimentonun Fiziksel Özellikleri

| Fiziksel Özellikler                         |                 | Deney Sonuçları |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Özgül yüzey (Blaine) (cm <sup>2</sup> /gr)  |                 | 3647            |
| Toplam Hacim Genleşmesi (Le Chatelier) (mm) |                 | 1               |
| Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )         |                 | 3,13            |
| Priz süresi<br>(saat-dk)                    | Priz başlangıcı | 03:30           |
|                                             | Priz sonu       | 04:30           |

Tablo 3-23: Çimentonun Kimyasal Özellikleri

| Bileşen                            | (%)  |
|------------------------------------|------|
| Kükürt Trioksit (SO <sub>3</sub> ) | 3,25 |
| Magnezyum Oksit (MgO)              | 1,30 |
| Kızdırma Kaybı                     | 2,25 |
| Çözünmeyen Kalıntı                 | 0,25 |
| Klor (Cl)                          | 0,01 |

Tablo 3-24: Çimentonun Mekanik Özellikleri

| Basınç Dayanımı<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |       |        |
|-----------------------------------------|-------|--------|
| 2 gün                                   | 7 gün | 28 gün |
| 33,3                                    | 47,2  | 56,0   |

Kullanılan çimento, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler bakımından TS EN 197-1 PÇ 42,5 standardına uygundur.

### 3.4.7 Su

Agrega ve beton araştırmaları sırasında yapılan deneylerde şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

### 3.4.8 Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemesi

Ayazağa-Cebeci kumtaşları ve Cebeci-Çatalca kireçtaşlarıyla hazırlanan beton karışımlarında, iki farklı katkı maddesi kullanılmıştır. 300 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajıyla hazırlanan betonlarda, WRDA 90 W (Midrange akışkanlaştırıcı ve su azaltıcı katkı maddesi) kullanılırken, 400 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajıyla hazırlanan betonlarda ise, DARACEM 200 (Süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranlı su azaltıcı beton kimyasalı) kullanılmıştır.

WRDA 90 W, beton ve çimento bazlı karışımlar için bir orta sınıf beton akışkanlaştırıcı ve su azaltıcı katkıdır. Özellikle beton karışımlarının işlenebilirliğini artırmada çok faydalıdır. Beton tipi ve uygulanan dozajlara göre, su/çimento oranının %20 oranında azaltılmasını sağlayacak niteliktedir. 300 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajıyla hazırlanan betonlarda kullanılan katkının yoğunluğu; 1,18 gr/cm<sup>3</sup> 'dür (Grace Yapı Kimyasalları).

DARACEM 200, yüksek performanslı, sıvı polinaftalin formaldehit sülfonatlarından üretilmiş yüksek oranlı su azaltıcı beton kimyasalı olup, kalsiyum klorür veya nitrat içermemektedir. Beton karışımına ilave edilen katkı, yüksek yayılma etkisiyle düşük işlenebilirliği arttırmaktadır. İşlenebilirliğin artması da beton dizaynında kullanılan suyun % 40'a kadar azalmasına neden olur. 400 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajıyla hazırlanan betonlarda kullanılan katkının yoğunluğu; 1,19 gr/cm<sup>3</sup> 'dür (Grace Yapı Kimyasalları).

### 3.4.9 Beton Deneyleri

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nde yüzeyleyen kumtaşı ve kireçtaşları kullanılarak, çimento dozajları farklı (300 kg/m<sup>3</sup> ve 400 kg/m<sup>3</sup>) iki farklı beton karışımı yapılmıştır (Tablo 3-25). Beton karışımları için en uygun granülometri seçilmiş, aynı tür kum ve çimento kullanılmış ve su/çimento oranı sabit tutulmuştur. Beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda, TS EN 206-1 Standartları'nda önerilen yöntemler esas alınmıştır.

Tablo 3-25: Beton Karışım Dizaynı

|                                         | Karışım 1       |                |                  |                   | Karışım 2       |                |                  |                   |
|-----------------------------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|
|                                         | Ayazağa Kumtaşı | Cebeci Kumtaşı | Cebeci Kireçtaşı | Çatalca Kireçtaşı | Ayazağa Kumtaşı | Cebeci Kumtaşı | Cebeci Kireçtaşı | Çatalca Kireçtaşı |
| <b>Su/Çimento</b>                       | 0,68            | 0,72           | 0,65             | 0,66              | 0,46            | 0,50           | 0,45             | 0,45              |
| <b>Çimento (kg/m<sup>3</sup>)</b>       | 300             | 300            | 300              | 300               | 400             | 400            | 400              | 400               |
| <b>Su (kg/m<sup>3</sup>)</b>            | 205             | 215            | 195              | 198               | 185             | 198            | 178              | 180               |
| <b>Doğal Kum (kg/m<sup>3</sup>)</b>     | 534             | 509            | 506              | 522               | 517             | 490            | 488              | 503               |
| <b>Kırma Kum (kg/m<sup>3</sup>)</b>     | 255             | 269            | 296              | 265               | 247             | 259            | 285              | 255               |
| <b>Kırmataş No:1 (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 442             | 454            | 447              | 444               | 428             | 437            | 431              | 429               |
| <b>Kırmataş No:2 (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 591             | 564            | 598              | 553               | 572             | 544            | 576              | 534               |
| <b>Katkı Miktarı (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 1,80            | 1,80           | 1,80             | 1,80              | 4,80            | 4,80           | 4,80             | 4,80              |
| <b>Katkı Yüzdesi (%)</b>                | 0,6             | 0,6            | 0,6              | 0,6               | 1,2             | 1,2            | 1,2              | 1,2               |
| <b>Kimyasal Katkı İsmi</b>              | WRDA 90 W       |                |                  |                   | DARACEM 200     |                |                  |                   |

Bu bölümde hazırlanan beton numuneleri üzerinde taze beton deneyleri (çökme deneyi, birim ağırlık ve hava içeriği) ile sertleşmiş beton numunelerine ait basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı belirlenmiştir.

Beton numuneleri üzerinde yapılan deneyler, SET Beton Ambarlı Merkez Laboratuvarında yürütülmüştür.

#### **3.4.9.1 Taze Betonda Çökme Deneyi**

Çökme deneyi, taze betonda kıvamı belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Taze beton kütlesindeki çökme mesafesi, betonun kıvam ölçüsü olarak saptanır (TS EN 12350-2).

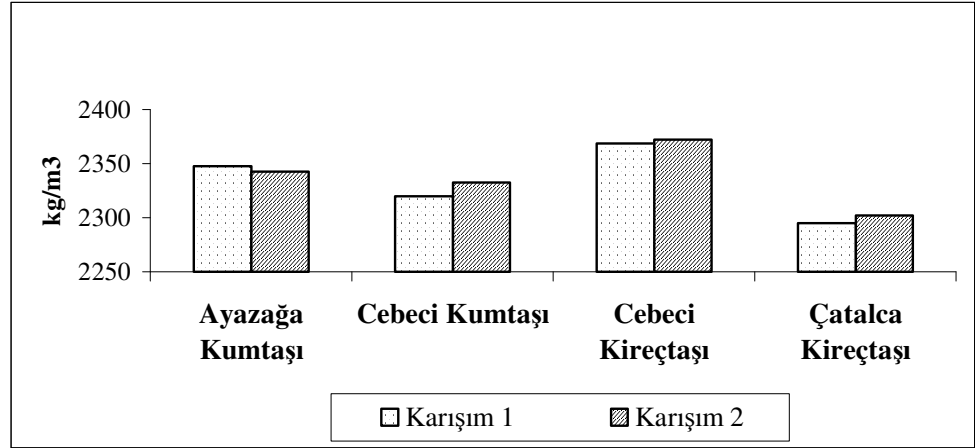
Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nde yüzeyleyen kumtaşı ve kireçtaşları kullanılarak, hazırlanan beton karışımlarının çökme deneyleri yapılmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-26'de sunulmuştur.

Taze betonun işlenebilirliğini etkileyen en önemli faktör kıvamdır. Kıvam betonun akışkanlığını gösteren bir ölçüdür. Betonda artan su miktarı kıvamı, yani betonun akışkanlığını artırır. Çünkü artan su miktarı betonun akmaya, yerleşmeye ve sıkışmaya karşı direncin temel sebebi olan katı taneler arasındaki sürtünme katsayısını düşürür (Erdoğan,1995). Çökme deneyi, çökme değeri 10 mm ile 210 mm arasında olan betonların kıvamındaki değişimlere duyarlıdır (TS EN 206-1). Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgesi'ndeki kumtaşı ve kireçtaşı agregalarıyla yapılan iki farklı beton karışımında da çökme değeri 150 mm olarak ölçülmüştür.

#### **3.4.9.2 Taze Betonda Birim Ağırlık**

Taze betonda birim ağırlık, hacmi ve kütlesi bilinen kap içerisine yerleştirilen betonun tartılmasıyla saptanır (TS EN 12350-6).

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nde yüzeyleyen kumtaşı ve kireçtaşları kullanılarak, hazırlanan beton karışımlarının birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen taze beton birim ağırlık değerleri Tablo 3-26'de sunulmuş olup, grafiksel gösterimi Şekil 3-40'de verilmiştir.



Şekil 3-40: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Taze Beton Birim Ağırlık değerleri

Taze beton birim ağırlık değerleri incelendiğinde; Cebeci kireçtaşı agregası kullanılarak yapılan betonun birim ağırlık değeri diğer agregalara göre daha yüksektir (Şekil 3-40). Bu durum Cebeci kireçtaşı agregasının özgül ağırlığından kaynaklanmaktadır. Hacim olarak aynı bileşime sahip betonlarda, kullanılan agreganın özgül ağırlığı yükseldikçe beton birim ağırlıklarının da arttığı görülmektedir.

#### 3.4.9.3 Taze Betonda Hava İçeriği

Hava içeriği deneyi, taze betonda hava miktarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (TS EN 12350-7).

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşları ve kireçtaşları kullanılarak hazırlanan beton karışımlarının hava içeriği deneyleri yapılmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3-26'de sunulmuştur.

Beton üretimi için çimento, su ve agreganın karılması sırasında betonun içerisinde bir miktar hava oluşmakta veya karışımın içerisinde bir miktar suyun sıkışık durumda kalması ve zamanla bu suyun buharlaşmasıyla hava boşluğu oluşmaktadır. Beton içerisindeki miktarı genellikle % 0 ile % 2 oranında değişen ve gelişigüzel dağılım gösteren bu tür hava boşluklarının çokluğu, betonun dayanımını, dayanıklılığını ve su geçirmezliğini önemli ölçüde azaltır. Bu nedenle taze betonda hava içeriğinin %4-8 arasında olması istenmektedir (TS EN 206-1).

Tablo 3-26: Taze Beton Özellikleri

|                                                     | Karışım 1           |                    |                      |                       | Karışım 2           |                    |                      |                       |
|-----------------------------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
|                                                     | Ayazağa Kumtaşı-300 | Cebeci Kumtaşı-300 | Cebeci Kireçtaşı-300 | Çatalca Kireçtaşı-300 | Ayazağa Kumtaşı-400 | Cebeci Kumtaşı-400 | Cebeci kireçtaşı-400 | Çatalca Kireçtaşı-400 |
| <b>Slump (cm)</b>                                   | 15                  | 15                 | 15                   | 15                    | 15                  | 15                 | 15                   | 15                    |
| <b>Taze Beton Birim Ağırlığı (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 2348                | 2320               | 2369                 | 2295                  | 2343                | 2333               | 2372                 | 2302                  |
| <b>Taze Beton Hava İçeriği (%)</b>                  | 2                   | 3,4                | 2,5                  | 3,1                   | 4,2                 | 3,8                | 4                    | 5,1                   |
| <b>Taze Beton Sıcaklığı (°C)</b>                    | 19                  | 19                 | 16,6                 | 19                    | 19                  | 19                 | 19                   | 19                    |

#### **3.4.9.4 Sertleşmiş Betonda Basınç Dayanımı**

Basınç dayanımı deneyi, sertleşmiş betonda basınç dayanımının tayini için kullanılan bir yöntemdir (TS EN 12390-3).

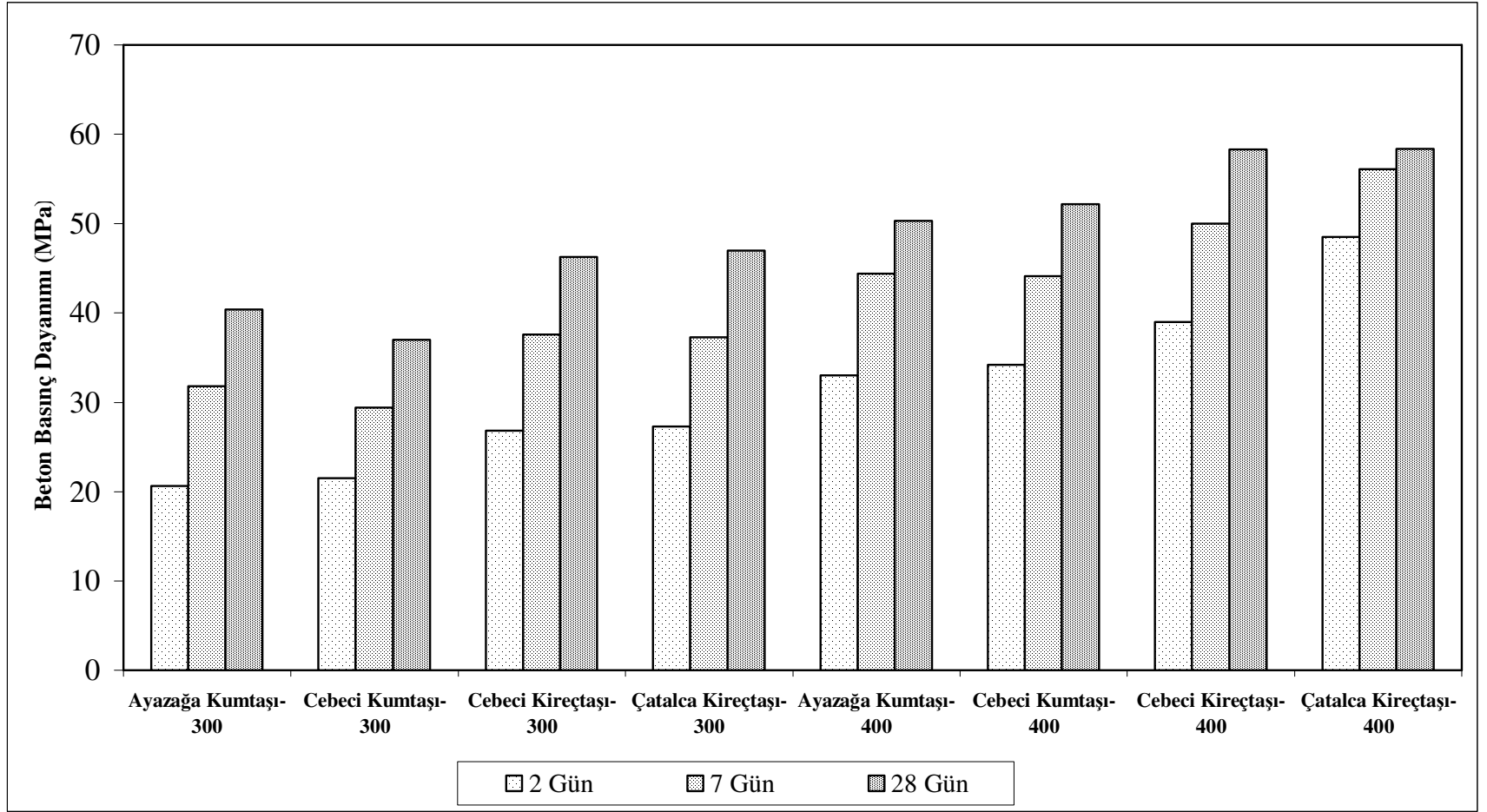
Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nde yüzeyleyen kumtaşı ve kireçtaşları kullanarak, hazırlanan beton karışımlarından üretilen beton küpler üzerinde basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen beton basınç dayanımı değerleri Tablo 3-27'da sunulmuş olup, grafiksel gösterimi Şekil 3-41'de verilmiştir.

Betonların bileşimleri, granülometrilere, etkin su/çimento oranları aynı olduğu halde elde edilen basınç dayanımları farklıdır. En yüksek dayanım 28 gün sonunda, Çatalca kireçtaşı agregalı betonlarda elde edilmiştir. Karışım 1'de 28 günlük betonlar üzerinde yapılan basınç dayanımı deneylerinde Ayazağa kumtaşı agregalı betonların basınç dayanımı Cebeci kumtaşı agregalı betonların basınç dayanımından daha yüksektir. Karışım 2'de ise 28 günlük betonlar üzerinde yapılan basınç dayanımı deneylerinde Cebeci kumtaşı agregalı betonların basınç dayanımı, Ayazağa kumtaşı agregalı betonların basınç dayanımından daha yüksektir (Şekil 3-41).

Çimentonun hidratasyonu sırasında bazı kristal yapıli bileşenler (örneğin  $\text{Ca(OH)}_2$ ) ilk önce çökelerek agrega yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplamaktadır. Eğer çökelen bu ince tabakanın kristal yapısı ile agreganın kristal yapısının kafes sistemleri birbirine uygunsa, bu yapılara aralarında bir süreklilik oluşturarak bir aderans meydana getirmektedirler. Epitaksik bağlanma diye tabir edilen bu tip aderans kireçtaşı agregaları kolayca gerçekleştirebilmektedir. Cebeci ve Çatalca kireçtaşından oluşan betonda ara yüzey Ayazağa ve Cebeci kumtaşından oluşan betona göre daha iyidir. Ancak Çatalca kireçtaşı içeren betonda mukavemetin Cebeci kireçtaşı içeren betona göre daha yüksek olmasının nedeni, Çatalca kireçtaşının dayanımından ileri gelmektedir. Bu da agreganın dayanımının betonun mukavemeti üzerindeki etkisini göstermektedir.

Tablo 3-27: Sertleşmiş Beton Özellikleri

|                                             |               | Karışım 1           |                    |                      |                       | Karışım 2           |                    |                      |                       |
|---------------------------------------------|---------------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
|                                             |               | Ayazağa Kumtaşı-300 | Cebeci Kumtaşı-300 | Cebeci Kireçtaşı-300 | Çatalca Kireçtaşı-300 | Ayazağa Kumtaşı-400 | Cebeci Kumtaşı-400 | Cebeci Kireçtaşı-400 | Çatalca Kireçtaşı-400 |
| <b>Beton Basınç Dayanımı (MPa)</b>          | <b>2 Gün</b>  | 20,6                | 21,5               | 26,8                 | 27,3                  | 33,0                | 34,2               | 39,0                 | 48,5                  |
|                                             | <b>7 Gün</b>  | 31,8                | 29,4               | 37,6                 | 37,3                  | 44,4                | 44,1               | 50,0                 | 56,1                  |
|                                             | <b>28 Gün</b> | 40,4                | 37                 | 46,3                 | 47                    | 50,3                | 52,2               | 58,3                 | 58,4                  |
| <b>Betonda Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)</b> | <b>28 Gün</b> | <b>3,5</b>          | <b>3,15</b>        | <b>3,4</b>           | <b>3,9</b>            | <b>4,2</b>          | <b>4,0</b>         | <b>4,7</b>           | <b>4,3</b>            |

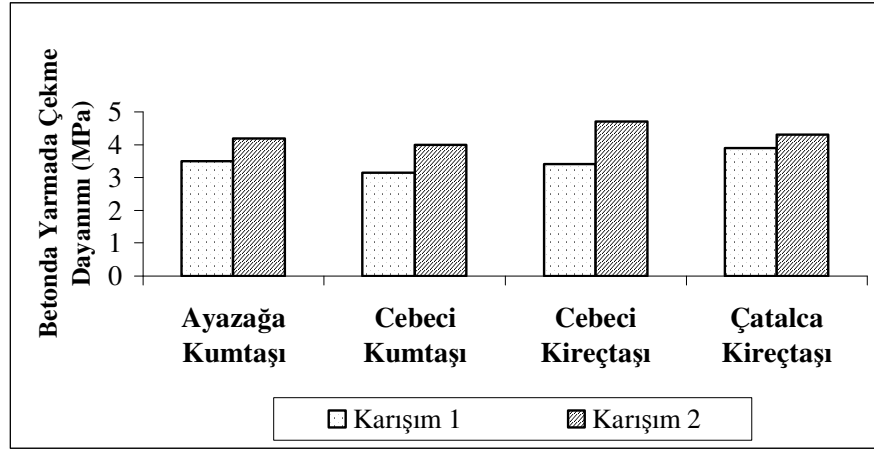


Şekil 3-41: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Beton Basınç Dayanım değerleri

### 3.4.9.5 Sertleşmiş Betonda Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme dayanımı deneyi, sertleşmiş betonda yarmada çekme dayanımının tayini için kullanılan bir yöntemdir (TS EN 12390-6).

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri'nde yüzeyleyen kumtaşı ve kireçtaşıları kullanılarak, hazırlanan beton karışımlarından üretilen beton küpler üzerinde yarmada çekme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yarmada çekme dayanımı değerleri Tablo 3-27'da sunulmuş olup, grafiksel gösterimi Şekil 3-42'de verilmiştir.



Şekil 3-42: Kumtaşı ve kireçtaşı agregalarına ait Betonda Yarmada Çekme Dayanım değerleri

Betonların 28. gündeki yarmada çekme dayanımlarında en yüksek mukavemet, Karışım 1'de Çatalca kireçtaşı agregalı betonlarda elde edilmiştir. Karışım 1'de 28 günlük betonlar üzerinde yapılan yarmada çekme dayanımı deneylerinde Ayazağa kumtaşı agregalı betonların yarmada çekme dayanımı Cebeci kireçtaşı agregalı betonların yarmada çekme dayanımından daha yüksektir (Şekil 3-42). Bu durum kumtaşının yüzey özelliklerinden kaynaklanabilir. Karışım 2'de ise 28 günlük betonlar üzerinde yapılan yarmada çekme dayanımı deneylerinde, Cebeci kireçtaşı agregalı betonların yarmada çekme dayanımı, Çatalca kireçtaşı agregalı betonların yarmada çekme dayanımından daha yüksektir. Bu durum, Çatalca kireçtaşı agregalarının dayanımının Cebeci agregalarına göre daha fazla olmasından kaynaklanabilir.

## 4 TARTIŞMA VE SONUÇ

“İstanbul Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri’ndeki Agregâ Kaynaklarının Yüksek Dayanımlı Betonda Kullanılabilirliği” başlıklı Yüksek Lisans Tezi kapsamında Ayazağa kumtaşı, Cebeci kumtaşı, Cebeci kireçtaşı ve Çatalca kireçtaşı agregalarının yapısal, kimyasal, mineralojik ve petrografik özellikleri incelenerek yüksek dayanımlı betonlarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Ayazağa kumtaşları; grimsi yeşil renkli, orta ince-taneli, tabakalanmalı, az çatlaklı ve bu çatlaklar da kalsitle dolu olan kayaçlardır. Ayazağa kumtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, bu kayaçların bileşim olarak kuvars, feldispat, mika mineralleri ve çimento olarak da karbonat bağlayıcıdan oluştuğu görülmüştür.

Cebeci kumtaşları; grimsi siyah renkli, ince taneli, kalın tabakalanma gösteren, tabaka kalınlığı (5-6 cm) ve kırılma yüzeyleri düzgün olan kayaçlardır. Cebeci kumtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, bu kayaçların bileşim olarak kuvars, feldispat, mika mineralleri ile çimento olarak da çok az karbonat bağlayıcıdan oluştuğu görülmüştür.

Cebeci kireçtaşları; grimsi siyah renkli, çok ince taneli (laminalı), çok az kristalize, içerisindeki kırık ve çatlakların kalsitle dolduğu kayaçlardır. Cebeci kireçtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, az kristallenmiş kalsit çimentolu, fosilli mikritik çimentolu kayaç da bağlayıcı allokem ve otokemlerden oluştuğu görülmüştür.

Çatalca kireçtaşları; beyazımsı-krem renkli, az kristalize içerisinde makro fosil kavkaları içeren, yer yer erime çözünme boşluklarının olduğu masif görünümlü, sert bir kayaçtır. Çatalca kireçtaşlarının mikroskop altında petrografik incelenmesi sonucu, resifal kireçtaşı olarak tanımlanan kayacın, allokem (bol fosil, bol kavkı parçası) ve otokemlerden (mikrosparit) oluştuğu görülmüştür.

Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgeleri’nden alınan kumtaşı ve kireçtaşı agregaları kullanılarak yapılan agregâ deneyleri sonucunda bu agregaların TS EN Standartlarına uygun olduğu ve beton agregası olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Ayazağa kumtaşı ve Cebeci kumtaşı agregalarıyla yapılan alkali-silis reaksiyonu deneyleri sonucunda, 28 günlük ölçümlere göre, Ayazağa kumtaşlarının genleşme oranı (% 0,032) daha fazla olduğu görülmüştür.

Cebeci kireçtaşı ve Çatalca kireçtaşı agregalarıyla yapılan alkali-karbonat reaksiyonu sonucunda ise, 7, 14, 16, 21, 28 günlük ölçümlere göre, Cebeci kireçtaşlarında daha fazla oranda genleşme meydana gelmiştir. 28 günlük ölçümlere göre Cebeci kireçtaşının genleşme oranı (% 0,042) elde edilmiştir.

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri agregalarının, 14 günlük ve 21 günlük uzama oranları, % 0,1'den düşük olup, tehlikeli reaksiyon gözlenmemiştir (ASTM C-1260). Bu standartlarda belirtilen limitlere göre, araştırmaların üzerinde gerçekleştirildiği kumtaşı ve kireçtaşı agregaları, alkali-agrega reaksiyonu açısından zararsızdır.

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden derlenen kumtaşı ve kireçtaşı agregaları kullanılarak, PÇ 42,5 çimento ile farklı dozajlarda ( $300 \text{ kg/m}^3$  ve  $400 \text{ kg/m}^3$ ) üretilen betonlara ait basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı araştırılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen verilere; en yüksek basınç dayanımı Çatalca kireçtaşı agregalı betonda 58,4 MPa ( $400 \text{ kg/m}^3$  çimento dozajlı), Cebeci kireçtaşı agregalı betonda 58,3 MPa, Cebeci kumtaşı agregalı betonda 52,2 MPa ve en düşük basınç dayanımı Ayazağa kumtaşı agregalı betonlarda 50,3 MPa olarak ölçülmüştür.

Betonlar üzerinde yapılan yarmada çekme dayanımı deney sonuçlarına göre de, en yüksek yarmada çekme dayanımı Çatalca kireçtaşı agregalı betonda 3,9 MPa ( $300 \text{ kg/m}^3$  çimento dozajlı), Cebeci kireçtaşı agregalı betonda 4,7 MPa ( $400 \text{ kg/m}^3$  çimento dozajlı) elde edilmiştir.

Betonun dayanımını artıran faktörlerin başında agregası seçimi gelmektedir. Betonun bileşenlerinden biri olan agreganın seçiminde fiziko mekanik özelliklerinin yanında agreganın elde edildiği kayacın mineralojik ve petrografik özelliklerinin de çok önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Örneğin; kayaların daha masif, kompakt ve yüksek dayanımlı olmaları, onların dokusal özellikleri ve mineralojik bileşimleri, mineral özellikleri gibi karakteristikleri ile yakından ilgilidir. Ayrıca kayaların bileşenleri olarak dikkate alınan minerallerin, doku içinde birbirleriyle olan ilişkileri ve bir

mineralin herhangi bir etken altında ayrılmaya dağılmaya karşı gösterdikleri fiziko kimyasal tepkimeleri de dayanımı (kayaç ve betonda) etkileyen önemli faktörlerden biridir.

Malzemenin içindeki boşluk miktarı arttıkça dayanımın azalacağı bilinen bir gerçektir. Bu durum sadece beton için değil tüm malzemeler için geçerlidir. Betondaki boşlukların azaltılmasının ilk adımı karışımdaki su/çimento oranını düşürmektir. Böylece kapiller boşluklar azalır. Düşük su/çimento oranlarında işlenebilmeyi sağlayabilmek için akışkanlaştırıcı katkı kullanılır. Etkili bir yerleştirmeye betonun içindeki hava boşlukları da azaltılır. Betonun mekanik davranışında etkili olan agrega-çimento ara yüzeyi iyileştirilerek beton özelliklerinde de iyileşme sağlanır.

Yüksek dayanımlı betonlarda agrega çimento hamuru ara yüzeyi boşluklu değildir ve normal betondakine göre daha yüksek mukavemete sahiptir. Normal mukavemetli betonlarda ara yüzey zayıf olduğu için çatlak agrega etrafından dolaşırken, yüksek mukavemetli betonlarda çatlak agrega içinden geçer. Bu durumda yüksek dayanımlı betonlarda kullanılan agreganın dayanımı önem kazanmaya başlar.

Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden alınan kumtaşı ve kireçtaşı agregalarında en yüksek dayanım gösteren Çatalca ve Cebeci kireçtaşı agregaları olmuştur. Bu duruma, bu kayaçların litolojik özellikleri neden olmakla beraber özellikle  $\text{CaCO}_3$  kökenli kireçtaşı agregalarının, çimento hamuruyla bağ yaparak en iyi aderansı sağlaması da neden olabilir. Çatalca kireçtaşıyla üretilen betonun dayanımının az da olsa Cebeci kireçtaşıyla üretilen betonun dayanımından fazla olması, Çatalca kireçtaşının tamamen kalsit mineralinden oluşmasından kaynaklanabilir.

Tez kapsamında Ayazağa-Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'nden alınan kumtaşı ve kireçtaşı agregalarıyla yapılan deneylerden elde edilen verilere göre, bu çalışma da kullanılan agregaların, yüksek dayanımlı betonda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- ABDÜSSELAMOĞLU, S., 1963, İstanbul Boğazı doğusunda mostra veren Paleozoyik arazide stratigrafik ve paleontolojik yeni müşahedeler, *M.T.A. Dergisi*, s.60, 1-6  
Ankara
- AKARTUNA, M., 1953, Çatalca- Karacaköy Jeolojisi, *İ.Ü. Fen Fak. Monografisi*, Sayı 13, 88.
- AKARTUNA, M., 1963, Şile şariyajının İstanbul Boğazı kuzey yakasındaki devamı, *İ.Ü. Fen Fak. Jeo. Enstitüsü*, İstanbul.
- AKPOKODJE, E.G., HUDEC, P.P., 1994, The influence of petrology and fabric on the engineering properties of concretionary laterite gravel aggregates, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 27, 39-50.
- AL-JASSAR, S., HAWKINS, A.B., 1991, The Carboniferous limestone of the Bristol area: a review of the influence of the lithology and chemistry on its use as a geomaterial, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 24, pp. 143-158.
- ALTINLI, İ. E., 1976, Türbidit fasiyesleri ve toplulukları Walker ve Multi'den çeviri *İ.Ü.Fak. Mecmuası*, s.1-2, ss. 69-75.
- ARIÇ, C., 1955, Haliç- Küçükçekmece Gölü Bölgesi Jeolojisi *İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını*, 48, 5.
- ASTM C 1260, 1994, Standard method for potential alkali-silica reactivity of aggregates (mortar bar method). *Annual book of ASTM Standards*, Volume 04.02, Concrete and Aggregates. 648-651.
- AYDIN, Y., 1982, Yıldız Dağları (Istranca) Masifi'nin Jeolojisi, *İ.T.Ü. Müh. Mim. Fakültesi, Doçentlik Tezi*, 107 sayfa (yayınlanmamış).
- BARADAN, B., 1991, Yapı malzemesi II (Bağlayıcı Maddeler, Agreg, Beton), *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi yayınları*, No:207, s. 204.

- BAYKAL, F., KAYA, O., 1963, İstanbul Bölgesi'nde bulunan Karbonifer'in genel stratigrafisi, *M.T.A. Dergisi*, No.61, Ankara
- BESHR, H., ALMUSALLAM, A. A., MASLEHUDDİN, M., 2003, Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete, *Construction and Building Materials*, 17, 97-103.
- CHAPUT, E., 1931, Obserration su la Structure du Iveogene des enviras d'rst, *İ.Ü. Fen Fak*, No.5, 1-32
- CİLASON, N., TONKA, S., GÜROL, G., 1989, İstanbul ve Çevresi Taş ve Doğal Agrega Ocakları, *STFA Yayın*, No:24
- DE LARRAD, F., BELLOC, A., 1997, The influence of aggregate type on the compressive strength of and high strength concrete, *ACI Materials Journal*, 94, No.5, 417-426.
- DİZER, A., 1951, Küçükçekmece-Çatalca arasındaki Nummulitiğin Paleontolojik Etüdü, *İ.Ü. Fen Fak. Mecmuası Seri B*, Cilt 16, Sayı 3.
- DUNHAM, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture.-In: W.E. Ham (ed.), Classification of carbonate rocks; Amer. Assoc. Petroleum Geologist Mem. 1, 108-121.
- EDET, A., 1992, Physical properties and indirect estimation of microfractures using Nigerian carbonate rocks as examples, *Engineering Geology*, 33, 71-80.
- EDİGER, V., BATI, Z., ERENLER, M., ALIŞAN, C., AKÇA, N., ERK, S., AKÖZ, Ö., ERTUĞ, K., 1995, Kuzey Trakya havzasının biyografisi, *Trakya Havzası Sempozyumu Bildiri Özleri*, TPAO ve Ozan Sungurlu Vakfı.
- ERCAN, T., TÜRKECAN, A., GUILLOU, H., SATIR, M., SEVİN, D., ŞAROĞLU, F., 1998, Marmara denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri, *MTA Dergisi*, 120, 199-221.

- ERDOĞAN, M., 1992, Alkali karbonat reaksiyonunun gelişim mekanizması ve nedenleri, *Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni*, 41-47.
- ERDOĞAN, M., 1993, İstanbul ve Dolayının Yapay Agregata Potansiyeli, *Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni*, s. 14, 29-41.
- ERDOĞAN, T.Y., 1995, Betonu oluşturan malzemeler Agregalar, *Türkiye hazır beton birliği yayını*, s.162, İstanbul.
- ERENTÖZ, C., 1953, Çatalca Yöresi'nde Jeoloji Tetkikleri, *M.T.A. Yayını*, Seri B, No.17.
- EROSKAY, S. O, 1978, Kocaeli Yarımadası güneyindeki kireçtaşlarının hidrojeolojisi ve karst parametrelerinin analizi, *İ.Ü. Yerbilimleri Fak.*
- FOLK, R.L., 1962, Spectral subdivision of limestone types. –In: W.E. Ham (ed.), *Classification of carbonate rocks*; Amer. Assoc. Petroleum Geologist Mem. 1, 62-84.
- FOOKES, P.G., 1980, An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on the Performance and Durability of Concrete, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 123, 207-229.
- FOOKES, P.G., 1991, Geomaterials, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 24, 3-15.
- GILLOTT, J. E., 1975, Alkali-aggregate reactions in concrete, *Engineering Geology*, 9, 303-326.
- GÖKÇEN, N., 1973, Pınarhisar formasyonunun yaşı ve ortam şartlarında görülen yapısal değişimler (Kuzey, Kuzeydoğu Trakya), *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler*, 128-142, Ankara.
- GÖRÜR, N. ve OKAY, A. İ., 1996, A fore-arc origin for the Thrace basin, NW Turkey. *Geol. Rundsch.* 85, 662-668.

- GRATTAN-BELLEW, P.E., 1987, Concrete alkali–aggregate reactions, *Noyes Publications*, Park Ridge, pp. 331–335.
- GUTIERREZ, P.A., CANOVAS, M.F.; 1996, High performance concrete requirements for constituent materials and mix propotioning, *ACI Materials Journal*, 93, No.3, 233-241.
- HOBBS, D. W., 1990, Cracking and expansion due to the alkali-silica reaction: its effect on concrete, *Structural Engineering Review*, 2, 65-79.
- IRFAN, T.Y., 1994, Aggregate properties and resources of granitic rocks for use in concrete in Hong Kong, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 27, 25-38.
- KASAR, S., 1987, Edirne-Kırklareli-Saray (Kuzey Trakya) Bölgesi’nin Jeolojisi, *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri*, 281-291, Ankara.
- KAYA, O., 1971, İstanbul Karbonifer Stratigrafisi, *T.J.K. Böl. XIV-2*, 143-147.
- KEMPER, E., 1961, The Kırklareli limestone (Upper Eocene) northern basin rim, *Deilman Bergbau GMBH*, Geological Report T.37.
- KESKİN, C., 1966, Pınarhisar Resif Karmaşığı’nın Mikrofasiyes İncelemesi, *İ.Ü. Fen Fak. Mecmuası Seri B*, Cilt 31, Sayı 3-4.
- KESKİN, C., 1974, Stratigraphy of the North Ergene Basin, 2.d, *Biaznual Petroleum Congress of Turkey*, pp 137-163.
- KETİN, İ. ve GÜNER, G., 1989, İstanbul Bölgesi’nde Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu yapısal özelliği, *Müh. Jeolojisi Bülteni*, Sayı 11,13-18.
- KHALİLİ, A., 1987, Ahmediye-Kumburgaz (İstanbul) Dolayının Jeolojisi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 70 sayfa, (yayınlanmamış).
- MARZOUK, H., LANGDON, S., 2003, The effect of alkali aggregate reactivity on the mechanical properties of high and normal strength concrete, *Cement and Concrete Composites*, 25, 549-556.

- MERİÇ E., 1990, İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Genç Kuvaterner dip tortulları, *İ.T.Ü.Vakfı yayınları*, pp. 99-105, İstanbul.
- OKAY A. C., 1947, Alemdağ-Karlıdağ-Kayışdağ arasındaki bölgenin Jeoloji Etüdü, *İ.Ü.F.F. Mec.B XIII*, 311-355.
- ÖNALAN, M., 1981, İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyen istifinin çökelme ortamları, *İ.Ü. Yerbilimleri*, c.2, s.3-4, 161-177.
- ÖZTURAN, T., ÇEÇEN, C., 1997, Effect of aggregate type on the mechanical properties of concretes with different strenghts, *Cement and Concrete Research*, 27, No.2,165-170.
- PAECKELMAN, W., 1938, Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologs, Palaeontologie und Petrographie der umgegend von Konstantinopel, *Abh. D. Preuss Geol. Lands.*186,1-202
- PAMİR, H., BAYKAL A. F., 1947, Istranca Masifi'nin Jeolojik Yapısı *T.J.K. Bülteni* Cilt 1, Sayı 1.
- PAMİR, H. M., SAYAR, M., 1933, Küçükçekmece Fosil Fıkralı Hayvanlar Mecmuası, *İ.Ü. Fen Fak. Jeoloji Bölümü*, No.8, 119
- PENCK, W., 1919, *Grundzüge der Geologie des Bosphorus Inst. F. Meeresk* N.F.A.4, Berlin.
- POITEVIN, P.,1999, Limestone aggregate concrete, usefulness and durability, *Cement and Concrete Composites*, 21, 89-97.
- POSTACIOĞLU, B., 1987, Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Cilt 2, *Teknik Kitaplar Yayınevi*, İstanbul, 404 s.
- RAMSAY, D. M., DHIR, R. K., SPENCE, I. M., 1974, The role of rock and clast fabric in the physical performance of crushed-rock aggregate, *Engineering Geology*, 8, 267-285.

- ÜLKÜMEN-RÜCKERT, N., 1960, Trakya ve Çanakkale Mintıklarında bulunan Neojen Balıklı Formasyonları hakkında, *İ.Ü. Fen Fak. Monografisi*, Sayı 16.
- SANDULESCU, M., 1978, The moesic platform and North Dobrogean Orogen, The Balkans, Lemonie, Medi geological Atlas of Alpine Europe and Adjoining Alpine Areas, *Elsevier*, Amsterdam.
- SAYAR, C., 1978, İstanbul Boğazı ve çevresinde Ordovisyan- Silüriyen sınırı, TJK 32.*Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri*, ss. 31-32, Ankara.
- SMITH, M. R., COLLIS, L., (eds.) 2001, Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction purposes, *Geological Society*, Engineering Geology Special Publication 17, London.
- SÖNMEZ-GÖKÇEN, N., 1964, Trakya-Çatalca civarı Neojeni'nden Congerialı serinin Ostrocodlarla bulunan yeni yaşı hakkında not, *M.T.A. Dergisi*, No.63, 43-53.
- STANTON, T.E., 1940, Influence of cement and aggregate on concrete expansion. Eng. News Record February 1, pp. 59-61.
- TASONG, W. A., LYNDALE, C. J., CRIPPS, J. C., 1999, Aggregate-cement paste interface I: Influence of aggregate geochemistry, *Cement and Concrete Research*, Vol. 29, No. 7, pp 1019-1025
- TASONG, WA., CRIPPS, J.C., LYNDALE, C.J., 1998, Aggregate-Cement Chemical Interactions, *Cement and Concrete Research*, 28, 7, pp. 1037-1048
- TAŞDEMİR, C., 1998, The influence of aggregate type on the mechanical properties of concrete, *Proceedings Of The 12<sup>th</sup> European Ready Mixed Concrete Congress*, Lisbon, 633-640.
- TCHIHATCHEFF, P., 1864, İstanbul ve İstanbul Boğazı, I. Vol., 590 p., 9 PL., Paris.
- TOKYAY M., 1998, Agrega tipinin yüksek dayanımlı betonların mekanik özelliklerine etkisi, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, Cilt 9, Sayı 2, 1627-1638

- TS EN 933-8, 2001, Agregaların Kum Eşdeğerliği Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 933-9, 2001, Agregaların Metilen Mavisi Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 1097-1, 2002, Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci-Mikro Deval, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 1097-2, 2000, Agregaların Parçalanma Direnci-Los Angeles Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 1097-3, 1999, Agregaların Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 1097-6, 2002, Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 1367-2, 1999, Agregalarda Magnezyum Sülfat Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 1744-1, 2000, Agregaların Kimyasal Analizi-Organik Madde Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 933-1, 1999, Agregaların Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 933-4, 2001, Agregaların Şekil İndisi Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 933-3, 1999, Agregaların Yassılık Endeksi Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 206-1, Beton: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 12350-2, 2002, Taze Betonda Çökme Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 12350-6, 2002, Taze Beton Yoğunluk Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*.

- TS EN 12350-7, 2002, Taze Beton Hava İçeriği, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 12390-3, 2002, Dayanım Deney Numunelerinin Basınç dayanımı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TS EN 12390-6, 2002, Dayanım Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*.
- TURGUT, S., SİYAKO, M., DİLKİ, A., 1983, Trakya Havzası'nın Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları, *T.J.K. Bülteni*, 4, 35-46.
- URIBE-AFIF, R., 1994, Study of petrous aggregates for concrete in Zimapan arch dam in Mexico, *Proceedings of 7<sup>th</sup> International IAEG Congress*, pp. 3229-3233.
- ÜLKÜMEN N. R., KAYA, O., HOTTENROTT, M., 1993, Neue beitrage zur Tertiar-Stratigraphie und otolithon-fauna deer Umg ebeung von İstanbul (Küçükçekmece und Büyükçekmece see) Türkei. *Mitt. Baeyer Staatssig. Paleon, Hist. Geol.* 33, 51-89, München.
- ÜNAL, O.T., 1967, Trakya Jeolojisi ve Petrol İmkanları, *TPAO Raporu*, Arşiv No:391.
- ÜŞÜMEZSOY, Ş., ÖZTUNALI, Ö., COŞKUN G., 1995, Istranca kuşağı ve batı pontid bloğu ilişkisi ve Trakya çanağının açılımı, *Trakya Havzası Sempozyumu Bildiri Özleri*, TPAO ve Ozan Sungurlu Vakfı.
- WAKIZAKA, Y., 2000, Alkali-silica reactivity of Japanese rocks, *Engineering Geology*, V. 56, 1-2, pp. 211-221.
- WAKIZAKA, Y., MORITA, S., KAWANO, H. ICHIKAWA, K., 1989, Mineralogical interpretations of dissolved silica and reduction in alkalinity of the chemical method. In: Proc. 8th Int. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, Kyoto, pp. 519-524.
- WILLIAMS, D.M., MCNAMARA, K., 1992, Limestone to dolomite to dedolomite conversion and its effect on rock strength: a case study, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 24, pp. 131-135.

- YALÇINLAR, İ., 1951, İstanbul civarının Paleozoyik arazisine ait yeni müşahadeler, *T.J.K. Bülteni*, Cilt 3, Sayı 1, 125-130.
- YALÇINLAR, İ., 1954, Sur la presence des schistes Carboniferes et des plantes fossiles a l'W. d'Istanbul. Ex., *C.R.S. Soc.Geol.*, No:2, France.
- YURTSEVER, A., ÇAĞLAYAN M. A., 2002, 1:100 000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No:65, İstanbul F-21 ve G-21 paftaları, *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, s.30, Ankara.
- ZARİF, İ. H., TUĞRUL, A., DURSUN, G., 2003, İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi, *İ.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, C.16, 61-70.

## ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Konya’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi İstanbul’da tamamladım. 1999’da Kurtuluş Lisesi’nden mezun oldum. 2003 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nü birincilikle bitirdim. Aynı yıl, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans’a başladım. Yabancı dilim İngilizce’dir.