

**ÇATALCA BÖLGESİ KİREÇTAŞLARININ BETON
AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan VURUŞAN

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Metin BAĞCI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ŞUBAT 2019

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇATALCA BÖLGESİ KİREÇTAŞLARININ BETON AGREGASI
OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Oğuzhan VURUŞAN

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Metin BAĞCI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ŞUBAT 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Oğuzhan VURUŞAN tarafından hazırlanan “ÇATALÇA BÖLGESİ KİREÇTAŞLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 08/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi METİN BAĞCI

Başkan : Doç. Dr. irfan Celal ENGİN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Özcan ÖNEY
Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Metin BAĞCI
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08/02/2019


Oğuzhan VURUŞAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇATALCA BÖLGESİ KİREÇTAŞLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Oğuzhan VURUŞAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Metin BAĞCI

Bu araştırmada, İstanbul'un Çatalca ilçesindeki kireçtaşlarının geometrik, mekanik, fiziksel, kimyasal, termal ve bozunma özellikleri incelenerek agrega olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Kırklareli formasyonu üzerinde yer alan çalışma sahasından alınan örnekler üzerinde, mineralojik ve petrografik analiz ile standart agrega deneyleri yaptırılmış ve X ışını kırınım desenleri incelenmiştir. Çatalca Bölgesi kireçtaşları, sarımsı gri renkli, masif dokulu ve yer yer düzensiz şekilli erime boşluklarına sahip küçük tanelerden oluşmaktadır. Şekil indeksi, ince tane muhtevası, parçalanmaya karşı direnç, tane yoğunluğu, su emme oranı, donma ve çözölmeye karşı direnç, magnezyum sülfat değeri, kuruma çekmesi, alkali silika reaksiyonu ve organik madde içeriğı bakımından TS 706 EN 12620 standardında belirtilen limit değeri karşılamaktadır. TS EN standartlarına uygun olarak yapılan deneylerden elde veriler ve analizler incelendiğinde Çatalca Bölgesi kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabileceğı tespit edilmiştir.

2019, xii + 113 sayfa

Anahtar Kelimeler: İstanbul, Çatalca, kireçtaşı, agrega, agrega standartları, agrega özellikleri

ABSTRACT
M.Sc Thesis

**INVESTIGATION OF THE USABILITY THE ÇATALCA REGION LIMESTONE
USABILITY AS A CONCRETE AGGREGATE**

Oğuzhan VURUŞAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Metin BAĞCI

In this research, the geometrical, mechanical, physical, chemical, thermal and disintegration properties of limestones in Çatalca district of Istanbul were studied and their usability as aggregates was examined. Mineralogical and petrographic analyzes and standard aggregate experiments were carried out on the samples taken from the study area on Kırklareli formation and X-ray diffraction patterns were investigated. The Çatalca Region consists of limestones, yellowish gray, massive textures and small granules with irregularly shaped melting cavities. It meets the limit values specified in TS 706 EN 12620 standard in terms of shape index, fine grain content, resistance to fragmentation, grain density, water absorption rate, resistance to freezing and thawing, magnesium sulfate value, drying rate, alkali silica reaction and organic matter content. When the data and analyzes obtained from experiments conducted in accordance with TS EN standards were examined, it has been determined that the Çatalca Region limestones can be used as concrete aggregates.

2019, xii + 113 pages

Keywords: Istanbul, Çatalca, limestone, aggregate, aggregate standards, aggregate properties

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, her zorlandığım anda yanımda olan, hiçbir zaman çekinmeden tüm konularda yardım alabildiğim ve yaşadığımız zorluklara karşı yorulmadan direndiği için bana da ilham kaynağı olan danışman hoca statüsünü en iyi şekilde yerine getiren saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Metin BAĞCI'ya sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum.

Tez çalışmamda her zaman ve her konuda bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, Dr.Öğr.Üyesi Tülay ALTAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmanın fosil tanımlamalarını yapan Dr. Öğr. Üyesi Aslı KARABAŞOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu araştırma boyunca ve her zaman maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Oğuzhan VURUŞAN

AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Literatür Özeti.....	3
2.1.1 Çalışma Alanı ve Civarına İlişkin Jeolojik Çalışmalar	3
2.1.2 Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar.....	8
2.2 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	13
2.2.1 Stratigrafi	16
2.2.2 Paleozoyik Birimler	18
2.2.3 Mesozoyik Birimler	19
2.2.4 Tersiyer Birimler	19
2.2.4.1 Koyunbaba Formasyonu.....	20
2.2.4.2 Soğucak Formasyonu	21
2.2.4.3 Ceylan Formasyonu	24
2.2.4.4 Mezardere Formasyonu	25
2.2.4.5 Osmancık Formasyonu	25
2.2.4.6 Danişmen Formasyonu	26

2.2.4.7 Çantaköy Formasyonu	27
2.3 Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi.....	28
2.3.1 Uyumsuzluklar	28
2.3.2 Tabakalar ve Kıvrımlar.....	28
2.3.3 Çatlaklar ve Faylar.....	29
3. MATERYAL ve YÖNTEM	30
3.1 Çalışma Alanı	30
3.2 Yöntem	36
4. BULGULAR	39
4.1 Mineralojik Ve Petrografik İncelemeler.....	39
4.1.1 X Işını Difraktometresi (XRD) İncelemeleri.....	39
4.1.2 Petrografik İncelemeler	42
4.2 Agrega Deneyleri.....	44
4.2.1 Agregaların Geometrik Özelliklerinin Tespiti İçin Yapılan Deneyler	45
4.2.1.1 Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini – Eleme Yöntemi	46
4.2.1.2 Tane Şekli Tayini – Yassılık İndeksi.....	55
4.2.1.3 Çok İnce Tane Muhtevası.....	58
4.2.1.4 Eşdeğer Kum Yöntemi	60
4.2.1.5 Agregalarda Metilen Mavisi Deneyi	63
4.2.2 Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler.....	66
4.2.2.1 Parçalanma Direncinin Tayini (Los Angeles Yöntemi)	67
4.2.2.2 Gevşek Yığın Yoğunluğunun Tayini.....	70
4.2.2.3 Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı.....	72
4.2.3 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler	74
4.2.3.1 Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini.....	75
4.2.3.2 Magnezyum Sülfat Deneyi	80

4.2.3.3 Agregalarda Kuruma Çekmesi Tayini	82
4.2.3.4 Alkali Silika Reaksiyonu Deneyi	86
4.2.4 Agregaların Kimyasal Deneyleri	88
4.2.4.1 Organik Madde Tayini Deneyi	88
4.2.4.2 Agregalarda Harç Metoduyla Organik Kirleticilerin Tayini	89
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	94
6. KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	113

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Derece santigrat
µm	Mikrometre
BaCl	Baryum klorür
C ₃ H ₈ O ₃	Gliserin
CaCl	Kalsiyum klorür
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
D _i	En büyük tane boyutu
d _i	En küçük tane boyutu
g/l	Gram/litre
K ₂ O	Potasyum oksit
KOH	Potasyum hidroksit
Mg/m ³	Megagram/metreküp
MgSO ₄ .7H ₂ O	Magnezyum sülfat heptahidrat
ml	Mililitre
MPa	Megapascal
Na ₂ O	Sodyum oksit
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
s	Saat
SiO ₂	Silisyum dioksit

Kısaltmalar

ASR	Alkali Silika Reaksiyonu
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	British Standards
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
MTA	Maden Teknik Arama
TDÖH	Test Deney ve Ölçüm Hizmetleri
THBB	Türkiye Hazır Beton Birliği
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	Trakya jeolojik formasyon haritası	14
Şekil 2.2	Trakya Havzası'nın genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	17
Şekil 2.3	Koyunbaba formasyonunun kıvılcıllı kum ve çakıllı düzeyi ile Soğucak formasyonunun kireçtaşı – killi kireçtaşı katmanlarından bir görüntü	21
Şekil 2.4	Çatalca'nın güneybatısındaki bir sırtta Soğucak formasyonu resifal kireçtaşlarının görünümü	22
Şekil 2.5	Ceylan, Koyunbaba ve Soğucak formasyonlarının yüzeyleme haritası	23
Şekil 3.1	Çalışma sahasının yer bulduru haritası.	30
Şekil 3.2	Çatalca ilçesinin 1/25000'lik topoğrafik haritada paftalara yerleşimi	31
Şekil 3.3	Çatalca ilçesinin jeolojik haritası	32
Şekil 3.4	Çalışma sahasının jeolojik formasyon haritası üzerindeki konumu	35
Şekil 4.1	M1 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni.	39
Şekil 4.2	M2 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni.	40
Şekil 4.3	M3 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni.	41
Şekil 4.4	Çatalca Bölgesi kireçtaşlarında görülen belli başlı fosil türleri (1)	42
Şekil 4.5	Çatalca Bölgesi kireçtaşlarında görülen belli başlı fosil türleri (2)	43
Şekil 4.6	Maksimum tane boyutu 32 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi	47
Şekil 4.7	Maksimum tane boyutu 16 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi	48
Şekil 4.8	Maksimum tane boyutu 8 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi	48
Şekil 4.9	2 No'lu agreganın referans değerlerle karşılaştırmalı granülometri eğrisi.	53
Şekil 4.10	No'lu agreganın referans değerlerle karşılaştırmalı granülometri eğrisi.	53
Şekil 4.11	0-3 mm kırma kumun ve 0-5 mm yıkanmış kırma kumun referans değerlerle karşılaştırmalı granülometri eğrileri.	54
Şekil 4.12	Eşdeğer kum yöntemi deney tasarımı	61
Şekil 4.13	Beton dayanımının ES değeri ile değişimi	61
Şekil 4.14	Standartlara uygun bir Los Angeles deney makinası	68

Şekil 4.15	Dolabın ortasına yerleştirilen dolu metal kutunun merkezindeki sıcaklık eğrisi (referans ölçüm sıcaklığı).	77
Şekil 4.16	Kuruma çekmesi tayini deneyi için referans tane büyüklüğü dağılım eğrisi	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1	Normal agregalar için deney numunelerinin kütlesi	50
Çizelge 4.2	Tane boyut dağılımı analiz sonuçları.	52
Çizelge 4.3	Silindirik çubuklu elekler	56
Çizelge 4.4	En büyük yassılık indeks değerlerine göre kategoriler	56
Çizelge 4.5	Yassılık indeksi deney sonuçları.	58
Çizelge 4.6	Çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre belirlenmiş kategoriler.....	59
Çizelge 4.7	Çok ince tane muhtevası analiz sonuçları.	60
Çizelge 4.8	Kum eşdeğer büyüklüğü ES değerine göre kumun kategorisi	62
Çizelge 4.9	Kum eşdeğeri analiz sonuçları.	63
Çizelge 4.10	Metilen mavisi deneyi sonuçları.	66
Çizelge 4.11	İri agreganın parçalanmaya karşı direnci için LA katsayı ve kategorileri.	70
Çizelge 4.12	İri agreganın parçalanmaya karşı direnci analiz sonuçları.	70
Çizelge 4.13	Gevşek yığın yoğunluğu analiz sonuçları.	71
Çizelge 4.14	Yüzey kuru suya doygun yoğunluk analizi sonuçları.	74
Çizelge 4.15	Su emme oranı analizi sonuçları.	74
Çizelge 4.16	Donma-Çözülme döngü deneyi için gereken deney numunesi kısımlarının miktarları.....	76
Çizelge 4.17	En yüksek donma-çözülme direnç değerlerine göre kategoriler.....	79
Çizelge 4.18	Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değerlerine göre kategoriler	79
Çizelge 4.19	Donma ve çözölmeye karşı direncin tayini analiz sonuçları.....	80
Çizelge 4.20	Tane boyutu -14 +10 mm aralığı dışında kalan agrega deneyleri için tavsiye kütleleri, deney elek ve tel sepetleri	80
Çizelge 4.21	Magnezyum sülfat analizi sonuçları.....	82
Çizelge 4.22	Deney prizmalarının bileşenlerinin kütleleri.....	83
Çizelge 4.23	Beton prizmalarda agregaların tane büyüklüğü dağılımı sınırları.....	83
Çizelge 4.24	Kuruma çekmesi tayini analiz sonuçları.	86
Çizelge 4.25	Alkali Silika Reaksiyonu analiz sonuçları.	87
Çizelge 4.26	Başlangıçtaki alt numunenin minimum kütlesi.....	88

Çizelge 4.27 Organik madde tayini deney sonuçları.....	89
Çizelge 4.28 Asitte çözünebilen en yüksek sülfat muhtevası değerleri için kategoriler	93
Çizelge 4.29 Harç metoduyla organik kirleticilerin tayini analiz sonuçları.....	93

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 Çatalca ilçesinden bir görünüm	33
Resim 3.2 Diztaş Madencilik kalker ocağından bir görünüm	34
Resim 3.3 Çalışma sahasına ait uydu görüntüsü (üstten).....	35
Resim 3.4 Çalışma sahasına ait uydu görüntüsü (yandan).....	36
Resim 3.5 Diztaş Madencilik stok sahası (1).	36
Resim 3.6 Diztaş Madencilik stok sahası (2).	37
Resim 4.1 Elek sarsma cihazı ve kare gözlü bir elek serisi.	46
Resim 4.2 Çubuklu elekler.	55
Resim 4.3 Bitirilmiş bir metilen mavisi deneyinde kullanılan süzgeç kağıdı.	65

1. GİRİŞ

Günümüzde, hızla artan nüfus ve buna bağlı olarak şehirleşmenin giderek yaygınlaşması sonucu, barınma ve barınaklara ulaşım ihtiyaçları da artmaktadır. En yaygın barınaklar betonarme yapılar ve bu barınaklara ulaşımında en yaygın kullanılan yöntem otoyol kullanımıdır.

Betonarme yapıların ana malzemesi olan beton; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılması ile yapılan ve özelliklerinin önemli kısmını çimentonun hidratasyonu ile kazanan bir malzemedir. Bileşenlerinin ucuz ve kolay temin edilebilir olması, maruz kalınan dış etkenlere karşı performansının daha yüksek olması, betonu yaygın kullanılan bir yapı malzemesi yapmıştır (Baradan 1997).

Son yıllarda, inşaat sektöründe yaşanan hızlı büyüme betona olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Önceleri, elle karma şeklinde üretilen beton, malzeme bilimi ve teknolojisindeki yeni gelişmelerle birlikte, yerini hazır beton sistemine bırakmıştır. Özellikle, ülkemizde yaşanan depremlerde görülen yüksek yıkıcı etkilerden sonra, standartları yakalayan hazır beton sistemlerine daha fazla önem verilmiş ve 2000’li yıllarda başta Marmara Bölgesi olmak üzere Türkiye’nin birçok yerinde hızla beton santralleri kurulmuştur (Doğan 2008).

Betonun yapısında % 65-75 oranında mineral yapılu küçük tanelerden oluşan agrega malzemesi bulunmaktadır. Betonun iskeletini oluşturan agrega; betonun işlenebilirliği, dayanım ve geçirgenlik değerleri gibi özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Beyazıt 1988).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de agrega ihtiyacı bölgesel olarak farklı kayalık türlerinden sağlanmaktadır. Bölgede öncelikle dere çökellerinden elde edilen agregalar yaygın olarak kullanılırken, sakıncalı durumlarından dolayı günümüzde artık özellikle volkanik kayalardan ve kireçtaşlarından elde edilen agregalar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Korkanç ve Tuğrul 2017).

Beton karışım hesapları ve kaliteli beton üretimi için kullanılacak agreganın tane dağılımının üniform olması zorunludur. Beton agregası hem şartnamelerde gösterilen sınırlara uygun olmalı, hem de mevcut agregaya ile elde edilecek en iyi derecelenmeyi temsil etmelidir. Beton karışım hesaplarında agreganın granülometrisi daima sınırlandırılır. Bu sınırlandırma en sıkı doluluktaki agreganın granülometrisi ile elde edilebilecek daha ekonomik ve daha nitelikli beton üretimine yöneliktir. Granülometri betonun basınç dayanımını etkileyen en önemli etkidir. Ancak birçok beton üretim tesisi tip malzeme için birkaç beton karışım reçetesi oluşturmakta sürekli bunları kullanarak beton üretmektedir. Agreganın üretildiği ocaktaki tabaka farklılıkları, kırıcı cinsi, çevresel etkiler gibi faktörler göz önünde bulundurulmayıp, agregalar için periyodik deneyler yapılmamakta ve bu etkilerden dolayı değişen agreganın değerlerine göre yeni beton karışım reçeteleri oluşturulmamaktadır (Doğan 2008).

Agreganın fiziksel karakteristikleri, granülometrisi, kompozisyonu, kimyasal yapısı beton üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bundan dolayı üretim tesisleri beton üretiminde ekonomiden önce kaliteye önem vererek beton için önemli bir bileşen olan agreganın malzemesinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini yeterince bilmeleri gerekir. Ayrıca temin edecekleri agreganın ocaklarını sık sık incelemelidirler.

Çalışmanın amacı, Marmara Bölgesinin Trakya kesiminde yer alan Çatalca bölgesi kireçtaşlarının jeolojik, petrografik, mineralojik özelliklerinin belirlenmesi ve TSE (Türk Standartları Enstitüsü) standart agreganın deneyleri ile agreganın kullanılabilirliğinin ayrıntılı olarak araştırılmasıdır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Literatür Özeti

Dünyada ve Türkiye’de gerek beton gerekse de beton agregaları ile ilgili yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur. Tez kapsamında yapılan bu çalışmadan önce literatür taraması yapılmış ve dikkate alınan çalışmaların kısa bir özeti sunulmuştur.

2.1.1 Çalışma Alanı ve Civarına İlişkin Jeolojik Çalışmalar

Tchihatcheff (1864), Boğazköy, Belgrad Ormanı, Sarıyer ve Haliç arasında kapsamlı bir jeolojik çalışma yapmıştır. Bu araştırmada, İstanbul civarındaki Paleozoyik istifin Devoniyen yaşlı olduğunu belirleyerek İstanbul Boğazı’nın kuzeyindeki volkanik formasyon ile kabaca sınırını çizmiştir. Ayrıca Bakırköy civarında Mactralı kireçtaşlarının varlığından söz etmiştir.

Penck (1919), yaptığı çalışmada, Devoniyen yaşlı kara fasiyesi olarak düşünüp Trakya Serisi olarak adlandırdığı Paleozoyik arazinin sınırlarını çizerek Dolayoba çevresindeki Kuvarsit Serisi ile grift olduğunu belirtmiştir.

Chaput and Hovasse (1930), Sarıyer – Kumköy – Zekeriyaköy arasında bir çalışma yaparak, bölgede bulunan Devoniyen yaşlı arazinin 6-7 km. kuzeye doğru ilerleyerek Kretase birimlerinin üzerine bindiğini belirtmişler ve bu hareketin Alp orojenezi sırasında gerçekleştiğini öne sürmüşlerdir.

Pamir ve Sayar (1933), Günümüzde Bakırköy formasyonu olarak adlandırılan bölgeyi “Melanopsis ve Mactralı kireçtaşı bantları” olarak isimlendirerek Miyosen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Chaput (1936), yaptığı çalışmada, kuvarsit, şist ve yuvarlaklaşmış çakıllar içeren kum depolarının varlığından söz ederek “Belgrad Ormanı çakılları olarak adlandırmıştır. Ayrıca Cebeciköy’de kireçtaşlarının varlığından söz etmiştir.

Paeckelmann (1938), Trakya formasyonunun denizel kökenli olduğunu belirterek, Orta Devoniyen olarak kabul ettiği yumrulu kalkerleri ve Alt Devoniyen ile dikey geçişli, primer derecelenme gösteren Trakya serisi olarak kabul ettiği grovak şist seviyelerine ise yanal geçişli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca İstanbul ve çevresinin 1/75000’lik haritasını hazırlayarak Paleozoyik istifi üstten alta doğru sıralamıştır.

Yalçınlar (1944), Anadolu kristalin serisine bağlı olan kayalar Prekambriyene bağlamıştır. Yaptığı çalışma ile Cebeciköy kireçtaşlarının sınırlarını çizmiş, bu birimin Devoniyen yaşlı olduğunu ve Trakya serisine dahil olduğunu belirtmiştir.

Pamir ve Baykal (1947), Istranca masifinin jeolojisini çalışmış, metamorfik kayaları; Kırklareli Gnaysı, Fatmakaya Gnaysı, Fillat – Kuvarsit – Mikalı Şistler ve Mermer olarak dörde ayırarak ayrı ayrı haritalamış ve bu birimlerin hepsinin Alt Kambriyen yaşlı olduklarını belirtmiştir.

Okay (1947), İçerenköy’ün doğusundaki radiolaritleri ilk kez haritalayarak Orta Devoniyen yaşlı olduğunu saptamış, arkoz birimi ile killi şist ve grovak birimlerinin yanal geçiş göstermesi nedeniyle killi şist – arkoz – grovak fasiyeslerine ayrılabilceğini belirtmiştir.

Dizer (1951), Çatalca – Küçükçekmece arasındaki kireçtaşlarını çalışarak, Muratbey civarında elde ettiği fosillerin yaşını Priabonian Lütisiyen olarak belirlemiştir.

Akartuna (1953), Çatalca – Karacaköy bölgesinin jeolojisini incelemiştir. Kristalen şistleri, Silüriyen yaşlı gnays serisi ve Üst Silüriyen – Orta Devoniyen yaşlı kuvarsit – şist serisi olarak ikiye ayırmıştır. Kuvarsit – şist serisini ise kendi arasında yine ikiye ayırarak alt kuvarsitler ve üst kuvarsitler olarak adlandırmıştır.

Ketin (1953), İstanbul Paleozoyiğinde Üst Silüriyen ile Devoniyen arasında açılı bir diskordansın varlığından söz ederek Kaledoniye orojenezine ait kıvrılma evrelerinden söz etmiştir.

Erentöz (1953), Neojen istifli Sarmasıyene dahil etmiş ve Congerialı kum katmanların Sarmasıyenin en üst birimi olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir.

Yalçınlar (1954), Trakya formasyonunun Karbonifer yaşta olabileceğini ilk defa dile getirmiştir. Cebeciköy'deki Vizeen yaşlı kireçtaşlarının varlığını ortaya çıkarmıştır. Bu birimin üzerine gelen silisli şeyllerin florasına dayanarak Trakya serisinin Üst Vestfaliyen yaşlı karasal bir istif olduğunu belirtmiştir.

Baykal ve Kaya (1963), Trakya formasyonunun Vizeen yaşlı olduğunu belirterek Üst Paleozoyik istifini; yumrulu kalker – radiolarit – kalker şeklinde ayırmıştır.

Abdüsselamoğlu (1963), Baltalimanı formasyonunu çörtler olarak nitelendirerek Trakya formasyonu içerisinde grovak şistlerin çörtler üzerinde bulunmaları nedeniyle Karbonifer yaşlı olması gerektiğini belirtmiştir.

Baykal ve Kaya (1965), Alt Paleozoyiği alttan üste; Arkoz formasyonu (Alt Ordovisiyen), Ortokuvarsit formasyonu (Orta Ordovisiyen), Silisli şeyl formasyonu (Orta Ordovisiyen – Üst Valentiye), Subarkoz formasyonu, Mercanlı kalker formasyonu şeklinde ayırmışlardır.

Keskin (1966), doktora tezi çalışmasında Kırklareli kireçtaşının stratigrafi aşamasını üyeden formasyona yükseltmiştir. Bu formasyonun kalınlığının oldukça değiştiğini ve dört farklı ortamda çökeldiğini öne sürmüştür.

Bürküt (1966), Istranca masifindeki kristalen kayaçları parajenezlerine göre değerlendirerek çeşitli kayaç örneklerinin petrografik özelliklerini saptamıştır. Istranca masifinin alt seviyesini oluşturan gnaysik formasyonların Arkoz seviyesi serilerine benzediğini ortaya koyarak metamorfik formasyonların oluşturduğu senklinalin üzerinde kalan mermer ve yarı mermerleri şist kompleksine benzeterek Permiyen yaşlı kalkerlerin metamorfizmasından meydana gelebileceğini ileri sürmüştür.

Haas (1968), İstanbul'un çeşitli bölgelerinde incelemeler yaparak arkozları "Kurtköy Schichen" olarak adlandırdığı birimin taban çakıltası seviyesi ile başladığını belirtmiştir.

Arıç-Sayar (1969), İstanbul Boğazı doğu kesiminde bulunan Anzavur Dere'deki şeylleri, Orta Devoniyen yaşlı olarak belirlediği arkoz düzeyin bileşeni olarak ele almıştır.

Kaya (1971), İstanbul'un Karbonifer stratigrafisini çalışarak, Trakya formasyonunun Vizeen ortasının sonuna kadarki zaman dilimini kapsadığını belirtmiştir.

Aydın (1974), bölgedeki kayaçlarda petrografik incelemeler yaparak temel kristalin kayaçlardan gnaysların Hersiniyen yaşlı metagranitler olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmasında, örtü kayaçlarını Triyas flonit ve şistleri ile Jura kristalize kireçtaşları ve kalk-şistleri şeklinde ayırmıştır.

Kaya (1978), Paleozoyik istifi alttan üste doğru; a) Kurtköy arkoz birimi, b) Aydos kuvars arenit birimi, c) Büyükdere şeyl birimi, ç) İstinye kireçtaşı, d) Büyükada formasyonu, e) Kartal formasyonu, f) Baltalimanı formasyonu, g) Trakya formasyonu, ğ) Belgrad formasyonu olarak sıralamıştır.

Öztunalı ve Üşümezsoy (1979), Kırklareli civarında bulunan gnaysları porfiroblastik biyotitli granit, porfiroblastik kuvars ve plajiyoklas granit şeklinde ayırarak, Istranca masifindeki kuvars-feldspatlı şistlerde şistoziteye paralel olarak gelişen K-feldspat megaplastlarının dereceli olarak artması sonucu şistozitenin kaybolarak porfiroblastik dokulu granitik kayacın oluştuğunu ileri sürmüştür.

Akyol (1979), Demirköy plütonunu oluşturan birimlerin iki farklı magmadan türediklerini ve bu iki farklı magmanın ayrı ayrı katılaştığını belirtmiştir.

Şengör ve Yılmaz (1981), Türkiye'nin tektonik evriminde Istranca Zonunun evrimini açıklamıştır. Permiyen döneminde yüksek bir dağlık alan olan Istranca Zonu, erozyon

ile deniz seviyesine inmiştir. Triyas döneminde kuzeye doğru derinleşen transgresif karasal – sığ denizel bir istif gelişmiştir. Alt Kretase öncesinde deniz kapanmıştır.

Önalan (1981), Paleozoyik istifi alttan üste doğru; i) Kurtköy formasyonu, ii) Aydos formasyonu, iii) Gözdağ formasyonu, iv) Aydınli formasyonu, v) Dolayoba formasyonu, vi) Sedefadası formasyonu, vii) İstinye formasyonu, viii) Kaynarca formasyonu, ix) Kartal formasyonu, x) Kozyatağı formasyonu, xi) İçerenköy şeyli, xii) Tuzla formasyonu, xiii) Baltalimanı formasyonu, xiv) Trakya formasyonu, xv) Belgrad formasyonu şeklinde sıralamıştır.

Taner ve Çağatay (1983), Istranca masifi kayaçlarını yaşlıdan gence doğru temel kristalin, örtü, sokulum, kontakt metamorfik ve Üst Kretase yaşlı volkano-tortul kayaçlar olarak belirtmiştir.

Kasar (1987), TPAO için hazırladığı “Kuzey Trakya Bölgesinin Jeolojisi” başlıklı raporda bölgenin hidrokarbon potansiyeli hakkında görüşler bildirerek birim ayırtlaşması yapmıştır.

Çağlayan ve Yurtsever (1998), Istranca masifi ve çevresinde geniş kapsamlı bir haritalama çalışması yaparak birimleri Metamorfik Kayaçlar, Mesozoyik Magmatitleri ve Çökel Kayaçları olarak üçe ayırmıştır. Istranca masifindeki metamorfik kayaçların Tekedere grubu, Kırklareli grubu ve Istranca grubundan oluştuğunu belirtmiştir.

Sakınç vd. (1999), yaptıkları çalışmada, Trakya Havzasının oluşumunun Kuzey Anadolu Fayının gelişimine bağlı olduğunu belirterek Erken Miyosen – Pliyosen aralığında kuzeyden gelişen transgresyona bağlı sedimentasyondan bahsetmiştir.

Okay vd. (2001), Istranca masifinin gnays, migmatit ve granitlerden oluşan Orta Mesozoyik bir kuşak olduğunu, gnays ve granitlerden elde edilen zirkon yaşının yüksek dereceli metamorfizma ve plütonun kristalizasyon yaşını göstermekte olduğunu ve Erken Permien yaşlı olduklarını belirtmiştir. Bu metamorfik kayaçlar ve metagranitlerin oluşturduğu 2,5 km’den daha kalın olan bu istif, Alt Triyas – Orta Jura

yaşı sığ denizel bir istif ile uyumsuzluk olduğunu, Geç Jura – Erken Kretase döneminde bunların üzerine metakarbonatların geldiğini belirtmişlerdir. Yeşil şist fasiyesinde bir metamorfizma meydana geldiğini ve bunun sebebinin de büyük olasılıkla kıta çarpışması olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Aral ve Çengel (2003), Istranca masifinde bulunan Tekedere grubu kayaçlarının çoğunlukla amfibolit – gnays, amfibolit ve amfibollü biyotit gnayslardan oluştuğunu saptamıştır. Bu kayaçların açık renkli kuvars ve aplit daykları tarafından kesildiğini, birimin alt seviyelerine inildikçe de amfibolit ve amfibolit gnaysların yoğunlaştığını belirtmiştir.

Natal'in vd. (2005), Istranca masifinin, Kırklareli tipi Plütonların sokulduğu bir temel ve bunun üzerine gelen Triyas yaşı sedimanter örtü birimlerinden oluştuğunu belirtmiştir.

Sunal vd. (2008), Istranca masifinin, birbirinden açısız diskordansla ayrılmış iki farklı kayaç biriminden oluştuğunu belirtmiştir. Temelde, biyotit ve granat – biyotit – şistten oluşan Paleozoyik yaşı metasedimentler, hornblend – biyotit ve biyotit – muskovitten oluşan orto – gnayslar ve Mesozoyik yaşı metaklastik kayaçların bulunduğunu söylemektedir.

2.1.2 Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar

Kaplan (1959), 13 farklı kökenli agrega kullanarak yaptığı çalışmada, aynı karışım oranları kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımları arasında %30 ve eğilme dayanımları arasında %40 değişkenlik olduğunu saptamış, agrega yüzey yapısının, şeklinin ve elastisite modülünün betonun mekanik davranışını önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir.

Ramsay vd. (1974), kayaçların petrografik özellikleri ile bu kayaçlardan elde edilen kırmataşların şekillerinin agrega kırılma ve darbe dayanımlarını etkilediğini belirtmişlerdir.

Fookes (1980), bağlayıcılar ve agregalar ile ilgili çalışmasında, agregaların fiziko-mekanik özelliklerinin beton dayanımı durabilitesine olan etkilerini araştırmış ve beton türleri, kullanılacak agrega oranları ile betonu oluşturan malzemelerin özelliklerinin önemine değinmiştir. Ayrıca betonda kullanılacak agregalar için limit değerlerin hangi sınırlar içerisinde olacağına ilişkin değerlendirmelerde bulunmuştur.

Uğurlu (1989), agrega tanelerinin dağılımının en iyi şekilde granülometri eğrisi ile gösterilebileceğini ve bu nedenle beton karıştırma oranları yapılırken agrega granülometrisinin ayarlanmasını bir zorunluluk olarak değerlendirmiştir. Granülometri eğrisinin istenilen şartları sağlayamaması durumunda agreganın beton yapımında kullanılamayacağını, ayrıca incelik modülünün granülometri bileşimi hakkında fikir verebileceğini ve standartlara göre incelik modülünün 4,20 – 5,48 değerleri arasında olması gerektiğini belirtmiştir.

Al Jassar and Hawkins (1991), Bristol civarındaki kalker ocaklarından temin ettikleri numuneler üzerinde petrografik, kimyasal ve mineralojik analizler yaparak, tek eksenli basınç dayanımlarını belirlemiştir. Çalışmaları sonucunda, kireçtaşlarının litolojik özelliklerinin dirençlerini etkileyerek, özellikle alkali – karbonat reaksiyonunun direnci önemli ölçüde düşürdüğü belirtmiştir.

Fookes (1991), ayrışmanın, kayaçların agrega olarak kullanılabilirliğini etkilediğini, kayaçların mühendislik özellikleri ile agrega darbe dayanımlarının belirleyici parametreler olduğunu belirtmiştir.

Murdock vd. (1991), kalsiyum karbonattan oluşan ve tortul bir kayaç olan kireçtaşının sert ve yoğun türlerinin beton üretiminde kullanılabilecek en uygun kayaç türü olduğunu belirtmiştir.

Edet (1992), kayaçların agrega olarak kullanılabilirliğini, fiziksel özellikleri ile beraber mikro çatlakların kontrol ettiğini belirterek, özellikle patlatma yöntemi ile elde edilen agregalar için, bu durumun dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Erdoğan (1992), alkali – karbonat reaksiyonunun nedenlerini ve gelişim mekanizmasını incelemiştir. Kalsitten oluşan agregalarda, alkali – karbonat reaksiyonunda kısa sürede iyon dengesine ulaşılması nedeniyle betonda herhangi bir tahribat meydana gelmediğini, alkali – dolomit reaksiyonunda tane veya kristal boyutunun 50 µm'den küçük ve porozitenin %8'i geçmesi durumunda reaksiyonun gelişim hızının yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ortam nemi, sıcaklığı ve pH değerinin alkali – karbonat reaksiyon hızını etkilediğini ve iri agregaların da yararlı etkileri olduğunu belirtmiştir.

Giaccio vd. (1992), agrega olarak bazalt, granit ve kireçtaşı kullandıkları çalışmalarında, beton iç bağındaki çözümlerin nedenini, agregaların temizliğine, sıkıştırılmasına, karışımına ve agrega türüne göre değiştiğini, süreksizlik sınırının ise agrega türüne göre değişmediğini belirtmiştir.

Williams and McNamara (1992), farklı bileşimdeki kireçtaşları üzerinde çalışmalar yaparak, kireçtaşları bileşimlerinin değişmesinin dirençlerini etkilediğini belirtmiştir.

Erdoğan (1993), İstanbul ve civarının yapay agrega potansiyelini çalışarak, bölge kayaçlarının agrega özelliklerini incelemiştir. Tane boyutunun küçülmesiyle kusurlu tane oranının arttığını tespit etmiştir.

Akpokodie and Hudec (1994), granit, gnays ve kumtaşları üzerinde araştırmalar yapmış, bu kayaçların mineralojik, fabrik ve ayrışma ürünleri mühendislik özelliklerinin, agrega özelliklerine etkilerini ortaya koymuşlardır.

İrfan (1994), granitik kayaçlardan üretilen kırmataşlarla çalışmalar yaparak, granitlerin petrografik ve fiziko – mekanik özelliklerinin agrega olma özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir.

Uribe-Afif (1994), ayrışma sonucu oluşan ve erimeyen maddelerin, ince madde oluşumunu arttırarak agrega kalitesini etkilediğini, agrega olarak kullanılacak malzemelerdeki kil içeriğinin %45'i geçmemesi gerektiğini, kil oranının artması ile betonda dayanımın azaldığını ifade etmiştir.

Yıldırım (1995), en büyük agrega boyutu, granülometri ve su/çimento oranı sabit tutularak üretilen normal ve hafif agregalı betonlarda, hacim konsantrasyonunun kısa süreli mekanik davranışlara etkilerini araştırmıştır. Disk yarma deneyleri ile betonların şekil değiştirme kapasiteleri ölçülerek agrega konsantrasyonunun dolaylı çekme halindeki şekil değiştirme kapasitesine, basınç halindeki tepe noktası öncesi yükleme ve boşaltma yapılarak gevreklik indislerine ve rötire ve sünme deneyleri ile zamana bağlı davranışa etkilerini incelemiştir.

Gutierrez and Canovaz (1996), altı farklı agrega kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, agreganın beton dayanımı ve kıvamına etkilerini incelemiştir. Mekanik özellikler bakımından benzer iki farklı agregadan kireçtaşı kullanılarak üretilen betonun daha iyi sonuçlar verdiğini, bunun nedeninin kireçtaşı agregası ile çimento hamuru arasındaki epiktaksi bağı olduğunu vurgulamıştır.

Özturan ve Çeçen (1997), iri agregaların, farklı dayanımdaki betonların mekanik özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Yaptıkları çalışmada, 28 günlük basınç dayanımları 30 – 60 – 90 MPa, su/çimento oranları 0,58 – 0,4 – 0,3 olan beton karışımları için agrega olarak bazalt, kireçtaşı ve çakıl kullanmış, 28 günlük test sonuçlarına göre en yüksek dayanımlı beton bazalt ile yapılan, en düşük dayanımlı beton çakıl ile yapılan, en yüksek çekme dayanımına sahip betonlar bazalt ve kireçtaşı ile yapılanlar olarak tespit edilmiştir.

Tokyay (1998), dere çakılı, granit diyabaz ve kireçtaşı kullanarak yüksek dayanımlı beton üretme çalışmaları yapmış, kireçtaşı kullanarak ürettiği betonun en yüksek dayanıma sahip olduğunu belirtmiştir.

Taşdemir (1998), iki farklı tür kireçtaşı ile ürettiği betonlarda, beyaz kireçtaşı ile üretilen betonun gri kireçtaşı ile üretilen betona göre dayanımının daha yüksek olduğunu, bunun sebebinin beyaz kireçtaşının elastik olarak daha uyumlu ve agrega matris yüzeyinde daha uniform gerilme dayanımları oluşturması olduğunu ifade etmiştir.

Poitevin (1999), kireçtaşı agregalarının betonda kullanılabilirliğinin en önemli kriterlerinden birinin Los Angeles aşınma dayanımı olduğunu belirterek, alkali – agreg reaksiyonu tehlikesi nedeniyle sistematik ve detaylı analizler yapılması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca, düşük su emme değerlerine sahip agregaların yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Yeğinboğalı (1999), köşeli ve pürüzlü yüzeye sahip agregaların, yuvarlak taneli agregalara göre çimento hamuru ile daha kuvvetli bağ oluşturarak, agreg yüzeyinin gözenekli olması durumunda, bu bağın çimento taneleri tarafından daha da güçlendirildiğini ifade etmiştir.

Beshr *et al.* (2003), kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kuvarsit kireçtaşı ve çelik cürufunun yüksek dayanımlı betonların sıkışma dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite modülü üzerindeki etkilerini incelemiştir. En yüksek basınç dayanımı çelik cürufu, en düşük basınç dayanımı kireçtaşı ile hazırlanan betonlardan, en yüksek çekme dayanımı çelik cürufu, en düşük çekme dayanımı kireçtaşı agregası kullanılarak hazırlanan betonlardan elde edildiğini belirtmiştir.

Zarif vd. (2003), İstanbul’da bulunan ve farklı doku ve bileşimdeki kireçtaşlarının agreg olarak kullanılabilirliklerini araştırdıkları çalışmalarında, İstanbul kireçtaşlarının petrografik, kimyasal ve agreg özelliklerinin standartlarda verilen limitler dahilinde olduklarını ve birçok alanda kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Özkahraman ve Işık (2005), kimyasal ve mineralojik yapıları farklı 10 agreg çeşidiyle kullanılan malzeme ve karışım oranlarını sabit tutarak yaptıkları araştırmada, en iyi beton özelliklerinin %80-95 oranında SiO_2 ve en az %0,5 – 3,4 CaCO_3 içeren agregalardan elde edildiğini belirtmiştir.

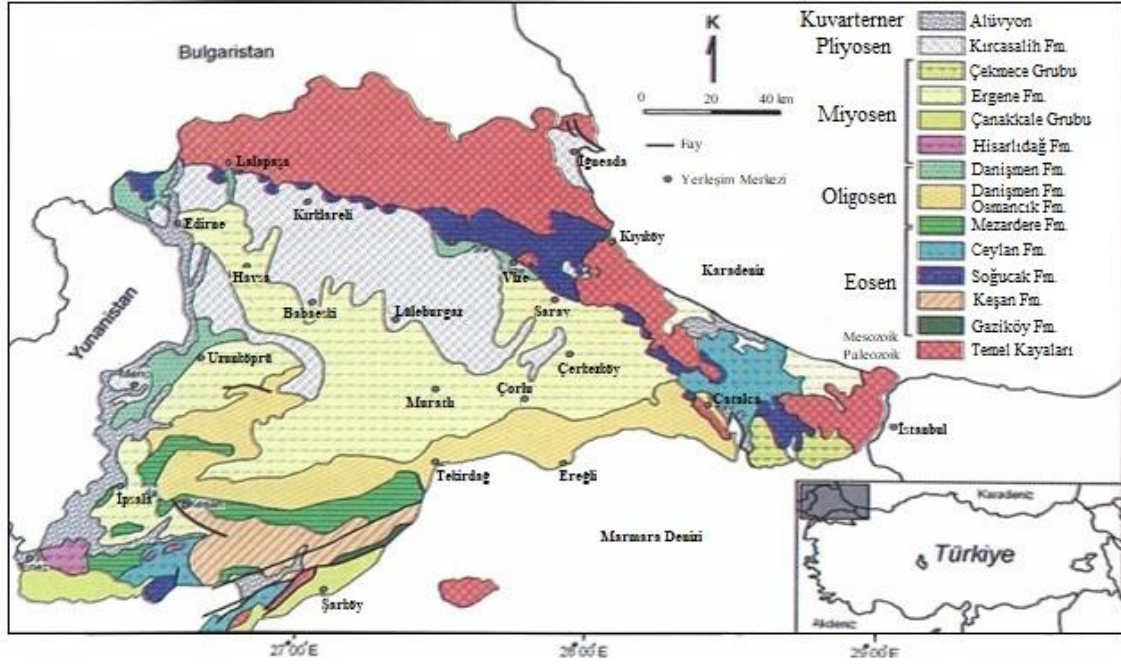
Güler (2006), yüksek lisans tezi olarak sunduğu çalışmada, İstanbul’un Avrupa yakasındaki kumtaşları ve kireçtaşlarını mineralojik ve petrografik özellikleri, standart agreg ve beton deneyleri ile yüksek dayanımlı betonda agreg olarak kullanılabilirliklerini karşılaştırmıştır. Cebeci, Ayazağa ve Çatalca bölgelerinden temin

edilen ürünlerin kullanıldığı çalışma sonucunda, 28 günlük basınç dayanımı en yüksek ürünler Çatalca ve Cebeci kireçtaşları ile üretilen betonların olduğunu ifade etmiştir. Cebeci, Ayazağa ve Çatalca bölgelerindeki kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının petrografik ve agrega özelliklerinin standartlarca belirlenen limitler içerisinde bulunması nedeniyle yüksek dayanımlı beton agregası olarak kullanılmalarının uygun olduklarını belirtmiştir.

Apaydın (2007), yüksek lisans tezi olarak sunduğu çalışmasında, Çorlu – Karatepe bazaltı, Cendere kumtaşı, Marmara Adası dolomiti, İstanbul – Çatalca beyaz kalker, İstanbul – Cebeci mavi kalker ve İstanbul – Akpınar doğal kumu kullanarak farklı kökenli agregaların beton özelliklerine etkilerini incelemiştir. Tüm beton üretimleri için incelik faktörü 4,04 – 4,08 arasında kalacak şekilde farklı bir karışım granülometrisi hazırlamış ve ürünlerde CEM I 42,5R çimentosu kullanmıştır. Farklı kökenli agregalar ile üretilen betonlardan; en yüksek birim ağırlık ve basınç dayanımına sahip betonun bazalt agregası, ultra ses hızı en yüksek değere sahip betonların bazalt ve dolomit agregaları olduğunu, basınç dayanımı arttıkça elastisite modülünün arttığını ifade etmiştir.

2.2 Çalışma Alanının Jeolojisi

Doğalgaz, kömür ve kuvars kumu kaynakları açısından zengin olan Trakya, uzun yıllar boyunca özel şirketler, MTA ve üniversite araştırmacıları tarafından pek çok çalışma neticesinde detaylı bir şekilde araştırılmıştır (Varol vd. 2009). Trakya, esas olarak, kuzeydoğuda Karadeniz’e paralel olarak bir dağ kuşağı oluşturan Istranca masifine ait metamorfik kayalar ve bu masifin güneybatısında Ergene düzlüğünü oluşturan Trakya Tersiyer havzası olmak üzere iki temel jeolojik ünitelerden oluşmaktadır (Okay ve Yurtsever 2006). Trakya Bölgesi’nin jeolojik formasyon haritası Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Trakya jeolojik formasyon haritası (Siyako 2006).

Çatalca bölgesinin de içerisinde yer aldığı sedimanter Trakya Havzasında çökeltme Orta Eosen sonlarına doğru başlamıştır. Bu dönemde, KD – GB yönlü küçük bir denizel koridorla transgresyon başlamış ve Üst Eosen – Alt Oligosen döneminde olgunlaşıp denizel bir ortama dönüşmüştür. Transgresyonun olgunlaşma dönemi olan Üst Eosen – Alt Oligosende havza kenarları hareketlenerek sedimanter malzemenin havzada birikmesine sebep olmuştur. Bu dönemde, havzanın hızlı çökeltmesi nedeniyle alana bol miktarda sedimanter malzeme gelmesi sonucu, Üst Eosen döneminin sonlarına doğru ince ve kaba taneli klastiklerden oluşan filis türü bir çökel istif oluşmuştur. Bu istifin litolojik karakteri, paleo yükselimler, basamak faylar ve havzayı çevreleyen kristalin masiflerin farklılıkları sebebiyle bölgenin her tarafında aynı olmamıştır (Turgut vd. 1983).

Transgresyonun olgunlaşma döneminde, andezitik ve dasitik karakterli volkanik aktiviteler de görülmüştür. Volkanik aktiviteler sonucu oluşan malzemenin havzaya yayılması nedeniyle, bazı bölgelerde havza çökellerinin tüf ara katkılı ve matriksli olmasına sebep olmuştur. Alt Oligosenin sonlarından itibaren transgresyonun olgunluk dönemi sona ererek, gölsel, fluvial, sahil yakını ve yer yer denizel bir regresyonel çökeltme ortamı gelişmiştir. Tektonizmanın etkinliğini kaybederek havzanın kaba

kırıntılarla beslenmesinin önlenmesi nedeniyle daha çok kalın gölssel şeyl, marn ve kireçtaşlarıyla, kömür ve fluviyal karakterde silttaşlarından oluşan bir çökel istif oluşmuştur. Bu dönemde volkanik aktivitelerin de azalması sebebiyle volkanik malzeme desteği de kesilmiştir (Turgut vd. 1983).

Trakya Havzası, Üst Oligosen – Alt Miyosende yükselerek aşınma dönemine girmiş ve önemli miktarda çökel kalınlığı kaybolmuştur. Orta Miyosen döneminin başlarında bölgeyi etkileyen bir tektonik hareketlilik, havza kenarlarında geniş çapta kıvrılma ve kırılmaların oluşmasına sebep olarak, güneybatıda KD – GB doğrultulu tektonik bir zonu şekillendirmiştir. Bu tektonik deformasyon, ihtimal dahilinde, doğrultu atımlı KAF (Kuzey Anadolu Fayı) sisteminin havzadaki devamını oluşturmaktadır (Turgut vd. 1983).

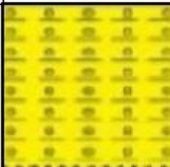
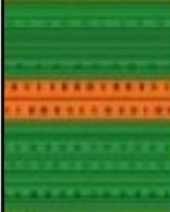
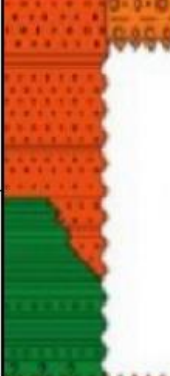
Miyosen dönemi boyunca gerek tektonik aktivite ve aşınma gerekse de havzanın kuzeybatısında denizel ortamlardaki klastik malzeme çökelimi devam etmiştir. Üst Miyosenin sonlarına doğru, havzanın büyük bir kısmının karasal ortama dönüşmesi nedeniyle, bölgesel bir uyumsuzluk gelişerek, Miyosen öncesi birimleri örten çakıltaşı, kilaşı ve kömürden oluşan kalın bir çökel istif oluşmuştur. Havza, Pliyosen ve sonrası hareketlerle de bugünkü konumunu almıştır (Turgut vd. 1983).

Trakya Havzası ile ilgili bir başka görüş ise, Sakarya Kıtasının Pontidlerin altına dalması sırasında yay önü havza olarak oluşması modelidir. Bu modele göre, Geç Kretase ve Paleosende, İstanbul Zonu güneye doğru hareket ederek arkasında Karadeniz'i açmış, aynı zamanda Pontid İçi okyanus kuzeye doğru dalarak yitmiş ve Erken Eosende de doğu kolu tamamıyla kapanmıştır. Bu hareketlerin neticesinde İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu çarpışarak kilitlenmiş, batıda dalma – batma zonundaki üst levha (Istranca Zonu) güneye hareket ederek gerilmeye başlamıştır. Bu gerilmelerle birlikte, Istrancalar üzerine, Orta Eosenden itibaren yay önü konumlu, Trakya Havzası oluşmaya başlamıştır. Pontid içi okyanusunun batı kolu Oligosen döneminin sonlarına doğru yitmiş, Istranca Zonu ile Sakarya Zonu çarpışmıştır (Görür ve Okay 1996).

Orta Eosenden Alt Oligosene kadar türbitik derin deniz çökellerinden sığ deniz çökellerine geniş ve Üst Oligosenden itibaren de geniş ve karasal ortam çökellerinin izlenmesi, Trakya Havzası Tersiyer İstifinin genel bir özelliğidir. Bu görüşe göre, Trakya havzasının oluşumuyla ilgili olarak Turgut vd. (1983) görüşünde belirtilen transgresyon, transgresyonun olgunlaşma safhası ve regresyon dönemi, aslında okyanus suyunun giderek azalması nedeniyle şekillenmiştir. Aynı zamanda, transgresyonun olgunlaşma safhasında, havzaya andezitik ve dasitik karakterlerde volkanizma ürünlerinin yoğunlaştığı belirtilerek, bu tür volkanik aktivite ve ürünlerin, dalma – batma zonlarında görülen özelliklerden olduğu ifade edilmiştir. Oligosen döneminde, Istranca Zonu, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu yaklaşık olarak, bugünkü tektonik konumlarına gelmişlerdir (Görür ve Okay 1996). Genç Oligosen – Erken Miyosen döneminde, yaygın bir kalkalkalen magmatizma yaşanmasına bağlı olarak çok sayıda granodiyoritik plüton oluşmuş ve geniş bölgeler kalkalkalen karakterli volkanoklastik kayalarla örtülmüştür (Ercan vd. 1998).

2.2.1 Stratigrafi

Bu çalışmada, çalışma sahasının da yer aldığı Trakya Havzası doğusunun jeolojisi ve stratigrafisi için MTA (2006) tarafından yapılmış olan Trakya Litostratigrafi Birimleri adlı rapor esas alınmıştır. Trakya formasyonunun genelleştirilmiş stratigrafi kesiti Şekil 2.2’de verilmiştir.

YAŞ	GRUP FORMASYON		KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	ÇÖKELME ORTAMI	
PLİYOSEN	ERGE NE GRUBU		300-400		KONGLOMERA KUMTAŞI KİL - KİLLİ KİREÇTAŞI	AKARSU	
MİYOSEN	OLİGOSEN	YENİMUHACİR GRUBU	DANIŞMEN FORMASYONU	200-300		ŞEYL SİLT TAŞI KÖMÜR	DELTA GERİSİ
EOSEN			OSMANCIK FORMASYONU	100-150		KUMTAŞI ŞEYL	DELTA ÖNÜ
			MEZARDERE FORMASYONU	600-700		ŞEYL SİLT TAŞI TUF	DELTA İLERİSİ
	KEŞAN GRUBU	CEYLAN FORMASYONU	250-300		MARN KİREÇTAŞI KUMTAŞI TUF	AÇIK DENİZ	
SOĞUCAK FORMASYONU		40-300		RESİFAL KİREÇTAŞI	SİĞ-DERİN DENİZ		
HAMİTABAT FORMASYONU KOYUNBABA F.M.		500-200	10 -100		KONGLOMERA	SİĞ- DENİZEL	
PALEOSEN Ü. KRETASE	GAZİKÖY KARAAĞAÇ FIÇİTEPE YENİŞİÇAY		600-1000		KUMTAŞI ŞEYL SİLT TAŞI	DENİZEL TÜRBİDİTİK AKARSU	
PALEOZOİK MESOZOİK	TEMEL				MİKAŞİST GRANİT		

Şekil 2.2 Trakya Havzası'nın geliştirilmiş stratigrafi kesiti (Güler 2005).

2.2.2 Paleozoyik Birimler

Tersiyer Havzası'nın temellerini oluşturan Paleozoyik yaşlı birimler; granit, mikaşist, gnays ve fillitlerdir. Bu birimler Istranca – Rodop masiflerini oluşturmaktadır. Üşümezsoy (1982), Istranca Masifi'ni;

- I. Kırklareli Grubu
- II. Istranca Grubu
- III. Istranca Batoliti

olarak üçe ayırmıştır. Kırklareli Graniti tarafından kesilen ve bölgenin en yaşlı litolojisine sahip birimi olan Kırklareli Grubunu kıtasal kabuk olarak yorumlamıştır. Istranca Grubu olarak adlandırılan birimler, kıta çökel prizması olarak Triyas döneminde çökelmeye başlamış ve Üst Jura'da metamorflaşmıştır. Demirköy, Dereköy ve Karacadağ plütonitlerinden oluşan Istranca Batoliti ise Üst Kretase – Paleosen yaşlıdır. Aydın (1982), köken kayası arkoz ve grovak bileşimli Koruköy formasyonunun, masifin en yaşlı metamorfiti olarak belirtmiştir. Koruköy formasyonunu kesen metagranitin Hersiniyen yaşta olduğunu belirten Aydın (1982), Kırklareli Metagraniti olarak isimlendirdiği birimin 150 milyon yıl yaşında olduğunu saptamıştır. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen ve çeşitli metaklastiklerle kristalize kireçtaşlarının oluşturduğu istif Fatmakaya formasyonu olarak adlandırarak Triyas yaşlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu formasyonun üzerinde yanal ve düşey geçişli olarak bulunan Jura yaşındaki mermer kalkışist – arduvaz – kuvars fillit şeklindeki ardalanmayı Kapaklı formasyonuna dahil ederek, bu iki formasyonu kesen ve yaşını 83 milyon yıl olarak tespit ettiği granitleri Demirköy Plütonu başlığı altında incelemiştir. Demirköy Plütonu, İğneada formasyonu tarafından diskordansla örtülmektedir. Üst Kretase yaşlı kireçtaşı – çamurtaşı – ince kumtaşı – tuf – aglomera gibi kırıntılardan oluşan İğneada formasyonu, Batı Karadeniz Bölgesi'nde çalışmalar yapan çeşitli araştırmacılar tarafından Yemişliçay olarak ayrılan birimdir (Güler 2005).

2.2.3 Mesozoyik Birimler

Tersiyer Havzası'nın temellerini oluşturan bir diğer istif olan Mesozoyik yaşlı birimler;

- Saros Körfezi Tayfur kesitinde metamorfize olmuş kireçtaşı ve konglomera Saltık (1975),
- Bulgaristan sınırında ve İğneada dolaylarında küçük kireçtaşları,
- Trakya Havzası'nın güneyindeki Kretase yaşlı kireçtaşlarından (Coşkun 1997) oluşmaktadır (Güler 2005).

2.2.4 Tersiyer Birimler

Istranca dağlarının güney eteklerinden başlayıp hemen hemen tüm Trakya'yı kaplayan Tersiyer yaşlı sedimanter istifin kalınlığı 9000 metreyi bulmaktadır (Kopp *et al.* 1969; Turgut vd. 1983; Görür ve Okay 1996; Turgut and Eseller 2000). Bu istifin gelişimi, İstanbul Paleozoyiği ve Istranca masifinin doğrultu atımlı bir fayla bir araya gelmesiyle ilişkilidir (Okay vd. 1994). Orta Eosende başlayan çökeltme Erken Alt Oligosene kadar aralıksız devam etmiştir. Çökelim devam ederken, uygun alanlarda Koyunbaba formasyonu ve havzanın karbonat oluşumuna uygun hale gelmesiyle de Soğucak formasyonuna ait olan düzgün tabakalı kireçtaşları çökelmeye başlamıştır. Yine bu sıralarda havzada bulunan topografik yükseltilerde resifal kireçtaşları ve daha derin kesimlerde ise Ceylan formasyonu oluşmuştur. Fasiyes ve kalınlık değerlerindeki farklılıklar, bu dönemde, bölge temelinin düzensiz bir topoğrafyaya sahip olabileceğini göstermektedir. Orta Eosen – Erken Alt Oligosendeki sintektonik faylanma dikkate alan araştırmacılar bu düzensizliklerin temel kayadaki tektonik özelliklerle kontrol edildiğini düşünmektedir (Koral 1997). Şen vd. (1996) temel düzensizliğinin Batı Karadeniz transform fayıyla ilişkili olduğunu öne sürmüştür. Geç Alt Oligosende, bazı yerlerde sığ denizel lagün özellikli Pınarhisar formasyonu çökelirken Geç Alt Oligosen – Alt Miyosen aralığında, ortama kırıntılı malzeme gelmeye başlamasıyla Mezardere, Osmancık ve Danişment formasyonları oluşmuştur. Alt Miyosendeki deltaik çökelmenin ardından, bölge, Üst Miyosene kadar aşınma alanı olarak kalmıştır. Üst Miyosende başlayan faylanma neticesinde deformasyon ile gelişen Çukurçeşme ve Bakırköy formasyonları oluşmuştur (Şen 1994). Perinçek (1987), bu birimleri

denetleyen fayların KB – GD doğrultulu olmasının, genetik olarak Trakya fay zoneuyla ilişkili olduğunu belirtmektedir (Koral 1997).

2.2.4.1 Koyunbaba Formasyonu

Kuzeyden Istranca metamorfitleleriyle sınırlanmış olan (Keskin 1974), Trakya havzasının kuzeyindeki Senozoyik denizel çökellerin transgressif taban yüzeyini oluşturan kırıntılar, ilk olarak, Krausert and Malal (1957) tarafından *Koyunbaba Üyesi* (Özgül 2011), daha sonra ise Esso Standart (1960) araştırmacıları tarafından *Yeniköy Formasyonunun Koyunbaba Üyesi* olarak adlandırılmıştır. Keskin (1974) tarafından formasyon mertebesine yükseltilmiş ve Kasar vd. (1983) tarafından da benimsenmiştir (Siyako 2006). Koyunbaba formasyonu için Druitt (1961) *Akviran formasyonu*, N.V. Türkse Shell (1972) *Balıkdere formasyonu*, Umut vd. (1984), Çağlayan ve Yurtsever (1998) ve Duman vd. (2004) *İslambeyli formasyonu* adını kullanmıştır.

Temel birimler üzerindeki en yaşlı litolojiyi oluşturan formasyonun mostralarına, Çatalca'nın kuzeybatısı ile Gökçeali'nin kuzeyinde rastlanmaktadır (Koral 1997). Daha yaşlı birimlerin üzerinde uyumsuz olarak bulunan Koyunbaba formasyonu, üstte Soğucak formasyonu ile dereceli geçişlidir. Genel olarak çakıltası ve kumtaşından oluşan formasyon, kısmen kireçtaşı, kil, marn ve temele ait büyük blokları kapsamaktadır. Bu litolojiler, Orta – Geç Eosen deniz transgresyonunun ilk ürünlerinden olan taban klastiklerini temsil etmektedir. Orta – Geç Eosen dönemi şelf alanlarında çökmesi nedeniyle havzanın derin kesimlerinde bulunmamakta, çukurları doldurmasından ötürü ise kalınlığı birkaç metreden 100 metreye kadar değişkenlik gösterebilmektedir. Keskin (1974)'e göre, Koyunbaba formasyonu, karbonatlı seviyelerindeki gastropod, pelecypod ve foraminifer fosillerine göre Orta – Üst Eosen yaşlı olmakla birlikte, transgresyona bağlı olarak yükseltilmeye doğru yaşlı gençleşmektedir (Siyako 2006).

Koyunbaba ve Soğucak formasyonlarının birlikte görüldüğü bir fotoğraf Resim 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.3 Koyunbaba formasyonunun kırmızı renkli kum ve çakıllı düzeyi ile Soğucak formasyonunun kireçtaşı – killi kireçtaşı katmanlarından bir görüntü (Özgül 2011).

2.2.4.2 Soğucak Formasyonu

İlk olarak Holmes (1961) tarafından, Kırklareli formasyonunun bir üyesi olarak kullanılan Soğucak, Ünal (1967) tarafından formasyon mertebesine yükseltilerek *Soğucak Kalkeri* olarak adlandırılmıştır. Daha sonra ise, Keskin (1974) ve Kasar (1987) tarafından *Soğucak Kireçtaşı*, Kasar vd. (1983) ve Sümengen vd. (1987) tarafından da *Soğucak Formasyonu* olarak adlandırılmıştır (Özgül 2011).

Çalışma sahasının da üzerinde yer aldığı Soğucak formasyonu, altında bulunan Koyunbaba formasyonu ile dereceli geçişli olmakla birlikte, bu formasyonun olmadığı bölgelerde daha yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Siyako 2006). Koyunbaba formasyonunun üzerine geldiği bölgelerde düzgün tabakalı kireçtaşı, temelin üzerine geldiği yerlerde ise resifal kireçtaşından oluşmaktadır (Koral 1997). Soğucak formasyonu resifal kireçtaşlarından bir görüntü Resim 2.2’de verilmiştir. Üstünde dereceli geçişle Ceylan formasyonu, bu formasyonun bulunmadığı bölgelerde ise Mezardere formasyonu yer almaktadır. Sakınç (1994), Karaburun dolaylarında Ceylan formasyonunun Soğucak formasyonu üzerine uyumsuz olarak yerleştiğini

belirtmektedir. Üstten aşındırılmış bölgelerde daha genç birimlerle uyumsuzdur (Siyako 2006).



Şekil 2.4 Çatalca'nın güneybatısındaki bir sırtta Soğucak formasyonu resifal kireçtaşlarının görünümü (Özgül 2011).

Şekil 2.3'te yüzeyleme haritası verilen Soğucak formasyonu, genellikle, şelf ortamda çökelmiş karbonatlardan oluşmaktadır. Kireçtaşları beyaz, gri, sarımsı, orta veya kalın tabakalı ya da masif, sert, orta veya iyi gözenekli, bol fosilli ve erime boşlukludur. Pınarhisar dolaylarında daha fazla görünmekle birlikte yer yer yama resifi fasiyesleri bulunmaktadır. Tabaka aralarında marn ve kumtaşına rastlanabilmektedir. Kuyu verileriyle, mostra vermeyen, derinliklerinde pelajik killi kireçtaşı özellikli, tüf ve tüfit seviyelerini de içeren fasiyeslerin varlığı saptanmıştır (Siyako 2006). Formasyonun kalınlığını, Şen vd. (1998) 75 m civarı, Siyako (2006) 14 – 400 m arasında, Coşkun (2000) ise 50 – 100 m arasında olarak vermiştir.

Soğucak formasyonunun yaşı ile ilgili çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Kasar vd. (1983) ile Sümengen vd. (1987) Gelibolu yarımadasında, Temel ve Çiftçi (2002) Bozcaada ve Gökçeada'da, Siyako vd. (1989) Biga yarımadasında Orta – Geç Eosen yaşını vermektedir. Erenler (1985) ve Batı vd. (1993) Istranca eteklerindeki yüzlelerde ve Kuzey Trakya'da Geç Eosen yaşlı olduğunu belirtmektedir. Keskin (1974), Trakya'nın kuzeybatısında yer alan ve Kuleli – Babaeski Paleoyükselimi olarak

adlandırılan alanda Erken Oligosen yaşı olduğunu belirtmiştir. Siyako ve Kasar (1985) ile Batı vd. (1993, 2002) Istrancalar üzerinde transgresyonun devamı ile formasyonun Geç Eosenden Erken Oligosene kadar devamlı çökeldiğini alanlar saptamışlardır. Soğucak formasyonunun Kırklareli'nin batısında Geç Eosen – Erken Oligosen yaşlı olduğu Sirel ve Gündüz (1976) tarafından da saptanmıştır. Trakya'nın kuzeyinde bulunan Ahmetbey, Ceylan, Osmancık ve Akıncılar'da Orta Eosen yaşlı olduğu Keskin (1974) tarafından belirtilmiştir (Siyako 2006).



Şekil 2.5 Ceylan, Koyunbaba ve Soğucak formasyonlarının yüzeyleme haritası (Özgül 2011).

Soğucak formasyonu, şeritler halinde, Istranca eteklerinde yaygınca mostra verirken, Güney Trakya, Gelibolu ve Biga yarımada ile Bozcaada ve Gökçeada'da aşınmadan korunmuş olan küçük yüzlekler bulunmaktadır. Bölgede yapılan çalışmalar dahilinde açılmış olan petrol kuyularından elde edilen veriler, şelf alanlarından havza derinliklerine doğru kil oranının artarak yok olduğunu göstermektedir (Siyako 2006).

2.2.4.3 Ceylan Formasyonu

Ceylan formasyonu, Çatalca'nın kuzeyinde ve Sazlıdere dolaylarında yaygın olan marn – kilaşı ağırlıklı istifdir. Trakya havzasında yapılan ve istifi kesen petrol – doğalgaz arama amaçlı sondajlardan elde edilen veriler ışığında yapılan adlandırmalarda, Ünal (1967) formasyon aşamasındaki *Ceylan Şeyli*, Keskin (1974) ise *Ceylan Formasyonu* adlarını kullanmışlardır. Doust and Arıkan (1974) birimi Pınarhisar formasyonunun *İhsaniye Üyesi* olarak, Yıldırım ve Savaşkan (2003) *İhsaniye Formasyonu* adıyla incelemişlerdir.

Ceylan formasyonu, alt dokanağı olan Soğucak formasyonu ile çoğunlukla geçişlidir. Sakıncı (1994), Ceylan formasyonunun, Karaburun dolaylarında Soğucak formasyonunun üzerine uyumsuzlukla yerleştiğini belirtmektedir. Esas olarak, pelajik şeyl, marn, killi kireçtaşı, türbitik kumtaşı – şeylden oluşan Ceylan formasyonunda, yer yer silisfiye olan tüfitler gözlenmektedir. Önal (1985), Siyako vd. (1989), Okay ve Tansel (1992), Temel ve Çiftçi (2002), Güney Trakya'da, Gelibolu ve Biga yarımadalarında, birimin özellikle tabana yakın kesimlerinde, Soğucak formasyonuna ait kireçtaşları, Çetmi Ofiyolit Melanjı litolojilerinin (serpantin, mavi şist, diyabaz, bazalt) olistolit ve olistostrom olarak görülebileceğini belirtmektedir. Trakya ortalarında açılan kuyularda formasyonun kalınlığı 2000 metreye kadar ulaşmakla birlikte, ortalama kalınlık yaklaşık 1000 metredir ve havza kenarlarına doğru kalınlık azalmaktadır (Siyako 2006).

Çağlayan ve Yurtsever (1998), Ceylan formasyonun yaşını, Trakya'nın doğusundaki foraminiferlere göre Geç Eosen, ostrakodlara göre Geç Eosen – Erken Oligosen olarak saptamıştır. Karaburun dolaylarında foraminiferler ile Erken Oligosen olarak tespit edilen formasyon yaşı (Sakıncı, 1994), palinomorf, foraminifer ve nannoplankton tayinlerine göre teyit edilmiştir (Alişan, 1985; Gerhard and Alişan, 1987; Alişan and Gerhard, 1987; Batı vd. 1993, 2002). Siyako vd. (1989) ile Temel ve Çiftçi (2002) ise Biga ve Gelibolu yarımadalarında foraminifer tayinleri ile Geç Eosen yaşını saptamışlardır (Siyako 2006).

2.2.4.4 Mezardere Formasyonu

Mezardere adı ilk olarak, Ünal (1967) tarafından, Kuzey Trakya’da açılmış olan Mezardere – 1 petrol kuyusundaki litolojileri isimlendirmek amacı ile *Mezardere Şeyli* olarak, Yenimuhacir grubuna bağlı bir formasyon şeklinde kullanılmıştır. Kasar vd. (1983) ise, birimin sadece şeyl içermemesi sebebiyle *Mezardere Formasyonu* adını kullanmışlardır. Altında bulunan Ceylan ve Keşan formasyonları ile dereceli geçişli olan Mezardere formasyonu, altta Ceylan formasyonunun olmadığı bölgelerde, yersel diskordanslar haricinde Soğucak formasyonu ile dereceli geçişlidir. Formasyonun üstüne, Osmancık formasyonu, dereceli geçişli olarak yerleşmiştir (Siyako 2006).

Mezardere formasyonu esas olarak, delta ilerisi fasiyesindeki şeyl ve marn ile klavuz seviye olarak ayrılabilen tüfitlerden oluşmaktadır. Tip kesitinde 1540 m olarak ölçülen (Kasar vd. 1983) formasyonun kalınlığı, Kopp *et al.* (1969) 1200 m olarak verilirken, sismik verilere göre yeraltındaki görünür kalınlığı 2500 metreye kadar çıkmaktadır (Siyako 2006).

Mezardere formasyonunun yaşını Sümengen vd. (1987) Geç Eosen olarak verirken, Alişan (1985), Gerhard and Alişan (1987), Alişan and Gerhard (1987), Ediger and Alişan (1989), Batı vd. (1993, 2002) ise, TPAO tarafından yürütülen palinolojik çalışmalarda tanımlanan karasal ve denizel kökenli palinomorflara dayanarak Geç Eosen – Erken Oligosen vermiş, bu yaşın havzanın doğusunda kalan alanlarda Geç Oligosene kadar çıkabildiğini belirtmişlerdir (Siyako 2006).

Asıl mostralarına Keşan’ın kuzeyinden başlayarak Tekirdağ’a kadar rastlanan Mezardere formasyonunun Gelibolu yarımadası ile Gökçeada’da da yüzlekleri bulunmaktadır.

2.2.4.5 Osmancık Formasyonu

İlk defa Holmes (1961) tarafından *Osmancık – Ceylan Kumtaşı* şeklinde kullanılan isim, Ünal (1967) tarafından formasyon mertebesine yükseltilerek *Osmancık Kumtaşı* olarak

adlandırılmıştır. Kasar vd. (1983) ise, litolojinin homojen olmamasından dolayı *Osmancık Formasyonu* adını kullanmıştır. Altında bulunan Mezardere ve üstündeki Danişmen formasyonları ile çoğunlukla geçişli olan Osmancık formasyonu, genellikle Ergene ve Kıracasalılı formasyonları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Siyako 2006).

Esas olarak, kumtaşı ve şeylden, az miktarda ise çakıltası, kireçtaşı ve tüflerden oluşan Osmancık formasyonu, üste doğru irileşen tane boyuna sahip ilerleyen delta önü fasiyesinde çökelmiş regresif bir istiftir. Tip kesitinde, kalınlığı 810 m olarak ölçülmüş (Temel ve Çiftçi 2002), Kuzey ve Doğu Trakya'da açılan kuyularda da yaklaşık kalınlıklar kesilmiştir. Lebküchner (1974), formasyonda bulunan fosillere dayanarak Oligosen yaşını vermiştir. Alişan (1985), Gerhard and Alişan (1987), Alişan and Gerhard (1987), Ediger and Alişan (1989), Batı vd. (1993, 2002) ile Akyol ve Aygün (1995) ise, birimin yaşının Erken Oligosen – Geç Oligosen arasında değiştiğini belirtmektedir. Formasyonun önemli mostralalarına, Keşan kuzeylerinden başlayarak Tekirdağ'a, oradan da İstanbul'a uzanan sahil kesiminde rastlanmaktadır (Siyako 2006).

2.2.4.6 Danişmen Formasyonu

Danişmen formasyonu adı, ilk defa de Boer (1954) ile Beer and Wright (1960) tarafından, Osmancık formasyonunda birim içerisine dahil edilerek kullanılmıştır. Ünal (1967) ise, Osmancık formasyonunu ayırarak, formasyon aşamasında Danişmen şeylini tanımlamıştır. Litolojinin homojenlik göstermemesi sebebiyle Kasar vd. (1983), birimin adını *Danişmen Formasyonu* olarak değiştirmişlerdir.

Mostra verdiği bölgelerde altta bulunan Osmancık formasyonu ile dereceli geçişli olan Danişmen formasyonu, üstten aşındırılarak genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmüş ve Istranca eteklerinde Osmancık ve Mezardere formasyonlarının olmadığı bölgelerde daha yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir. Mezardere formasyonu ile başlayan regresif delta sisteminin en üst birimi olan Danişmen formasyonu, göl bataklık, taşkın ovası ve akarsu çökellerinden oluşmaktadır. Esas olarak, yer yer varvlı şeyller, kilttaşları, kumtaşı, çakıltası ve kömürlerden oluşmakla

birlikte, Kuzey Trakya'daki mostralarında balık fosilleri, Güney Trakya'da ise silisfiye ağaç fosillerine yaygın olarak rastlanmaktadır. Seyrek olarak da tuf – tüfit ve kireçtaşı seviyeleri görülmektedir (Siyako 2006).

Yeraltında tespit edilen kalınlığı 1000 metreye kadar çıkan formasyon, havza kenarlarına doğru incelmektedir. Formasyonun yaşı ile ilgili birçok tespit yapılmıştır. Bu tespitler şu şekilde sıralanabilir;

- Akartuna (1953)'ya göre; Geç Miyosen,
- Aslaner (1956) ve Ülkümen (1960)'e göre Sarmasiyen,
- Kemper (1961) ve Saraç (1987)'a göre Erken Oligosen,
- Kasar ve Eren (1986), Batı (1996) ve Batı vd. (2002)'ne göre Geç Oligosen,
- Alişan (1985), Gerhard and Alişan (1987) ve Batı vd. (1993)'ne göre Geç Oligosen – Erken Miyosen.

Danişmen formasyonunun içerisinde zengin omurgalı faunası bulunmaktadır. Bu faunalar, Ozansoy (1962) ve Lebküchner (1974) tarafından Erken Oligosen olarak yaşlandırılmakla birlikte, daha sonra Umut vd. (1983, 1984) ve Sümengen vd. (1987) tarafından yapılan çalışmalarda linyit düzeylerindeki omurgalı fosil tanımlamalarına göre Oligosenin orta kısımlarına karşılık gelen yaşlar verilmiştir (Siyako 2006).

2.2.4.7 Çantaköy Formasyonu

İlk olarak Umut vd. (1983) tarafından adlandırılan Çantaköy formasyonu, Osmancık ve Çakıl formasyonları üzerinde uyumsuz dokanaklı (Çağlayan ve Yurtsever 1998) ve üzerine Kırçasalılı formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir (Umut vd. 1983). Genellikle çakıl – kum, seyrek olarak da blok – iri çakıl boyutunda tuf parçalarından oluşmaktadır. Kirli beyaz renginden dolayı uzaktan kolayca tanınmakta olan formasyonda derecelenme ve çapraz tabakalanma görülmektedir ve taneler yuvarlanmıştır. Mostra verdiği bazı alanlarda kıltaşı ve silttaşı seviyeleri de gözlenmektedir (Umut vd. 1983, Çağlayan ve Yurtsever 1998).

Umut vd. (1983) formasyonun kalınlığını yaklaşık 100 m, yaşını ise, killi seviyelerindeki fosillere göre Miyosen – Pliyosen olarak belirlemişlerdir. Çantaköy formasyonu, sadece, Silivri çevresinde bulunan Değirmenköy, Çantaköy, Alipaşa Ve Büyüksinekli köyleri dolaylarında haritalanmıştır (Siyako 2006).

2.3 Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi

İstanbul Bölgesinin yapısal jeolojisi, çeşitli faylar ve kıvrımlar, stratigrafik dağılımlar, jeolojik birimlerin yanal ve düşey geçişleri nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapıya sahip bölgenin örtülü olması da çözümü ayrıca zorlaştırmaktadır. Hersiniyen ve Alp orojenezlerinin etkili olduğu bölge, bu orojenezlerden etkilenecek iki defa tektonik deformasyon geçirmiştir (Güler 2006).

2.3.1 Uyumsuzluklar

Çatalca Bölgesi'nde, biri Büyükçekmece Gölü'nün batısında ve Çatalca sırtlarında Temel Karmaşığı – Kırklareli formasyonu arasında, diğeri de Mandıra Tepe ile Ahmediye Köyü'nün batısında bulunan taş ocaklarında Gürpınar formasyonu – Kırklareli formasyonu arasında olmak üzere iki tane uyumsuzluk bulunmaktadır. (Güler 2006).

2.3.2 Tabakalar ve Kıvrımlar

Çalışma sahasının bulunduğu bölgedeki tüm birimler, granit ve Danişmen formasyonu hariç olmak üzere tabakalı bir yapı sergilemektedir. Istranca grubu içerisine dahil edilen Mahya şisti tabakalı bir yapıya sahiptir ve deformasyona uğradığı belirgin bir biçimde gözlenmektedir. Metamorfik yapılı kayaç tabakalarının doğrultuları genellikle KD – KB yönlüdür ve GD yönüne 20 – 60° arasında eğimlidir. Kırklareli kireçtaşı da tabakalı bir yapıda olmakla birlikte, tabaka kalınlıkları 0,3 – 2 m arasında değişmektedir. Doğrultuları KB – KD yönlü olan Kırklareli kireçtaşının eğimleri ise 10 – 55° arasında değişmektedir. Ayrıca, arazi incelemeleri ve tabaka doğrultularının ölçümü ile Kırklareli kireçtaşının, Pamuk Tepe mevkiinde antiklinal bir kıvrım sergilediği

belirlenmiştir. Çalışma sahasının bulunduğu bölgede yer alan bir başka jeolojik birim olan Süloğlu formasyonu da tabakalı bir yapıya sahip olmakla birlikte, bu tabakalar KB yönlü doğrultulu ve KD yönelimli, 10 – 20° arasında değişen bir eğime sahiptir (Duman 2003).

Bölgede bulunan kıvrımlar, batıdan kuzeye doğru birbirini takip eden antiklinal ve senklinaller şeklinde gelişmiştir. Kıvrım eksenleri, çoğunlukla kuzey – güney yönünde gidişler göstermektedir. Genellikle az eğimli, açık ve simetrik özelliklerdeki kıvrım kanatlarına sahiptir. Bölgede, çoğunlukla antiklinal eksenleri boyunca gelişmiş olan kuzey – güney doğrultulu akarsular bulunmaktadır. Bu sebeple, altta bulunan kumtaşı – çakıltası birimine ait mostralara, antiklinal eksenleri boyunca açılmış dere yataklarında gözlemlenmektedir (Ercan vd. 1998).

2.3.3 Çatlaklar ve Faylar

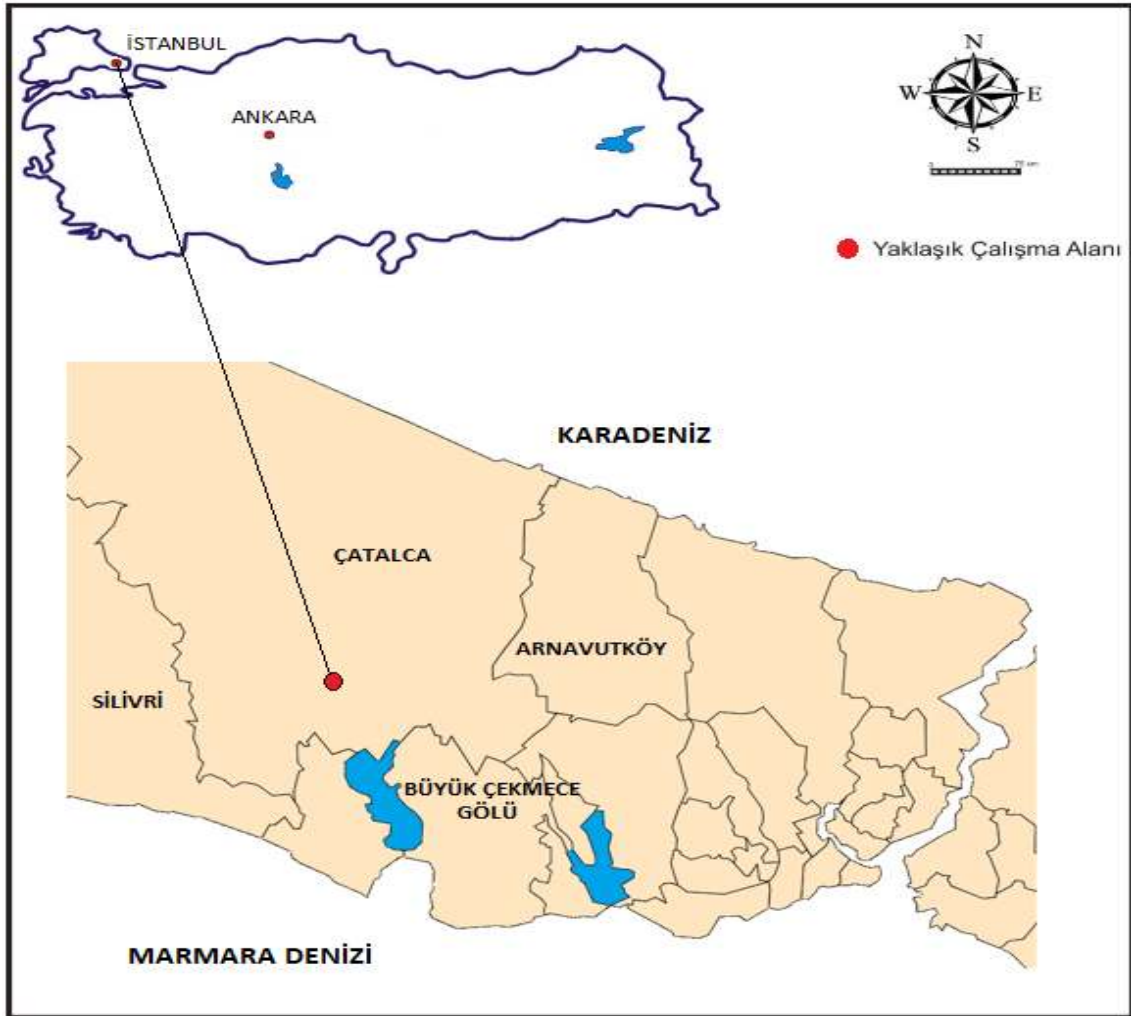
Çalışma sahasının üzerinde yer aldığı Kırklareli kireçtaşı formasyonu, erime boşluklu ve bol çatlaklı bir yapıya sahiptir. Bu çatlaklar, gerilmeler ve sıkışmalar sonucu oluşmuş olup, tabakaları dik ve verev şekillerinde kesmektedir. Yer yer kalsit dolgulu olan bu çatlaklar, 0,5 – 20 cm arasında çatlak açıklığına ve metrede 2 – 10 arasında çatlak sıklığına sahiptir (Duman 2003).

Çatalca bölgesinde, haritaya geçirilemeyecek ölçekte faylar görülmektedir. Genellikle Kırklareli kireçtaşı içerisinde ve dokanaklarında görülen bu faylar, düşey fay niteliğine sahiptir. Trakya Havzası'nın açılması sırasında, sintektonik faylanmalar ve büyüme fayları, kapanması sırasında ise kıvrımlanmalar oluşmuştur. Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşmaya başlamasıyla, önce, Trakya Havzası içerisinde KB – GD yönünde gelişen fay, bugün de bulunduğu Marmara Denizi'nin içine doğru ilerleyerek KB – GD yönünde doğrultu atımlı fay sistemini meydana getirmiştir (Turgut vd. 1983).

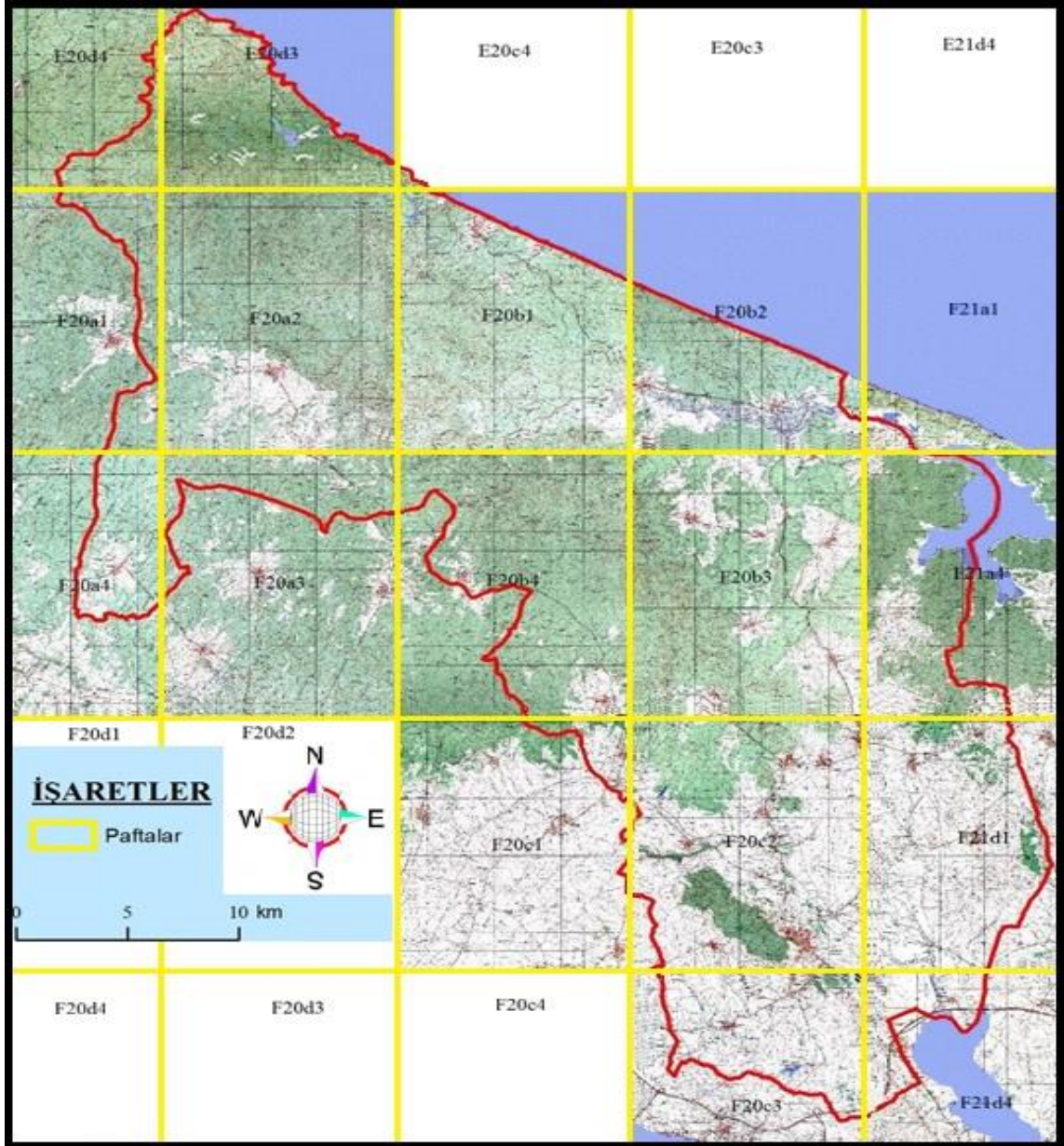
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Şekil 3.1’de yer bulduru haritası verilen çalışma alanı, İstanbul ili Çatalca ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Büyükçekmece ve Silivri (İstanbul), batısında Saray ve Çerkezköy (Tekirdağ) ile doğusunda Arnavutköy (İstanbul) yer alan Çatalca, Şekil 3.2’de gösterildiği gibi, 1/25000’lik topoğrafik haritalarda E20d3, E20d4, F20a1, F20a2, F20a3, F20a4, F20b1, F20b2, F20b3, F20b4, F20c1, F20c2, F20c3, F21a1, F21a4, F21d1 ve F21d4 paftalarına yerleşiktir (Duman 2017).

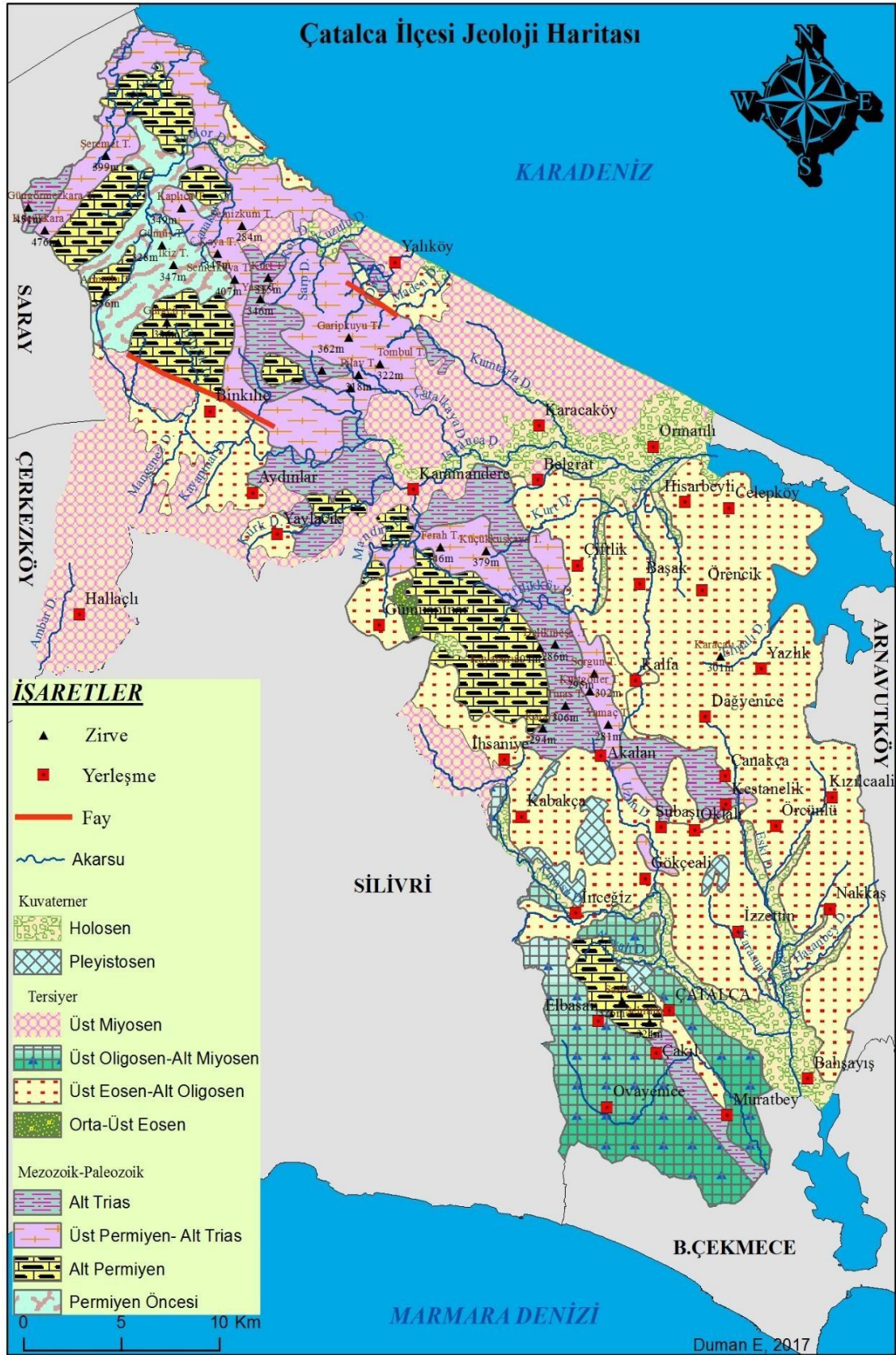


Şekil 3.1 Çalışma sahasının yer bulduru haritası.



Şekil 3.2 Çatalca ilçesinin 1/25000'lik topoğrafik haritada paftalara yerleşimi (Duman 2017).

Çatalca ilçe sınırları dahilindeki jeolojik yapılardan, en fazla yer kaplayan birim 324 km²'lik alan ile Üst Eosen – Alt Oligosen yaşlıdır. Üst Miyosen yaşlı olan ve iki büyük parça halinde bulunan birim ise 187 km²'lik alan ile ikinci sırada, Üst Permien – Alt Trias yaşlı birim 133 km²'lik alan ile üçüncü sırada yer almaktadır. Alt Permien yaşlı birim 107 km²'lik ve Alt Trias yaşlı birim 93 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Bölgedeki kuvarterner arazisi ise 74 km²'lik bir alana sahiptir. Çatalca ilçesinin jeolojik haritası Şekil 3.3'te verilmiştir (Duman 2017).



Şekil 3.3 Çatalca ilçesinin jeolojik haritası (Duman 2017).

Çatalca ilçesinin kuzey kesiminde, Resim 3.1’de görüleceği gibi, Istranca Dağları’nın devamı olan ormanlarla kaplı tepeler, büyük bir alan kaplamasına rağmen çok yüksek tepeler bulunmamaktadır. Çatalca bölgesinde bulunan en önemli yükseltiler; Yel Değirmeni Tepesi (240 m), Sarıkaya Tepesi (238 m), İhlamur Tepesi (229 m), Celaliye Tepesi (224 m), Ağamezarı Tepesi (201 m)’dir (Güler 2006).



Resim 3.1 Çatalca ilçesinden bir görünüm (İnt. Kyn.1).

Çalışma alanında Balkanlar ve Akdeniz ikliminin etkisi görülmektedir. Çatalca bölgesi genellikle İstanbul ve çevresine bağlı olarak orta kuşak deniz iklimi karakteri taşımaktadır. Kış aylarında zaman zaman kar yağışları görülse de yağışlar genellikle yağmur şeklindedir. Yılın 7-8 aylık bir diliminde, kış aylarında hızı 50 – 60 km/s’i bulabilen ve Balkanlar üzerinden gelen sert rüzgarlar etkili olmaktadır. 1937-1990 yılları arasında, Florya DMİ’nde yapılan ölçümlere göre yılın en soğuk ayı Ocak, en sıcak ayları Temmuz ve Ağustos, en yüksek yağışlar Kasım, Aralık ve Ocak aylarında, en az yağışların ise Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştiği görülmektedir (Duman 2003).

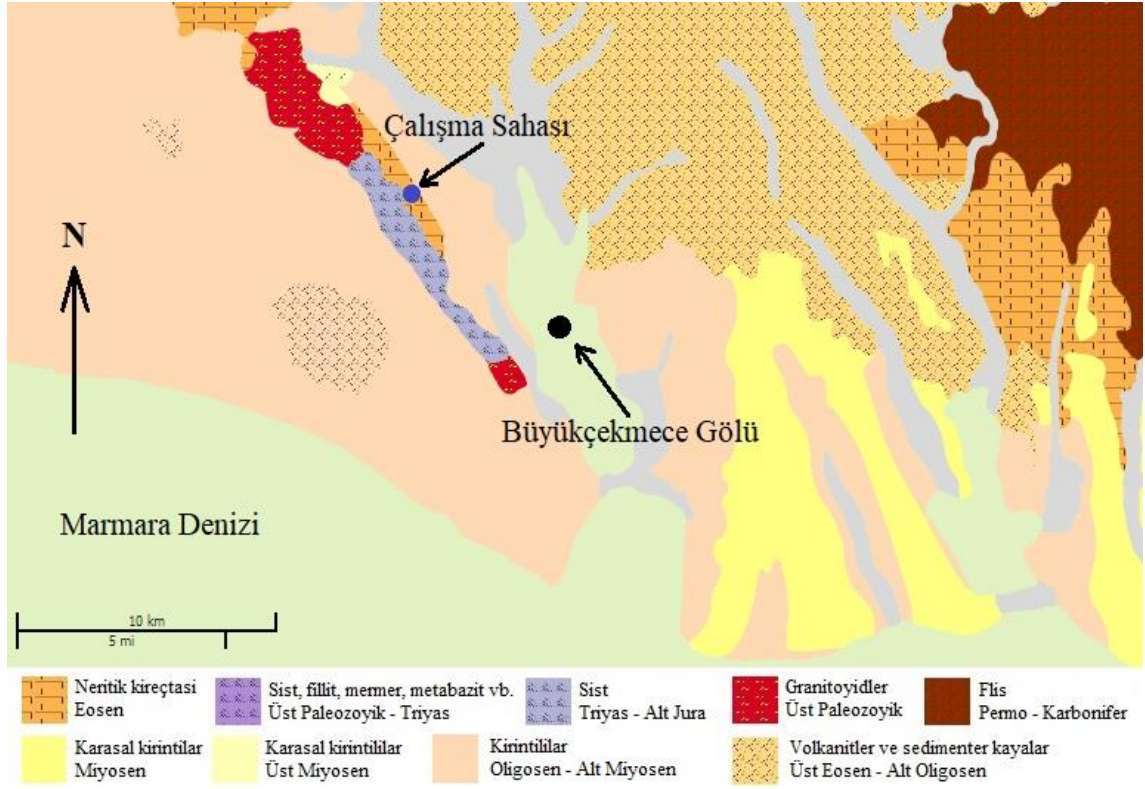
Çatalca ilçesinde, akarsu aşındırması sonucunda oluşan düz veya hafif dalgalı arazi (akarsu aşındırması) özelliğinde bir plato bulunmaktadır (Hoşgören 1983). Bu plato, alan olarak yer kaplayan en geniş birim olmakla birlikte alçak plato ve yüksek plato olarak ikiye ayrılmaktadır. Karadeniz kıyısında ve 100 metrenin altında yükseltilerin bulunduğu kısım alçak plato, çoğunlukla 200 metrenin üstünde yükseltiler bulunan ve Istrancalar ve Çatalca yükseltilerinin güney cephesinde yer alan kısım ise yüksek plato olarak belirlenmiştir (Duman 2017). Trakya Yarımadası'nın kıyı bölgelerindeki falezlerin gerisinde bulunan yüksek düzlükler önceleri deniz seviyesinde olmasına rağmen daha sonra yükselerek seki haline gelmiştir (Altın 1998).

Çalışma sahası (Resim 3.2) Çatalca ilçe merkezinin yaklaşık 4 km. güneyinde bulunmakta olup, 1/25000'lik topoğrafik haritada F20c3 paftasının kuzeydoğu köşesinde yer almaktadır.



Resim 3.2 Diztaş Madencilik kalker ocağından bir görünüm.

Çalışma sahası, Eosen yaşlı Neritik kireçtaşı formasyonunda olup, sahanın jeolojik formasyon haritası üzerindeki konumu, Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 Çalışma sahasının jeolojik formasyon haritası üzerindeki konumu.

Çalışma sahasına ait uydu görüntüleri Resim 3.3 ve Resim 3.4'te verilmiştir.



Resim 3.3 Çalışma sahasına ait uydu görüntüsü (üstten).



Resim 3.4 Çalışma sahasına ait uydu görüntüsü (yandan).

3.2 Yöntem

Bu çalışmada, İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numuneler kullanılmıştır. Çalışma sahası içerisinde bulunan stok alanlarının görünümeleri Resim 3.5 ve 3.6’da verilmiştir.



Resim 3.5 Diztaş Madencilik stok sahası (1).



Resim 3.6 Diztaş Madencilik stok sahası (2).

Ocak içerisinde bulunan 0-3 mm, 0-5 mm, -11+5 mm ve -22+11 mm boyutlu agregâ yığınlarının orta kısmında 9'ar farklı noktadan yaklaşık 20'şer kg numune alınmıştır. Alınan dört farklı boyuttaki numuneler, ayrı ayrı karıştırılarak yığın haline getirildikten sonra çeyrekleme metoduyla iki defa azaltılmıştır. Bu azaltma işlemlerinden sonra her bir boyut aralığında 40-50 kg'lık numuneler agregâ deneylerinde kullanılması amacıyla alınarak torbalanmıştır.

TSE tarafından belirlenmiş olan standartlara uygun şartlarda ve miktarlarda alınmış olan numuneler THBB (Türkiye Hazır Beton Birliği) İktisadi İşletmesi ve Ece TDÖH (Test Deney ve Ölçüm Hizmetleri)'ne gönderilerek standart agregâ deneyleri yaptırılmıştır. Agregâların geometrik, mekanik ve fiziksel, kimyasal, termal ve bozunma özellikleri olarak gruplandırılmış olan agregâ deneyleri standartlara uygun olup akreditasyon kapsamındadır.

Kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik analizleri için sahadan alınan örneklerin ince kesit analizleri MTA (Maden Teknik Arama) Genel Müdürlüğü'ne bağlı olan MTA Jeolojik Analiz laboratuvarında yapılmıştır. Numunelere ait XRD analizleri ise Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)'nde yapılmıştır.

Büro alışmaları kapsamında, öncelikle literatür taraması yapılmıştır. Yapılan literatür taraması iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışma bölgesi ve civarı ile ilgili yapılmış olan jeolojik çalışmalar araştırılmıştır. İkinci bölümde ise araştırma konusu ile ilgili çalışmalar araştırılarak kısa zetleri sunulmuştur. Daha sonra yaptırılan deney ve analizlerden elde edilmiş olan veriler incelenerek tablo ve grafikler oluşturulmuş ve Çatalca Bölgesi kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabilirlikleri ortaya konulmuştur.

4. BULGULAR

4.1 Mineralojik Ve Petrografik İncelemeler

4.1.1 X Işını Difraktometresi (XRD) İncelemeleri

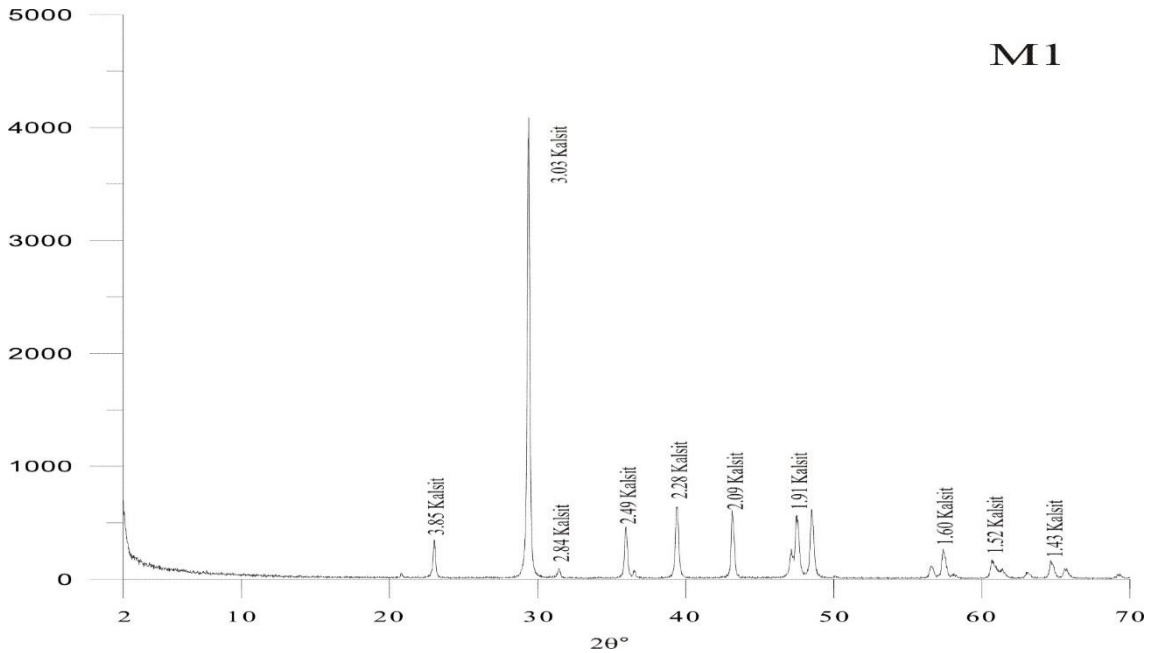
İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan -5 mm yıkanmış kırma kum, -11+5 mm ve -22+11 mm boyutlu agrega numuneleri;

M1: 1 no'lu agrega (-11+5 mm boyutlu)

M2: 2 no'lu agrega (-22+11 mm boyutlu)

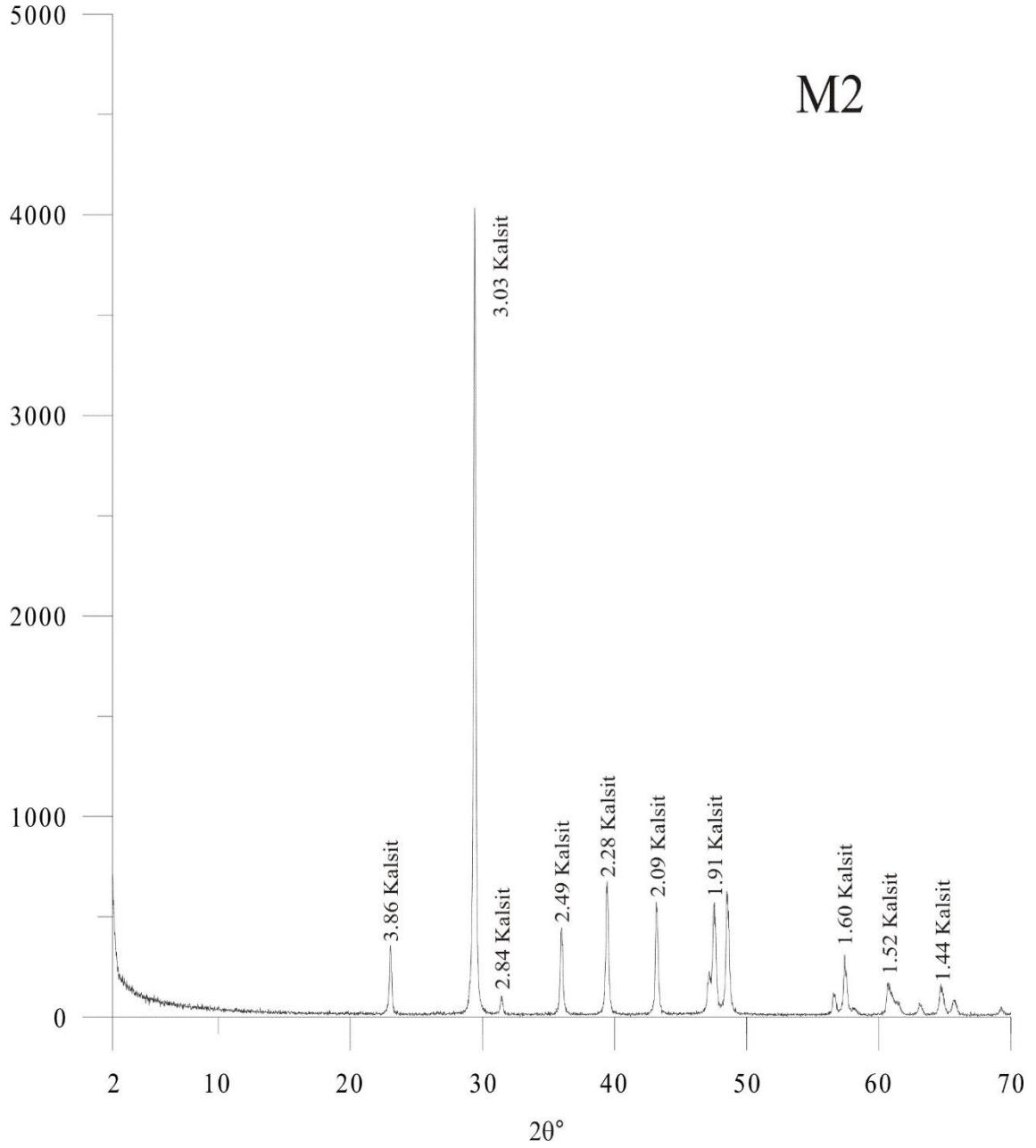
M3: 0-5 mm yıkanmış kırma kum

şeklinde kodlandırılarak Afyon Kocatepe Üniversitesi TUAM'nde X Işını Difraktometresi analizi yapılmıştır. M1 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekil 4.1'den de görüleceği gibi, kayaç çok büyük bir çoğunlukla kalsit mineralinden oluşmaktadır.



Şekil 4.1 M1 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni.

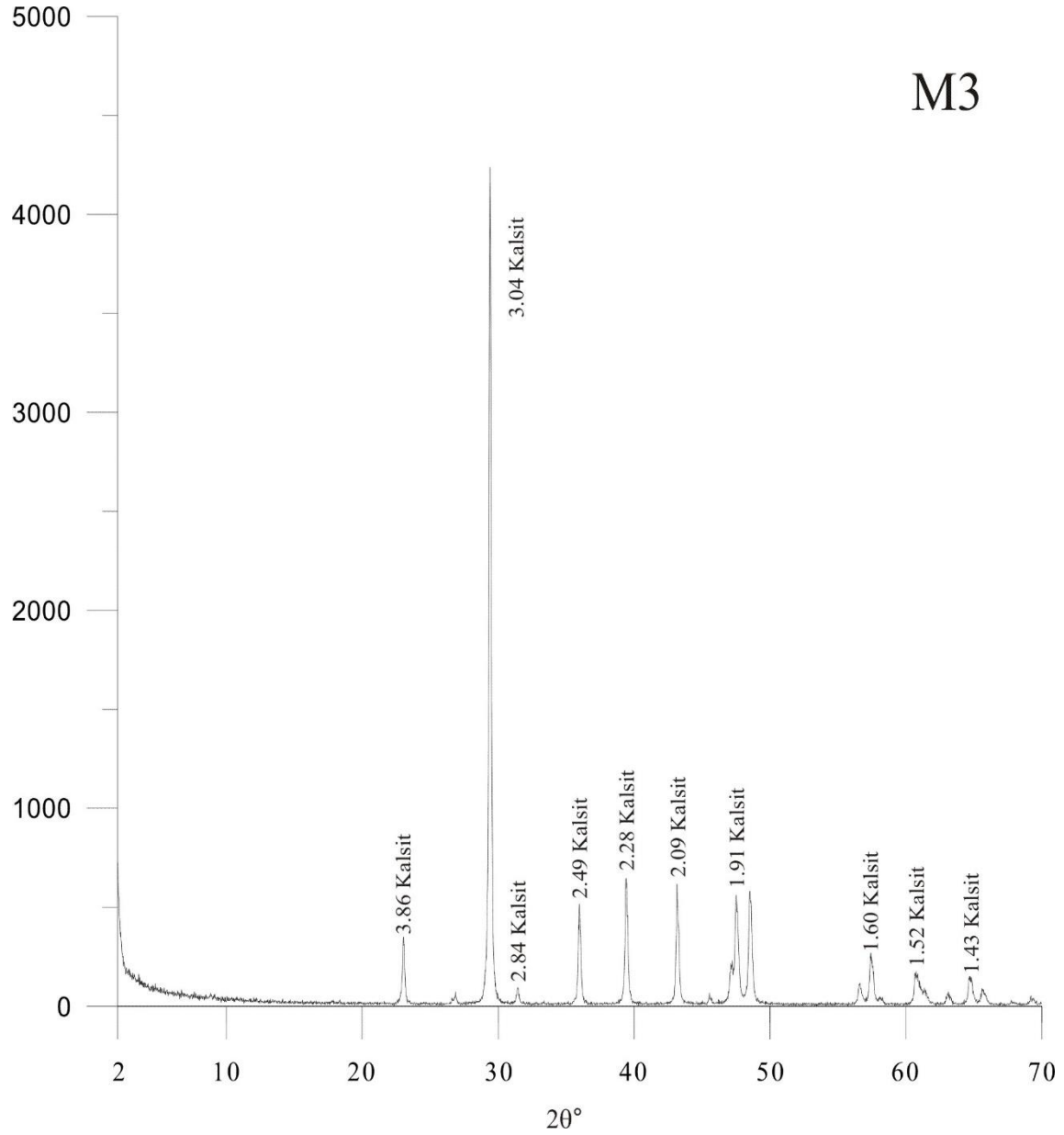
M2 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 M2 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni.

Şekil 4.2’den de görüleceği gibi, kayaç çok büyük bir çoğunlukla kalsit mineralinden oluşmaktadır.

M3 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni Şekil 4.3’te verilmiştir.

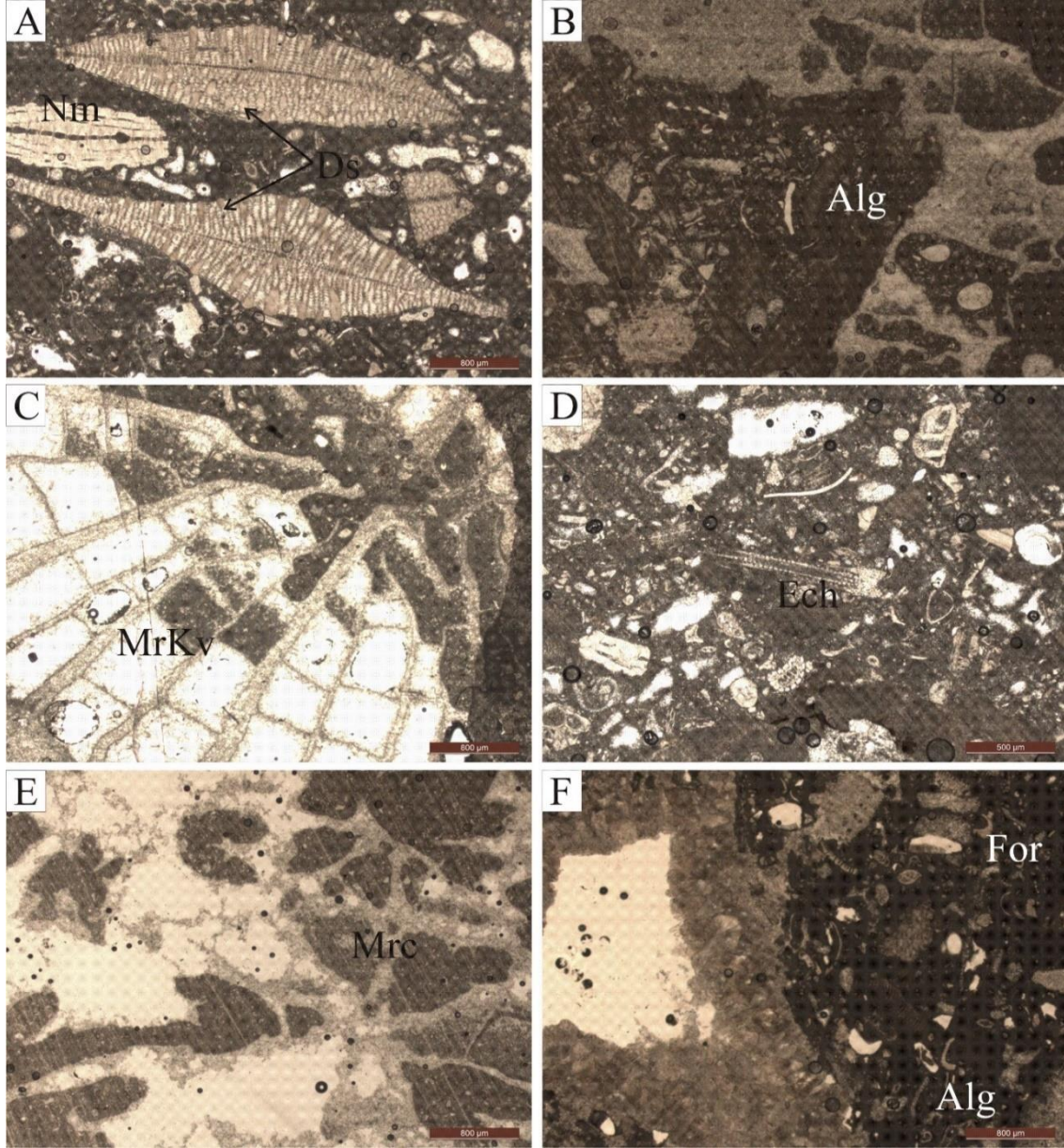


Şekil 4.3 M3 kodlu örneğe ait XRD toz kırınım deseni.

Şekil 4.3'ten de görüleceği gibi, kayaç çok büyük bir çoğunlukla kalsit mineralinden oluşmaktadır.

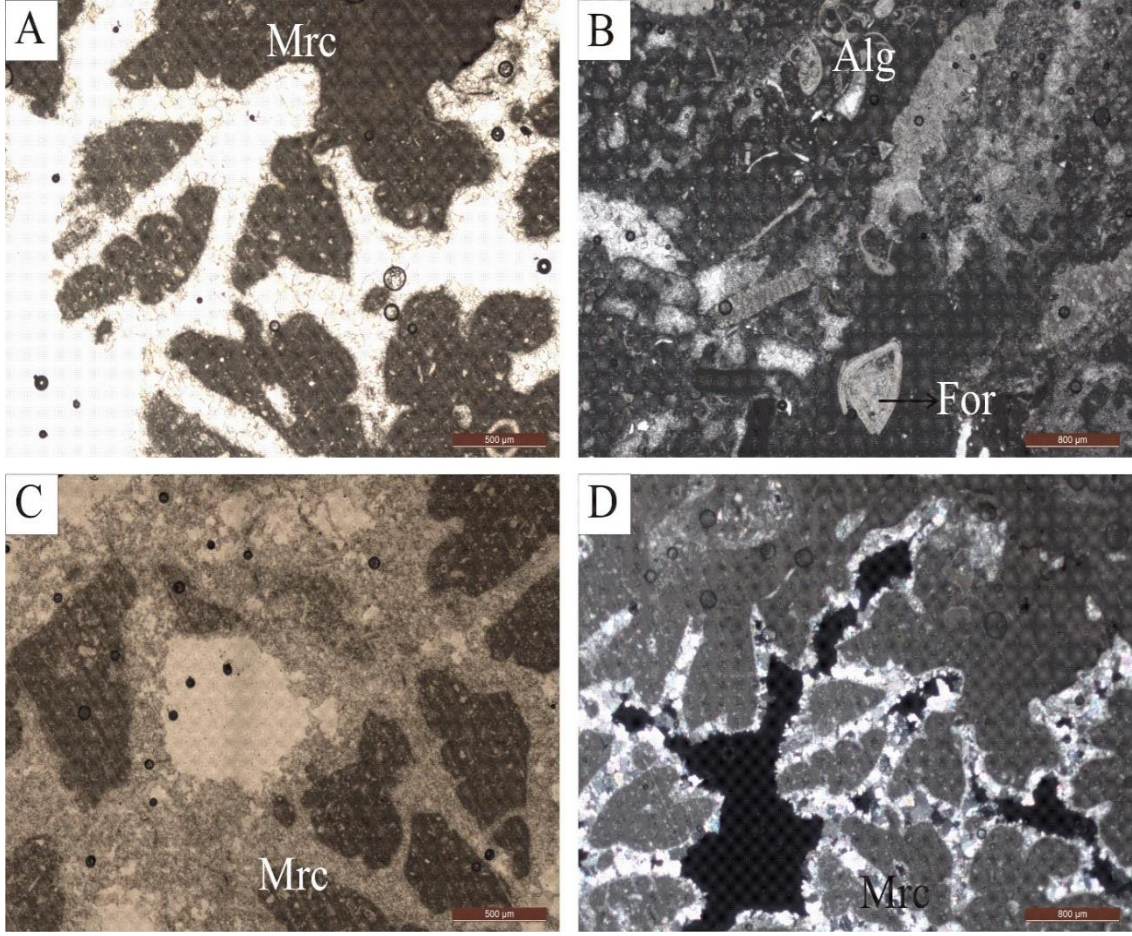
4.1.2 Petrografik İncelemeler

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan el büyüklüğündeki tüvenan agregaya numunelerine ait polarizan mikroskop görüntüleri Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.4 Çatalca Bölgesi kireçtaşlarında görülen belli başlı fosil türleri (1).

Ds: Disocyclina Sp, Nm: Nummulites Sp, Alg: Kırmızı Alg, MrKv: Mercan Kavkısı, Ech: Echinid Spini, For: Textularidae Foraminifer, Mrc: Coral Mercan.



Şekil 4.5 Çatalca Bölgesi kireçtaşlarında görülen belli başlı fosil türleri (2).

Alg: Kırmızı Alg, For: Rotalidae Foraminifer, Mrc: Mercan.

Kayaç, Folk (1959) sınıflamasına göre bileşimsel olarak, biyo mikrosparit. Dunham (1962) sınıflamasına göre ise dokusal ağırlıklı olarak yüzertaş olarak isimlendirilmiştir. Orta Paleosen- Üst Eosen yaşını veren *Discoyclina marginata* fosili, kayaç içinde tespit edilmiştir. Şekil 3.4D'ye göre kayacın adı doku ağırlıklı sınıflamaya göre Vaketaşı olarak isimlendirilmiştir. Şekil 3.5C ve D'ye göre kayaçların tamamı mercan ve alg topluluğundan oluştuğundan dolayı, Dunham, 1962'ye göre kayaç Çatıtaşı olarak isimlendirilmektedir.

Soğucak Kireçtaşı, başlıca resif çekirdeği, resif onu ve resif gerisi gibi resif ortamının çeşitli Fasiyeslerini temsil eden istifleri kapsar. Kireçtaşı kirli beyaz, açık krem, boz, orta-kalın çok kalın katmanlı, bol makro fosil ve bentonik foraminiferli kireçtaşından oluşur. Kovuklu ve gözenekli dokuya sahiptir, yer yer dolomitleşme gösterir. İrili ufaklı

paleokarstik erime boşlukları yaygındır. Bol algli, mercanlı bağlam taşı ve tane taşı türünden kireçtaşı egemendir.

4.2 Agregada Deneyleri

Beton yapımında, su/çimento karışımı ile birleşen, inorganik, kırmataş, çakıl, kum gibi doğal kaynaklı yahut yüksek fırın cürufları genişleştirilmiş kil, genişleştirilmiş perlit gibi yapay kaynaklı, taneli malzemelere “agrega” adı verilmektedir (Özışık 1998).

Tek başlarına bağlayıcılık özelliği taşımayan agregalar, kolay temin edilebilir, ekonomik ve üretiminin basit olması, atmosferik ve/veya kimyasal etkilere karşı çimentodan daha dayanıklı olması, ayrıca çimentonun prizi esnasında şişme veya rötre gibi hacimsel hareketlerin görülmemesi gibi sebeplerle, beton bünyesinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır (Güner ve Süme 2001).

Betonun, hacimce yaklaşık %75’ini oluşturan agregaların, nicelik ve nitelikleri betonun kalite ve ekonomisini önemli ölçüde etkilediğinden, beton üretiminde kullanılmadan önce özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizde, TS 706 EN 12620 standardı ile beton agregalarında istenilen özellikler belirlenmiştir (Ünsal ve Şen 2008).

Kayaçların indeks ve mekanik özelliklerini belirlemek için yapılan deneylere göre daha kapsamlı olan agrega deneyleri, agregaların fiziksel, mekanik, kimyasal, geometrik, termal ve bozunma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır.

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin standart agrega deneyleri THBB İktisadi İşletmesi ve ECE TDÖH laboratuvarlarında yapılmıştır. Yapılan standart agrega deneyleri TS ve ASTM (American Society for Testing and Materials)’ye uygun olarak yapılmış olup akreditasyon kapsamındadır.

4.2.1 Agregaların Geometrik Özelliklerinin Tespiti İçin Yapılan Deneyler

Beton agregası olarak kullanılacak kırmataşların geometrik özellikleri ile ilgili yapılan tanımlamalar, daha çok agregaların kusurlu tane içeriği ve bir ya da daha fazla kırılmış yüzeye sahip agrega oranı ile sınırlı kalmaktadır. Agrega tanelerinin tanımlanmasında şekil, köşelilik, boyut ve yüzey dokusu gibi geometrik özellikler kullanılmaktadır. Agregalarının bunun gibi geometrik özellikleri, taze betonun yerleşebilme, işlenebilme, pompalanabilme, segregasyon ve terleme hassasiyeti gibi özelliklerini etkilemektedir. Agregaların geometrik özelliklerinin sertleşmiş betondaki etkileri ise, betonun dayanımı, yoğunluğu, geçirgenliği, boşluk oranı, büzülme ve sünme gibi parametreler üzerinde etkili olmaktadır. Gerek taze beton gerekse de sertleşmiş beton üzerinde etkili olan bu özellikler, ayrıca, betonun kalıcılığını belirleyen özellikler olup kalıcılık problemleriyle karşılaşılması için uygun niteliklerdeki agregaların seçimi önem kazanmaktadır (Topal 2008).

Agregaların geometrik özelliklerinin belirlenmesi için TSE tarafından, TS EN 933 kodu ile başlayan bir dizi deney metodu belirlenmiştir. TS EN 933 standardına göre, agregaların geometrik özelliklerinin tespitinde kullanılacak deneylerin kodları ve başlıkları şu şekildedir;

TS EN 933–1 Tane büyüklüğü dağılımının tayini - Eleme yöntemi

TS EN 933–2 Tane boyutu dağılımı tayini - Deney elekleri, elek göz açıklıklarını anma büyüklükleri

TS EN 933–3 Tane şekli tayini - Yassılık endeksi

TS EN 933–4 Tane şeklinin tayini - Şekil endeksi

TS EN 933–5/A1 İri agregalarda ezilmiş ve kırılmış yüzeylerin yüzdesinin tayini

TS EN 933–6 Yüzey karakteristiklerinin tayini - Agregaların akış katsayısının tayini

TS EN 933–7 İri agregalarda kavkı içeriğinin tayini - Kavkı yüzdesi

TS EN 933–8:2012+A1 İnce tanelerin tayini- Kum eşdeğeri tayini

TS EN 933–9+A1 İnce tanelerin tayini - Metilen mavisi deneyi

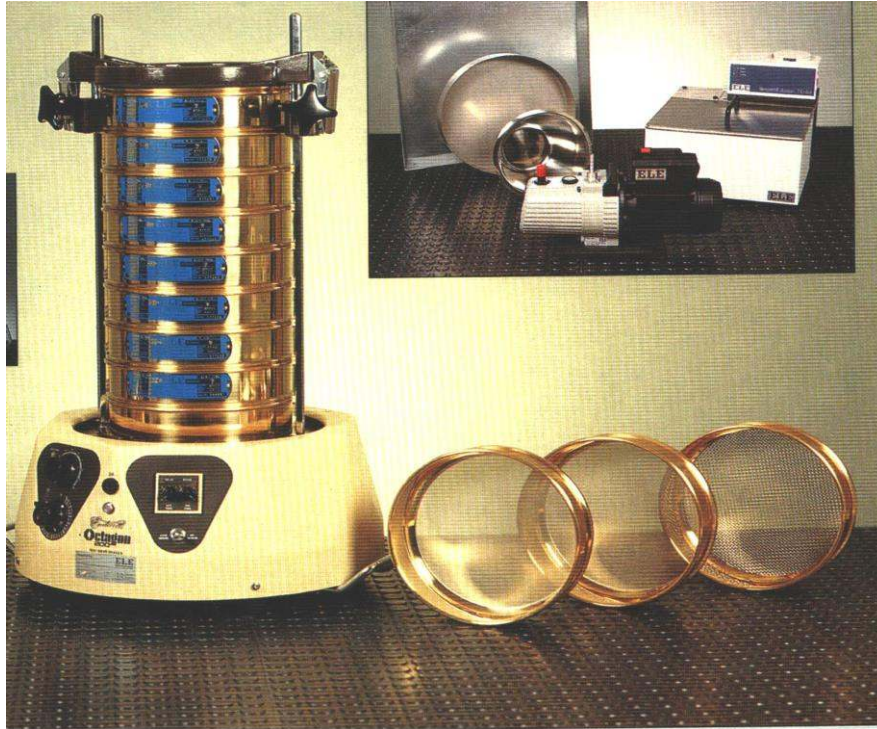
TS EN 933–10 İnce malzeme tayini - İnce dolgu malzemelerinin tane büyüklüğüne göre sınıflandırılması (hava jetiyle eleme)

TS EN 933-11:2010/AC Geri kazanılmış iri agrega bileşenleri için sınıflandırma deneyleri

4.2.1.1 Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini – Eleme Yöntemi

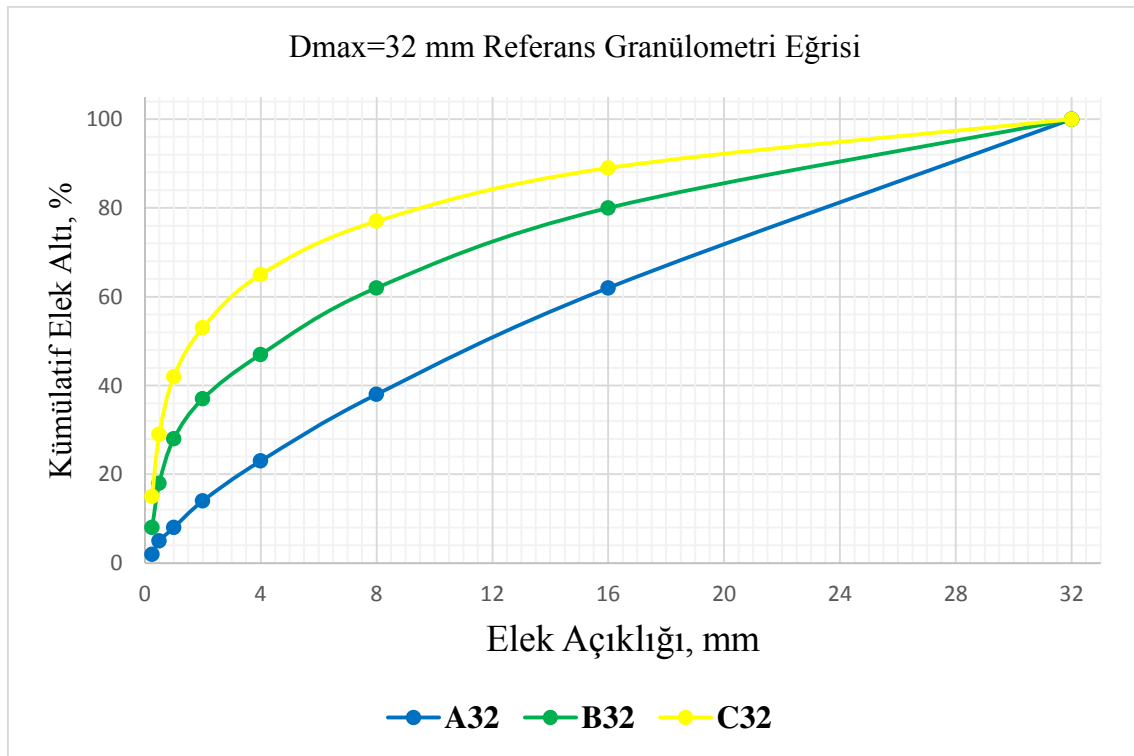
Bu deneyin amacı, elek analizi yapılarak, agregaların tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesidir. Elek analizi deneylerinde, genellikle, Resim 4.1’de bir örneği gösterilen elek sarsma makinaları kullanılmaktadır.

Taş unu (filler) hariç olmak üzere, doğal veya yapay agregalara uygulanmaktadır. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı deneyi, malzemenin bir seri eleme işlemi ile azalan büyüklüğe sahip farklı tane boyutları halinde bölünerek ayrılmasından oluşmaktadır. Elek göz açıklıklarının büyüklüğü ve elek sayısı, numunenin cinsine ve istenilen hassasiyete göre değişebilmektedir. Deney metodu, yıkama ve kuru eleme bölümlerinden oluşmaktadır. Her bir eleğin üzerinde kalan tanelerin kütlesi, malzemenin eleme işleminden önceki ilk kütlesi ile ilişkilidir. Her bir eleği geçen toplam yüzdelere, sayısal ve grafik formlarında rapor edilmektedir (TSE 2012a).

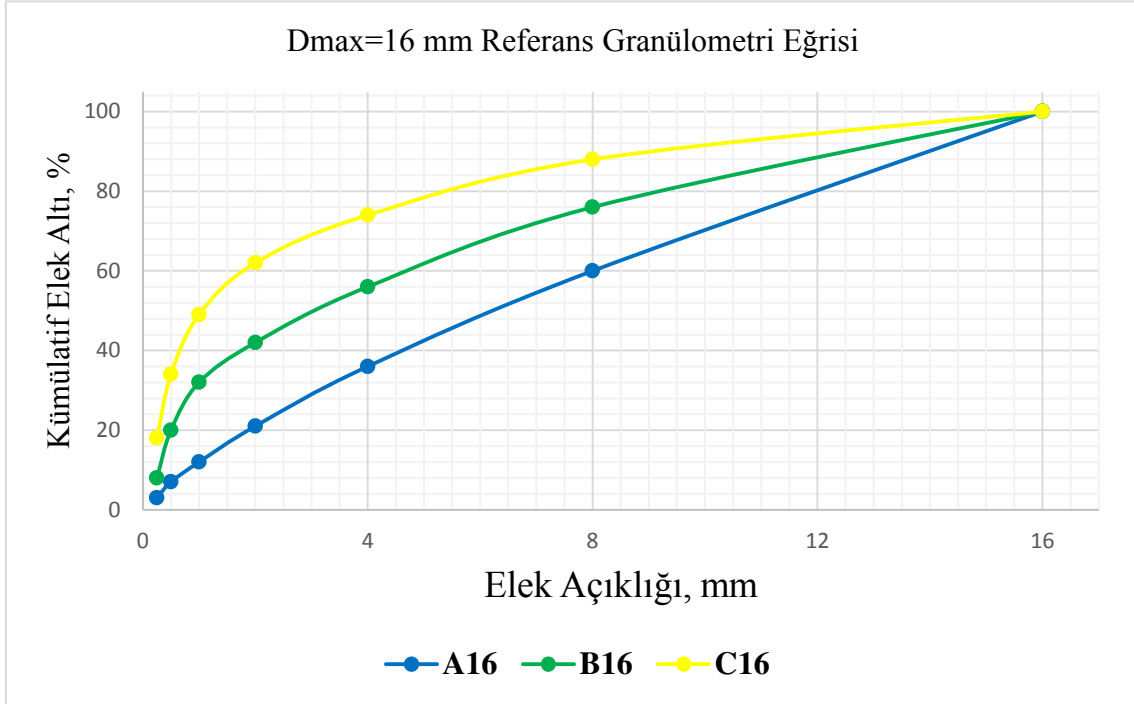


Resim 4.1 Elek sarsma cihazı ve kare gözlü bir elek serisi.

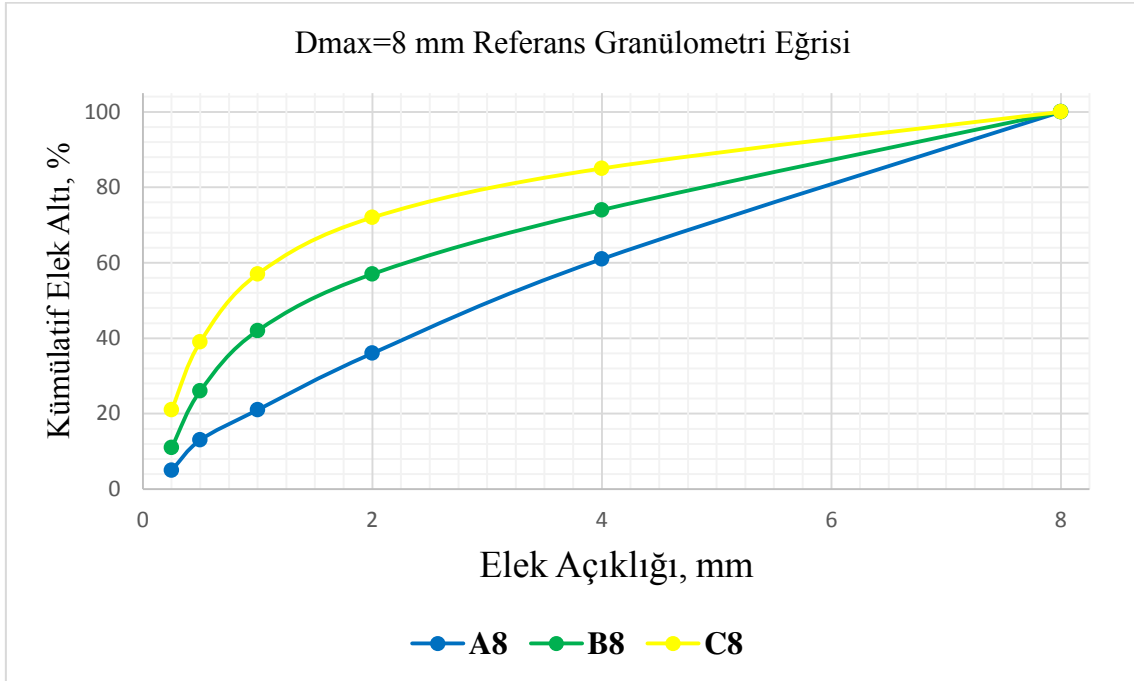
Bir agrega içerisinde, belirli boyutlardaki tanelerin dağılımını gösteren eğriye “*granülometri eğrisi*” denilmektedir. TS 706 EN 12620’a göre, elek analizi deneylerinde 3 ayrı temel elek setinden elekler kullanılmalıdır. Beton üretiminde kullanılacak karışım agregasının granülometrisi “*ideal bölgeler*” olarak adlandırılan bölgelerin içerisinde kalmalıdır. Maksimum tane boyutu 32 mm olan agregalar için referans granülometri eğrileri Şekil 4.6’da, maksimum tane boyutu 16 mm olan agregalar için referans granülometri eğrileri Şekil 4.7’de ve maksimum tane boyutu 8 mm olan agregalar için referans granülometri eğrileri Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Maksimum tane boyutu 32 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi (TS 706 EN 12620).



Şekil 4.7 Maksimum tane boyutu 16 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi (TS 706 EN 12620).



Şekil 4.8 Maksimum tane boyutu 8 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi (TS 706 EN 12620).

TSE tarafından TS 706 EN 12620 standardı ile karışım agregaları için en iyi bölge, kullanılabilir bölge ve kullanılmaması gereken bölgeler belirlenmiştir. Karışım agregaları için, granülometrisi A – B eğrileri arasında kalan bölge, “*en iyi bölge*” olarak nitelendirilirken, granülometrisi B – C eğrileri arasında kalan bölge ise “*kullanılabilir bölge*” olarak tanımlanmıştır. A – C eğrileri dışında kalan granülometriye sahip olan agregaların beton üretiminde kullanılmamaları gerekmektedir.

Agrega granülometrisi, betonun işlenebilirlik, mekanik dayanım, kompasite, durabilite, geçirimsizlik, rötre gibi özelliklerini etkilemektedir. Agregada bileşenlerinin uygun bir granülometriye sahip olması yüksek kompasite dolayısıyla ile yüksek dayanım sağlayacaktır. Agregaların, beton özelliklerini etkileyen bir diğer faktörü ise maksimum tane boyutudur. Beton üretiminde, mümkün olan en büyük tane boyutunun kullanılması, hidrasyon ısını düşürecek, su ve çimento ihtiyaçlarını azaltarak daha az büzülme, daha yüksek dayanım ve ekonomiklik sağlayacaktır. Agregaların beton üretiminde kullanılabilirliği ile ilgili yapılan çalışmalar, maksimum tane boyutunun 40 mm’yi geçmemesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Tane büyüklüğü arttıkça yüzey alanı azalmakta ve dolayısıyla çimento ile agrega yüzeyi arasındaki aderans azalmaktadır. Bir diğer faktör ise, tane boyutu arttıkça beton homojenliğinin azalmasıdır (Mindess and Young 1981, Neville 1981).

TS 933–1:2012 standardına uygun olarak yapılacak tane büyüklüğü dağılımı tayini deneylerinde, yoğunlukları $2-3 \text{ ton/m}^3$ olan agregalarda her deney kısmının kütlesi Çizelge 4.1’e uygun olmalıdır. Deney kısmının kütlesinin Çizelge 4.1 ile uyumlu olmaması durumunda elde edilen tane büyüklüğü analizi standarda uygun olmamaktadır. Yoğunluğu 2 ton/m^3 ’ten küçük veya 3 ton/m^3 ’ten büyük agregalar için, Çizelge 4.1’de verilen deney kısmı kütlelerine, yoğunluk baz alınarak bir düzeltme yapılır (TSE 2012a).

Çizelge 4.1 Normal agregalar için deney numunelerinin kütlesi (TSE 2012a).

Agrega Tane Büyüklüğü –D-	Deney Kısımının Kütlesi
En çok (mm)	En az (kg)
63	40,00
32	10,00
16	2,60
8	0,60
≤ 4	0,20

Numune azaltma yöntemi ile önceden belirtilen değerde olmayan ve minimumdan büyük bir deney kısmı oluşturulmalı, 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulmalıdır. Kurutulan numune oda sıcaklığında soğutularak tartılır ve kütlesi M_1 olarak kaydedilir. Deney kısmı bir kap içerisine yerleştirilerek üzeri örtülüne kadar su ilave edilir. Topakların ayrılabilmesi için, deney numunesinin su içerisinde 24 saat bekletilmesinde fayda vardır. Daha sonra, ince tanelerin ayrılması ve süspansiyonun sağlanması için deney kısmı yeterli bir şiddetle çalkalanmalıdır. Yalnızca bu deney için, 63 μm 'lik elek üzerine 1 ya da 2 mm göz açıklığındaki eleklerden birisi koruma eleği olarak takılmalıdır. Deney eleklerinin, eleklerden geçecek süspansiyona düzenli bir akış sağlanacak ve gerekirse uygun bir kapta toplanacak şekilde monte edilmesine dikkat edilmelidir. 63 μm 'lik elekten geçen su tamamen berraklaşınca kadar yıkama işlemi devam eder. Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra, art arda yapılacak iki tartım arasındaki ağırlık farkı $\pm 0,1$ toleransla sabit oluncaya kadar 110 ± 5 °C'ta kurutulup soğutulduktan sonra tartılarak kütlesi M_2 olarak kaydedilir. Elek göz açıklıkları üstten alta doğru azalacak şekilde birbirine geçirilmiş eleklerden oluşan elek takımının üzerine deney kısmı dökülerek elle veya makine ile sarsma işlemi uygulanır. Daha sonra, sırasıyla en büyük boyutlu elekten başlanarak altına tava ve üstüne kapak konulduktan sonra elle eleme işlemi uygulanır. Eleği geçen malzeme bir sonraki eleğe ilave edilerek eleme işlemine devam edilir. Bir dakikalık süre boyunca, elek üstü malzeme miktarında kütlece %1'den daha fazla değişiklik olmuyor ise eleme işlemi tamamlanmış kabul edilir. Eleklerin aşırı yüklenilmesinden kaçınmak için eleme işlemi sonucunda elek üzerinde kalan malzeme Eşitlik 4.1 (gram cinsinden);

$$\frac{A\sqrt{d}}{200} \quad (4.1)$$

formülüyle bulunacak değerden daha yüksek olmamalıdır.

Burada;

A : Elek alanı, mm²

d : Eleğin göz açıklığı, mm'dir.

Elek üstünde kalan malzemelerden herhangi birisinin bu değeri aşması durumunda;

- a** Fraksiyon, belirtilen maksimum değerlerin elde edilmesi kaydıyla daha küçük parçalara bölünerek sırasıyla eleme işlemi uygulanmalıdır.
- b** Daha sonraki hesaplamalarda dikkate alınmak üzere; elek üzerinde kalan malzemenin bir kısmı numune bölücü ya da çeyreklemeye yöntemlerinden birisi ile azaltılarak elek analizine devam edilir.

En büyük göz açıklığına sahip eleğin üzerinde kalan fraksiyon %1 hassasiyet ile tartılarak kütlesi R₁ olarak kaydedilir. Bu eleğin altındaki elek üzerinde kalan fraksiyon için aynı işlem uygulanarak R₂ olarak kaydedilir. Sırası ile elek takımındaki bütün eleklerin üzerinde kalan fraksiyonlar için aynı işleme devam edilerek kütleleri sırasıyla R₃, R₄ ... R_n olarak kaydedilir. Elek tavaasında kalan fraksiyon var ise tartılarak kütlesi P olarak kaydedilir. Her bir elek fraksiyonun kütlesi (R_n), deney kısmı orijinal kuru kütlesinin (M₁) yüzdesi olarak hesaplanmaktadır. 63 µm göz açıklıklı eleğe kadar her bir elekten geçen deney kısmı orijinal kuru kütlesinin kümülatif yüzdesi hesaplanmaktadır. Eşitlik 4.2 yardımıyla 63 µm'lik elekten geçen ince tanelerin yüzdesi hesaplanır;

$$f = \left[(M_1 - M_2) + \frac{P}{M_1} \right] \times 100 \quad (4.2)$$

Burada;

f : 63 µm'lik elekten geçen ince tanelerin oranı, %

M₁ : Deney kısmının kuru kütlesi, kg

M₂ : 63 µm göz açıklıklı eleğin üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg

P : Tavada kalan malzemenin kütlesi, kg'dır.

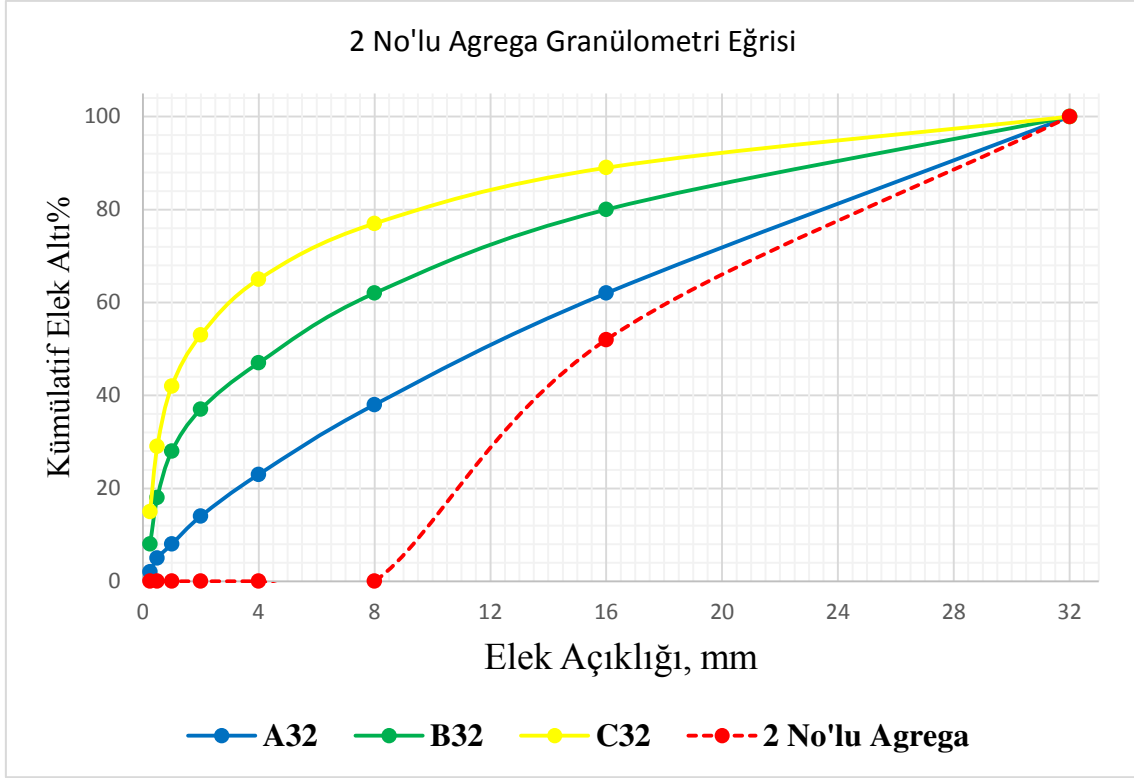
R_n ve P kütleleri toplamının M_2 kütlelerinden %1'den daha fazla farklı olması durumunda deney tekrar edilmelidir (TSE 2012a).

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin granülometrik analizleri THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 933-1:2012 standardına uygun olarak yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

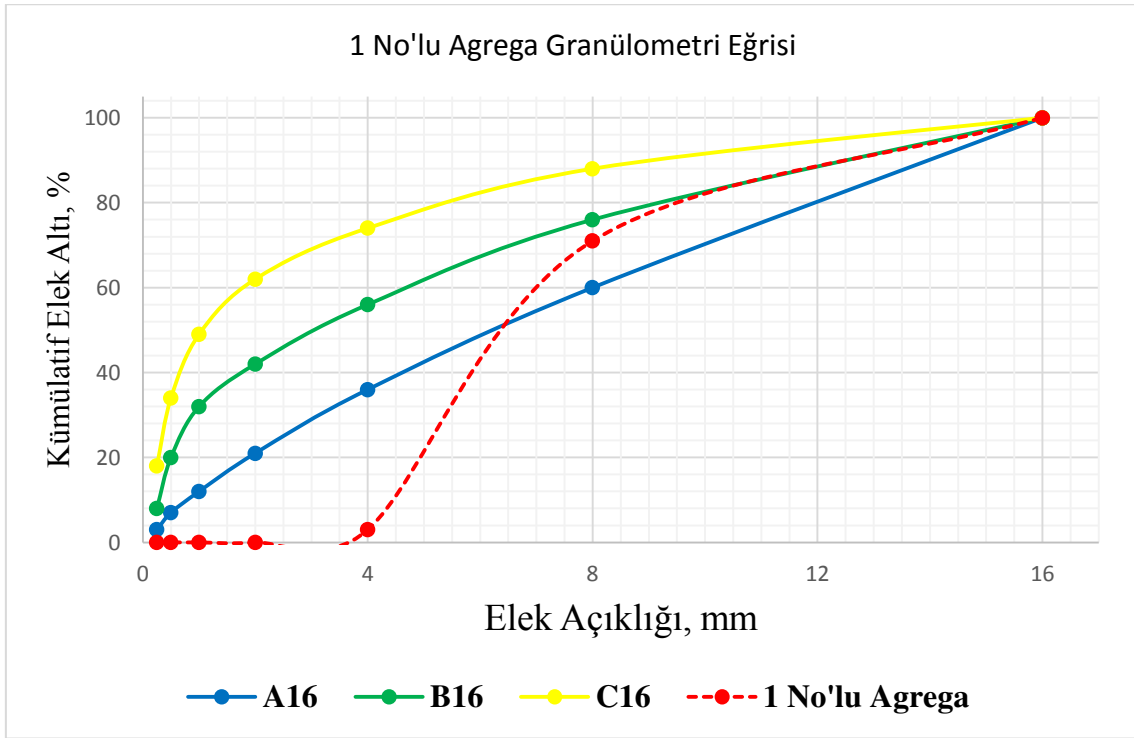
Çizelge 4.2 Tane boyut dağılımı analiz sonuçları.

Elek Analizi (% Kümülatif Elek Altı)												
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,125
0-3 mm Kırma Kum	100	100	100	100	100	100	100	95	71	50	35	24
Yıkanmış 0-5 mm Kırma Kum	100	100	100	100	100	99	92	62	35	21	14	10
1 no'lu Agregat	100	100	100	99	71	23	3	0	0	0	0	0
2 no'lu Agregat	100	100	52	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Analiz sonuçlarına göre referans değerlerle karşılaştırmalı olarak çizilen granülometri eğrileri, 2 no'lu (-22+11 mm boyutlu) agregat için maksimum tane boyutu 32 mm olan agregaların referans eğrileri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.9'da, 1 no'lu (-11+5 mm boyutlu) agregat için maksimum tane boyutu 16 mm olan agregaların referans eğrileri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.10'da sunulmuştur.

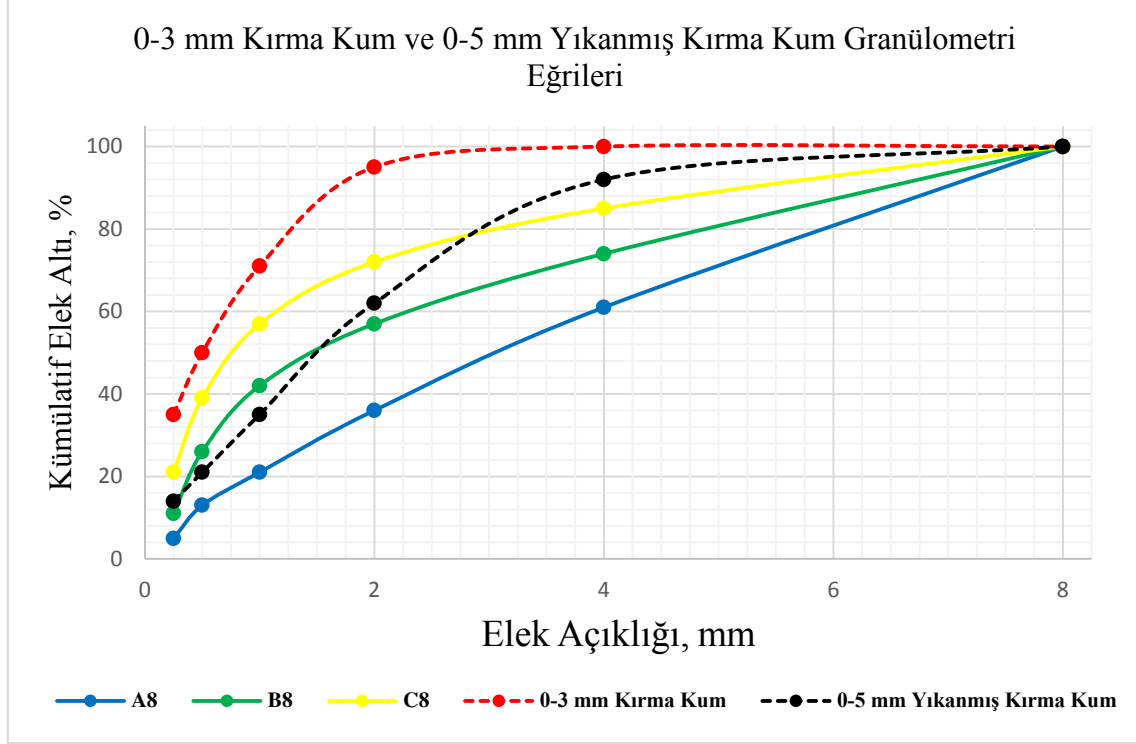


Şekil 4.9 2 No'lu agreganın referans değerlerle karşılaştırmalı granülometri eğrisi.



Şekil 4.10 1 No'lu agreganın referans değerlerle karşılaştırmalı granülometri eğrisi.

0–3 mm kırma kum ve 0–5 mm yıkanmış kırma kum için maksimum tane boyutu 8 mm olan agregaların referans eğrileri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11 0-3 mm kırma kumun ve 0-5 mm yıkanmış kırma kumun referans değerlerle karşılaştırmalı granülometri eğrileri.

0-3 mm kırma kumun granilometrik eğrisi tamamen referans eğrilerin dışında kalmıştır. Granülometrik eğrinin referans eğrilerinin üst kısmında kalması, malzemenin olması gerektiğinden daha ince olduğunu göstermektedir.

0-5 mm yıkanmış kırma kum granilometrik eğrisi kısmen referans eğrilerinin dışında kalmıştır. Yaklaşık olarak 0-3 mm arasında referans eğrilerinin içerisinde kalıp standartlara uygun olan eğri, 3 mm’den sonra referans eğrilerinin üst bölgesinde kalmış olup, bu durum malzemenin kısmen olması gerekenden daha ince olduğunu göstermektedir.

1 no'lu (-11+5 mm boyutlu) agreganın granülometrik eğrisi kısmen referans eğrilerinin dışında kalmıştır. Yaklaşık olarak 6 mm'ye kadar referans eğrilerinin alt bölgesinde kalan eğri, 6 mm'den sonra referans eğrilerin içerisinde kalmaktadır.

2 no'lu (-22+11 mm boyutlu) agreganın granülometrik eğrisi tamamen referans eğrilerin alt bölgesinde ve dışında kalmaktadır. Bu durum, agreganın olması gerekenden daha iri olduğunu göstermektedir.

4.2.1.2 Tane Şekli Tayini – Yassılık İndeksi

TS EN 933-3 standardına göre yapılan yassılık indeksi tayini 4 mm'den küçük veya 80 mm'den büyük agregalara uygulanmamaktadır.

İki eleme aşamasından oluşan deneyde, numune, ilk eleme sonrasında Çizelge 4.3'te verilen tane boyutu fraksiyonlarına d_i/D_i ayrılır. Her tane boyutu fraksiyonu Resim 4.2'de bir örneği gösterilen ve d_i/D_i çubuklar arası açıklığı $D/2$ olan paralel çubuklu eleklerle elenir (TSE 2012b).



Resim 4.2 Çubuklu elekler.

Çizelge 4.3 Silindirik çubuklu elekler (TSE 2012b).

d_i/D_i Tane Büyüklüğü Fraksiyonu (mm)	Silindirik Çubuklu Eleklerde Elekler Arası Açıklık (mm)
63/80	40 ±3
50/63	31,5 ±3
40/50	25 ±2
31,5/40	20 ±2
25/31,5	16 ±2
20/25	12,5 ±2
16/20	10 ±1
12,5/16	8 ±1
10/12,5	6,3 ±1
8/10	5 ±1
6,3/8	4 ±1
5/6,3	3,15 ±1
4/5	2,5 ±1

Toplam yassılık indeksi, çubuklu elekten geçen tanelerin toplam kütlesinin numunenin toplam kuru kütlesinin yüzdesi olarak hesaplanmaktadır. İstenildiği takdirde, her bir tane boyutu fraksiyonuna d_i/D_i ait yassılık indeksi, ait olduğu çubuklu elekten geçen tanelerin kütlesinden hesaplanarak ait olduğu tane büyüklüğü fraksiyonunun kütlece yüzdesi olarak ifade edilir. Yassılık indeksi deneyleri sonucunda elde edilen değerler EN 12620 standardınca belirlenen Çizelge 4.4'e uygun olarak kategorilendirilir (TSE 2009).

Çizelge 4.4 En büyük yassılık indeks değerlerine göre kategoriler (TSE 2009).

Yassılık İndeksi	Kategori
≤ 15	FI ₁₅
≤ 20	FI ₂₀
≤ 35	FI ₃₅
≤ 50	FI ₅₀
> 50	FI _{Beyan}
Serbest	FI _{NR}

TS EN 933–8 standardına göre yapılacak yassılık indeksi deneyi için kullanılacak numuneler TS EN 932–2 standardına uygun olarak alınarak azaltılmalıdır. Deney kısmı 110 ±5 °C sıcaklıktaki etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulduktan sonra soğutulurak tartılır ve kütlesi M_0 olarak kaydedilir. Deney kısmı, 80 – 63 – 50 – 40 – 31,5 – 25 – 20 – 16 – 12,5 – 10 – 8 – 6,3 – 5 ve 4 mm’lik göz açıklıklarına sahip eleklerden oluşan elek takımı ile elenir. 4 mm göz açıklığına sahip elekten geçen ve 80 mm göz açıklığına sahip elek üzerinde kalan taneler tartıldıktan sonra işlem dışı bırakılırlar. 4 mm ile 80 mm arasında kalan her bir tane büyüklüğü fraksiyonu d_i/D_i ’deki malzeme tartılarak ayrı ayrı muhafaza edilir. Ayrılan her bir fraksiyon Çizelge 4.3’te verilen uygun bir çubuklu elekten elenir. Bu eleme işleminin elle yapılması ve elek üzerinde kalan malzemenin kütlesi 1 dakikalık süre boyunca %1’den fazla değişmediği durumda eleme işlemi tamamlanmış kabul edilmesi gerekir. Çubuklu eleklerden geçen her bir tane boyutu fraksiyonundaki malzeme tartıldıktan sonra bütün fraksiyonların kütlelerinin toplamı hesaplanarak M_1 olarak kaydedilir. Çubuklar arası açıklığı $D_i/2$ olan elekten geçen d_i/D_i tane büyüklüğü fraksiyonlarının her birinin kütlelerinin toplamı hesaplanarak M_2 olarak kaydedilir. Toplam yassılık indeksi Eşitlik 4.3 yardımıyla hesaplanır;

$$FI = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (4.3)$$

Burada;

FI : Toplam yassılık indeksi, %

M_1 : Her bir tane boyutu fraksiyonundaki tanelerin toplam kütlesi, g

M_2 : Her bir tane büyüklüğü fraksiyonunun çubuklar arası açıklığı $D_i/2$ olan çubuklu eleklerden geçen tanelerinin toplam kütlesi, g

Toplam yassılık indeksi, en yakın tam sayıya yuvarlanarak kaydedilir (TSE 2012b).

Beton içinde bulunan birçok yassı tane, çimentoyla kolaylıkla bağ kurabilmekte fakat bu bağın oluşması esnasında meydana gelen temas noktaları daha kolay aşınabilmektedir. Karışımın içerisinde bulunan bazı yassı taneler, yığın içerisinde köprü oluşturacak şekilde açık bir boşluk meydana getirerek beton içerisinde bölgesel bir

zayıflık zonu yaratmaktadır. Bu durum, ayrıca, çimento ihtiyacının da artmasına sebep olmaktadır (Postacioğlu 1987). Bu nedenle, iri agregalar için yassılık indeksinin %50'yi geçmemesi istenmektedir (TSE 2009).

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin yassılık indeksi analizi, THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 933–3:2012 standardına uygun olarak yapılmıştır. THBB İktisadi İşletmesi analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Yassılık indeksi deney sonuçları.

Numune Tanımı	Yassılık İndeksi (%)	Kategori Sınır Değer
1 No'lu Agregası	11,0	FI ₁₅
2 No'lu Agregası	6,0	FI ₁₅

-22+11 mm boyutlu (2 no'lu) ve -11+5 mm boyutlu (1 no'lu) agregaların yassılık indeksleri en düşük sınır değer olan FI₁₅ kategorisinde olup standartlara uygundur.

4.2.1.3 Çok İnce Tane Muhtevası

Amerika Birleşik Devletleri ASTM C 117 ve Birleşik Krallık BS 812 numaralı standartlarına göre, 75 µm'den küçük taneler "*ince madde*" olarak tanımlanırken Türk standardına göre 63 µm'den küçük taneler "*ince madde*" olarak tanımlanmaktadır. İnce madde içeriğinin artmasıyla birlikte;

- İri agregası ve çimento hamuru arasındaki mekanik aderans azalmakta,
- Betonun su kaybetmesiyle oluşan rötre artmakta,
- Karışım suyu ihtiyacı artmakta,
- Betonun işlenebilirliği olumsuz olarak etkilenmekte
- Hava sürüklenmiş katkılı betonlardaki hava karışımı içeriğini ve buna bağlı olarak da istenilen etkiyi azaltmaktadır (Erdoğan 1995).

Agregaların çok ince tane içeriği, TS EN 933–1:2012 standardına göre tane büyüklüğü dağılımı deneyi yapılmadan önce 0,063 mm göz açıklıklı elek ile yapılan yıkama işlemi

esnasında belirlenmektedir. Tane büyüklüğü deneyi sonrasında Eşitlik 4.4 yardımıyla hesaplanmaktadır;

$$f = \left[(M_1 - M_2) + \frac{P}{M_1} \right] \times 100 \quad (4.4)$$

Burada;

f : Çok ince tane içeriği, %

M₁ : Deney numunesinin kuru kütlesi, kg

M₂ : 63 µm'lik eleğin üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg

P : Tavada kalan malzemenin kütlesi, kg

TS EN 933-1 standardına uygun şekilde tayin edilmiş olan çok ince malzemenin muhtevası, Çizelge 4.6'da belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak beyan edilir (TSE 2009).

Çizelge 4.6 Çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre belirlenmiş kategoriler (TSE 2009).

Agrega	0,063 mm göz açıklığına sahip elekten geçen kütle (%)	Kategori (f)
İri Agregalar	≤ 1,5	f _{1,5}
	≤ 4	f ₄
	> 4	f _{beyan}
	Serbest	f _{NR}
Doğal Olarak Sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar	≤ 3	f ₃
	≤ 10	f ₁₀
	≤ 16	f ₁₆
	> 16	f _{beyan}
	Serbest	f _{NR}
Karışık Agregalar	≤ 3	f ₃
	≤ 11	f ₁₁
	> 11	f _{beyan}
	Serbest	f _{NR}
İnce Agregalar	≤ 3	f ₃
	≤ 10	f ₁₀
	≤ 16	f ₁₆
	≤ 22	f ₂₂
	> 22	f _{beyan}
	Serbest	f _{NR}

Çizelge 4.7 Çok ince tane muhtevası analiz sonuçları.

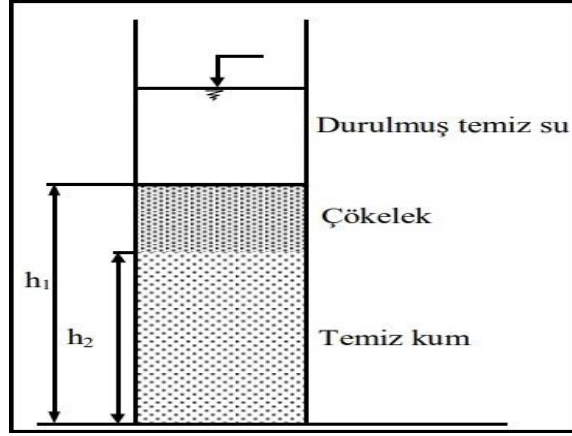
Numune Tanımı	Çok İnce Tane İçeriği (%)	Kategori
0-3 mm Kırma Kum	17,9	f ₂₂
0-5 mm Yıkanmış Kırma Kum	8,2	f ₁₀

Çizelge 4.7’de görüleceği üzere, 0-3 mm kırma kumun çok ince tane muhtevası kategorisi f₂₂ ve 0-5 mm yıkanmış kırma kumun çok ince tane muhtevası kategorisi f₁₀ olarak saptanmış olup her iki malzemenin de çok ince tane içeriği değerleri standartlar dahilindedir.

4.2.1.4 Eşdeğer Kum Yöntemi

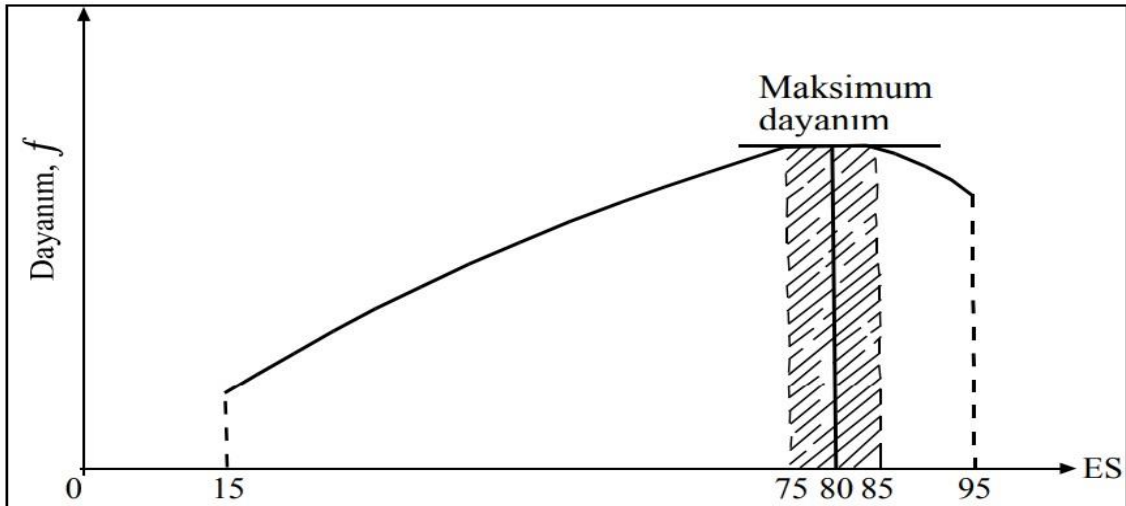
İnce agregaların su ile çökeltilmesinin hassas sonuçlar vermemesi nedeniyle çok ince tanelerin çökeltilmesi amacıyla özel bir çözelti hazırlanmaktadır. 1 litrelik çözeltide 111 ±1 g CaCl₂, 480 ±5 g C₃H₈O₃ ve 12 ±1 g sulu formaldehit bulunmalıdır. Damıtık su kullanılması halinde, çözelti 2 hafta ile 1 ay arasında bozulmadan kalabilmektedir (Durmuş *et al.* 1988, Dreux 1993, Durmuş 1995).

Deney kabına konulan çözeltinin içerisine analizi yapılacak nemli kumdan 130 g bırakılarak türbülans oluşturacak şekilde deney kabı çalkalandıktan sonra bir süre durulmaya bırakılır. Daha sonra cam deney kabından görerek veya piston yardımıyla oluşan çökeleğin ve kumun yükseklikleri Şekil 4.12’de gösterildiği gibi tabandan itibaren ölçülür. Tabandan itibaren ölçülen çökeleğin yüksekliği h₁ ve kumun yüksekliği h₂ olarak kaydedilir. Kumun kirliliği beton literatüründe kum eşdeğerliği “ES” olarak tanımlanan büyüklük yardımıyla ifade edilir (Durmuş vd. 1988, Dreux 1993, Durmuş 1995).



Şekil 4.12 Eşdeğer kum yöntemi deney tasarımı (Arioğlu *et al.* 2006).

İnce agregalar için kum eşdeğer büyüklüğü olan ES değerinin beton dayanımına olan etkisi Şekil 4.13’de şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 4.13’de görüleceği üzere ES değerinin 75 – 85 aralığında beton dayanımı maksimumdur. Ancak, bu aralıktan daha büyük değerde olan ve “çok temiz kum” kategorisine kumların kullanılması durumunda beton dayanımı tekrar bir miktar düşmektedir. Bu durumun sebebi ise, betonun işlenebilmesi için gerekli olan plastisiteye ancak karışım suyunun bir miktar artırılabilmesiyle ulaşılmasıdır. Karışım suyu miktarının artması killerin yıkama yolu ile atılmasına sebep olmakta, bu durum ise beton dayanımını azaltmaktadır (Arioğlu vd. 2006).



Şekil 4.13 Beton dayanımının ES değeri ile değişimi (Durmuş 1995).

Eşitlik 4.5 yardımı ile hesaplanan “ES” değerine göre ince agreganın niteliği ve türü hakkında bilgi için Çizelge 4.8’den yararlanılır (Durmuş vd. 1988);

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \quad (4.5)$$

Çizelge 4.8 Kum eşdeğer büyüklüğü ES değerine göre kumun kategorisi (Durmuş *et al.* 1988).

Görerek ES	Pistonla ES	İnce Agrega Nitelik ve Türü
ES < 65	ES < 60	Killi kum; rötre ve şişme tehlikesi vardır, kaliteli betonlarda kullanılmamalıdır.
$65 \leq ES \leq 75$	$60 \leq ES \leq 70$	Hafif killi kum; yaygın olarak kullanılan betonlarda, özellikle rötreden kuşku duyulmaması halinde kullanılabilir.
$75 \leq ES \leq 85$	$70 \leq ES \leq 80$	Temiz kum; düşük miktarda ince kil içerdiği için yüksek kaliteli betonlar için uygundur. (Optimum değerler; Görerek ES = 80 Pistonla ES = 75)
ES ≥ 85	ES ≥ 80	Çok temiz kum; ince kil yok denebilecek kadar az olduğundan dolayı betonun plastisitesinin azalmasına neden olmakta ve aynı plastisiteyi tutturmak için karma suyu miktarının artırılması gerekebilmektedir.

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin kum eşdeğeri analizleri THBB İktisadi İşletmesi’nde TS EN 933–8:2012+A1 standardına uygun olarak yapılmıştır. Kum eşdeğeri analiz sonuçları Çizelge 4.9’da sunulmuştur.

Çizelge 4.9 Kum eşdeğeri analiz sonuçları.

Sonuçlar	0-3 mm Kırma Kum	0-5 mm Yıkanmış Kırma Kum
1. Numune Ağırlığı, M_1 (g)	601,2	601,2
2. Numune Ağırlığı, M_2 (g)	492,4	551
Numune Miktarı, M_T (g)	120,1	120,2
Nem İçeriği, w (%)	0,2	0,3
İnce Malzeme, f (%)	17,9	8,2
Kum Eşdeğeri, ES (%)	69	60

Kum eşdeğeri analiz sonuçlarına göre, 0-3 mm boyutlu kırma kum, rötreden kuşku duyulmaması halinde beton üretiminde kullanılabilir iken 0-5 mm yıkanmış kırma kumun rötire ve şişme tehlikesinden dolayı kaliteli beton üretiminde kullanılmaması gerekmektedir.

4.2.1.5 Agregalarda Metilen Mavisi Deneyi

TS EN 933–9 standardına uygun olarak yapılan metilen mavisi deneylerinin amacı, ince ya da gruplanmış agregalarda 0–2 mm aralığının metilen mavisi değerinin tayin edilmesidir (TSE 2014).

Metilen mavisi deneyi için, en az 200 g 0–2 boyutlu agregaya içeren bir kısmi numune TS EN 933–2 standardına uygun olarak alınmalıdır. Alınan kısmi deney numunesi 110 ± 5 °C’ta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutularak soğumaya bırakılır. Kuru haldeki kısmi numune 2 mm göz açıklığına sahip elekten elenerek elekten tutulan malzeme ayrılır. Deney numunesi kısmi ayrılarak 1 g hassasiyetle M_1 olarak kaydedilir (TSE 2014).

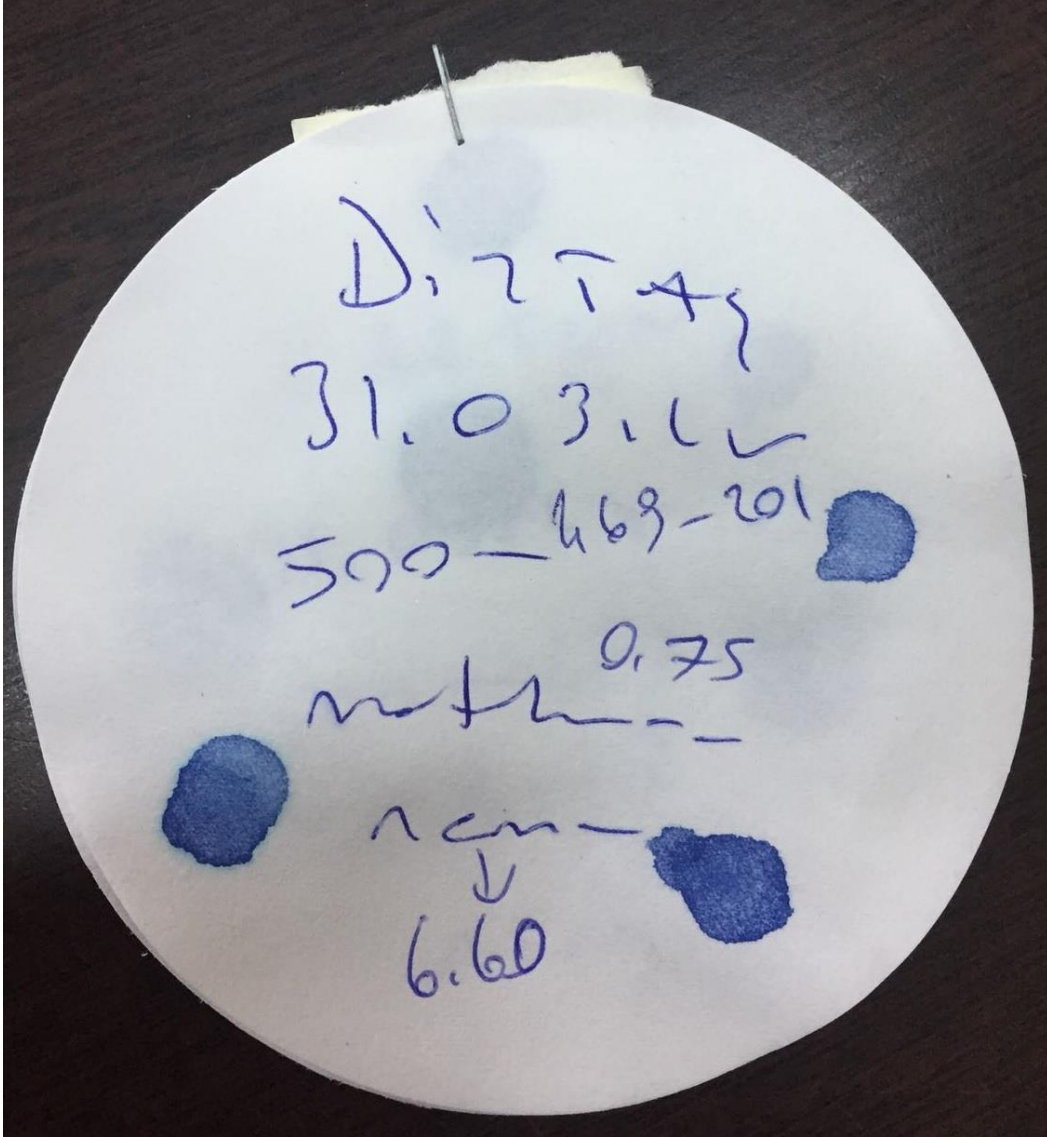
Leke (metilen mavisi) deneyi, her boya eklenmesinden sonra süspansiyondan bir damla alınarak süzgeç kağıdı üzerine bırakılmasından ibarettir. Alınan damlanın miktarı, süzgeç kağıdına damlatıldığında çapı 8–12 mm arasında kalacak şekilde olmalıdır. Süzgeç kağıdı üzerindeki ıslak bölgede, yaklaşık 1 mm çapında açık bir halka içeren halenin, merkezi birinkinin etrafında oluşması durumunda deney pozitif olarak kabul edilmektedir. Dönüm noktasına yaklaşıldıkça hale belirecektir, ancak, kil minerallerinin

boya adsorpsiyonunu tamamlamaları belirli bir süre alacağı için hale daha sonra kaybolabilmektedir. Bu sebeple, metilen mavisi deneyi daha fazla boya çözeltisi eklenmeden bir dakikalık aralıklarla beş dakika süre ile tekrarlanarak dönüm noktası tayin edilmektedir (TSE 2014).

Metilen mavisi deneyinde kullanılacak süspansiyonun hazırlanması için, $0,5 \pm 5$ L demineralize ve damıtık su, beherin içerisine konularak kurutulmuş kısmi deney numunesi iyice karıştırılarak behere ilave edilir. Standart veya teknik kalitedeki metilen mavisi, $(10 \pm 0,1 \text{ g/L})$ iyice çalkalanarak büret boya çözeltisi ile doldurulur. Pervanesi beher tabanından 10 mm yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiş olan karıştırıcı ile 5 dakika süre boyunca 600 ± 60 devir/dakika hızla karıştırılır. Deneyin geri kalan kısmındaki karıştırma hızları 400 ± 40 devir/dakikadır. Deney numunesi içeriğinde hale oluşturmak için yeterli miktarda ince tanenin mevcut olmadığı durumlarda, 110 ± 5 °C'ta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmuş olan kaolinitten $30 \pm 0,1$ g beher içerisine ilave edildikten sonra V mL boya çözeltisi eklenir. Burada V, 30 g kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmidir (TSE 2014).

Süzgeç kağıdı, boş bir beherin üzerine yahut benzer ve uygun bir desteğin üzerine yerleştirilir. Bu esnada, beher kenarı gibi mecburi temas alanları dışında, yüzeyin büyük bir kısmının herhangi bir madde (katı ya da sıvı) ile temas etmemesi gerekmektedir. 600 ± 60 devir/saniye hızla beş dakikalık karıştırma işleminin ardından beher içerisine 5 mL boya çözeltisi eklenerek 400 ± 40 devir/dakika hızla minimum bir dakika süre ile karıştırılır. Karıştırma işlemi bittikten sonra Resim 4.3'te bir örneği gösterilen süzgeç kağıdı üzerinde metilen mavisi deneyi yapılır. 5 mL'lik boya çözeltisinden sonra hale belirmemesi durumunda bir 5 mL'lik boya çözeltisi daha eklenerek 400 ± 40 devir/dakika hızla en az bir dakika süre boyunca tekrar karıştırılır ve bir leke deneyi daha yapılır. Eğer hale yine görülmemiş ise, görülene kadar aynı işlemler (5mL boya çözeltisi ilavesi, 1 dakika karıştırma) tekrar edilir. Hale görüldüğü durumda herhangi bir ekleme yapılmadan karıştırmaya devam edilerek birer dakikalık aralıklarla metilen mavisi deneyleri yapılır. Halenin ilk 4 dakikalık süre içerisinde kaybolması durumunda 5 mL, beşinci dakikada kaybolması durumunda ise 2 mL'lik boya çözeltisi ilave edilmelidir. Her iki koşulda da hale, 5 dakika süre boyunca varlığını koruyuncaya kadar

karıştırmaya ve metilen mavisi deneyleri yapılmaya devam edilir. 5 dakika süre boyunca varlığını koruyan bir hale meydana getirmek için eklenen boya çözeltisinin toplam hacmi 1 mL hassasiyetle V_1 olarak kaydedilir.



Resim 4.3 Bitirilmiş bir metilen mavisi deneyinde kullanılan süzgeç kağıdı.

Metilen mavisi değeri, 0–2 mm tane boyutu aralığının kilogramı başına tüketilen boyanın gram cinsinden Eşitlik 4.6 yardımıyla hesaplanır;

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \times 10 \quad (4.6)$$

Burada;

MB : 0–2 mm tane boyutu aralığının kilogramı başına tüketilen boya, g

M₁ : Kısmi deney numunesinin kütlesi, g

V₁ : Eklenen boya çözeltisinin toplam hacmi, mL

Deney, kaolinit ilave edilerek yapılıyor ise Eşitlik 4.7 kullanılır;

$$MB = \frac{V_1 - V}{M_1} \times 10 \quad (4.7)$$

Burada;

V : Kaolinit tarafından adsorplanan boya çözeltisinin hacmi, mL'dir.

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin metilen mavisi analizleri THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 933–9 standardına uygun olarak metilen mavisi analizi yaptırılmıştır. Akreditasyon kapsamındaki metilen mavisi deney sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Metilen mavisi deneyi sonuçları.

Numune Tanımı	Metilen Mavisi Değeri (g boya/kg numune)
0-3 mm Kırma Kum	1,7
0-5 mm Yıkanmış Kırma Kum	1,8

0-3 mm kırma kum ve 0-5 mm yıkanmış kırma kumun metilen mavisi değerleri 2 g boya/kg numune değerinin altında olup standartlara uygundur.

4.2.2 Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler

Betona taşıyıcı özellik kazandıran ana madde agregadır (Güçlüer vd. 2017). Betonun yaklaşık olarak %75'ini agrega oluşturmaktadır. İçerisinde bu kadar yüksek oranda agrega barındıran bir malzeme olan betonun mekanik özellikleri üzerinde, agrega mekanik özelliklerinin etkili olması beklenen bir durumdur. Agregaların yüksek

dayanıma sahip olması, beton dayanımının da yüksek olmasını sağlamaktadır (Yalçın ve Gürü 2006). Bu nedenle beton yapımında kullanılacak agregaların mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

TSE, beton yapımında kullanılacak agregaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için bir dizi deney metodu getirmiştir. Türk Standartlarına göre agregaların mekanik ve fiziksel özelliklerinin tespitinde kullanılacak deney kodları ve başlıkları şu şekilde sıralanabilir;

TS EN 1097-1 Aşınmaya karşı direncin tayini (mikro-Deval)

TS EN 1097-2 Parçalanma direncinin tayini için yöntemler

TS EN 1097-3 Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini

TS EN 1097-4 Kuru sıkılaştırılmış dolgu malzemesinin (taşunu) boşluklarının tayini

TS EN 1097-5 Hava dolaşımli etüvde kurutma ile su içeriğinin tayini

TS EN 1097-6 Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini

TS EN 1097-7 Dolgu malzemesi tane yoğunluğunun tayini - Piknometre yöntemi

TS EN 1097-8 Taş parlatma değerinin tayini

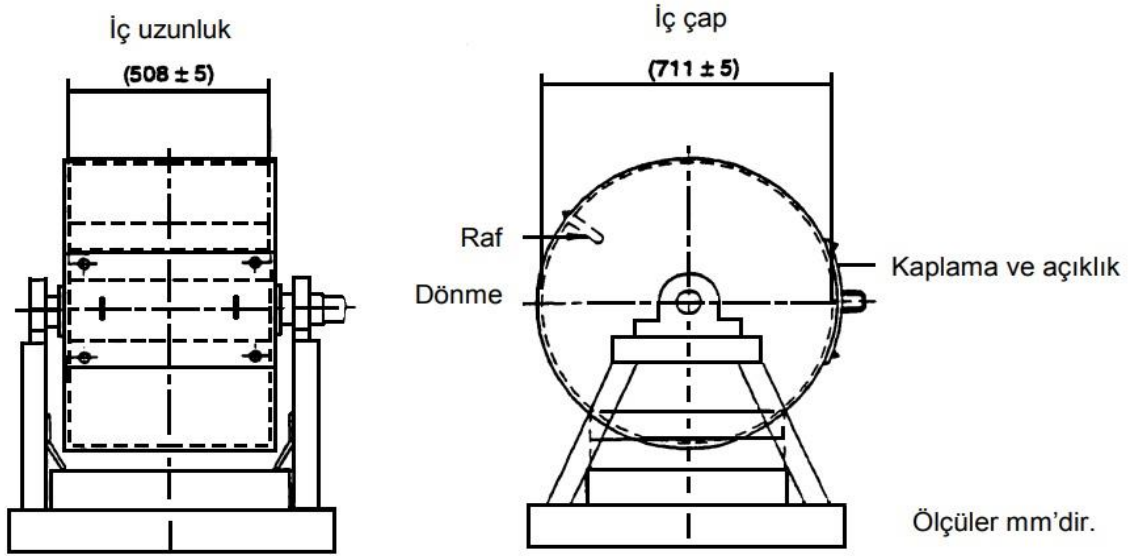
TS EN 1097-9 Çivili lastiklerden kaynaklanan aşınmaya karşı direncin tayini - Nordik deneyi

TS EN 1097-10 Su emme yüksekliğinin tayini

TS EN 1097-11 Hafif agregaların sıkıştırılabilirliğinin ve sınırlı basma dayanımının tayini

4.2.2.1 Parçalanma Direncinin Tayini (Los Angeles Yöntemi)

İri agregaların parçalanmaya karşı direncini saptamak için TS EN 1097-2'ye uygun olarak Los Angeles deney metodu uygulanmaktadır. Standartlara uygun, tipik bir Los Angeles deney makinasının şematik gösterimi Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14 Standartlara uygun bir Los Angeles deney makinası (TSE 2010a).

TS 2162 EN 10025 standardında belirtildiği şekilde S275 tipine uygun, 1,2 cm kalınlığındaki levhadan, aşırı gerilme uygulanmaksızın şekillendirilmiş ve deformasyon olmadan kaynak yapılmış, iki ucu da kapalı, iç çapı $71,1 \pm 0,5$ cm ve uzunluğu $20,8 \pm 0,5$ cm olan bir tamburdan oluşmaktadır. Tamburun içerisine girmeyecek şekilde kenar kısmına tutturulmuş iki paralel destek zemine yerleştirilerek yatay bir eksende dönecek şekilde montajı yapılmalıdır. Tercihen, tambur uzunluğu boyunca, deneylerde kullanılacak numunenin yerleştirilerek deneyin ardından içerisinden alınmasını sağlayacak olan, $15 \pm 0,3$ mm genişliğinde bir açıklık ihtiva etmelidir. Açıklığa en yakın kenardan 38 cm ve 82 cm uzaklıkta bir yere bir raf yerleştirilmeli, mesafe, tamburun dönme yönünde ve iç yüzü boyunca ölçülmelidir. Raf, uzunluğu tambur uzunluğuna eşit, genişliği $9 \pm 0,2$ cm ve kalınlığı $2,5 \pm 0,1$ mm olacak şekilde dikdörtgen kesitli olmalıdır. Bilye yükü, her biri 45 – 49 mm arasında bir çapa ve 400 – 445 g kütleye sahip 11 adet küresel çelik bilyeden oluşur. Toplam bilye yükü 4690 – 4860 g arasındadır. 150 g'dan fazla aşınan bilye yükü değiştirilmelidir.

Deney numunesi tane boyutu dağılımı aşağıda belirtilen koşullardan birine uygun olmalıdır;

- 12,5 +10 mm agrega miktarı %60 – 70 aralığında olmalı
- 11,2 +10 mm agrega miktarı %30 – 40 aralığında olmalı

Numune, -14 +11,2 mm (veya -14 +12,5 mm) ve -11,2 +10 mm (veya -12,5 +10 mm) fraksiyonlarını elde etmek için 14 – 11,2 (veya 12,5) – 10 mm eleklerle elenir. Her bir fraksiyon, TS 3530 EN 933–1 standardına uygun olarak yıkandıktan sonra sabit kütleye kadar 110 ± 5 °C’teki etüvde kurutulduktan sonra oda sıcaklığında soğutulur. Yukarıda verilmiş olan tane büyüklük dağılımlarından birini sağlayacak şekilde her iki fraksiyon uygun miktarda karıştırılarak TS EN 933–2 standardına uygun şekilde örnek azaltma yapılır. Deney kısmının kütlesi 5000 ± 5 g olmalıdır. Los Angeles deney cihazına önce bilyeler daha sonra da hazırlanan numune konulur. Kapak kapatıldıktan sonra 31–33 devir/dakika arasında sabit bir hızla 500 devir döndürülür. Agregaya kaybının önlenmesi için, tambur açıklığı tepsinin tam üzerine getirilerek agregalar tepsiye dökülür. Agregaya kaybının olmamasına dikkat edilerek bilyeler tepside uzaklaştırılır ve tepside kalan malzeme 1,6 mm’lik elek ile TS EN 933 – 1 standardına göre yıkanır ve elenir. Eleğin üzerinde kalan kısım 110 ± 5 °C’teki etüvde sabit kütleye ulaşınca kadar kurutulur. Los Angeles katsayısı Eşitlik 4.8 yardımıyla hesaplanır;

$$LA = \frac{5000-m}{50} \quad (4.8)$$

Burada;

m : 1,6 mm’lik eleğin üzerinde kalan fraksiyon, g

Sonuç en yakın tam sayıya yuvarlanarak verilir (TSE 2010a).

İri agreganın parçalanmaya karşı direnci deneyleri sonucunda elde edilen değerler TS 706 EN 12620+A1 standardınca belirlenen Çizelge 4.11’e uygun olarak kategorilendirilir (TSE 2009a).

Çizelge 4.11 İri agreganın parçalanmaya karşı direnci için LA katsayı ve kategorileri (TSE 2009a).

Los Angeles Katsayısı	Kategori
≤ 15	LA ₁₅
≤ 20	LA ₂₀
≤ 25	LA ₂₅
≤ 30	LA ₃₀
≤ 35	LA ₃₅
≤ 40	LA ₄₀
≤ 50	LA ₅₀
> 50	LA _{Declared}

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin Los Angeles deney metodu ile parçalanmaya karşı direnç analizleri THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 1097-2:2010 standardına uygun olarak yapılmıştır. İri agreganın parçalanmaya karşı direnci analiz sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 İri agreganın parçalanmaya karşı direnci analiz sonuçları.

Numune Tanımı	Los Angeles Katsayısı	Kategori
1 No'lu Agregası	21	LA ₂₅
2 No'lu Agregası	21	LA ₂₅

Her iki örneğin Los Angeles katsayıları standartlar içinde kalmıştır.

4.2.2.2 Gevşek Yığın Yoğunluğunun Tayini

TS EN 932-2'ye uygun olarak alınan 3 deney numunesi, 110 ±5 °C'ta sabit kütleye kadar kurutulur. Alınan numuneler, numune kabını doldurmak için gerekli olan kütlenin %120-150'si arasında olmalıdır. Boş, kuru ve temiz olan ölçü kabı tartılarak m₁ olarak kaydedilir. Ölçü kabı, yatay bir yüzeye yerleştirilerek numune ile tamamen doldurulur. Doldurma işleminde, kürek, ölçü kabı üst kenarını 50 mm'den fazla

geçmemeli ve segregasyon minimum seviyede tutulmalıdır. Ölçü kabı doldurulduktan sonra, agreganın üst yüzeyi sıkıştırmaya sebep olmadan bir cetvel veya benzeri bir nesne ile, eğer bu mümkün değilse elle düzeltilir. Dolu numune kabı tartılarak m_2 olarak kaydedilir. Gevşek yığın yoğunluğu (ρ_b) eşitlik 4.9 yardımıyla hesaplanır;

$$\rho_b = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (4.9)$$

Burada;

ρ_b : Gevşek yığın yoğunluğu, megagram/m³ (ton/m³)

m_1 : Boş ölçü kabının kütlesi, kilogram (kg)

m_2 : Deney numunesi ile dolu ölçü kabının kütlesi, kilogram (kg)

V : Ölçü kabının hacmi, litre (L) (TSE 1999)

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin gevşek yığın yoğunluğu analizleri THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 1097-3:1999 standardına uygun olarak yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Gevşek yığın yoğunluğu analiz sonuçları.

Numune Tanımı	I. Deney	II. Deney	III. Deney	Ortalama
0-3 mm kırma kum	1,44	1,44	1,44	1,44
0-5 mm yıkanmış kırma kum	1,36	1,36	1,36	1,36
1 No'lu agregası	1,33	1,33	1,33	1,33
2 No'lu agregası	1,29	1,29	1,29	1,29

0-3 mm kırma kum, 0-5 mm yıkanmış kırma kum, 1 no'lu agregası ve 2 no'lu agregaların gevşek yığın yoğunlukları standartlara uygundur.

4.2.2.3 Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı

Agregaların yüzey kuru suya doymun yoğunluğu, suyun girebildiği boşluklarda bulunan su ile agrega numunesinin toplam kütesinin, eğer varsa taneler içerisindeki kapalı ve suyun girebildiği boşluklar da dahil olmak üzere suda işgal ettiği hacme oranıdır. Su emme ise, etüvde kurutulmuş agrega numunesinin, suyun tanelerdeki boşluklara nüfuz ederek emilmesi sebebiyle kütesinde meydana gelen artıştır (TSE 2013a).

TS EN 1097-6 standardına göre, hazırlanan deney numunesi piknometre içerisinde bulunan 22 ± 3 °C sıcaklıktaki suya konularak, vakum yoluyla, eğer bu mümkün değilse piknometre eğik konuma getirilir ve hafif şekilde yuvarlanıp sallanarak içerisindeki hava uzaklaştırılır. Piknometre su banyosu içerisine düşey halde konularak 22 ± 3 °C sıcaklıkta $24 \pm 0,5$ saat boyunca tutulur. 24 saatlik ıslatma süresinin ardından piknometre su banyosundan çıkarılarak, varsa içerisindeki hava uzaklaştırılır. Piknometre, taşana kadar su ile doldurulur ve kapağı kapatılarak dış kısmı kurutulduktan sonra tartılarak M_2 olarak kaydedilir. Suyun sıcaklığı ayrıca kaydedildikten sonra, agrega taneleri su içerisinden çıkarılarak birkaç dakikalık bir süre ile kurumaya bırakılır. Bu esnada boş piknometre taşana kadar suyla doldurularak kapağı kapatılır ve dış kısmı kurutularak tartılır ve M_3 olarak kaydedilir. Suyun sıcaklığı ayrıca kaydedilmeli ve M_2 ve M_3 tartımları sırasında, piknometre içerisindeki su sıcaklıkları arasındaki fark 2 °C'nin üzerinde olmamalıdır. Suyu süzölmüş olan agrega kuru bir bez üzerine alınarak tane yüzeyleri dikkatlice kurutulur. Daha sonra, agrega taneleri, ikinci bir kuru bez üzerine yayılarak, görülebilir durumda olan su filmleri uzaklaşana kadar direkt güneş ışığı veya ısı kaynağından korunacak şekilde atmosfere maruz bırakılır. Doymun ve yüzeyi kuru durumda olan deney numuneleri bir tepsiye aktararak tartılır ve ağırlıkları M_1 olarak kaydedilir. Daha sonra, agrega taneleri, 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleyle gelinceye kadar kurutularak tartılır ve M_4 olarak kaydedilir (TSE 2013a).

Tane yoğunlukları (ρ_a , ρ_{rd} ve ρ_{ssd}) Eşitlik 4.10, 4.11 ve 4.12 yardımıyla hesaplanır;

$$\rho_a = \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (4.10)$$

$$\rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (4.11)$$

$$\rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (4.12)$$

Su emme oranı (WA_{24}) ise, 24 saatlik ıslatma işleminden sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, Eşitlik 4.13 yardımıyla hesaplanmaktadır;

$$WA_{24} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4} \quad (4.13)$$

Burada;

ρ_a : Görünür tane yoğunluğu, ton/m³

ρ_{rd} : Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu, ton/m³

ρ_{ssd} : Doygun ve yüzey kuru esasta tane yoğunluğu, ton/m³

M_1 : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g

M_2 : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi, g

M_3 : Yalnızca su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g

M_4 : Etüvde kurutulmuş deney numunesinin kütlesi, g

WA_{24} : Su emme oranı, %

Beton karışım hesaplarının yapılabilmesi için üretimde kullanılacak agreganın yoğunluklarının bilinmesi gerekmektedir. Normal bir beton agregasının yoğunluğu genellikle 2,50 – 2,90 ton/m³ arasındadır (Güner 1999). Agregaların yoğunluğu arttıkça don mukavemeti ve dayanıklılığının da artması beklenmektedir (Doğan 2008).

Agregaların su emme oranları, tanelerin kökenine, yapısına ve granülometrik bileşimine bağlıdır. İri agreganın tanelerinin porozitesinin yüksek olmasıyla yüksek bir mukavemet sağlanabilmekte ve böylece betonların mekanik mukavemeti de arttırılabilmektedir (Doğan 2008).

TS EN 206-1 standardına göre beton agregası olarak kullanılacak agregaların tane yoğunluklarının 2,50–2,70 Mg/m³ arasında, TS 3526 standardına göre beton agregası olarak kullanılacak agregaların su emme oranları %0,5–2 değerleri arasında olmalıdır.

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin tane yoğunluğu ve su emme oranı analizleri THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 1097-6 standardına uygun olarak yapılmıştır. Tane yoğunluğu analiz sonuçları Çizelge 4.14'te ve su emme oranı analiz sonuçları Çizelge 4.15'de sunulmuştur.

Çizelge 4.14 Yüzey kuru suya doymuş yoğunluk analizi sonuçları.

Numune Tanımı	Yüzey Kuru Suya Doymuş Yoğunluk (ton/m³)
0-3 mm Kırma Kum	2,64
0-5 mm Yıkanmış Kırma Kum	2,65
1 No'lu Agregat	2,66
2 No'lu Agregat	2,67

Çizelge 4.15 Su emme oranı analizi sonuçları.

Numune Tanımı	Su Emme Oranı (%)
0-3 mm Kırma Kum	2,1
0-5 mm Yıkanmış Kırma Kum	1,3
1 No'lu Agregat	0,8
2 No'lu Agregat	0,7

0-3 mm kırma kumun yüzey kuru suya doymuş yoğunluğu standartlar dahilinde olup su emme oranı standartlara uygun değildir. 0-5 mm yıkanmış kırma kum ile 1 ve 2 no'lu agregaların hem yüzey kuru suya doymuş yoğunlukları hem de su emme oranları standartlara uygundur.

4.2.3 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler

İstenilen özelliklerde bir beton yapılabilmesi için, beton yapımında kullanılacak agreganın geometrik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra ısı ve zaman karşısındaki davranışlarının da iyi bilinmesi gerekmektedir. Agregaların termal ve

bozunma özellikleri beton performansını ve duraylılığını önemli ölçüde etkileyebileceğinden, belirli standartlara uygunluğu test edilmeden beton üretiminde kullanılması sakınca oluşturmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan ve agregaların termal ve bozunma özelliklerinin tespiti için kullanılacak deneylerin kod ve başlıkları şu şekilde sıralanabilir;

TS EN 1367–1 Donmaya ve çözölmeye karşı direncin tayini

TS EN 1367–2 Magnezyum sülfat deneyi

TS EN 1367–3 "sonnenbrand bazalt" için kaynatma deneyi

TS EN 1367–4 Kuruma çekmesinin tayini

TS EN 1367–5 Isıl şok direncinin tayin

TS EN 1367–6 Tuzun (NaCl) bulunduğı ortamda donma ve çözölmeye direncin tayini

TS EN 1367–7 Hafif agregaların donma ve çözölme etkisine karşı direncinin tayini

TS EN 1367–8 Hafif agregaların parçalanmaya karşı direncinin tayin

4.2.3.1 Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini

TS EN 1367–1 standardı ile belirlenmiş olan ve 4 ile 63 mm arasında tane boyutuna sahip agregalara uygulanan bu deney, agregaların art arda donma ve çözölme etkisine maruz bırakılmaları halinde gösterdikleri davranış konusunda bilgi sağlamaktadır (TSE 2009b).

TS EN 932–1 standardına uygun olarak alınan 3 adet deney numunesi kullanılmalıdır. Direnç deneyi, eğer donma – çözölme döngüsel yüklemesinden sonra yapılacaksa, laboratuvar numunesinden eleme işlemi ile elde edilmiş olan uygun bir tane büyüklüğü fraksiyonu üzerinde TS EN 1097–2 standardına uygun şekilde yapılmalı, direnç deneyi için gereken kütlenin 2 katı miktarında laboratuvar numunesi alınmalıdır. Alınan bu numunesi, iki eşit parçaya ayrılarak, birinci parça donma–çözölme döngüsüne tabi tutulmaksızın parçalanma ve yoğunluk deneyleri için, geri kalan ikinci parça ise, donma–çözölme döngü deneyleri için kullanılmalıdır. Deneyde kullanılacak numunenin tane boyutu -16+8 mm olmalıdır. Ancak, ihtiyaç duyulması halinde Çizelge 4.16’da gösterilmiş olan tane büyüklüklerinden herhangi biri kullanılabilir. 3 adet deney

numunesinin her biri yine Çizelge 4.16’da belirtilen miktarlarda alınmalıdır. Deney numunelerinin kütlelerine ilişkin izin verilebilir sapma $\pm$ %5 olarak belirlenmiştir (TSE 2009b).

Çizelge 4.16 Donma-Çözülme döngü deneyi için gereken deney numunesi kısımlarının miktarları (TSE 2009b).

En Büyük Agrega Tane Büyüklüğü (mm)	Agrega Kütleleri veya Hacmi	
	Normal Agregası (g)	Hafif Agregası (mL)
4 – 8	1000	500
8 – 16	2000	1000
16 – 32	4000 ¹	1500
32 – 63	6000 ¹	---

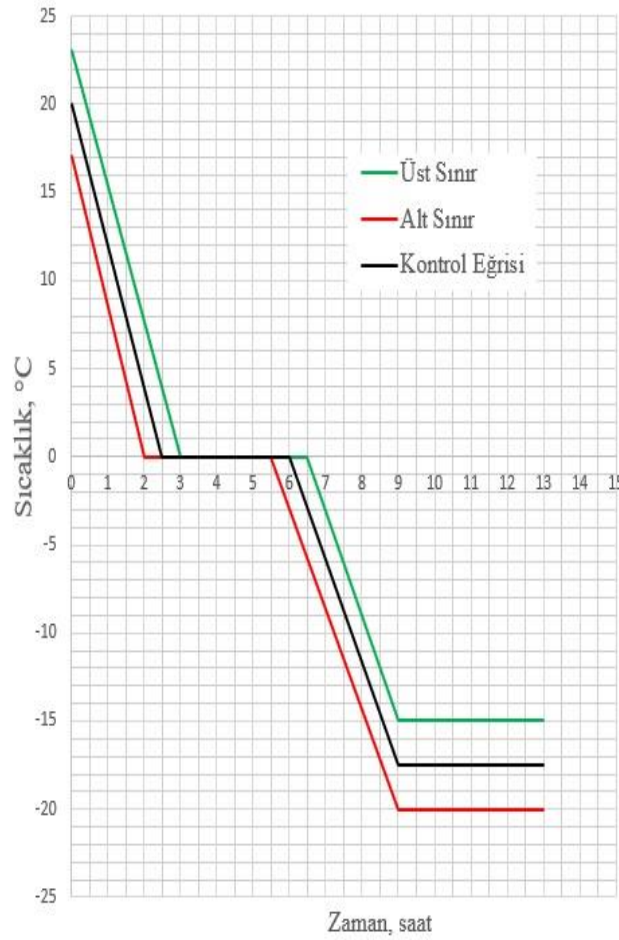
1 – İlave metal kutulara ihtiyaç olacaktır.

Deneyde kullanılacak numuneler yıkanmalı, 110 ± 5 °C sıcaklıkta kurutulmalı, ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakıldıktan sonra beklenmeden tartılarak kütlesi M_1 olarak kaydedilmelidir. Tartım işlemi, tane büyüklüğü 16 mm’ye kadar agregalar için $\pm 0,2$ g ve tane büyüklüğü 16 mm’nin üzerinde olan agregalar için $\pm 0,5$ g hassasiyetle yapılmalıdır. Daha sonra, hazırlanan bu deney numuneleri, içinde damıtık ya da demineralize su bulunan metal kutular içerisinde 20 ± 3 °C sıcaklıkta 24 ± 1 saat süre ile tutulur. Metal kutu içerisindeki damıtık veya demineralize suyun seviyesi, deney numunesinden az 10 mm yüksekte olmalıdır. Isının mümkün mertebe her taraftan eşit şekilde alınmasının sağlanabilmesi için metal kutular, dolabın yan duvarlarına 5 cm mesafeyle birbirlerine temas ettirilmeden yerleştirilir. Soğutulacak bölgenin ortasında bulunan kapalı metal kutunun merkezindeki sıcaklık, sıcaklık ölçümü için referans noktası olarak kullanılarak, sıcaklığın Şekil 4.15’de gösterilen soğutma eğrisi sınırları içerisinde kalması sağlanacak şekilde dolabın sıcaklık ayarı yapılır. Dolapta bulunan numuneler aşağıda belirtildiği şekilde 10 defa donma – çözünme döngüsüne tabi tutulur;

- Sıcaklık 150 ± 30 dakikada 20 ± 3 °C sıcaklıktan 0 (sıfır) °C sıcaklığa düşürülerek 210 ± 30 dakika süreyle 0 (sıfır) °C sıcaklıkta tutulur.
- Sıcaklık 180 ± 30 dakikada 0 °C sıcaklıktan $17,5$ °C $\pm 2,5$ sıcaklığa düşürülerek en az 240 dakika süreyle $17,5$ °C $\pm 2,5$ sıcaklıkta tutulur.

Donma – çözünme döngüsü yapılırken şu hususlara dikkat edilmelidir;

- a** Tatil, kaza vb. nedenlerle donma döngüsü veya elle kontrol sırasında deneye ara verilmesi gerekirse, metal kutular $17,5 \pm 2,5$ °C sıcaklıkta muhafaza edilir. Deneye en fazla 72 saat ara verilebilir.
- b** Deneyin hiçbir aşamasında, havanın -22 °C sıcaklığın altına düşmesine müsaade edilmemelidir.
- c** Her bir donma döngüsünün ardından, kutu muhtevası 20 °C sıcaklıktaki su içerisinde daldırılarak çözülür ve sıcaklık 20 ± 3 °C sıcaklığa ulaştığında çözme işlemi tamamlanmış sayılır.
- d** Her bir çözme işleminin ardından, metal kutular 20 ± 3 °C sıcaklıktaki su içerisinde azami 10 saat süre ile tutulur. Her bir donma – çözünme döngüsü 24 saat içerisinde tamamlanmalıdır.



Şekil 4.15 Dolabın ortasına yerleştirilen dolu metal kutunun merkezindeki sıcaklık eğrisi (referans ölçüm sıcaklığı).

Onuncu döngünün tamamlanmasının ardından her iki kutunun içerisindeki malzeme, deney numunesi almak için kullanılan alt elek göz açıklığının yarısı büyüklükteki bir elek üzerine boşaltılır (Örneğin; -16 +8 mm aralığı için 4 mm'lik bir elek üzerine boşaltılır). Malzeme, bu elek üzerinde elle yıkanarak elenir. Eleğin üzerinde kalan deney numunesi 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulduktan sonra ortam sıcaklığına soğutularak hemen tartılır ve kütlesi M_2 olarak kaydedilir.

Deneyde kullanılan her üç malzemenin de elek üstlerinde kalan parçalar birleştirilerek tartıldıktan sonra elek altında kalmış olan miktar hesaplanır. Elde edilen ağırlık miktarı, deneyde kullanılan numunelerin, birleştirilmiş olan elek üstü fraksiyonlarının kütlece yüzdesi olarak ifade edilir. Donma – çözülme deneyi sonucundaki yüzde kütle kaybı Eşitlik 4.14 yardımıyla hesaplanır;

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (4.14)$$

Burada;

F : Donma – çözünme döngüsünden sonra 3 deney numunesinin kütle kaybı, %

M_1 : deneyde kullanılan her üç malzemenin toplam kuru kütlesi, g

M_2 : Belirtilen elekte tutulan 3 deney numunesinin nihai toplam kuru kütlesi, g'dır.

Deney numunesi parçaları için, donma – çözülme döngülü ve donma – çözülme döngüsüz olmak üzere elde edilen 2 direnç deney sonucu arasındaki yüzdece fark, TS EN 1097-2 standardında belirtilen ve Eşitlik 4.15'te gösterilen işlemler takip edilerek %0,1 hassasiyetle hesaplanır;

$$\Delta S_{LA} = \frac{S_{LA1} - S_{LA0}}{S_{LA0}} \times 100 \quad (4.15)$$

ΔS_{LA} : Direnç kaybı, %

S_{LA0} : Donma-çözülme döngüsü yapılmadan Los Angeles katsayısı

S_{LA1} : Donma-çözülme döngüsünden yapıldıktan sonra Los Angeles katsayısı'dır.

Bu deney yönteminin, dayanıklılık bakımından agregaları birbirlerinden yeterince ayırmadığı gösterilen durumlarda, su yerine %1’lik NaCl çözeltisi ya da doymun üre çözeltisi kullanılabilir. Bu durumda, Şekil 4.15’de verilmiş olan soğutma eğrisi için donma noktasının ayarlanması dışında, TS EN 1367–1 standardında belirtilmiş olan diğer tüm parametreler aynen geçerlidir (TSE 2009b).

TS EN 1367-1 veya TS EN 1367-2’ye uygun şekilde tayin edilmiş olan donma direnci, Çizelge 4.17 veya Çizelge 4.18’de belirtilmiş olan ilgili kategoriye göre beyan edilir.

Çizelge 4.17 En yüksek donma-çözülme direnç değerlerine göre kategoriler (TSE 2009b).

Donma – Çözülme Kütlece Kayıp (%)	Kategori (F)
≤ 1	F ₁
≤ 2	F ₂
≤ 4	F ₄
> 4	F _{beyan}
Serbest	F _{NR}

Çizelge 4.18 Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değerlerine göre kategoriler (TSE 2009).

Magnezyum Sülfat Değeri Kütlece Kayıp (%)	Kategori (MS)
≤ 18	MS ₁₈
≤ 25	MS ₂₅
≤ 35	MS ₃₅
> 35	MS _{beyan}
Serbest	MS _{NR}

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin donma ve çözölmeye karşı direncinin tayini analizleri Ece TDÖH’nde TS EN 1367–1:2009 standardına uygun

olarak yapılmıştır. Donma ve çözölmeye karşı direncin tayini analiz sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Donma ve çözölmeye karşı direncin tayini analiz sonuçları.

Numune Tanımı	Donma – Çözölme Kütle kaybı (%)	Kategori
Agrega	8,62	MS ₁₈

4.2.3.2 Magnezyum Sülfat Deneyi

TS EN 1367–2 standardına göre yapılan magnezyum sülfat deneyinin amacı, periyodik şekilde magnezyum sülfata daldırılıp etüvde kurutulan agregaların davranışlarının değeriendirilmesidir. Deney için, TS EN 932–2 standardına uygun olarak -14 +10 mm boyutundaki en az 500 g kütleli deney numunesi alınır. -14 +10 mm boyutu dışındaki malzemeler için Çizelge 4.20’den yararlanılır.

Çizelge 4.20 Tane boyutu -14 +10 mm aralığı dışında kalan agrega deneyleri için tavsiye kütleleri, deney elek ve tel sepetleri (TSE 2010b).

Tane Boyutu (mm)	Deney kısmı kütleli (g)	Deney Eleği		Tel Sepetler		
		Elek Altı (mm)	Elek Üstü (mm)	Göz Açıklığı (mm)	Yükseklik (mm)	Çap (mm)
+14	800 – 830	28,00	20,00	3,35	160	120
	600 – 630	20,00	14,00	3,35		120
- 10	300 – 310	10,00	6,30	1,18	120	95
	200 – 210	6,30	5,00	1,18	120	95
	200 – 210	5,00	3,35	0,60	120	95
	200 – 210	3,35	2,36	0,60	120	95
	100 – 110	2,36	1,18	0,15	80	65
	100 – 110	1,18	0,60	0,15	80	65
	100 – 110	0,60	0,30	0,15	80	65

Her bir deney malzemesi, 10 mm ve 14 mm göz açıklığına sahip eleklerle, -10 mm boyutundaki elek altı ve +14 mm boyutundaki elek üstü atılmak koşuluyla, yaklaşık 0,5 kg’lık kütleyle sahip bir numune elde edilene kadar elenir. Daha sonra, damıtık su ile

tozları giderilinceye kadar yıkandıktan sonra süzülerek etüvde kurumaya bırakılır. Kurutulan numuneler, tane boyutu fraksiyonu $-14 +10$ mm olan bir malzemenin kullanılmasını sağlamak amacıyla tekrar elenir. Her bir deney numunesi için $420 \pm 0,1$ ile $430 \pm 0,1$ g arasında deney numuneleri tartılarak kütleleri M_1 olarak kaydedilir. Malzeme, işaretlenmiş olan iki tel sepete aktarılır ve takip eden tüm çalışma süresi boyunca, malzeme sıçramalarını en az seviyeye indirmek için tel sepetlerin sallanılmamasına özen gösterilmelidir. Her sepette bulunan agrega, 20 mm'lik çözeltiyle kaplanacak şekilde $17 \pm 0,5$ saatlik süre boyunca, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 'ın damıtık veya deiyonize su içerisinde çözülmesi ile elde edilmiş olan doymuş magnezyum sülfat çözeltisi içeren kabın içerisine daldırılır. Her bir sepet ile yığılmış tuz depolanmaları ve kabın kenarları arasında en az 20 mm açıklık bulunmalıdır. Deneyin her aşamasında, tel sepetlerde bulunan herhangi bir tanenin kaybolmamasına özel bir ihtimam gösterilmelidir. Magnezyum sülfat içeren kabın kapağı, buharlaşma ve kirlenmelerden sakınmak için kapalı tutulmalıdır. Daldırma işleminin tamamlanmasının ardından her bir sepet çözelti içerisinden çıkarılarak 120 ± 15 dk süre boyunca süzülmesinin ardından 110 ± 5 °C sıcaklığındaki etüvde 24 ± 1 saat süre boyunca kurutulmaya bırakılır. Kurutulan numuneler, 300 ± 15 dk süre boyunca ortam sıcaklığına soğutulur. Bir sonraki daldırma işleminde kabın tabanından toplanan tuz çözeltileri önce çözüldükten sonra çözelti iyice karıştırılır. Karıştırılan çözelti 30 dk süre boyunca beklemeye bırakıldıktan sonra yoğunlukları kontrol edilir ve yoğunluğun belirlenmiş olan aralığın dışına çıkmış olması durumunda, hazırlanmış doymuş ve taze magnezyum sülfat çözeltisiyle değiştirilir. Daldırma işlemi esnasında agrega tanelerinin aşırı derecede etrafa sıçraması durumunda çözeltinin ölçülen yoğunluğu, süspansiyon haline gelen ince taneler veya iyon değiştirme etkileri sebepleriyle istenen aralıkta olmayabilir. Bu durumda, çözelti taze bir çözelti ile değiştirilmelidir. Çalışma periyodu, 48 ± 2 saat süre ile 5 defa olmalıdır. İşlemlerin 5 kez tekrar edilmesinden sonra soğutulularak her bir sepetteki agrega magnezyum sülfattan temizlenene kadar musluk suyu ile yıkanmalıdır. Bu durum, 10 mL yıkama (aliquot) çözeltisi ve birkaç damla BaCl çözeltisi kullanılmak sureti ile bulanıklık kontrol edilerek ve aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırılarak ispat edilebilir. Daha sonra deney numuneleri kurutulur. Kurutulmuş olan her bir deney numunesi 10 mm göz açıklığına sahip elekten geçirilerek elek üstü malzemenin kütlesi 0,1 g hassasiyetle M_2 olarak

kaydedilir. Her bir deney numunesinin magnezyum sülfat değeri, kütlece yüzde cinsinden Eşitlik 4.16 yardımıyla hesaplanarak %0,1 hassasiyetle kaydedilir;

$$MS = \frac{100 \times (M_1 - M_2)}{M_1} \quad (4.16)$$

Burada;

MS : Magnezyum sülfat değeri, %

M₁ : Deney malzemesinin ilk kütlesi, ±0,1 g hassasiyetle, g

M₂ : Deneyden sonra 10 mm'lik elek üzerinde kalan malzemenin nihai kütlesi, ±0,1 g hassasiyetle, g

Elde edilen her iki sonucun ortalama değeri hesaplanarak en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir (TSE 2010b).

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin magnezyum sülfat analizleri THBB İktisadi İşletmesi'nde gönderilerek TS EN 1367–2:2011 standardına uygun olarak yapılmıştır. Magnezyum sülfat analiz sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Magnezyum sülfat analizi sonuçları.

Numune Tanımı	Magnezyum Sülfat Değeri (%)	Kategori
1 No'lu Agreg (1)	14	MS ₁₈
2 No'lu Agreg (1)	14	MS ₁₈
1 No'lu Agreg (2)	35	MS ₃₅
2 No'lu Agreg (2)	35	MS ₃₅

1 ve 2 no'lu agregaların magnezyum sülfat değerleri standartlara uygundur.

4.2.3.3 Agregalarda Kuruma Çekmesi Tayini

Kuruma çekmesi tayini deneyi, TS EN 1367–4 standardına uygun olarak, azami agreg tane boyutu 20 mm olan sabit karışım oranlı betonların deneylerinin esas alınmasıyla, agreganın, beton kuruma çekmesi üzerindeki etkisini tespit etmek için yapılmaktadır (TSE 2009c).

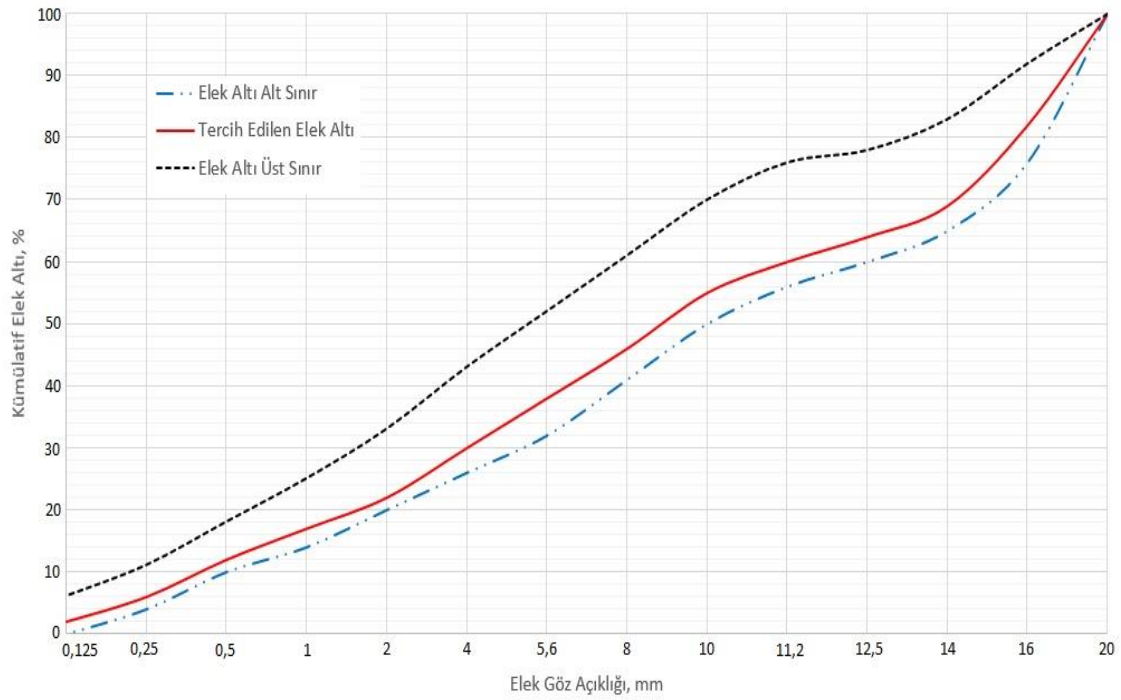
Kuruma çekmesi tayini deneyi için TS EN 932–2 standardına uygun şekilde laboratuvar malzemesi azaltılarak bir kısmi numune elde edilir. Numuneler etüvde kurutulurak ortam sıcaklığına soğutulduktan sonra, yaklaşık olarak; -20 +10 mm boyutunda 1,6 kg, -10 +4 mm boyutunda 0,8 kg ve -4 mm tane boyutunda 1,3 kg kısmi numune alınır. Alınan malzeme düz bir tepsiye yayılarak 50 ±2 °C’lık etüvde en az 16 saat süreyle kurutulurken, ince agregaya toplam elek üstü ve iri agregaya her iki kısmi numunesinin elek altı ve elek üstü malzemelerin tamamı atılır. Çizelge 4.22’de verilen çimento, agregaya ve su miktarları kullanılarak 3 adet deney prizması hazırlanır. İri ve ince taneli agregalar Çizelge 4.23’te belirtilen sınırlara ve Şekil 4.16’da gösterilen tane boyutu dağılım eğrilerine uygun olmalıdır (TSE 2009c).

Çizelge 4.22 Deney prizmalarının bileşenlerinin kütleleri (TSE 2009c).

Bileşenler	Kütle
Çimento	550 ±5
İri Taneli Agregaya (-20 +4 mm) ve İnce Taneli Agregaya (kum)	3300 ±5
Su	300 ±5

Çizelge 4.23 Beton prizmalarda agregaların tane büyüklüğü dağılımı sınırları (TSE 2009c).

Elek Göz Açıklığı (mm)	Elek Altı Alt Sınır (%)	Tercih Edilen Elek Altı (mm)	Elek Altı Üst Sınır (mm)
20	100	100	100
16	76	82	92
14	65	69	83
12,5	60	64	78
11,2	56	60	76
10	50	55	70
8	41	46	61
5,6	32	38	52
4	26	30	43
2	20	22	33
1	14	17	25
0,5	10	12	18
0,25	5	8	12
0,125	0	2	6



Şekil 4.16 Kuruma çekmesi tayini deneyi için referans tane büyüklüğü dağılım eğrisi (TSE 2009).

Beton, uygun bir mekanik karıştırıcı yardımıyla 3 adet prizma elde edilecek şekilde karıştırılır. Karışım için ilk olarak çimento ile ince taneli agrega minimum iki dakika süreyle karıştırıldıktan sonra iri agrega ilave edilir ve homojen bir karışım elde edilinceye kadar kuru halde karıştırılır. Bu karıştırma işleminden sonra, karışıma gerekli miktarda su ilave edilerek 2–3 dk daha karıştırılır. Beton, tek ya da çok parçalı kalıba dökülerek, yaklaşık iki eşit kalınlıklı tabaka şeklinde ayrıldıktan sonra tam bir sıkışma sağlanıncaya kadar sarsıntılı masada sıkıştırılır. Tam bir sıkışmanın sağlanamadığı durumlarda deney iptal edilir. Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra prizma üst yüzeyleri mala ile düzeltilir. Daha sonra, prizma kalıplarının üstünü kapatacak şekilde düz bir su geçirmez örtü ile kapatılarak oda sıcaklığında 24 ± 2 saat süre bekletilir. 24 ± 2 saatlik süre sonunda, prizmalar numaralandırılarak belirgin bir şekilde işaretlenir. Prizmalar kalıptan çıkarılarak, hiçbir bölme kullanılmadı ise prizmanın uçlarındaki oyuklara 8 mm çapındaki paslanmaz çelik bilyeler çimentolanır. Prizmalar, 24 ± 2 saat süre boyunca 20 ± 2 °C sıcaklığında, minimum %95 bağıl neme sahip bir nemlendirme ortamında bekletilir. Daha sonra, çelik bilye, yarım küre başlıklar ya da bölmelerin üst yüzeyi temizce yıkanır. Belirlenmiş sürelerden sonra, üst kısımları işaretlenmiş olan prizmalar çerçeve içerisine yerleştirilmeli, prizmanın yavaş yavaş döndürülmesi

esnasında ölçüm cihazları en düşük gösterge değerine ayarlanarak ölçülmeli ve bütün ölçümler 20 ± 2 °C sıcaklıkta yapılmalıdır. Her ölçüm öncesi ve sonrasında, ölçüm cihazlarının gösterdiği uzunluklar, referans çelik çubuklarla karşılaştırılmalıdır. Göstergedeki farkın $2 \mu\text{m}$ 'den daha fazla olduğu durumlarda ölçüm tekrar yapılmalıdır. Referans çelik çubukla prizmanın arasındaki uzunluk farkı $2 \mu\text{m}$ hassasiyetle kaydedilmelidir. Sıkıştırma işlemleri, 48 ± 2 saat içerisinde tamamlanarak, prizmalar, 20 ± 2 °C sıcaklığındaki su içerisinde 120 ± 2 saat süre boyunca bekletilir. Süre sonunda sudan çıkarılan prizmaların çelik bilyeleri, küresel başlıkları veya bölmeleri temiz ve kuru bir bez ile temizlenir. Prizmalar, 105 ± 2 °C sıcaklıktaki etüve yerleştirilmeden uzunlukları ölçülerek referans çubukla arasındaki fark (w) saptanmalıdır. Prizmanın bütün yüzeylerinin hava ile temas etmesine dikkat edilmelidir. Etüvdeki prizmalar 72 ± 2 saat sonra çıkarılarak 24 ± 2 saat süreyle desikatörde soğutulduktan sonra her bir prizma uzunluğu ölçülerek referans çelik çubuk ile arasındaki fark (d) kaydedilir. Prizmanın kuruma çekmesi (S) Eşitlik 4.17 yardımıyla yüzde olarak hesaplanır;

$$S = \frac{w-d}{l} \times 100 \quad (4.17)$$

Burada;

S : Kuruma çekmesi, %

w : Islak durumda ilk uzunluk, mm

d : Kuru durumda ilk uzunluk, mm

l : Kuru uzunluk, mm

Prizmaların kuruma çekmesi değerleri, ayrı ayrı $6 \mu\text{m}$ ve ortalama %12 aralığında bir dağılım gösterdiği durumda, deney yetersiz kabul edilerek, farklı prizmalarla yeni bir deney daha yapılmalıdır (TSE 2009c).

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin kuruma çekmesi tayini analizi THBB İktisadi İşletmesi'nde TS EN 1367–4:2009 standardına uygun olarak yapılmıştır. Kuruma çekmesi tayini analiz sonuçları Çizelge 4.24'te sunulmuştur.

Çizelge 4.24 Kuruma çekmesi tayini analiz sonuçları.

0-3 mm Kırma Kum, 1 No’lu Agreg, 2 No’lu Agreg	
Numune No	Kuruma Çekmesi (%)
1	0,013
2	0,015
3	0,014
Ortalama	0,014

0-3 mm kırma kum ile 1 ve 2 no’lu agregaların kuruma çekmesi değerleri standartlara uygundur.

4.2.3.4 Alkali Silika Reaksiyonu Deneyi

Betonarme yapılarda hasarlar meydana getiren ASR (Alkali Silika Reaksiyonu), bazı çimentoların içerisinde bulunan Na_2O ve K_2O gibi alkali oksitlerin betonun gözenek suyu içerisinde çözünerek NaOH ve KOH oluşturması ve aktif silis içeren kırmataşlarla reaksiyona girerek zaman içerisinde betonun çatlamasına neden olan bir jel oluşturmasıdır. Reaksiyonun sebep olduğu genleşmenin belirli bir sınır değeri aşması durumunda beton için potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır (Neville 1987). ASR basit olarak iki aşamadan oluşmaktadır;

- I. Alkali + Reaktif Silika $\rightarrow$ Alkali – silika jel ürünleri
- II. Alkali – silika jel + Nem $\rightarrow$ Genleşme

ASR’nun oluşabilmesi için çimento alkali içeriğinin eşdeğer Na_2O bazında %0,6 dan yüksek olması gerekmektedir. Portland çimentosunun toplam alkali içeriği Na_2O eşdeğeri olarak Eşitlik 4.18 yardımıyla hesaplanmaktadır;

$$Eşdeğer \text{Na}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + 0,658\text{K}_2\text{O} \quad (4.18)$$

Kil, kireçtaşı, şeyl vb. çimento hammaddeleri sodyum ve potasyum oksitlerin kaynağını oluştururken, bunun dışında agregalar, karışım suları, katkı maddeleri, buz çözücü tuzlar, zemin suları, beton kür suları ve endüstriyel atık sular da sodyum ve potasyum oksit kaynağı olabilmektedir. Beton alkalinitesi arttıkça reaksiyon potansiyeli de artmaktadır. Alkali hidroksit çözeltisi, reaktif agregalarla kolaylıkla reaksiyona girebilirken, yüksek konsantrasyonlu alkali çözeltilerde silikanın kararlı formları dahi silikon bağlarının kırılması sebebiyle reaksiyona girebilmektedir. ASR, alkali iyonlarının yayılmasını sağladığından dolayı yalnızca nem varlığında gerçekleşmektedir. Oluşan jel su emerek şişip genişlemeye ve betonda içsel gerilmeler yaratarak agrega ile onu çevreleyen çimento harcının çatlamasına sebep olmaktadır (Neville 1987).

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan 0-3 mm kırma kum numunesinin ASR analizi THBB İktisadi İşletmesi'nde ASTM C 1260-07 standardına uygun olarak yapılmıştır. Akreditasyon kapsamında olan analizin sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25 Alkali Silika Reaksiyonu analiz sonuçları.

Zaman (Gün)	1. Çubuk Uzama Oranı (%)	2. Çubuk Uzama Oranı (%)	3. Çubuk Uzama Oranı (%)	Ortalama Çubuk Uzama Oranı (%)
3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
7	0,01	0,01	0,01	0,01
14	0,01	0,01	0,02	0,01

- Ortalama uzama oranı < %0,10; ASR yönünden tehlikesiz agregalar
- Ortalama uzama oranı < %0,20; potansiyel tehlike arz edebilir agregalar
- Ortalama uzama oranı > %0,20; tehlikeli agregalar

0-3 mm kırma kumun 3, 7 ve 14 günlük testler sonucunda ortalama çubuk uzama oranları %0,01 olup ASR yönünden tehlikesiz agrega sınıfına girmektedir.

4.2.4 Agregaların Kimyasal Deneyleri

Agregaların kimyasal deneyleri, betonun prizine ve/veya sertleşmesine zarar verebilecek, betonun doluluğunu ve/veya kompasesini azaltabilecek, parçalanmasına neden olabilecek, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürebilecek maddelerin tayini için yapılmaktadır (İnt. Kyn.2).

4.2.4.1 Organik Madde Tayini Deneyi

TS EN 1744–1+A1 standardına göre yapılan organik madde tayini deneyi, agregaların humus muhtevası bakımından değerlendirilmesi sebebiyle yapılmaktadır. Katıları temsil ettiği gibi nem içeriğini de temsil etmesi gereken numune TS EN 932–2 standardına uygun olarak Çizelge 4.26’da gösterilen agrega boyutu için verilen değerlerden daha düşük olmayacak miktarlara azaltılır.

Çizelge 4.26 Başlangıçtaki alt numunenin minimum kütlesi (TSE 2013b).

Agreganın Maksimum Anma Tane Büyüklüğü (mm)	Alt Numunenin Minimum Kütlesi (kg)
63	50
45	35
22,4	15
< 22,4	5

Tepsiye yayılarak 55 ± 5 °C sıcaklıktaki etüvde sabit kütleye kadar kurutulan numune, daha sonra soğutulup 4 mm göz açıklığına sahip elekten eğer. Elek üstünde kalan malzeme elek altına geçecek şekilde kırıldıktan sonra elek altına geçmiş olan önceki malzeme ile bileştirilir. Bir cam şişe içersine 8 cm yüksekliğinde %3’lük NaOH çözeltisi konulduktan sonra çözelti + agrega yüksekliği 12 cm’ye ulaşana kadar malzeme eklenir. Şişe çalkalanarak hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Daha sonra, şişenin kapağı kapatılarak bir dakikalık süre boyunca kuvvetli bir şekilde çalkalandıktan sonra beklemeye bırakılır. 24 saatlik süre sonunda benzer bir şişe içersinde bulunan standart renk çözeltisi ile agrega içeren deney çözeltisinin rengi kıyaslanır. Deney

sonucu, çözelti renginin standart renkten daha açık veya daha koyu olması şeklinde belirtilir (TSE 2013b).

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin organik madde tayini analizleri Ece TDÖH’nde TS EN 1744–1+A1 standardına uygun olarak yapılmıştır. Organik madde tayini analizinin sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27 Organik madde tayini deney sonuçları.

Numune Tanımı	Humus Muhtevası	Hafif Organik Kirletici Miktarı MLPC (%)
Agrega	Yoktur	0,0001

4.2.4.2 Agregalarda Harç Metoduyla Organik Kirleticilerin Tayini

Organik kirleticilerin tayini için uygulanan harç metodu, agregaların ihtiva ettiği, harcın sertleşmesine ve katılaşmasına etki edebilen organik kirleticilerin miktarının belirlenmesi için yapılan bir deney yöntemidir. Bu yöntemin temel ilkesi, aynı olduğu bilinen iki harcın hazırlanarak sertleşme hızları ve basınç dayanımları değerlerinin belirlenmesi için deneye tabi tutulmasıdır. Harçlardan biri, orijinal hali ile kullanılan agrega içerirken, diğeri, organik maddeleri ısıtılarak yok edilen iki deney numunesi kısmını içermektedir. Isıtılmış agrega, orijinal agrega ile kıyaslanarak etkili bir kontrol görevi yapmaktadır. Sertleşme deneyi, harcın prizlenme süresinin artmasını ya da azalmasını belirlerken, 28 günlük dayanım ise uzun süreli etkileri tayin etmektedir (TSE 2013b).

TS EN 1744–1 standardına göre yapılacak deneyde kullanılmak üzere alınan numune tepsilere yayılarak doğal şartlarda ve ortam sıcaklığında kurumaya bırakılır. Her bir deney numunesi parçası, kuru malzemeden $1,9 \pm 0,1$ kg olacak şekilde TS EN 932–2 standardına uygun olarak elde edilir. Harç metodunda kullanılmak üzere, kuru malzemeden her biri 1800 gramdan daha az ağırlıkta olan iki deney kısmi numunesinin

elde edilmesi için “numune ayırma” yöntemi kullanılmalıdır. Bu işlemin ardından, alt numunenin elde edilebilmesi için kısmi numunelerden biri, bir ya da iki ve yahut eğer gerekli ise üç kez örnek bölme yöntemiyle azaltılmalıdır. Elde edilen alt numune, ilk numuneye eklendiğinde oluşacak toplam kütlenin 2000 gramı geçmemesi gerekmektedir. Bu işlemler sonucunda elde edilmiş olan dört adet deney numunesinden ikisi orijinal haliyle bir yere ayrılarak kalan iki numune parçası ısıtılır. Isıtma, aşağıda belirtilen işlemler kullanılarak yapılmalıdır;

- a) Kısmi deney numunesi, tartılmış olan porselen ya da silika kapsül içerisine konularak tartımı yapıldıktan sonra ortam sıcaklığına sahip bir muffle fırına yerleştirilir.
- b) Fırın sıcaklığı, 240 ± 15 dk sürede 480 ± 25 °C’a yükseltilir.
- c) 240 ± 15 süre boyunca 480 ± 25 °C sıcaklığında tutulur. Bu süre sonunda bir gece boyunca soğumaya bırakılır. Ortam sıcaklığına soğutulmuş olan agrega tartılarak oluşan kütle kaybı hesaplanır ve kaydedilir. İkinci kısmi deney numunesi için de aynı işlemler uygulanır.

Deneyde kullanılacak çimento, TS EN 197-1 standardına uygun CEM I çimentosu olmalıdır. Her bir harç karışımı, ısıtılmamış veya önceden ısıtılmış agregalardan alınan kısmi deney numunelerini ve bu numunelerin ağırlığının $\frac{1}{4}$ ’ü kütleyle sahip çimento içerir. Çimento ± 1 g hassasiyetle tartılmalıdır. Isıtılmamış agrega ihtiva eden harçların su içeriği, TS EN 1015-4’te verilen yöntemle tayin edildiği durumda, harcın $23 \pm 0,5$ mm’lik ortalama plunger penetrasyonu ile tarif edilen standart bir kıvama gelmesini sağlayacak ölçüde olmalıdır. Gerekli olan su içeriğinin tespiti amacıyla, ısıtılmış agreganın kullanıldığı bir seri deneme karışımı hazırlanır. Her bir kıvam, doğru kıvama gelinceye kadar su içeriği ardışık şekilde değiştirilerek ölçülür. En son yapılan karışımın içerdiği su miktarının kütlesi kaydedilerek su/çimento oranı hesaplanır. Isıtılmamış agrega ve ısıtılmadan önce tartılan kontrol agregasının aynı nemlilik şartlarına sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle, deneme karışımlarının hazırlandığı gün içerisinde kontrol agregasının ısıtılmaya başlanması ve harç deney numunesinin hazırlanması gerekmektedir. Kontrol karışımlarının ise deneyde kullanılmak üzere yapılan karışımlardan bir gün sonra hazırlanması gerekir. Bu iki günlük süre zarfında, laboratuvarın sıcaklığı, nemi gibi fiziksel şartları mümkün olduğu kadar benzer şekilde

olmalıdır. Isıtılmamış olan agregada deney kısmi numuneleri için gerekli olan çimento kütlesi hesaplama ile bulunur. Daha sonra, deneme karışımından elde edilen su-çimento oranından, gereken su miktarı hesaplanarak $\pm 0,5$ g hassasiyetle tartılır. Kontrol harçları ile deney harçlarının su/çimento oranlarının aynı olması için her bir karışımın içermesi gereken suyun kütlesi hesaplanır. Daha sonra, ısıtma işlemi sırasında gerçekleşen kütle kaybı, hesaplanan her bir kütleyle eklenir. Her bir karışım için $\pm 0,5$ g hassasiyetle su tartılır. İkisi havada kurutulmuş, teslim alındığı şekliyle orijinal agregadan ve diğer ikisi ısıtılmış agregadan olmak üzere dört karışım hazırlanır. Harç karıştırılmaya başlanmadan önce kullanılacak tüm malzemeler 20 ± 2 °C sıcaklığa getirilir. Karışım, bağıl nemin %50'den az olmaması kaydıyla bir odada ya da 20 ± 2 °C sıcaklığa sahip kontrollü bir çevrede hazırlandıktan sonra, önce agregada sonra da çimento kuru mikser kasesi içerisine konularak 30 saniye süre ile karıştırılır. Bundan sonraki 30 saniye süresince ise hem karıştırma işlemi devam hem de su ilave edilir. Mikser, hesaplanan miktar kadar su eklendikten sonra 60 saniye süre boyunca karıştırılıp durdurulur. Mikserin içerisinde kalan ya da yapışan bütün malzeme kazıyıcı yardımıyla kasenin içine temizlenir. Bu işlem 60 saniye içerisinde tamamlanmalıdır. Kase ıslak bir bezle örtülerek 5 dk süre ile beklendikten sonra, kase miksera tekrar yerleştirilerek 1 dk daha karıştırılır. Bu işlemlerin hemen ardından, TS EN 1015-9 standardına uygun olarak sertleşme oranı tayin edilir. Isıtılmış ve ısıtılmamış agregaların kısmi deney numuneleri için iki defa tekrar edilerek sertleşme zamanı tayin edilir. Tüm harç karışımlarından TS EN 1015-11 standardında belirtilmiş olan şartlarla üçer adet $160 \times 40 \times 40$ mm boyutlarına sahip prizmalar hazırlanarak 28 günlük basınç dayanımları ölçülür. Isıtılmış ve ısıtılmamış agregalar için ikişer defa tekrarlanmış kısmi deney numuneleri için toplam 12 adet baskı dayanımı değeri kaydedilir. Kalıp içerisinden alınan tüm prizmaların yoğunluğu saptanır. Isıtılmış agregalarla hazırlanan harçların ortalama sertleşme süresinden ısıtılmamış agregalarla hazırlanan harçların ortalama sertleşme süresinin çıkarılması ile elde edilen sertleşme süresindeki değişim 15 dk'lık yaklaşımla hesaplanır. Elde edilen değerin negatif olması, agregada içerisinde bulunan kirleticilerin harç sertleşme süresini kısalttığını (hızlandırdığını) göstermektedir. Isıtılmamış agregada harcının bağıl basınç dayanımı, %5, %1 yaklaşımla Eşitlik 4.19 yardımıyla hesaplanır;

$$S = \frac{A}{B} \times 100 \quad (4.19)$$

Burada;

S : Isıtılmamış agreganın bağıl basınç dayanımı, %

A : 6 adet ısıtılmamış agrega prizmasının ortalama basınç dayanımı, N/mm²

B : 6 adet ısıtılmış agrega prizmasının ortalama basınç dayanımı, N/mm²

Organik kirleticiler, harçların ihtiva ettiği havayı tutabilmekte ya da çıkarabilmektedir. Tutulan havanın basınç dayanımına etkisi, çimentonun hidrasyonuna kimyasal bir etki yapabilen kirleticilerden daha farklıdır. Isıtılmamış agregalarla hazırlanan harçlardan yapılan prizmaların ağırlığının, ısıtılmış agregalarla hazırlanan harçlardan yapılan prizmaların ağırlığından anlamlı bir şekilde az olması, tutulan havanın varlığını gösterebilmektedir (TSE 2013b).

Agregaların asitte çözünebilen sülfat muhtevası, Çizelge 4.28'de gösterilen ilgili kategoriye uygun şekilde beyan edilmelidir (TSE 2009a).

Agregaların TS EN 1744-1'e uygun şekilde saptanmış olan toplam kükürt muhtevası, S cinsinden;

- a. Havada soğutulmuş yüksek fırın cürufları için ağırlıkça % 2'yi,
- b. Havada soğutulmuş yüksek fırın cürufları dışında kalan agregalar için ağırlıkça % 1'i aşmamalıdır.
- c. Agreganın pirotin (FeS) ihtiva etmesi durumunda özel önlemlerin alınması gerekir. Agreganın FeS içerdiği biliniyorsa, S cinsinden toplam kükürt muhtevası ağırlıkça en çok % 0,1 olmalıdır.

Çizelge 4.28 Asitte çözünebilen en yüksek sülfat muhtevası değerleri için kategoriler (TSE 2009a).

Agrega	Asitte Çözünebilen Sülfat Muhtevası (Kütlece %)	Kategori (AS)
	$\leq 0,2$	AS _{0,2}
Havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu dışındaki agregalar	$\leq 0,8$	AS _{0,8}
	$> 0,8$	AS _{beyan}
	Serbest	AS _{NR}
Havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu	≤ 1	AS ₁
	> 1	AS _{beyan}
	Serbest	AS _{NR}

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerin harç metodu ile organik kirleticilerin tayini analizleri Ece TDÖH’nde TS EN 1477–1+A1:2013 standardına uygun olarak yapılmıştır. Harç metoduyla organik kirleticilerin tayini analiz sonuçları Çizelge 4.29’da sunulmuştur.

Çizelge 4.29 Harç metoduyla organik kirleticilerin tayini analiz sonuçları.

Numune Tanımı	KLORÜRLER	Asitte Çözülebilir Sülfat		Toplam Kükürt
	Bulunan (%)	Bulunan (Kütlece %)	Kategori	Bulunan (%)
0/4 mm	0,00071	0,0367	AS _{0,2}	0,0488
4/11,2 mm	0,00035	0,0367	AS _{0,2}	0,0488
11,2/22,4 mm	0,00027	0,0367	AS _{0,2}	0,0488

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

İstanbul ili Çatalca ilçesi Kırklareli kireçtaşı formasyonu içinde bulunan Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan numunelerle yapılmış olan standart agrega deneyleri, mineralojik ve petrografik analizler sonucunda elde edilen veriler incelenerek standartlarca belirlenmiş olan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tane boyutu dağılımının tayini deneyi TS EN 933-1 standardına uygun olarak yapılmış olup sonuçlar TS 706 EN 12620 ile verilen sürekli granülometri eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Maksimum tane iriliği 32 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi ile 2 no'lu agrega numunesi karşılaştırılmış olup numunenin belirlenmiş olan alt limit değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Maksimum tane iriliği 16 mm olan agregalar için referans granülometri eğrisi ile 1 no'lu agrega numunesi karşılaştırılmış olup eğrinin bir kısmının alt limit değerinin altında olduğu görülmüştür. 0-3 mm kırma kum ile 0-5 mm yıkanmış kırma kum numuneleri ise maksimum tane boyutu 8 mm olan agregalar için referans granülometri eğrileri ile karşılaştırılmış olup, 0-3 mm kırma kum granülometri eğrisinin referans üst limit değerlerinin üzerinde olduğu, 0-5 mm yıkanmış kırma kum numunesinin granülometri eğrisinin ise bir kısmının üst limit değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre Diztaş Madencilik kireçtaşı ocağından alınan 4 farklı numunenin de beton agregası olarak kullanılabilmesi için karışım yapılması gerektiği görülmektedir. Orijinal halleriyle beton agregası olarak kullanılmaması gereken kireçtaşları karışım agregası olarak değerlendirilebilecektir.

TS 933-3 standardına uygun olarak yapılmış olan yassılık indeksi deneyi sonucunda 1 ve 2 no'lu agrega numunelerinin FI_{15} kategorisinde olduğu, dolayısı ile üst limit değerinin çok altında olduğundan beton agregası olarak kullanılabilceği görülmüştür.

TS EN 933-1 standardına uygun olarak yapılmış olan çok ince tane muhtevası deneyi sonucunda 0-3 mm kırma kum numunesi çok ince tane muhtevasının %17,9 ile f_{22} ve 0-5 mm yıkanmış kırma kum numunesi çok ince tane muhtevasının %8,2 ile f_{10} kategorisinde olduğu, her iki numunenin de standartlarca belirlenmiş olan limit

değerlerin altında olduğu ve beton agregası olarak kullanılmasında bir mahsur olmadığı görülmüştür.

0-3 mm kırma kum ve 0-5 mm yıkanmış kırma kum numunelerinin TS EN 933–8:2012+A1 standardına uygun olarak kum eşdeğeri deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda, 0-3 mm kırma kumun ES değeri 69 ve 0-5 yıkanmış kırma kumun ES değeri ise 60 olarak tespit edilmiştir. Her iki numunenin de ES değerlerine göre “*hafif killi kum*” kategorisine girdiği, yaygın olarak kullanılan betonlarda, özellikle rötreden kuşku duyulmaması halinde kullanılabileceği görülmektedir. Her iki numune de yüksek kaliteli beton üretiminde kullanılmamalıdır.

TS EN 933–9 standardına göre yapılmış olan metilen mavisi deneyi sonucunda taş tozu numunesinin 0,5, 0-3 mm kırma kum numunesinin 1,7 ve 0-5 mm yıkanmış kırma kum numunesinin 1,8 metilen mavisi değerlerine sahip oldukları, dolayısı ile beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

Agregaların Los Angeles yöntemiyle parçalanmaya karşı dirençlerinin tayini deneyleri TS EN 1097–2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda 1 ve 2 no’lu agregaların her ikisinin de 21 Los Angeles Katsayısı değerine sahip olduğu ve LA₂₅ kategorisine girdiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre, agreganın standartlarca belirlenen limit değerlerin altında olduğu ve beton agregası olarak kullanılabileceği görülmektedir.

TS EN 932–2 standardına uygun olarak yapılan deneyler sonucunda, agrega numunelerinin gevşek yığın yoğunluklarının 0-3 mm kırma kum için 1,44 Mg/m³, 0-5 mm yıkanmış kırma kum için 1,36 Mg/m³, 1 no’lu agrega için 1,33 Mg/m³ ve 2 no’lu agrega için 1,29 Mg/m³ olduğu ve beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

TS EN 1367–1 standardına uygun şekilde yapılmış olan donma ve çözölmeye karşı direncin tayini deneyi sonucunda agreganın donma ve çözölme kütle kaybı %8,62 ve

kategorisi MS₁₈ olarak tespit edilmiş olup standartlarca belirlenen limit değer dahilinde olduğundan beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

Agregaların yüzey kuru suya doymun tane yoğunluğu ve su emme oranlarının tayini deneyleri TS EN 1097-6 standardına uygun olarak yapılmıştır. Yüzey kuru suya doymun tane yoğunlukları 0-3 mm kırma kum için 2,64 Mg/m³, 0-5 mm yıkanmış kırma kum için 2,65 Mg/m³, 1 no'lu agrega için 2,66 Mg/m³ ve 2 no'lu agrega için 2,67 Mg/m³ olarak tespit edilmiştir. Tüm numunelerin TS 206-1 standardınca belirlenmiş olan 2,50 – 2,70 ton/m³ sınır değerleri aralığında olduğu görülmektedir. Su emme oranlarının tayini deneyleri sonucunda, 0-3 mm kırma kumun %2,1 oranında, 0-5 mm yıkanmış kumun %1,3 oranında, 1 no'lu agreganın %0,8 oranında ve 2 no'lu agreganın %0,7 oranında su emme değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Beton agregası olarak kullanılacak agregaların su emme oranları TS 3526 standardında %0,5-2 olarak belirlenmiştir. Buna göre 0-3 mm kırma kumun su emme değeri standartta belirlenmiş değerden %0,1 oranında daha yüksek bir değere sahiptir. Ancak su emme oranı limit değerinde olmasına rağmen donma ve çözölmeye karşı direnci limit değerlerde olduğundan beton agregası olarak kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır. 0-5 mm yıkanmış kırma kum ile 1 ve 2 no'lu agregaların su emme değerleri ise limit değerler aralığında olduğundan beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

Agreganın magnezyum sülfat deneyi TS EN 1367-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. 1 ve 2 no'lu agregalar için ikişer defa yapılmış olan deney sonucunda her iki numune için de ilk deneyde magnezyum sülfat değeri %14 olarak tespit edilmiş olup MS₁₈ olarak kategorilendirilmiştir. Her iki numunenin ikinci deney sonucundaki magnezyum sülfat değerleri ise %35 olarak tespit edilmiştir ve kategorileri MS₃₅'tir. Her iki deney sonucunda elde edilen magnezyum sülfat değerleri de standartlarca belirlenen limitler dahilinde olup beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

0-3 mm kırma kum ile 1 ve 2 no'lu agregalar için, TS EN 1367-4 standardına uygun olarak yapılan kuruma çekmesinin tayini deneyleri sonucunda agregaların kuruma çekmesi değeri ortalama %0,014 olarak tespit edilmiştir. Agregaların kuruma çekmesi

değeri, TS 706 EN 12620 standardında belirtilen üst limit olan %0,075 değerinin çok altında olduğundan beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

ASTM C 1260-07 standardına uygun olarak yapılan ASR deneyi sonucunda agreganın ortalama çubuk uzama oranı 3 gün için %0,01'den daha az, 7 gün ve 14 gün için ise %0,01 olarak tespit edilmiş olup ASR yönünden tehlikesiz agregası sınıfına girmektedir. Bu nedenle, beton agregası olarak kullanılabilecekleri görülmektedir.

TS EN 1744-1+A1 standardına göre yapılan organik madde tayini deneyi sonucunda, agreganın hafif organik kirletici miktarının %0,0001 olduğu ve humus içermediği tespit edilmiştir. TS EN 1477-1+A1:2013 standardına göre yapılan harç metoduyla organik kirleticilerin tayini deneyi sonucunda ise 0-4 mm agregası için %0,00071 klorür, %0,0488 kükürt ve %0,0367 oranında asitte çözölen sülfat tespit edilmiş olup asitte çözölebilen sülfat kategorisi AS_{0,2}'dir. 4-11,2 mm agregası için %0,00035 klorür, %0,0488 kükürt ve %0,0367 oranında asitte çözölen sülfat tespit edilmiş olup asitte çözölebilen sülfat kategorisi AS_{0,2}'dir. 11,2-22,4 mm agregası için ise %0,00027 klorür, %0,0488 kükürt ve %0,0367 oranında asitte çözölen sülfat tespit edilmiş olup asitte çözölebilen sülfat kategorisi AS_{0,2}'dir.

Yapılan standart agregası deneyleri verilerinin tümü birden değerlendirildiğinde, Çatalca Bölgesi kireçtaşlarının yüksek kaliteli beton üretiminde kullanılmamak kaydıyla beton agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, Ş. (1963). İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahadeler. *MTA Dergisi*, **60**: 1-6.
- Akartuna, M. (1953) Çatalca – Karacaköy Jeolojisi. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografisi*, **13**: 88.
- Akpokodje, E.G. and 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.
- Akyol, A. (1979). Petrography and Geochemistry of the Istranca – Demirköy Pluton (in Turkish). Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Akyol, E. ve Aygün, F. (1995). Trakya Karasal Tersiyer’inde Yaş Tayinleri. Trakya Havzası Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 28-29.
- Alişan, C. (1985). Trakya “I” Bölgesi’nde Umurca – 1, Kaynarca – 1, Delen – 1 Kuyularında Kesilen Formasyonların Polinostratigrafisi ve Çökelme Ortamlarının Değerlendirilmesi. TPAO Araştırma Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 386, Ankara.
- Alişan, C. ve Gerhard, J.E. (1987). Kuzey Trakya Havzasında Açılan Üç Kuyunun Polinostratigrafisi ve Kaynak Kaya Özellikleri. Türkiye 7. Petrol Kongresi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Ankara, 6-10 Nisan, 461-474.
- Al-Jassar, S. and 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**: 143-158.
- Altın, B.N. (1998). Trakya’da Yerçekillerinin Neotektonik Dönem Jeomorfolojik Gelişimleri. Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya, 28. Coğrafya Meslek Haftası, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 10-12 Haziran, 53-72.
- Apaydın, M.S. (2007). Farklı Kökenli Agregaların Beton Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Aral, F.İ ve Çengel, Ş. (2003). Tekedere Grubu Kayaçların (Safaalanı – Saray – Tekirdağ) Yapıtışı – Agrega Olarak Değerlendirme Olanakları. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 03-04 Aralık.
- Arıç-Sayar, C. (1969). Boğaziçi Arazisinde Ordovisiyen Conularia'ları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **12**: 140-159.
- Arioğlu, E., Arioğlu, N. ve Yılmaz, A.O. (2006). Beton Agregaları – Çözümlü Problemler – Bilgi Föyleri. Evrim Yayınevi, II. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Aslaner, M. (1956). Tozaklı, Poyraklı Linyitleri ve Pınarhisar Civarının Jeolojisi. *MTA Enstitüsü Dergisi*, **66**: 126-142.
- Aydın, Y. (1974). Etude Petrographique et Geochimique de la Partie Centrale du Masif D'Istranca (Turquie). These de Doctorat, Universite'de Nancy, Nancy.
- Aydın, Y. (1982). Yıldız Dağları (Istranca Masifi)'nin Jeolojisi. Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Baradan, B. (1997). Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Sf:174-176, İzmir.
- Batı, Z. (1996). Palynostratigraphy and Coal Petrography of the Upper Oligocene Lignites of the Northern Thrace Basin, NW Turkey. Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Batı, Z., Alişan, C., Ediger, V.Ş., Teymur, S., Akça, N., Sancay, H., Ertuğ, K., Kirici, S., Erenler, M. ve Aköz, Ö. (2002). Kuzey Trakya Havzasının Polinomorf, Foraminifer, Ve Nannoplankton Biyostratigrafisi. Türkiye Stratigrafi Komitesi Çalıştayı Özleri, 14. s.
- Batı, Z., Erk, S. ve Akça, N. (1993). Trakya Havzası Tersiyer Birimlerinin Polinomorf, Foraminifer ve Nannoplankton Biyostratigrafisi. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 1947, Ankara.
- Baykal, F. ve Kaya, O. (1963). İstanbul Bölgesinde Bulunan Karboniferin Genel Stratigrafisi. *MTA Dergisi*, **61**: 1-9.
- Baykal, F. ve Kaya, O. (1965). İstanbul Silüriyeni Hakkında Not. *MTA Dergisi*, **64**: 1-7.

- Beer, H. and Wright, J.A. (1960). Stratigraphy of the Ganosdag, Korudag and Kesan Hills , District I. TPAO Araştırma Daire Başkanlığı Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 2974, Ankara.
- Beshr, H., Almusallah, A.A. and Maslehuddin, M. (2003). Effect of Coarse Aggregate Quality on the Mechanical Properties of High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*, **17**: 97-103.
- Beyazıt, Ö.L. (1988). Beton ve Deneyleri. DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- BÜRKÜT, Y. (1966). Istranca Kristalen Masifinin Petrojenezi. *Madencilik VIII*, **4**: 165-180.
- Chaput, E. (1936). Voyages D'etudes Geologiques et Geomorphogeniques en Turquie, E. De Bocard, Institut Francais D'archeologie, Paris
- Chaput, E. and Hovasse, R. (1930). Notice Preliminaire sur le Cretace Supereur de Zekeriyaköy au Nord de Constantinople. *İstanbul Darülfünunu Fen Fakültesi Mecmuası*, **4**: 1-16.
- Coskun, B. (1997). Oil and Gas Fields-Transfer Zone Relationships, Thrace Basin, NW Turkey. *Marine and Petroleum Geology*, **14(4)**: 401-416.
- Coşkun, B. (2000). North Anatolian Fault – Saros Gulf Relationships and Their Relevance to Hydrocarbon Exploration, Northern Aegean Sea, Turkey. *Marine Petroleum Geology*, **17**: 751-772.
- Çağlayan, M.A. ve Yurtsever, A. (1998). Burgaz A3, Edirne B2 ve B3; Burgaz A4 ve Kırklareli B4; Kırklareli B5 ve B6; Kırklareli C6 Paftaları, 1:100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, MTA Genel Müdürlüğü, 20, 21, 22, 23, Ankara.
- De Boer, N.P. (1954). Report on a Geological Reconnaissance in Turkish Thrace. September, December, G.A. 25373.
- Dizer, A. (1951). Küçükçekmece – Çatalca Arasındaki Nummulitiğin Paleontolojik Etüdü. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası Seri B*, **16** (3).

- Doğan, Ü.A. (2008). Beton Bileşim Parametrelerinin Geçirimsizlik Özellikleri Ve Gömülü Çelik Donatı Korozyonuna Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, M. (2008). Tekirdağ Yöresi Agregalı Malzemesinin Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Doust, H. and Arıkan, Y. (1974). The Geology of the Thrace Basin. Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı, 119-136.
- Dreux, G. (1993). Mise En Oeuvre Des Betons, Center Des Hautes Etudes De La Construction, Paris.
- Druitt, C.E. (1961). Report on the Petroleum Prospects of Thrace, Turkey. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 1427, Ankara.
- Duman E. (2017). Çatalca İlçesi'nin Coğrafi Potansiyeli ve Sürdürülebilir Arazî Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Duman H. (2003). Çatalca (İstanbul)-Muratbey Köyü Karstik Kaynaklarının Hidrojeolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Duman, T.M., Keçer, M., Ateş, Ş., Emre, Ö., Gedik, İ., Karakaya, F., Durmaz, S., Olgun, Ş., Şahin, H. ve Gökmenoğlu, O. (2004). İstanbul Metropolü Batısındaki (Küçükçekmece – Silivri – Çatalca Yöresi) Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri, MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi – 3, Ankara.
- Durmuş, A. (1995). Beton Nitelikleri Yönünden Optimum Kum Kirliliğinin Belirlenmesi. *Beton Prefabrikasyon*, **36**.
- Durmuş, A., Doğançün, A. ve Yaylı, A. (1988). Kum Kirliliğinin Betonun Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi. *Beton Prefabrikasyon*, **8**.
- Edet, A. (1992). Physical Properties and Indirect Estimation of Microfractures Using Nigerian Carbonate Rocks as Examples. *Engineering Geology*, **33**: 71-80.

- Ediger, V.Ş. and Alişan, C. (1989). Tertiary Fungal and Algal Palynomorph Biostratigraphy of the Northern Thrace Basin, Turkey. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **58**: 139-161.
- Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D. ve Şaroğlu, F. (1998). Marmara Denizi Çevresindeki Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. *MTA Dergisi*, **120**: 199-221.
- Erdoğan, M. (1992). Alkali Karborat Reaksiyonunun Gelişim Mekanizması ve Nedenleri. *Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni*, 41-47.
- Erdoğan, M. (1993). İstanbul ve Dolayının Yapay Agrega Potansiyeli. *Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni*, **14**: 29-41.
- Erenler, M. (1985). Trakya Baseni Merkezi Kısımında Seçilen Kuyuların Mikropaleontoloji ve Biyostratigrafleri. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 809, Ankara.
- Erentöz, C. (1953). Çatalca Bölgesi'nde Jeoloji Tetkikleri. MTA Yayınları, B 17, 94 s.
- Eso Standart (1960). I Sayılı Marmara Petrol Bölgesi AR/EST/105, 106, 108 ve 109 Hak Sıra Numaralı Sahalara Ait Terk Raporu. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 1031, Ankara.
- 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.
- Gerhard, J.E. and Alişan, C. (1987). Palynostratigraphy, Paleoecology and Visual Organic Geochemistry Turgutbey – 2, Değirmencik – 3 and Pancarköy – 1, Thrace Basin, Turkey. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 983, Ankara.
- Giaccio, G., Rocco, C., Violini, J., Zappitelli, J. and Zerbino, R. (1992). High-Strength Concretes Incorporating Different Coarse Aggregates. *ACI Materials Journal*, **89(3)**: 242-246.

- Görür, N. and Okay, A. (1996). A Fore-arc Origin for the Thrace Basin, NW Turkey. *Geologische Rundschau*, **85(4)**: 662-668.
- Gutierrez, P.A. and Canovas, M.F. (1996). High Performance Concrete Requirements for Constituent Materials and Mix Propotioning. *ACI Materials Journal*, **93(3)**: 233-241.
- Güçlüer, K., Günaydın, O., Tekin, Ö.F. ve Şahan, M.F. (2017). Farklı Tipte Agregat Kullanımının Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **6(1)**: 107-114.
- Güler, B. (2005). Pınarhisar – Saray (Trakya Havzası Kuzey) Arasında Yüzeyleyen Soğucak Formasyonunun Rezervuar Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güler, B. (2006). İstanbul Ayazağa – Cebeci – Çatalca Bölgelerindeki Agregat Kaynaklarının Yüksek Dayanımlı Betonda Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güner, M.S. (1999). Malzeme Bilimi – Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi. Aktif Yayınevi, I. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Güner, M.S. ve Süme, V. (2001). Yapı Malzemesi ve Beton. Aktif Yayınevi, İstanbul, 336 s.
- Haas, W. (1968). Das Alt-Palaeozoikum von Bithynien Nordwest-Türkei. *N.Jb. Geol. Palaont. Abh.*, **131(2)**: 178-242.
- Holmes, A.W. (1961). A Stratigraphic Review of Thrace. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 368, Ankara.
- Hoşgören, M. (1983). Jeomorfolojinin Ana Çizgileri I. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, I. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- İrfan, 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.
- Kaplan, M.F. (1959). Flexural and Compressive Strength of Concrete as Affected by the Properties of Coarse Aggregates, *Journal of American Concrete Institute*, **May**: 1193-1208.

- Kasar, S. (1987). Edirne – Kırklareli – Saray (Kuzey Trakya) Bölgesi'nin Jeolojisi, Türkiye 7. Petrol Kongresi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Ankara, 6-10 Nisan, 281-291.
- Kasar, S. ve Eren, A. (1986) Kırklareli – Saray – Kırıkköy Bölgesinin Jeolojisi. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 2208, Ankara.
- Kasar, S., Bürkan, K., Siyako, M. ve Demir, O. (1983). Tekirdağ – Şarköy – Keşan – Enez Bölgesinin Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 1171, Ankara.
- Kaya, O. (1971). İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **14(2)**: 143-191.
- Kaya, O. (1978). İstanbul Ordovisyan ve Silüryeni, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Yayınları*, **4**: 1-22.
- Kemper, E. (1961). The Kırklareli Limestone (Upper Eocene) of the Northern Basin Rim. G.Deilman Bergbau GMBH Jeolojik Raporu, T37.
- Keskin, C. (1966). Pınarhisar Resif Karmaşığı'nın Mikrofasiyes İncelemesi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası Seri B*, **31(3-4)**.
- Keskin, C. (1974). Kuzey Trakya Havzası'nın Stratigrafisi. Türkiye II. Petrol Kongresi Tebliğler Kitabı, Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Ankara.
- Ketin, İ. (1953). Tektonische Untersuchungen auf den Prinzeninseln nahe İstanbul. *Geol. Rundsch.*, **41**: 161-172.
- Kopp, K.O., Pavoni, N. and Schindler, C. (1969) Geologie Thrakiens IV: Das Ergene-Becken. *Beih Zum Geol. Jahrb*, **76**: 136.
- Koral, H. (1997). Trakya Havzası Doğusunun Neotektoniği. Trakya'da Sanayileşme ve Çevre II Sempozyumu, Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü, Kırklareli, 06-08 Kasım, 302-314.
- Korkanç, M. ve Tuğrul, A. (2017). Niğde Bölgesi Agregat Kaynakları ve Sorunları, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **6**: 122-131.

- Krausert, R. ve Malal, Z. (1957). Koyunbaba Üyesinin Ölçülen Kesiti. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor.
- Lebküchner, R.F. (1974). Orta Trakya Oligosen'inin Jeolojisi Hakkında. *MTA Dergisi*, **83**: 1-29.
- Mindess, S. and Young, J.F. (1981). Concrete. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J, New Jersey, USA.
- Murdock, L.J., Brook, K.M. and Dewar, J.D. (1991). Concrete Materials and Practice. Edward Arnold (Publishers), 6th Edition, London, England.
- N.V. Turkse Shell (1972). I Sayılı Marmara Petrol Bölgesi AR/NTS/832, 833, 835, 836, 997, 998 Hak Sıra Numaralı Sahalara Ait Terk Raporu. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Rapor, 769, Ankara.
- Natal'in, B.A., Sunal, G., Toraman, E. ve Satır, M. (2005). Structural and Metamorphic Evolution of the Strandja Massif (Istranca Masifinin Yapısal ve Metamorfik Evrimi). TÜBİTAK- 101Y010 No'lu Proje.
- Neville, A.M. (1987). Properties of Concrete. Longman Scientific and Technical, 3rd Edition, Harlow – Essex, United Kingdom.
- Okay, A., Satır, M., Tüysüz, O., Akyüz, S. and Chen, F. (2001). The Tectonics of the Strandja Massif: Late- Hersiniyen and Mid- Mesozoic Deformation and Metamorphism in the Northern Aegea, *Int. J. Earth Sciences*, **90**: 217-233.
- Okay, A.C. (1947). Alemdağ – Karlıdağ – Kayışdağ Arasındaki Bölgenin Jeoloji Etüdü. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, **8**: 311-355.
- Okay, A.I. ve Tansel, İ. (1992). Pontid-İçi Okyanusu'nun Üst Yaşı Hakkında Şarköy Kuzeyinden (Trakya) Yeni Bir Bulgu. *MTA Dergisi*, **114**: 21-24.
- Okay, A.I., Sengor, A.M.C. and Gorur, N. (1994). Kinematic History of the Opening of the Black Sea and Its Effect on the Surrounding Regions. *Geology*, **22**: 267-270.
- Okay, A.İ. ve Yurtsever, A. (2006). Istranca Masifinin Metamorfik Kaya Birimleri ile Metamorfizma Sonrası Kretase Kaya Birimleri. Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi

- Birimleri Serisi-2, Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 1-41.
- Ozansoy, F. (1962). Doğu Trakya Alt Oligosen Antrakotarienleri. *MTA Dergisi*, **58**: 85-96.
- Önal, M. (1985). Gelibolu (Çanakkale) Kuzeybatısının Jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önal, M. (1981). İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyen İstifinin Çökelme Ortamları. *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, **2(3-4)**: 161-177.
- Özgül, N. (2011). İstanbul İl Alanının Jeolojisi Yönetici Özeti. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent Jeolojisi Projesi.
- Özışık, G. (1998). Beton. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 1998, İstanbul.
- Özkahraman, H.T. and Işık, E.C. (2005). The Effect of Chemical and Mineralogical Composition of Aggregates on Tensile Adhesion Strength of Tiles. *Construction and Building Materials*, **9(4)**: 251-255.
- Öztunalı, Ö. Ve Üşümezsoy, Ş. (1979). Istranca Masifi'nin "Çekirdek" Kayaçları ve Petrojenetik Evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayınları, Altınlı Sempozyumu, 37-44.
- Özturan, T. and Çeçen, C. (1997). Effect of Aggregate Type on the Mechanical Properties of Concretes With Different Strengths. *Cement and Concrete research*, **27(2)**: 165-170.
- Paeckelman, W. (1938). Neue Beitrage zur Kenntniss der Geologs, Paleontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel, Abh. D. Preuss Geol. L.A.N.F. 18.
- Pamir, H. ve Baykal, A.F. (1947). Istranca Masifi'nin Jeolojik Yapısı. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **1** (1).

- Pamir, H.N. ve Sayar, M. (1933). Küçükçekmece Fosil Fıkralı Hayvanlar Mecmuası, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü, No 8, İstanbul.
- Penck, W. (1919). Grundzüge der Geologie des Bosporus, E.S. Mitler, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, A. Neue Folge, Geographisch-naturwissenschaftliche Reihe, Heft 4, Berlin
- Perinçek, D. (1987). Trakya Havzası Renç Fay Zonunun Sismik Özellikleri. Türkiye 7. Petrol Kongresi, TMMOB Petrol Mühendisleri Odası, Ankara, 6-10 Nisan, 11-21.
- Poitevin, P. (1999). Limestone Aggregate Concrete, Usefulness and Durability. *Cement and Concrete Composites*, **21**: 89-97.
- Postacıoğlu, B. (1987). Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt II. İTÜ İnşaat Fakültesi, 232 s. İstanbul.
- Ramsay, D.M., Dhir, R.K. and Spence, I.M. (1974) The Role of Rock and Clast Fabric in the Physical Performance of Crushed – Rock Aggregate. *Engineering Geology*, **8**: 267-285.
- Sakıncı, M. (1994). Karaburun (B İstanbul) Denizel Oligoseni'nin Stratigrafisi ve Paleontolojisi. *MTA Dergisi*, **116**: 9-14.
- Sakıncı, M., Yaltırak, C. and Oktay, F.Y. (1999). Palaeogeographical Evolution of the Thrace Neogene Basin and the Tethys-Paratethys Relations at North Western Turkey Thrace. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **153**: 17-40.
- Saltık, O. (1975). I. Bölge Malkara – Tekirdağ – Işıklar Dağı Sahalarının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 17. s.
- Saraç, G. (1987). Kuzey Trakya Bölgesinde Edirne – Kırklareli – Saray – Çorlu – Uzunköprü – Dereikebir Yörelerinin Memeli Paleofaunası. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sirel, E. ve Gündüz, H. (1976). Kırklareli (Kuzey Trakya) Denizel Oligoseninin Stratigrafisi ve Nummulites Türleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **19**: 155-158.

- Siyako, M. (2006). Trakya Havzası Tersiyer Kaya Birimleri. Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-2, Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 43-83.
- Siyako, M. ve Kasar, S. (1985). Edirne – Lalapaşa – Kırklareli Bölgesinin Jeolojisi. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 2062, Ankara.
- Siyako, M., Bürkan, K. ve Okay, A.I. (1989). Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **1**: 183-199.
- Sunal, G., Satır, M., Natal'in, B.A., ve Toraman, E. (2008). Paleotectonic Position of the Stranja Massif and Surrounding Continental Blocks Based on Zircon Pb-Pb Age Studies. *International Geology Review*, **50**: 519-545.
- Sümengen, M., Terlemez, I., Şentürk, K., Karaköse, C., Erkan, E.N., Ünay, E., Gürbüz, M. ve Atalay, Z. (1987). Gelibolu Yarımadası ve Güneybatı Trakya Tersiyer Havzası'nın Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği. MTA Genel Müdürlüğü, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 8218, Ankara.
- Şen, S., Koral, H. and Önal, M. (1996). Sedimentary and Tectonic Evidence for the Relationship Between the Istanca Massif, the Paleozoic of Istanbul and Overlying Tertiary Sequence: 2. International Symposium on the Petroleum Geology and Petroleum Potential of the Black Sea Area, 46.
- Şen, Ş. (1994). Çekmece Gölleri Arasındaki Bölgenin Jeolojisi Ve Sedimanter Özellikleri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen, Ş., Koral, H. ve Önal, M. (1998). Küçükçekmece – Çatalca Dolayında Trakya Havzası Doğusunun Jeolojisi ve Gelişimi: Yeni Bulgular. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, **11(1)**: 27-36.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan Evolutin of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, **75**: 181-241.
- Taner, M. ve Çağatay, A. (1983). Istanca Masifindeki Maden Yataklarının Jeolojisi ve Mineralojisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **26**: 31-40.

- Taşdemir, C. (1998). The Influence of Aggregate Type on the Mechanical Properties of Concrete. 12. European Ready Mixed Concrete Congress, 23-26 June, Lisboa, 633-640.
- Tchihatcheff, P. (1864). Le Bosphore et Constantinople, avec carte geologique, Paris.
- Temel, R.Ö. ve Çiftçi, N.B. (2002). Gelibolu Yarımadası, Gökçeada ve Bozcaada Tersiyer Çökellerinin Stratigrafisi ve Ortamsal Özellikleri. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **14**: 17-40.
- Tokay, M. (1998). Agrega Tipinin Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkisi. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, **19(2)**: 1627-1638.
- Topal, A. (2008). Agregaların Geometrik Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Yeni Görüntü Analiz Yöntemleri Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- TS 706 EN 12620+A1 (2009a). Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2 (2010a). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Yöntemler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-3 (1999). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-6 (2013a). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-1 (2009b). Agregaların Isıl ve Bozunma Özelliklerini Tayin İçin Deneyler - Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-2 (2010b). Agregaların Termal ve Bozunma Özelliklerini Tayin İçin Deneyler - Bölüm 2: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 1367-4 (2009c). Agregaların Isıl ve Yıpranma Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 4: Kuruma Büzülmesinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1744-1+A1 (2013b). Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Kimyasal Analiz, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-1:2012 (2012a). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini - Eleme Yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-3 (2012b). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: Tane Şekli Tayini - Yassılık Endeksi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-8:2012+A1 (2015). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 8: İnce Tanelerin Tayini- Kum Eşdeğeri Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-9+A1 (2014). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini - Metilen Mavisi Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turgut, S. and Eseller, G. (2000). Sequence Stratigraphy, Tectonics and Depositional History in Eastern Thrace Basin, NW Turkey. *Marine and Petroleum Geology*, **17**: 61-100.
- Turgut, S., Siyako, M. ve Dilki, A. (1983). Trakya Havzası'nın Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **4**: 35-46.
- Uğurlu, A. (1989). Betonda Agrega Granülometrisinin Düzenlenmesi ve Önerilen Bir Yöntem: Fuller Parabolü. *D.S.İ. Teknik Bülteni*, **69**: 45-49.
- Umut, M., İmik, M., Kurt, Z., Özcan, I., Ateş, M., Karabıyıkoglu, M. ve Saraç, G. (1984). Edirne İli – Kırklareli İli – Lüleburgaz (Kırklareli İli) Uzunköprü (Edirne İli) Civarının Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 7349, Ankara.
- Umut, M., Kurt, Z., Özcan, I., Sarıkaya, H. ve Saraç, G. (1983). Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar Alanının Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 7349, Ankara.

- Uribe-Afif, R. (1994). Study of Petrous Aggregates for Concrete in Zimapan Arch Dam in Mexico. 7. International IAEG Congress, Lisboa, 5-9 September, 3229-3233.
- Ülkümen, N. (1960). Trakya ve Çanakkale Mintıklarında Bulunan Neojen Balıkları Formasyoları Hakkında. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, **16**.
- Ünal, O.T. (1967). Trakya Jeolojisi ve Petrol İmkanları. TPAO Arama Grubu Arşivi, Yayınlanmamış Teknik Rapor, 391, Ankara.
- Ünsal, A. ve Şen, H. (2008). Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneyleri. T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Malzeme Lab. Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Üşümezsoy, Ş. (1982). Istranca Masifinin Petrojenik Evrimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Varol, B., Baykal, M. ve Ayyıldız, T. (2009). Trakya Havzası (Bozcaada – Kıyıköy) Tersiyer Karbonatlarının (Soğucak Formasyonu) Sedimentolojik – Stratigrafik Değerlendirilmesi. *MTA Dergisi*, **139**: 1-15.
- Williams, D.M. and McNamara, K. (1992). Limestone to Dolomite to Dedolomite Conversion and Its Effect on Rock Strength: A Case Study. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **24**: 131-135.
- Yalçın, H. ve Gürü, M. (2006). Çimento ve Beton. Palme Yayıncılık, Ankara, Türkiye.
- Yalçınlar, İ. (1944) İstanbul Boğazının Batısında Jeomorfolojik Araştırmalar. *Türk Coğrafya Dergisi*, **5-6**: 131-136.
- Yalçınlar, İ. (1954). Sur la Presence des Schistes Carboniferes et des Plantes fossiles a l'W. D'Istanbul. Ex. *C.R.S. Soc. Geol.*, **2**.
- Yeğinboğalı, A. (1999). Betonun İç Yapısı. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Notları, Ankara.
- Yıldırım, H. (1995). Agregat Konsantrasyonunun Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım, M. ve Savaşkan, E. (2003). İstanbul Bölgesi Tersiyer Çökellerinin Stratigrafisine Yeni Bir Yaklaşım ve Çökellerin Mühendislik Özellikleri.

İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, 20-21 Aralık, 87-102.

Zarif, H., Tuğrul, A. ve Dursun, G. (2003). İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agregat Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, **16**: 61-70.

İnternet Kaynakları

1- <http://www.istanbulkulturturizm.gov.tr/TR,165100/catalca.html>, 21.03.2018

2- <http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/67153/45353/agrega.pdf>, 17.04.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Oğuzhan VURUŞAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Yazıhan / 01.09.1990
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 05530049446 / oguzhan-vurusan@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : H.Ahmet Akıncı Lisesi, (2004-2007)
Lisans : İnönü Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, (2009-
Yüksek Lisans : Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş
Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, (2017-2017)
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, (2015-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Cen-ma Madencilik 2013

Yüce Marble / 2014

Güngör İnşaat / 2014-2017

Varol Beton / 2017- 2018