

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

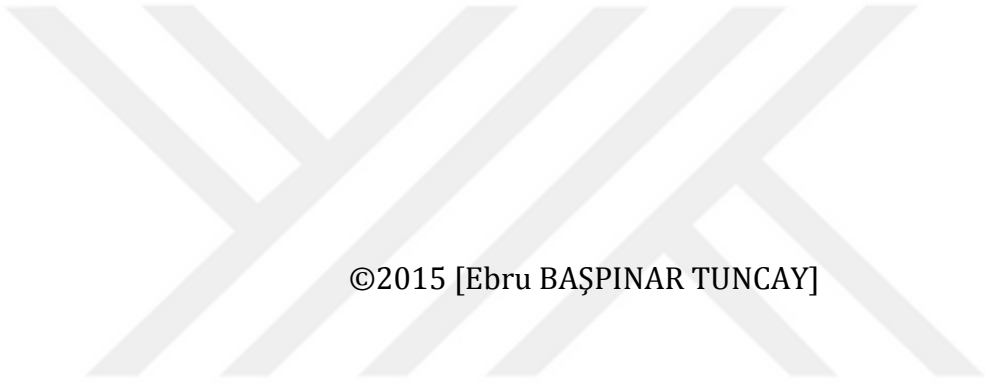
**ISPARTA YÖRESİNDE YERALAN KAYA BİRİMLERİNDEN ELDE  
EDİLEN AGREGALARIN BETON PERFORMANSINA ETKİSİ**

**Ebru BAŞPINAR TUNCAY**

**Danışman  
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU**

**II. Danışman  
Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN**

**DOKTORA TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2015**



©2015 [Ebru BAŞPINAR TUNCAY]

## TEZ ONAYI

Ebru BAŞPINAR TUNCAY tarafından hazırlanan "**Isparta Yöresinde Yeralan Kaya Birimlerinden Elde Edilen Agregaların Beton Performansına Etkisi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**

**Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**II. Danışman :**

**Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Mustafa KUŞCU**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Mehmet SALTAN**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Mehmet Erkan KARAMAN**  
Akdeniz Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Yrd. Doç. Dr. Cenk ÖCAL**  
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



**Enstitü Müdürü**

**Doç. Dr. Yasin TUNCER**

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Ebru BAŞPINAR TUNCAY**



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ABSTRACT .....	vii
TEŞEKKÜR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Konu ve Amaç.....	2
1.2.İnceleme Alanı Hakkında Genel Bilgiler.....	3
1.2.1.İnceleme alanının yeri .....	3
1.3.Agreganın Tanımı ve Sınıflandırılması.....	4
1.4.Agreganın İnşaat Sektöründeki Yeri .....	7
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	9
2.1. Çalışma Alanının Jeolojisini Konu Alan Çalışmalar.....	9
2.2. Agregaya ve Beton Arasındaki İlişkiyi Ortaya Koyan Çalışmalar .....	12
3. MATERYAL VE METOD .....	21
3.1.MATERYAL .....	21
3.1.1.Agrega .....	21
3.1.2.Çimento .....	21
3.1.3.Silis dumanı.....	21
3.1.4.Akışkanlaştırıcı.....	22
3.1.5.Karma suyu .....	22
3.2.METOD .....	22
3.2.1.Saha çalışmaları .....	22
3.2.2.Laboratuvar çalışmaları .....	23
3.2.2.1.Petrografik çalışmalar .....	23
3.2.2.2.Majör, minör ve iz element analizleri.....	23
3.2.2.3.Kayacın fiziko-mekanik özellikleri .....	24
3.2.2.3.1.Numune alma yöntemi .....	24
3.2.2.3.2.Basitleştirilmiş petrografik tanımlama.....	24
3.2.2.3.3.Görünür yoğunluğu .....	25
3.2.2.3.4.Özkütle (Gerçek Yoğunluk) .....	25
3.2.2.3.5.Doğal taşlar - basınç dayanımı tayini .....	26
3.2.2.3.6.Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı tayini .....	26
3.2.2.4.Agrega fiziko - mekanik özelliklerinin belirlenmesi.....	26
3.2.2.4.1.Agrega tane sınıfları .....	27
3.2.2.4.2.Tane büyüklüğü dağılımı (Granülometri) .....	28
3.2.2.4.3.Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini.....	28
3.2.2.4.4.Tane yoğunluğu ve su emme oranı .....	29
3.2.2.4.5.İncelik modülü.....	30
3.2.2.4.6.İnce madde oranı .....	30
3.2.2.4.7.Organik madde tayini .....	31
3.2.2.4.8.Yassılık indeksi tayini .....	31
3.2.2.4.9.İri agregaların parçalanmaya karşı direnci (Los Angeles) ..	32
3.2.2.4.10.İri agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval) .....	32

3.2.2.4.11.Agregaların donmaya ve çözülmeye karşı direncin tayini	33
3.2.2.4.12.Alkali-silika reaktivliği	33
3.2.2.4.13.Asitte çözülebilen sülfat	33
3.2.2.5. Beton karışım özellikleri ve hesaplamaları	33
3.2.2.5.1.En büyük agrega tane boyutunun seçilmesi	34
3.2.2.5.2.Tane büyüklüğü dağılımının seçilmesi	34
3.2.2.5.3.Agrega karışım oranlarının saptanması	35
3.2.2.5.4.Su/Çimento oranının seçilmesi	35
3.2.2.5.5.Su miktarının (s) seçilmesi	36
3.2.2.5.6.Hava miktarının seçilmesi	37
3.2.2.5.7.Beton karışım hesabının yapılması	38
3.2.2.6. Betonun fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi	39
3.2.2.6.1.Taze betondan numune alma	39
3.2.2.6.2.Yoğunluk	39
3.2.2.6.3.Taze betonda verim (Randıman) (V)	40
3.2.2.6.4.Çökme (Slump)	41
3.2.2.6.5.Sıkıştırılabilirlik derecesi	41
3.2.2.6.6.Hava içeriği	42
3.2.2.6.7.Beton numunelerinin şekilleri	42
3.2.2.6.8.Deney numunelerinin hazırlanması ve kürlenmesi	42
3.2.2.6.9.Yoğunluk	43
3.2.2.6.10.Basınç dayanımı	43
3.2.2.6.11.Eğilme dayanımı	44
3.2.2.6.12.Yarmada çekme	44
3.2.2.6.13.Dinamik elastisite modülü ve Poisson oranı için amprik formül	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	46
4.1.Bölgesel Jeoloji	46
4.2.Isparta ve Çevresinin Jeolojisi	49
4.3.Agrega Ocaklarının ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri	51
4.3.1.Göлтаş kireçtaşı ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri	51
4.3.1.1.Söbüdağ kireçtaşı (Ks)	55
4.3.1.2.Çiğdemtepe Kireçtaşı (Kç)	56
4.3.1.3.Koçtepe formasyonu (Tk)	57
4.3.1.4.Kayıköy formasyonu (Tka)	59
4.3.1.5.Alüvyon (Qal)	60
4.3.1.6.Yapısal jeoloji	60
4.3.1.7.Göлтаş kireçtaşı ocağı agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri	61
4.3.2.Gümüşgün kireçtaşı ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri	64
4.3.2.1.Koçtepe Formasyonu (Tk)	67
4.3.2.2.Kayıköy formasyonu (Tka)	67
4.3.2.3.İncesu formasyonu (Tin)	68
4.3.2.4.Isparta ofiyolit karmaşığı (Tık)	69
4.3.2.5.Yamaç molozu (Qym) ve Alüvyon (Qal)	71
4.3.3.Yapısal jeoloji	71

4.3.3.1.Gümüşgün kireçtaşı ocağı agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri.....	72
4.3.4.Atabay kum-çakıl ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri .....	75
4.3.4.1.Söbüdağ Kireçtaşı (Ks).....	78
4.3.4.2.Çiğdemtepe Kireçtaşı (Kç) .....	78
4.3.4.3.Eğirdir ofiyolit karmaşığı (Kto) .....	79
4.3.4.4.Tınaztepe Formasyonu (JKtı) .....	80
4.3.4.5.İncesu formasyonu (Tin).....	81
4.3.4.6.Atabay konglomerası (Qa).....	82
4.3.4.7.Alüvyon (Qal).....	83
4.3.4.8.Yapısal jeoloji.....	83
4.3.5.Atabay kum-çakıl ocağı agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri.....	85
4.3.6.Büyükhacılar dolomit ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri .....	87
4.3.6.1.Kuyubaşı dolomiti (T <sub>Rk</sub> ).....	90
4.3.6.2.Davras kireçtaşı (M <sub>sd</sub> ).....	91
4.3.6.3.Aluvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym).....	92
4.3.6.4.Yapısal jeoloji.....	92
4.3.6.5.Büyükhacılar dolomit ocağı agregalarının mineralojik-jeokimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri .....	93
4.3.7.Direkli Tefri-fonolit Ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri .....	96
4.3.7.1.Kayıköy formasyonu (Tka).....	99
4.3.7.2.Gölcük volkanikleri (PQg).....	99
4.3.7.2.1. Gölcük volkanik kayaçları (PQgv) .....	100
4.3.7.2.2. Gölcük piroklastikleri (PQgp).....	100
4.3.7.3.Alüvyon (Qal).....	101
4.3.7.4.Yapısal jeoloji.....	102
4.3.7.5.Direkli tefri-fonolit ocağı agregalarının mineralojik-jeokimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri.....	102
4.3.8.Trakibazalt ocağı ve çevresi jeolojisi .....	107
4.3.8.1.Kayıköy formasyonu (Tka).....	110
4.3.8.2.Gölcük volkanikleri (PQg).....	110
4.3.8.2.1. Gölcük volkanik kayaçları (PQgv) .....	111
4.3.8.2.2. Gölcük piroklastikleri (TQgp).....	111
4.3.8.3.Alüvyon (Qal).....	112
4.3.8.4.Yapısal jeoloji.....	112
4.3.8.5.Trakibazalt ocağı (Kayıköy) agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri.....	113
4.4.Kayaçların Belirlenen Fiziksel ve Fiziko-Mekanik Özellikleri .....	117
4.4.1.Özkütle (d <sub>o</sub> ).....	117
4.4.2.Doğal taşlar-basınç dayanımı tayini (R) .....	118
4.4.3.Görünür Yoğunluk (ρ <sub>b</sub> ).....	121
4.4.4.Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı tayini (R <sub>tf</sub> ) .....	123
4.4.5.Tane büyüklüğü dağılımı (Granülometri).....	125
4.4.6.Gevşek yığın yoğunluğu(ρ <sub>b</sub> ) ve boşluk hacminin tayini (v) .....	132
4.4.7.Tane yoğunluğu ve su emme oranı.....	138

4.4.8.İncelik modülü .....	145
4.4.9.İnce madde oranı .....	147
4.4.10.Organik madde tayini .....	149
4.4.11.İri agregaların yassılık indeksi.....	150
4.4.12.İri agregaların parçalanmaya karşı direnci (Los Angeles) (LA) .....	152
4.4.13.İri agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval) ( $M_{DE}$ ) .....	155
4.4.14.İri agregaların donma/çözülme etkisine karşı direnci (F) .....	157
4.4.15.. ASTM C 1260 (2007)'a göre agregaların alkali silika reaksiyonu	160
4.4.16.Asitte çözülebilen sülfat .....	161
4.5.Beton karışım özellikleri ve hesaplamaları .....	162
4.5.1.En büyük agrega tane boyutunun seçilmesi .....	163
4.5.2.Tane büyüklüğü dağılımının seçilmesi.....	163
4.5.3.Agrega karışım oranlarının belirlenmesi .....	169
4.5.4.s/ç miktarının seçilmesi .....	170
4.5.5.Su miktarının (s) seçilmesi .....	171
4.5.6.Hava miktarının seçilmesi.....	172
4.5.7.Kıvamın seçilmesi.....	172
4.5.8.Beton karışım hesabının yapılması .....	173
4.6.Taze beton .....	180
4.6.1.Taze betonun yoğunluğu .....	180
4.6.2.Hava içeriği .....	182
4.6.3.Çökme (Slump).....	183
4.6.4.Sıkışma sınıfları.....	185
4.7.Sertleşmiş beton.....	186
4.7.1.Yoğunluk .....	187
4.7.2.Basınç Dayanımı.....	190
4.7.3.Betonun doluluk oranı (D).....	197
4.7.4.Eğilme dayanımı .....	198
4.7.5.Yarmada çekme dayanımı.....	201
4.7.6.Dinamik elastisite modülü ve Poison Oranı (Ultras ses yöntemiyle)	205
5. SONUÇLAR.....	212
KAYNAKLAR .....	216
ÖZGEÇMİŞ.....	226

## ÖZET

### Doktora Tezi

## ISPARTA YÖRESİNDE YERALAN KAYA BİRİMLERİNDEN ELDE EDİLEN AGREGALARIN BETON PERFORMANSINA ETKİSİ

Ebru BAŞPINAR TUNCAY

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

II. Danışman: Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN

Tez çalışmasında, Isparta yöresinde yeralan altı farklı kökenli kaya birimlerinden (kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, dolomit, kum-çakıl, tefri-fonolit trakibazalt) alınan kayaç örneklerinin, mineralojik, petrografik, mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Farklı kökenli kaya birimlerinden alınan örnekler kırma eleme yöntemiyle 3 farklı boyutta sınıflandırılarak agregalar elde edilmiştir. Bu çalışmada, agregaların, granülometrisi, tane sınıfı, gevşek yığın yoğunluğu, tane yoğunluğu, su emme oranı, incelik modülü, ince madde oranı, organik madde tayini, yassılık indeksi, Los Angeles katsayısı, Mikro-Deval katsayısı, donma çözülmeye karşı direnci, alkali silika reaksiyonu, asitte sülfat çözünürlüğü belirlenmiştir.

Ülkemizde ve ilimizde yaygın olarak kullanılan C30/37 beton sınıfı için, beton numuneleri TS 802 (2009)'ye göre hazırlanmıştır. C70/85 betonu için her bir agreganın, su ihtiyacı, karışım oranı gibi karışım parametreleri ve deneme karışımlarının sonuçlarına göre belirlenmeye çalışılmıştır. Tezde kullanılacak olan karışım tasarımları hazırlanmıştır. Üretilen beton sınıflarının, taze beton özellikleri (hava içeriği, çökme değerleri, sıkışma sınıfları) ve sertleşmiş beton özellikleri (yoğunluk, basınç dayanımı (3, 7, 28. gün), doluluk oranı, eğilme

dayanımı (28. gün), yarmada çekme (28. gün), dinamik elastisite modülü (28. gün) ve Poisson oranı (28. gün) belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında ayrıca, agrega kökeninin normal beton (C30/37 beton sınıfı) ve kullanımı giderek yaygınlaşan yüksek dayanımlı beton (C70/85 beton sınıfı) özelliklerini nasıl etkilediği, kayaç ve beton özellikleri arasında bulunan bağlantılar ortaya konmuştur. Böylece, yeni standartlar ışığında hazırlanan ve değerlendirilen Isparta yöresinde mevcut agregaların özellikleri ve agrega kökenine göre uygun beton bileşimi ve beton özellikleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kayıköy trakibazaltı, yüksek dayanımlı beton, Söbüdağ kireçtaşı, Isparta.

**2015, 228 sayfa**

## **ABSTRACT**

**Ph. D. Thesis**

### **THE EFFECTS OF AGGREGATES ON CONCRETE PERFORMANCE PRODUCED FROM SEVERAL ROCK UNITS LOCATED IN ISPARTA REGION (TURKEY)**

**Ebru BAŞPINAR TUNCAY**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Geology Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU**

**Co-Supervisor: Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN**

In this thesis, mineralogical, petrographical, mechanical, physical and chemical properties of the rock samples, obtained from differently originated six rock units (limestone, recrystallized limestone, dolomite, sand and gravel, tefri-phonolite trachybasalt) placed in the Isparta region, were determined.

Samples taken from different origins rocks samples were classified into three different sizes aggregates by using crushing and screening methods. In this study, grading, particle class, loose bulk density, particle density, water absorption ratio, fineness modulus, fine matter content, organic matter determination, flakiness index, Los Angeles coefficient, Micro- Deval coefficient, resistance to freeze-thawing, alkali-silica reaction, solubility in acid sulfate of aggregates have been determined.

Concrete samples were prepared according to the TS 802 (2009) which has widely used class for C30/37 in our country and our city. For C70/85 concrete, parameters of each aggregate as water requirements, mixture ratio, were tried to determine according to the final results of the test mixture. Mix designs were prepared to be used in thesis. Fresh concrete properties (air content, slump values, compression classes) and hardened concrete properties (density, compressive strength (3, 7, 28 days), saturation rate, flexural strength (28

days), splitting tensile (28 days), dynamic elasticity modulus (28 days), and Poisson's ratio (28 days) of the produced concrete classes have been determined

In this thesis also how aggregate origin affects the regular concrete (C30/37 concrete class) and high-strength concrete (C70/85 concrete class) which is increasingly widespread use and rock and concrete properties have been revealed. Thus, the properties of present aggregates of Isparta region and aggregate concrete composition suitability according to the origins are determined and evaluated in the light of the new standards

**Key words:** Kayıköy trachybasalt, high strength concrete, Söbüdağ limestone, Isparta.

**2015, 228 pages**



## TEŞEKKÜR

Çalışmalarında bana her zaman vakit ayıran, her türlü desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin deneysel aşamalarında sonuca ulaşmada, yorumlamada yardımcı olan ve destekleyen Prof. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN ve Doç Dr. Metin DAVRAZ'a, haritalarımın çizilmesinde yardımcı olan MTA Jeoloji Mühendisi, eşim Ercan TUNCAY'a, deneylerin yapılması için laboratuvarlarından yararlanmamı sağlayan Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Şube Müdürü Jeoloji Yük. Müh. Bayram UYSAL'a, Isparta Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Müdür Yardımcısı Jeo. Yük. Müh. Mehmet DELİKANLI, Laboratuvar Sorumlusu İnşaat Mühendisi Yakup KESER, İnşaat Teknikeri, Halil DÖNMEZ'e, Göltaş Hazır Beton Laboratuvar Sorumlusu Tahsin ÇAPA ve Isparta Belediyesi'nde çalışan İnşaat Teknikeri merhum Ali Tuncer YILDIZ'a teşekkür ederim.

1806-D-09 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, manevi desteklerini benden esirgemeyen babama, anneme, kardeşime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ebru BAŞPINAR TUNCAY  
ISPARTA, 2015

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası .....	3
Şekil 1.2. Amerika'da agrega tüketimi .....	7
Şekil 1.3. Türkiye'de kullanılan agreganın üretim yüzdesi .....	8
Şekil 3.1. Yassılık şablonu.....	32
Şekil 3.2. Beton karışım hazırlama akım şeması .....	34
Şekil 3.3. 28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak s/ç oranları. ....	36
Şekil 3.4. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ( $D_{max}$ ) ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı. ....	36
Şekil 3.5. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı.....	37
Şekil 3.6. Agrega en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak beton karışım hesaplarında kullanılacak uygun hava içerikleri.....	38
Şekil 3.7. Sıkıştırma öncesi ve sonrasında kap içerisindeki betonun görünümü (ölçüler mm'dir.) .....	41
Şekil 3.8. Küp-Silindir-Prizma anma boyutları.....	42
Şekil 4.1. Isparta açısının jeo-tektonik haritası .....	48
Şekil 4.2. Isparta ve çevresinin jeoloji haritası.....	49
Şekil 4.3. Isparta ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti .....	50
Şekil 4.4. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	52
Şekil 4.5. Kireçtaşı ocağı (Göлтаş) ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit.....	53
Şekil 4.6. Göлтаş kireçtaşı ocağı ve çalışma alanının jeolojik haritası .....	54
Şekil 4.7. Söbüdağ kireçtaşı (Ks) üyesinden bir görünüm (Höyük Tepe batısı) .	55
Şekil 4.8. Plaketli kireçtaşlarından oluşan Çiğdemtepe kireçtaşından (Kç) bir görünüm (Höyük Tepe'nin güneyi) .....	57
Şekil 4.9. Koçtepe formasyonuna (Tk) ait iri kum tane boyutunda kalın türbiditik seri ve birimin altında yer alan Çiğdemtepe kireçtaşı (Kç) (Uzunkıran Tepe doğusu) .....	58
Şekil 4.10. Kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ardaalanmalarının gözleendiği Kayıköy formasyonundan (Tka) bir görünüm (Kara Tepe'nin güneybatısı) .....	60
Şekil 4.11. Göлтаş kireçtaşı ocağının görünümü.....	61
Şekil 4.12. Agrega elde edilen Söbüdağ kireçtaşına ait ince kesit görünümleri (1: kırık ve çatlaklara yerleşen ikincil kalsit dolgusu (kal), 2: Mikritik kireçtaşı (Mik) içerisinde yer alan <i>Globotruncana</i> sp. (G sp.), 3: Kayaç içerisindeki <i>Globotruncana</i> sp. (G sp.), <i>Turritella</i> sp. , küçük bentik foraminiferler (k. for.), 4: Mikritik kireçtaşı içerisindeki intraklast (İnt.), <i>Biloculina</i> sp.(Bi. sp.), <i>Textulariidae</i> sp. (Te sp.), midye kırıntısı (M. k.).....	62
Şekil 4.13. Çalışma alanının yerbulduru haritası .....	64
Şekil 4.14. Gümüşgün kireçtaşı ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit .....	65
Şekil 4.15. Gümüşgün kireçtaşı ocağı ve çevresinin jeolojik haritası .....	66

Şekil 4.16. Koçtepe formasyonuna (Tk) ait açık kırmızı-bordo renkli ve yer yer seyl, kiltası, çamurtaşı, (İğdecik güneyi).....	67
Şekil 4.17. Kayıköy formasyonundan (Tka) görünüm (İğdecik köyü kuzeyi) .....	68
Şekil 4.18. Polijenik çakıllardan oluşmuş İncesu formasyonuna (Tin) ait konglomeralar (Karakaya Tepe güney yamacı).....	69
Şekil 4.19. Gümüşgün kireçtaşı ocağı yakınında açılan yarma (Isparta ofiyolit karmaşığı (Tık)).....	70
Şekil 4.20. Isparta ofiyolit karmaşığı içerisinde bulunan bol kırıklı çatlaklı masif Domuzdağı kireçtaşı ait bir görünüm .....	71
Şekil 4.21. Gümüşgün kireçtaşı ocağına ait görünüm.....	72
Şekil 4.22. Rekristalize kireçtaşı agregasına ait ince kesit görüntüleri (1: Rekristalizasyon sonucu oluşan sparkalsit (skal), ve kayaç içerisindeki ikincil boşlukları dolduran kalsit mineralleri (kal), kalsit damarları 2: Kayaç içerisindeki öz şekilli iri kalsit mineralleri (kal)).....	73
Şekil 4.23. Atabey kum-çakıl ocağına ait yer bulduru haritası.....	75
Şekil 4.24. Atabey kum-çakıl ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit .....	76
Şekil 4.25. Atabey kum-çakıl ocağı ve çevresi jeolojisi .....	77
Şekil 4.26. Kum çakıl ocağının kuzeydoğusunda Söbüdağ kireçtaşı (Ks)'nda açılmış kireçtaşı ocağından bir görünüm .....	78
Şekil 4.27. Çalışma alanında bulunan Çiğdemtepe Kireçtaşı (Kç) (Yatağan Tepe kuzeyi).....	79
Şekil 4.28. Çalışma alanında bulunan Eğirdir ofiyolit karmaşığı (Kto) Tınaztepe formasyonu (JKtı) (Yatağan tepe) .....	80
Şekil 4.29. Kasnak Tepe'nin kuzeyinde bulunan beyazımsı gri Tınaztepe Formasyonu (JKtı) .....	81
Şekil 4.30. İncesu formasyonuna (Tin) ait polijenik çakıllardan görünüm (Atabey belediyesi kum-çakıl ocağı batısı)(1) (Qa: Atabey konglomerası, ç: çört (2), r: radyolarit, fk: fosilli (nummulites'li) kireçtaşı (3)) .....	82
Şekil 4.31. Yatay tabakalanmış Atabey konglomeralarından (Qa) bir görünüm (Atabey kırma eleme tesisi güneydoğusu).....	83
Şekil 4.32. Çalışma alanında bulunan Eğirdir ofiyolit karmaşığı (Kto), Tınaztepe formasyonu (JKtı) (Yatağan tepe) .....	84
Şekil 4.33. Akçay deresi içerisinde Atabey konglomerası (Qa) ve Söbüdağ kireçtaşları (Kr <sub>ds</sub> ) dokanağından bir görünüm (1), Atabey konglomerası (Qa), İncesu formasyonu (Tin) dokanağından bir görünüm (2).....	84
Şekil 4.34. Atabey-Akçay deresi kum-çakıl ocağı.....	85
Şekil 4.35. Çalışma alanının yerbulduru haritası .....	87
Şekil 4.36. Büyük hacimler dolomit ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit .....	88
Şekil 4.37. Büyük hacimler dolomit ocağının ve çevresinin jeolojik haritası.....	89
Şekil 4.38. Çalışma alanında yer alan masif Kuyubaşı dolomitinden (T <sub>RK</sub> ) bir görünüm (Isparta Belediye'sine ait taş ocağı).....	90
Şekil 4.39. Çalışma alanında yer alan orta kalın tabakalı Davras Kireçtaşı'ndan (Msd) bir görünüm (Koru Tepe güney yamacı) .....	91
Şekil 4.40. Büyük hacimler köyünün kuzeydoğusunda kalan fay (1), çalışma alanındaki fayın sunduğu çizgisel yapılar (2), Kaplangılı tepenin güneydoğusundan geçen faylara ait ezik zonlar ve çizgisel yapılar.....	92

Şekil 4.41. Kocakurt Tepe dolomit ocağı (Büyükhacılar).....	93
Şekil 4.42. Dolomit agregalarından elde edilen ince görüntüleri.....	94
Şekil 4.43. Çalışma alanının yer bulduru haritası .....	96
Şekil 4.44. Direkli tefri-fonolit ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit.....	97
Şekil 4.45. Direkli tefri-fonolit ocağı ve çevresinin jeolojik haritası.....	98
Şekil 4.46. Kayıköy formasyonundan (Tka) bir görünüm (Direkli güneyi) .....	99
Şekil 4.47. Kayıköy formasyonunu (Tka) kesen Gölcük volkanitleri (dayklar) (PQgv) (Direkli Köyü kuzeyi) .....	100
Şekil 4.48. Güneyce formasyonunu uyumsuz olarak örten Gölcük volkanizmasına ait tüfler(PQgp) (Taşburun Tepe civarı) .....	101
Şekil 4.49. Darıderesinde bulunan taşınmış bloklar ve çakıllar .....	102
Şekil 4.50. Direkli Köyü tefri-fonolit ocağı.....	103
Şekil 4.51. Tefri-fonolit kayacı içerisinde bulunan minerallerin çift nikolde görünümü (di:diopsit (1), Sa:Sanidin mikrolitleri, Op:opak mineraller (2), Amf: opaklaşmış amfibol, kal: kalsite dönüşmüş feldispat mineralleri (3), plj:plajiolklas minerali (4)) .....	104
Şekil 4.52. Direkli köyü Gölcük volkaniti kayaç örneklerinin Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> adlandırma diyagramındaki konumları .....	105
Şekil 4.53. Direkli köyü Gölcük volkaniti kayaç örneklerinin toplam alkali-silis diyagramındaki konumları.....	106
Şekil 4.54. Çalışma alanının yer bulduru haritası .....	107
Şekil 4.55. Kayıköy trakibazalt ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit .....	108
Şekil 4.56. Kayıköy trakibazalt ocağı ve çevresi jeoloji haritası .....	109
Şekil 4.57. Kayıköy formasyonu (Tka)'dan bir görünüm (1), Kayıköy formasyonundaki marn seviyeleri (2), kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması (3) .....	110
Şekil 4.58. Kayıköy formasyonunu kesen Gölcük volkanitleri (dayklar) (PQgv) (Gökçe Tepe mevki) .....	111
Şekil 4.59. Kayıköy formasyonu (Tka) üzerinde yeralan Gölcük piroklastikleri (TQgp) (Tepebaşı Tepe güneyi) .....	112
Şekil 4.60. Kayıköy trakibazalt ocağı.....	113
Şekil 4.61. Trakibazalt içerisinde bulunan minerallerin çift nikolde görünümü (di:diopsit (1), plj: plajiolklas mikrolitleri (2), Op:opak mineral, bi: biyotit (3)) .....	114
Şekil 4.62. Kayıköy civarındaki Gölcük volkanitlerine ait kayacın kimyasal analizi ve SiO <sub>2</sub> -(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) (%)'de miktarlarına göre kayacın sınıflandırılması.....	115
Şekil 4.63. Volkanitlerin niteliklerini belirlemek için alkali-silika diyagramı....	116
Şekil 4.64. Kayaçların özkütlelerinin karşılaştırılması .....	118
Şekil 4.65. Tefri-fonolit kayacının basınç dayanımı testi .....	119
Şekil 4.66. Kayaçların basınç dayanımlarının (R) karşılaştırılması .....	121
Şekil 4.67. Görünür yoğunluk ve basınç dayanımı tayini için kullanılan tefri-fonolit numunesi .....	121
Şekil 4.68. Kayaçların R ve ρ <sub>b</sub> arasındaki ilişki.....	122
Şekil 4.69. Yapı malzemesi sınıflandırması .....	123
Şekil 4.70. Eğilme dayanımı için tefri-fonolit prizmatik örnekler ve eğilme dayanımı deneyi ve deney cihazı .....	123

Şekil 4.71. Kayaçların eğilme dayanımlarının karşılaştırması.....	124
Şekil 4.72. R-R <sub>tf</sub> arasındaki bağıntı.....	125
Şekil 4.73. Elek analizi sonrası boyutlandırılmış agregalar .....	126
Şekil 4.74. Agregaların boyutlarına göre yığın yoğunluğunun tayini.....	133
Şekil 4.75. Agregaların boyutlarına göre gevşek yığın yoğunluğu .....	137
Şekil 4.76. Agregalar arasındaki boşluk oranı .....	137
Şekil 4.77. Rekristalize kireçtaşına ait tane yoğunluğu tayini.....	139
Şekil 4.78. İri agregaların tane yoğunlukları.....	141
Şekil 4.79. İri agregaların su emme miktarları.....	142
Şekil 4.80. İri agregaların toplam poroziteleri .....	143
Şekil 4.81. İri agregaların gerçek doluluk oranları .....	144
Şekil 4.82. İri agregaların açık-kapalı gözenek oranları (%) .....	144
Şekil 4.83. Agregaların su emme oranı ve açık gözeneklilik arasındaki ilişki....	145
Şekil 4.84. Agregaların incelik modülü karşılaştırması .....	146
Şekil 4.85. Agregalara ait ince madde oranı (%) .....	149
Şekil 4.86. NaOH çözeltisinde 24 saat bekletilen agregalar .....	150
Şekil 4.87. Yassı agregalar .....	151
Şekil 4.88. Agregaların yassılık indeksi değerlerinin karşılaştırılması .....	152
Şekil 4.89. Los Angeles deneyi öncesi ve sonrası agregalar .....	154
Şekil 4.90. Agregas Los Angeles katsayı ile kayaç dayanımı arasındaki ilişki.....	154
Şekil 4.91. Agregaların Mikro-Deval deneyi sonrası agregaların görünümü .....	155
Şekil 4.92. Agregaların Mikro-Deval katsayılarının karşılaştırması.....	156
Şekil 4.93. LA ve M <sub>DE</sub> arasındaki ilişki .....	157
Şekil 4.94. Agregaların donma-çözölmeye karşı direccinin tayini .....	158
Şekil 4.95. Deney sonrası agregaların donma-çözölme kütlece kaybı (%) .....	159
Şekil 4.96. Sedimanter kayaçlara ait F ve $\eta_1$ arasındaki ilişki .....	159
Şekil 4.97. Agregalardan yapılan harç çubuklarının ortalama boy değışimleri	161
Şekil 4.98. Kireçtaşı agregasının granölometri eğrisi.....	164
Şekil 4.99. Rekristalize kireçtaşı agregasının granölometri eğrisi .....	165
Şekil 4.100. Kum-çakıl agregasının granölometri eğrisi .....	166
Şekil 4.101. Dolomit agregasının granölometri eğrisi.....	167
Şekil 4.102. Tefri-fonolit agregasının granölometri eğrisi .....	168
Şekil 4.103. Trakibazalt agregasının granölometri eğrisi.....	169
Şekil 4.104. Taze betonun mikserde karıştirılması ve kalıplara yerleştirilmiş taze beton.....	180
Şekil 4.105. Taze betonun yoğunluğunun belirlenmesi .....	181
Şekil 4.106. Taze betonda çökme miktarının ölçülmesi .....	184
Şekil 4.107. Sertleşmiş beton kürü .....	186
Şekil 4.108. Basınç dayanım testi ve basınç deneyi sonrası beton numunesi ...	191
Şekil 4.109. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C30/37 sınıfına ait betonların 3-7- 28 günlük ortalama basınç dayanımları .....	193
Şekil 4.110. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C70/85 sınıfına ait betonların 3-7- 28 günlük ortalama basınç dayanımları .....	195
Şekil 4.111. C30/37 beton dayanımı( $f_c$ )-kayaç dayanımı (R) arasındaki ilişki.	196
Şekil 4.112. Kayaç dayanımı (R)-C70/85 beton dayanımı ( $f_c$ ) arasındaki ilişki	196
Şekil 4.113. C70/85 beton basınç dayanımı( $f_c$ )-doluluk oranı (D) (%) .....	198
Şekil 4.114. 150*150*600 mm boyutundaki prizma beton örnekleri ve beton örneklerinin eğilme dayanımı tayini.....	198

Şekil 4.115. C30/37 sınıfına ait beton örneklerinin eğilme dayanımı ( $f_{ct}$ )-basınç dayanımı ( $f$ ).....	200
Şekil 4.116. C70/85 sınıfına ait hazırlanan beton örneklerinin ortalama eğilme dayanım (ED) değerlerinin karşılaştırması.....	201
Şekil 4.117. Yarmada-çekme deneyi ve beton örneği yarmada çekme deneyi sonrası.....	202
Şekil 4.118. C30/37 beton örneklerin yarmada çekme dayanımı( $f_{ct}$ )-basınç dayanımı ( $f_c$ ) ilişkisi.....	203
Şekil 4.119. C70/85 beton örneklerin yarmada çekme dayanımı( $f_{ct}$ )-basınç dayanımı ( $f_c$ ) ilişkisi.....	204
Şekil 4.120. Ultrasonik test aygıtıyla beton numunelerinin ultrases hızlarının ölçülmesi .....	205
Şekil 4.121. Ölçülen $V_p$ hızlarının ( $V_p$ ) C30/37 beton örneklerinin basınç dayanımları ( $f_c$ ) ile arasındaki ilişki .....	207
Şekil 4.122. C30/37 betonuna ait dinamik elastisite modülü ( $E_d$ ) ile basınç dayanımı ( $f_c$ ) arasındaki ilişki.....	208
Şekil 4.123. Ölçülen $V_p$ hızlarının ( $V_p$ ) C70/87 beton örneklerinin basınç dayanımları ( $f_c$ ) ile arasındaki ilişki .....	210
Şekil 4.124. C70/85 betonuna ait dinamik elastisite modülü( $E_d$ ) ile basınç dayanımı ( $f_c$ ) arasındaki ilişki.....	210

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Agregaların kayaç ve mineral içerikleri .....	4
Çizelge 3.1. Beton karışımlarında kullanılan çimentonun analiz sonuçları.....	21
Çizelge 3.2. Silis dumanının kimyasal ve fiziksel özellikleri .....	22
Çizelge 3.3. Kullanılan süper akışkanlaştırıcının teknik özellikleri .....	22
Çizelge 3.4. Kayaçların belirlenen fiziksel özellikleri .....	24
Çizelge 3.5. Kayaçların belirlenen fiziko-mekanik özellikleri .....	27
Çizelge 3.6. Agregata tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları.....	27
Çizelge 3.7. Pompa ile iletilen beton için kullanılması önerilen ve en büyük tane boyutu 22,4 mm olan agregata karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları.....	35
Çizelge 3.8. Betonun belirlenen fiziko-mekanik özellikleri.....	39
Çizelge 4.1. Agreganın elde edildiği Söbüdağ kireçtaşı örneklerinin kimyasal analizleri ve ortalama kireçtaşının kimyasal bileşimi .....	63
Çizelge 4.2. Kireçtaşı kayacının ve agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri.....	63
Çizelge 4.3. Gümüşgün kireçtaşının majör oksit analiz değerleri.....	74
Çizelge 4.4. Rekristalize kireçtaşı ocağı (Gümüşgün) agregalarının fiziko-mekanik özellikleri .....	74
Çizelge 4.5. Kum-çakıl agregasına ait majör oksit analiz değerleri.....	86
Çizelge 4.6. Atabey kum-çakıl ocağı agregalarının fiziko-mekanik özellikleri ....	86
Çizelge 4.7. Kayaca ait kimyasal analiz (Majör oksit değerleri) değerleri.....	95
Çizelge 4.8. Agregata olarak değerlendirilen Kuyubaşı dolomitlerinin, fiziko-mekanik özellikleri .....	96
Çizelge 4.9. Tefri-Fonolit kayacının Majör oksit analiz değerleri .....	104
Çizelge 4.10. Tefri-fonolit kayacının fiziksel ve mekanik özellikleri .....	106
Çizelge 4.11. Trakibazalt kayacının Majör oksit analiz değerleri .....	115
Çizelge 4.12. Trakibazalt agregasına ait fiziko-mekanik özellikler .....	116
Çizelge 4.13. Bazı kayaçların özkütleleri .....	117
Çizelge 4.14. Agregaların özkütle deney sonuçları.....	117
Çizelge 4.15. Kayaçların basınç dayanımına göre sınıflandırılması.....	119
Çizelge 4.16. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı (R).....	120
Çizelge 4.17. Kayaçların görünür yoğunlukları (pb).....	121
Çizelge 4.18. Kayaçların eğilme dayanım ( $R_{tf}$ ) değerleri.....	124
Çizelge 4.19. Kireçtaşı agregasının elek analizi sonuçları.....	126
Çizelge 4.20. Rekristalize kireçtaşı agregasının elek analizi sonuçları.....	127
Çizelge 4.21. Kum-çakıl agregasının elek analizi sonuçları.....	128
Çizelge 4.22. Dolomit agregasının elek analizi sonuçları .....	129
Çizelge 4.23. Tefri-fonolit agregasının elek analizi sonuçları.....	130
Çizelge 4.24. Trakibazalt agregasının elek analizi sonuçları .....	131
Çizelge 4.25. Kireçtaşı agregasının pbve v .....	133
Çizelge 4.26. Rekristalize kireçtaşı agregasının pbve v .....	134
Çizelge 4.27. Kum-çakıl agregasının pbve v .....	134
Çizelge 4.28. Dolomit agregasının pbve v.....	135
Çizelge 4.29. Tefri-fonolit agregasının pbve v .....	135
Çizelge 4.30. Trakibazalt agregasının pbve v.....	136
Çizelge 4.31. Agregaların ortalama $\rho_{rd}$ , $\rho_a$ , $\rho_{ssd}$ , $W_{24}$ oranları.....	139

Çizelge 4.32. Agregaların ortalama tane yoğunluklarına göre $k_o, k_g, \eta_1, \eta_o, \eta_k, q$	142
Çizelge 4.33. Agregaların elek üzerinde kalan yığılımlı (%) miktarları ve incelik modülleri .....	146
Çizelge 4.34. İnce agregalarda incelik modülüne bağlı irilik veya incelik .....	146
Çizelge 4.35. Çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre belirlenmiş kategoriler.....	147
Çizelge 4.36. Agregaların ince madde oranı tayini .....	148
Çizelge 4.37. Organik madde tayini .....	150
Çizelge 4.38. Agregaların yassılık indeksi için toplam agrega miktarı ve sonuçları .....	151
Çizelge 4.39. Los Angeles değerleri .....	152
Çizelge 4.40. En büyük Los Angeles katsayısı değerlerine göre kategoriler .....	153
Çizelge 4.41. Agregaların Los Angeles deneyi sonrası LA katsayısı (%).....	153
Çizelge 4.42. Kategorilere göre Mikro-Deval katsayısı, .....	155
Çizelge 4.43. Agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval yöntemi) .....	155
Çizelge 4.44. En yüksek donma-çözülme direnç değerlerine göre kategoriler .....	157
Çizelge 4.45. Agregaların deney sonrası donma-çözülme kütle kaybı (F)(%) .....	158
Çizelge 4.46. Asitte çözünebilir en yüksek sülfat muhtevası değerleri için kategoriler.....	162
Çizelge 4.47. Agrega türlerinin asitte çözünebilir sülfat içeriği miktarları (%).....	162
Çizelge 4.48. Pompa ile iletilen beton için agrega karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları.....	163
Çizelge 4.49. Kireçtaşı agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi .....	164
Çizelge 4.50. Rekrystalize kireçtaşı agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi.....	165
Çizelge 4.51. Kum-Çakıl agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi .....	166
Çizelge 4.52. Dolomit agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi .....	166
Çizelge 4.53. Tefri-fonolit agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi .....	167
Çizelge 4.54. Trakibazalt agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi .....	168
Çizelge 4.55. Agrega karışım oranlarının 3 noktadan geçirme yöntemiyle Ters matris kullanılarak belirlenmesi .....	169
Çizelge 4.56. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme (slump) değerleri .....	172
Çizelge 4.57. Kireçtaşı, rekrystalize kireçtaşı, kum-çakıl, dolomit, tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarından elde edilecek C30/37 betonlarının karışım tasarımları .....	174
Çizelge 4.58. Kireçtaşı, Rekrystalize kireçtaşı, kum-çakıl, dolomit, tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarından elde edilecek C70/85 betonlarının karışım tasarımları .....	177
Çizelge 4.59. C30/37 ve C70/85 taze beton yoğunluğu (D) ve relatif verim ( $R_{ver}$ ) .....	181
Çizelge 4.60. Taze betona göre hesaplanan hava miktarı .....	182
Çizelge 4.61. Beton sınıflarına ait ölçülen çökme miktarları .....	184
Çizelge 4.62. Çökme Sınıfları .....	185



Çizelge 4.63. Sıkışabilme derecesine göre sıkışma sınıfları .....	185
Çizelge 4.64. Beton örneklerine ait sıkışabilme dereceleri .....	186
Çizelge 4.65. C30/37 sınıfına ait sertleşmiş beton örneklerinin yoğunlukları..	187
Çizelge 4.66. C70/85 sınıfına ait sertleşmiş beton örneklerinin yoğunlukları..	189
Çizelge 4.67. Normal veya ağır betona göre basınç dayanımı.....	191
Çizelge 4.68. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C30/37 sınıfına ait betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları.....	192
Çizelge 4.69. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C70/85 sınıfına ait betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları (f).....	194
Çizelge 4.70. Betonların doluluk ve boşluk oranları .....	197
Çizelge 4.71. C30/37 beton örneklerinin birim ağırlık ve eğilme dayanımı değerleri.....	199
Çizelge 4.72. C70/85 beton örneklerine ait birim ağırlık ve eğilme dayanımı değerleri verilmiştir. ....	200
Çizelge 4.73. C30/37 beton örneklerinin yarmada çekme dayanımları .....	202
Çizelge 4.74. C70/85 beton örneklerinin yarmada çekme dayanımları .....	203
Çizelge 4.75. C30/37 Beton numunelerinin $V_p$ - $V_s$ dalga hızları, dinamik elastisite modülleri ve Poison oranları (PO).....	206
Çizelge 4.76. C70/85 beton numunelerinin $V_p$ - $V_s$ dalga hızları, dinamik elastisite modülleri ve Poison oranları .....	208

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simge	Açıklaması	Birimi
A	Deney öncesi numunenin kesit alanı	mm <sup>2</sup>
A <sub>c</sub>	Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı	Mm <sup>2</sup>
A <sub>hava</sub>	Betondaki toplam hava miktarı	%
A <sub>s</sub>	Ölçü silindiri kesit alanı	cm <sup>2</sup>
b	Numunenin kırılma düzlemine bitişik genişliği	mm
B <sub>taze</sub>	Taze betonun birim ağırlığı	kg/m <sup>3</sup>
c	Sıkıştırılabilirlik derecesi	mm
ç	Karışıma girecek çimentonun kütlesi	kg
d	Numunenin seçilen en kesit boyutu	mm
D	Taze betonun yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>
D <sub>bet</sub>	Numunenin nem durumu ve hacim tayini metoduna bağlı olarak yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>
d <sub>h</sub>	Taşın hacim kütlesi	gr/cm <sup>3</sup>
D <sub>max</sub>	Maksimum tane büyüklüğü	mm
d <sub>0</sub>	Kayacın özkütlesi	gr/cm <sup>3</sup>
d <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	Numunenin en kesit boyutları	mm
Ed	Dinamik elastisite modülü	kg/cm <sup>2</sup>
F	Kırılma yükü	N
FM	İncelik Modülü	
F <sub>dç</sub>	Donma-çözülme döngüsünden sonra üç deney numunesinin kütlece yüzde kaybı	%
f <sub>gra</sub>	Tane büyüklüğü dağılımı	
f <sub>c</sub>	Basınç dayanımı	MPa
f <sub>cf</sub>	Eğilme dayanımı	MPa, N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ct</sub>	Yarmada çekme dayanımı	MPa, N/mm <sup>2</sup>
G <sub>k</sub>	Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi	gr
G <sub>pn</sub>	(piknometre + deney numunesi) kütlesi	gr
G <sub>p</sub>	Piknometre kütlesi	gr
G <sub>pns</sub>	(piknometre + deney numunesi + su) kütlesi	gr
G <sub>ps</sub>	Su ile dolu piknometre kütlesi	gr
h	Numunenin kırılma düzlemine bitişik kalınlığı	mm
h <sub>1</sub>	Prizmatik kabın iç yüksekliği	mm
h <sub>1s</sub>	1 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirinde çökelen ince madde yüksekliği	cm
h <sub>24s</sub>	24 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirinde çökelen ince madde yüksekliği	cm
K	Doluluk	%
k	Karışımda kullanılacak kimyasal katkı miktarı	kg
k <sub>g</sub>	Gerçek doluluk oranı	%
k <sub>0</sub>	Görünür doluluk oranı	%
L	Destek silindirleri arasındaki mesafe	mm
L	Numunenin toplam uzunluğu	mm
LA	Los Angeles kat sayısı	
M	Numunenin kütlesi	kg

<b>M<sub>DE</sub></b>	Mikro-Deval katsayısı	
<b>m<sub>kab</sub></b>	Kabın kütlesi	kg
<b>m<sub>kn</sub></b>	Kabın, içerisindeki beton numune ile birlikte toplam kütlesi	kg
<b>M<sub>kk</sub></b>	Deney kısmının kuru kütlesi,	kg
<b>m<sub>63kk</sub></b>	63 mikrometre göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi	kg.
<b>M<sub>1</sub></b>	Deney kısmının kuru kütlesi	kg
<b>M<sub>2</sub></b>	63 mikrometre göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi	kg
<b>m<sub>0</sub></b>	Numunenin, deney esnasındaki durumuna bağlı kütlesi	kg,
<b>m<sub>1</sub></b>	Boş ölçü kabı kütlesi	kg
<b>m<sub>2</sub></b>	Ölçü kabı ve deney numunesinin kütlesi	kg
<b>m<sub>1s</sub></b>	1 saat dinlendirme sonunda çökelen ince madde oranı	%
<b>m<sub>24</sub></b>	24 saat dinlendirme sonunda çökelen ince madde oranı	%
<b>m<sub>1,6</sub></b>	1,6 mm.lik elek üzerinde kalan fraksiyon	gr
<b>M<sub>1</sub></b>	Doğgun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi	gr
<b>M<sub>2</sub></b>	Doğgun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi	gr
<b>M<sub>3</sub></b>	Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi	gr
<b>M<sub>4</sub></b>	Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi	gr
<b>M<sub>1dn</sub></b>	Üç deney numunesinin toplam ilk kuru kütlesi	gr
<b>M<sub>2dn</sub></b>	Üç deney numunesinin toplam nihai kuru kütlesi	gr
<b>P</b>	Karışımda çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzzolan) miktarı	
<b>P<sub>tav</sub></b>	Tavadaki malzeme kütlesi	kg
<b>P</b>	Boşluk oranı	
<b>R</b>	Deney numunesinin tek eksenli basınç dayanımı	MPa
<b>R<sub>tf</sub></b>	Eğilme dayanımı	MPa
<b>R<sub>ver</sub></b>	Relatif verim	
<b>s/ç</b>	Su/çimento oranı	
<b>S<sub>m</sub></b>	Sıkıştırılmış beton yüzeyi ile kap üst yüzey kenarı arasında, dört ayrı yerden ölçülen mesafelerin ortalaması	mm
<b>V</b>	Ölçü kabının hacmi	L
<b>V<sub>agr.</sub></b>	Agrega hacmi	dm <sup>3</sup>
<b>V<sub>bet</sub></b>	Numunenin özel metotla tayin edilen hacmi	m <sup>3</sup>
<b>V<sub>beton</sub></b>	Beton hacmi	dm <sup>3</sup>
<b>V<sub>çim</sub></b>	Çimento hacmi	dm <sup>3</sup>
<b>Ver</b>	Verim (beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmi)	m <sup>3</sup>
<b>V<sub>hava</sub></b>	Hava hacmi	dm <sup>3</sup>
<b>V<sub>kab</sub></b>	Kabın hacmi	m <sup>3</sup>
<b>V<sub>n</sub></b>	Deney numunesinin hacmi	cm <sup>3</sup>
<b>V<sub>su</sub></b>	Suyun hacmi	dm <sup>3</sup>
<b>V<sub>p</sub></b>	P dalga hızı	km/s
<b>V<sub>s</sub></b>	S dalga hızı	km/s
<b>Y'</b>	Beton karışım hesap karı sırasında, teorik olarak elde edilmesi öngörülmüş olan taze beton hacmi	m <sup>3</sup>
<b>ρ</b>	Betonun yoğunluğu	gr/cm <sup>3</sup>

<b><math>\rho_a</math></b>	Görünür tane yoğunluğu:	megagram/ m <sup>3</sup>
<b><math>\rho_{agr}</math></b>	Agreganın ortalama özkütlesi	kg/dm <sup>3</sup>
<b><math>\rho_b</math></b>	Gevşek yığın yoğunluğu	megagram/ m <sup>3</sup>
<b><math>\rho_{\text{ç}}</math></b>	Çimentonun yoğunluğu	kg/dm <sup>3</sup>
<b><math>\rho_k</math></b>	Kimyasal katkının yoğunluğu	kg/dm <sup>3</sup>
<b><math>\rho_p</math></b>	Agrega numunesinin etüvde kurutulmuş veya önceden kurutulmuş tane yoğunluğu	Mg/m <sup>3</sup>
<b><math>\rho_{pu}</math></b>	Mineral katkı (puzzolan) malzemenin yoğunluğu	kg/dm <sup>3</sup>
<b><math>\rho_{rd}</math></b>	Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu	megagram/ m <sup>3</sup>
<b><math>\rho_{ssd}</math></b>	Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu	megagram/ m <sup>3</sup>
<b><math>W_{A24}</math></b>	Su emme oranı (absorpsiyon)	%
<b><math>W_{agr}</math></b>	Karışıma girecek agreganın miktarı	kg
<b><math>W_{\text{çimento}}</math></b>	Beton karışımındaki çimento ağırlığı	kg
<b><math>W_{\text{karma suyu}}</math></b>	Beton karışımındaki karma suyu ağırlığı	kg
<b><math>W_{\text{ince agr}}</math></b>	Beton karışımındaki ince agreganın ağırlığı	kg
<b><math>W_{\text{iri agr}}</math></b>	Beton karışımındaki iri agreganın ağırlığı	kg
<b><math>W_{\text{katkı}}</math></b>	Varsa, beton karışımındaki katı veya sıvı katkı maddelerinin toplam ağırlığı	kg
<b><math>W_n</math></b>	Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı	gr
<b><math>W_{1n}</math></b>	Numunenin deney öncesi etüv kurusu ağırlığı	gr
<b><math>W_{2n}</math></b>	Numunenin deney sonrası etüv kurusu ağırlığı	gr
<b><math>W_{sd}, W_{so}</math></b>	Karışıma giren düzeltme öncesi ve düzeltme sonrası su miktarları	kg/m <sup>3</sup>
<b><math>W_{su}</math></b>	Karışıma girecek suyun hacmi	dm <sup>3</sup>
<b><math>\eta_1</math></b>	Toplam porozite	%
<b><math>\eta_0</math></b>	Görünür porozite	%
<b><math>\eta_k</math></b>	Kapalı gözenek	%
<b><math>\sigma</math></b>	Poisson oranı	
<b><math>8_{k1}</math></b>	Bir saat dinlendirme sonunda çökelen ince maddenin eşdeğer kuru birim ağırlığı	gr/cm <sup>3</sup>
<b><math>8_{k24}</math></b>	24 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirinde ince maddenin eşdeğer kuru birim ağırlığı	gr/cm <sup>3</sup>

### Jeolojik Simgeler ve Açıklamaları

<b>Simge</b>	<b>Açıklaması</b>
<b>amf</b>	Amfibol
<b>bi</b>	Biyotit
<b>Bi. sp.</b>	Biloculina sp.
<b>di</b>	Diopsit
<b>G. sp.</b>	Globotruncana sp.
<b>İnt.</b>	İntraklast

<b>JKtı</b>	Tınaztepe Formasyonu
<b>k. for.</b>	Küçük bentik foraminiferler
<b>kal</b>	Kalsit
<b>Kç</b>	Çiğdemtepe Kireçtaşı
<b>Ks</b>	Söbüdağ Kireçtaşı
<b>Kto</b>	Tekirova ofiyoliti
<b>Ma</b>	Akdağ Kireçtaşı
<b>Maastr</b>	Maastrichtiyen
<b>M. k.</b>	Midye kırıntısı
<b>Mik</b>	Mikritik kireçtaşı
<b>M<sub>sd</sub></b>	Davras Kireçtaşı
<b>Op</b>	Opak mineraller
<b>plj</b>	Plajiyoklas minerali
<b>PQg</b>	Gölcük Volkanikleri
<b>PQ<sub>gv</sub></b>	Volkanik kayalar
<b>PQ<sub>gp</sub></b>	Volkanoklastikler
<b>Te sp.</b>	Textulariidae sp.
<b>Tık</b>	Isparta Ofiyolit Karmaşığı
<b>Tin</b>	İncesu Formasyonu
<b>Tk</b>	Koçtepe Formasyonu
<b>Tka</b>	Kayıköy formasyonu
<b>T<sub>Rm</sub></b>	Kuyubaşı Dolomiti
<b>Sa</b>	Sanidin
<b>skal</b>	Rekristalizasyon sonucu oluşan sparkalsit
<b>Qa</b>	Atabey Konglomerası
<b>Qal</b>	Alüvyon
<b>Qym</b>	Yamaç Molozu
<b>Qat</b>	Taraça

### Birimler

<b>Simge</b>	<b>Büyükklükler</b>
<b>cm</b>	Santimetre
<b>cm<sup>2</sup></b>	Santimetrekare
<b>gr</b>	Gram
<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	Gram/santimetreküp
<b>kg</b>	Kilogram
<b>kg/dm<sup>3</sup></b>	Kilogram/desimetreküp
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogram/metreküp
<b>km/s</b>	Hız
<b>L</b>	Litre
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	Megagram/metreküp
<b>ml</b>	Mililitre
<b>mm</b>	Milimetre
<b>mm<sup>2</sup></b>	Milimetrekare
<b>MPa</b>	Megapaskal
<b>N</b>	Newton
<b>%</b>	Yüzde

## 1. GİRİŞ

Beton hammaddesi olarak kullanılan agrega, betonun hacimce %60-75'ini oluşturmaktadır. Agregası, kayacın kırılmasından veya doğal olarak oluşmuş yataklardan elde edildiği için kayacın mineralojisi ve içeriği beton yapısında önemli rol oynar. Bugüne kadar yapılan çalışmalar kayacın özelliklerinin, betonun dayanımını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle yüksek dayanımlı betonlarda (>50 MPa), agreganın dayanımı betonun dayanımında etkilidir

Ülkemizde ve dünyada, inşaat sektöründeki gelişmelere bağlı olarak farklı özellikte betonlar (kendiliğinden yerleşebilen beton, hafif beton, ağır beton, yüksek dayanımlı beton vs.) üretilmeye başlanmıştır. Beton dayanım ve diğer özelliklerinin yapılaraya göre seçildiği gözlenmiştir. Bununla birlikte ülkemizde meydana gelen depremlerin ardından can ve mal kaybının çok olması sebebiyle beton kalitesinin artırılması amacıyla beton hammaddelerinin de kalitesine önem verilmeye başlanmıştır.

Isparta beton sektörü agrega ihtiyacını il sınırları içerisinde bulunan kaya birimlerinden karşılamaktadır. Yörede agrega ihtiyacını karşılayan rezervleri oldukça büyük agrega ocakları mevcuttur. Bu ocaklardan üretilen agregalar hazır beton sektöründe kullanılmaktadır. Hacimce %60-75 civarında kullanılan agregalar betonun tüm özelliklerini ve beton üretiminde kullanılan diğer malzemelerin miktarlarını dolayısıyla betonun ekonomikliğini etkilemektedir.

İstenilen özelliklere sahip beton üretilmesi için agreganın özellikleri bilinmelidir. Isparta yöresinde üretilen ve kullanılan 6 farklı ocak agrega açısından incelenmiştir. Bunlar Göltaş kireçtaşı ocağı, Gümüşgün rekristalize kireçtaşı ocağı, Atabey kum-çakıl ocağı, Büyükhacılar dolomit (dolomitik kireçtaşı) ocağı, Direkli terfi-fonolit ocağı ve Kayıköy trakibazalt ocağı'dır.

Tez kapsamında öncelikle agrega olarak üretimi yapılan ocakların ayrıntılı jeolojisi ve rezervleri incelenmiştir.

Agregalar mineralojik ve jeokimyasal olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra boyutlandırılmış agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek yeterlilikleri irdelenmiştir. Boyutlandırılmış agregalar kullanılarak laboratuvar ortamında standartlara uygun C30/37 ve C70/85 betonu üretilmiştir. Beton sınıflarına göre su/çimento oranı sabit tutulmuş her iki sınıftaki betonların dayanımları ve diğer özelliklerinin birbirine göre değişimleri incelenmiştir. Böylece, Isparta'da üretilen agregaları kullanarak beton üreten uygulamacılara kullanılan agrega özellikleri (yeni standartlar ışığında incelenen) ve agreganın çeşidine göre uygun beton bileşimi ve beton özelliklerinin (yeni standartlar ışığında hazırlanan ve değerlendirilen) sunulması amaçlanmıştır.

Beş ana bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde çalışmanın önemi, amacı, inceleme alanın yeri, agreganın tanımı, sınıflandırılması ve agreganın dünya ve ülkemiz inşaat sektöründeki yeri hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalar özet olarak anlatılmıştır. Üçüncü bölümde çalışma materyali olarak seçilen agregalar, kimyasal ve mineral katkılar tanıtılarak çalışmada kullanılan materyal ve yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde araştırma bulguları verilmiş, beşinci bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

## **1.1. Konu ve Amaç**

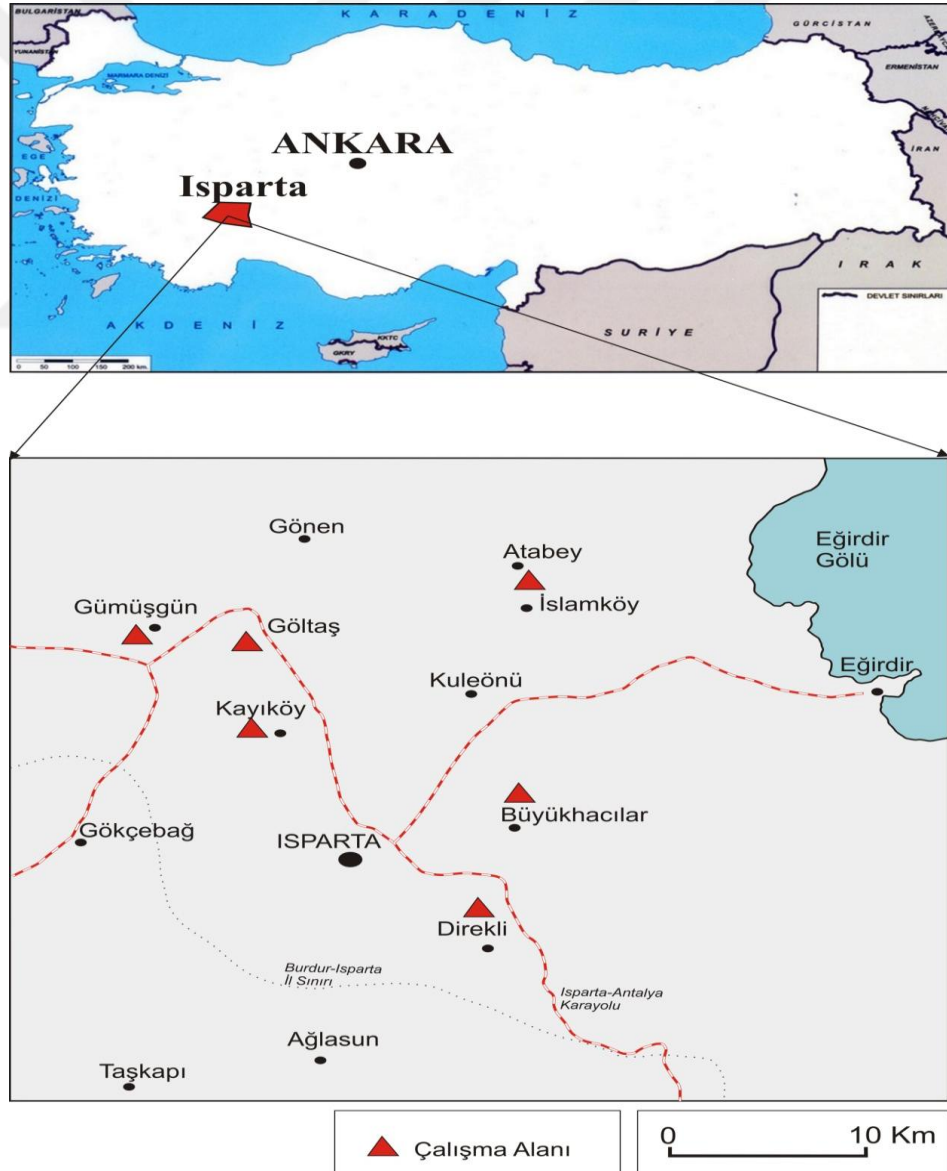
Tez kapsamında beton türlerinde kullanılan yerel ve ekonomik olarak üretilebilir kayaç/agrega türleri belirlenmiştir. Isparta yöresinde yer alan değişik kaya birimlerinden alınan örneklerin, mineralojik, petrografik, mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Hazırlanan iki beton sınıfı için (C30/37 ve C70/85) her bir agrega miktarı, çimento dozajı, katkı maddesi kullanım yöntemi ve oranı, su ihtiyacı vs. gibi karışım parametreleri TS 802 (2009)'ye ve deneme karışımlarının nihai sonuçlarına göre belirlenmeye çalışılmıştır. Tezde kullanılacak olan karışım tasarımları hazırlanmıştır. Hazırlanan beton karışım tasarımlarıyla üretilen beton sınıflarının mühendislik özellikleri (basınç dayanımı, elastisite modülü, birim hacim ağırlık, vd. gibi) belirlenmiştir.

Böylece, Isparta'da üretilen agregalar kullanarak beton üreten uygulamacılara, kullanılan agrega özellikleri (yeni standartlar ışığında incelenen) ve agreganın çeşidine göre uygun beton bileşimi ve beton özelliklerinin (yeni standartlar ışığında hazırlanan ve değerlendirilen) sunulması amaçlanmıştır.

## 1.2. İnceleme Alanı Hakkında Genel Bilgiler

### 1.2.1. İnceleme alanının yeri

Çalışma alanı, Isparta ve çevresinde bulunan altı farklı agrega ocağını ve yakın çevresini kapsayan yaklaşık 120 km<sup>2</sup>'lik alandır. Çalışma alanının yerbulduru haritası Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası



Göлтаş kireçtaşı ocağı, Gümüşgün kireçtaşı ocağı, Atabey kum-çakıl ocağı, Büyükhacılar dolomit (dolomitik kireçtaşı) ocağı, Direkli terfi-fonolit ocağı ve Kayıköy trakibazalt ve çevresi çalışma alanını oluşturmaktadır.

### 1.3. Agreganın Tanımı ve Sınıflandırılması

Agrega doğal, yapay veya geri kazanılmış olarak elde edilen ve yapılarda kullanılan taneli malzemedir. Betonun ana bileşeni agregadır. Beton hacminin %60-75'ini ve kütlece %70-85'ini oluşturmaktadır. Genellikle yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm. geçmeyen büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış agregası, su ile kimyasal reaksiyonlara girmez. Bununla birlikte agreganın özellikleri, betonun özelliklerinin (dayanım, donma çözülme, su emme vb.) belirleyicisidir. Agreganın porozitesi, sınıfı, boyut dağılımı, nem içeriği, şekli, yüzey dokusu, kırılma mukavemeti, elastisite modülü, zararlı maddelerin varlığı (kirlilik) gibi özellikleri betonun teknolojisini için önemlidir. Bu özellikler agreganın elde edildiği ana kayacın veya formasyonun mineralojik bileşiminden, agreganın elde edilme yöntemlerinden kaynaklanır (Mehta ve Monteiro, 2005). Çizelge 1.1'de agregalarda bulunabilecek mineral ve kayaların içerikleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 1.1. Agregaların kayaç ve mineral içerikleri

Mineral		Mağmatik Kayaçlar	Metamorfik Kayaçlar	Sedimanter Kayaçlar
<b>Silis</b>	<b>Karbonatlar</b>	<b>Granit</b>	<b>Mermer</b>	<b>Konglomera</b>
Kuvars	Kalsit	<b>Siyenit</b>	<b>Kuvarsit</b>	<b>Kumtaşı</b>
Opal	Dolomit	<b>Gabro</b>	<b>Sleyt</b>	Kuvarsit
Kalsedon	<b>Sülfatlar</b>	<b>Peridotit</b>	<b>Fillit</b>	Grovak
Kristobalit	Jips	<b>Andezit</b>	<b>Şist</b>	Arkoz
<b>Silikatlar</b>	Anhidrit	<b>Trakit</b>	<b>Amfibolit</b>	<b>Kıltaşı, Silttaşı,</b>
Feldispatlar	<b>Demir Sülfatlar</b>	<b>Latit</b>	<b>Hornfels</b>	<b>Arjillit ve Şeyl</b>
Mika	Pirit	<b>Fonolit</b>	<b>Gnays</b>	<b>Karbonatlı Kayalar</b>
Zeolit	Markasit	<b>Lamproit</b>	<b>Serpantinit</b>	Kireçtaşı
Hornblend	Pirotin	<b>Dasit</b>		Dolomit
Ojit	<b>Demir Oksitler</b>	<b>Riyolit</b>		<b>Çört</b>
<b>Kil</b>	Magnetit	<b>Diorit</b>		
İllit	Hematit	Obsidiyen		
Kaolin	Götit	Pomza		
Klorit	İlmenit	Tüf		
Montmorillonit	Limonit	Curuf		
		Perlit		
		<b>Bazalt</b>		

Agregalarda yaşanan en büyük sorun kirliliktir. Sadece doğal agregada değil sistemi iyi kurulmamış olan kırma kum tesislerinde de bu soruna rastlanmaktadır. Agregada boyut değişimiyle dayanımın yanı sıra granülometrideki farklılaşma dolayısıyla pompalama ve segregasyon gibi sorunlara yol açabilir. Agregaların yassılığı ise sık rastlanan problemler olarak görülmektedir. Yassılık pompalamada, segregasyon ve yerleştirmede sorunlara yol açmaktadır. Agregalardaki kalitesizlikten dolayı betonda kalite sorunları yaşanmasıyla birlikte çimento dozajını artırmak beton üretimindeki maliyetin artmasına sebep olmaktadır (Öztürk vd., 2003).

Agregalar, elde edilme şekline göre, birim ağırlıklarına göre, tane boyutlarına göre, tane şekillerine göre, yüzey dokusuna göre, jeolojik kökenlerine göre, mineralojik bileşimlerine göre ve reaktivite özelliklerine göre sınıflandırılır.

Elde edilme şekillerine göre agregalar ikiye ayrılır. Doğal Agregalar: Mekanik işlem dışında herhangi bir işleme tabi tutulmamış olan mineral kaynaklarından elde edilen agregalardır. Bunlar; Dere agregaları, Deniz ve göl agregaları, Teras agregası (yamaç molozları), Buzul agregaları, Kırmataş (ocak) agregası'dır.

Yapay veya Geri Kazanılmış Agregalar: Isıl veya diğer uygulamaları ihtiva eden bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen mineral kökenli agregalara yapay agrega denir. Önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işleminden geçirilmesi sonucunda elde edilen agregalardır. Bunlar; Yüksek fırın curufu, Genleştirilmiş killer, Geri kazanılmış agregalar, Uçucu kül ve yüksek fırın curufu kumu, Perlit, vermikülit, profillit vd.'dir.

Birim ağırlıklarına göre agregalar 3'e ayrılır. Hafif agregalar: etüv kurusu tane yoğunluğu  $<2000\text{kg/m}^3$  veya gevşek yığın yoğunluğu  $<1200\text{ kg/m}^3$ 'dür (TS 1114 EN 13055-1, 2004). Doğal hafif agregalar (Pomza, volkanik curuf, diatomit vd.), endüstriyel ürünlerin atıklarından elde edilen agregalar (yüksek fırın curufu, uçucu kül vd.), endüstriyel olarak üretilen suni hafif agregalar (perlit, vermikülit, genleştirilmiş kil agregalar vd.)'dir.

Normal agregalar: etüv kurusu tane yoğunluğu  $>2000 \text{ kg/m}^3$  veya gevşek yığın yoğunluğu  $< 1200 \text{ kg/m}^3$ 'dür. Kireçtaşı, dolomit, mermer, kuvars, bazalt, diabloz, andezit vd. (TS 706 EN 12620+A1, 2009)'dir. Ağır agregalar: etüv kurusu tane yoğunluğu  $>3000 \text{ kg/m}^3$  olan agregalardır. Barit, manyetit, hematit, limonit vd. (TS EN 206-1, 2014) ağır agregalara örnektir.

Tane boyutlarına göre agregalar 5'e ayrılır. Bunlar; Balast: tane boyutu  $>31,1\text{mm}$ . olan agregalardır. İri agrega:  $31,5\text{mm} <$  tane boyutu  $>4 \text{ mm}$ . olan agregalardır. İnce agrega:  $4 \text{ mm} <$  tane boyutu  $>63\mu\text{m}$ . olan agregalardır. Silt (taş unu):  $63\mu\text{m} <$  tane boyutu  $>2 \mu\text{m}$ . olan agregalardır. Kil:  $2 \mu\text{m} <$  tane boyutu olan agregalardır.

Tane şekline göre agregalar; Yuvarlak agregalar, köşeli (kübik) agregalar, yassı agregalar, uzun agregalar tane şekillerine göre sınıflandırılan agregalardır.

Yüzey dokusuna göre agregalar; Düzgün yüzeyli, granüler yüzeyli (taneli), pürüzlü yüzeyli, kristal yüzeyli, petek dokulu agregalar yüze göre sınıflandırılan agregalardır.

Jeolojik kökenlerine göre agregalar (TS 10088 EN 932-3, 1997); mağmatik (volkanik) kökenli agregalar: granit, siyenit, diyorit, gabro, riyolit, andezit, trakiandezit, bazalt vd., sedimanter (tortul) kökenli agregalar: kireçtaşı, dolomit, kumtaşı, konglomera, silttaşı, arjillit vd., metamorfik (başkalaşım) kökenli agregalar: kuvarsit, mermerler, rekristalize kireçtaşı, şistler, gnayslar vd.'dir.

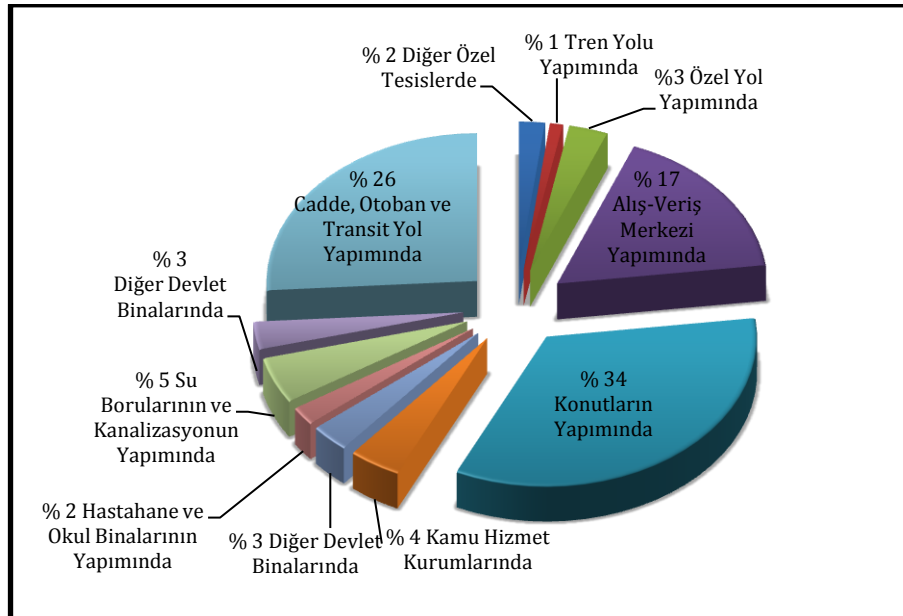
Mineralojik bileşimlerine göre; karbonat grubu mineraller:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , veya  $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ , silikat grubu mineraller:  $\text{SiO}_2$  ve diğer mineraller: mikalar, feldispatlar, piroksenler, olivinler'dir.

Reaktiflik özelliklerine göre, reaktif agregalar (Opak, kristobalit, tridimit türü kuvarslar, çört, kalsedon vd.) ve Reaktif olmayan agregalar olmak üzere 2'ye ayrılır.

#### 1.4. Agreganın İnşaat Sektöründeki Yeri

Dünyada ve ülkemizde agregalar çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olmakla birlikte, özellikle inşaat sektöründe ve asfalt üretiminde zorunlu olarak kullanılan bir gereçtir.

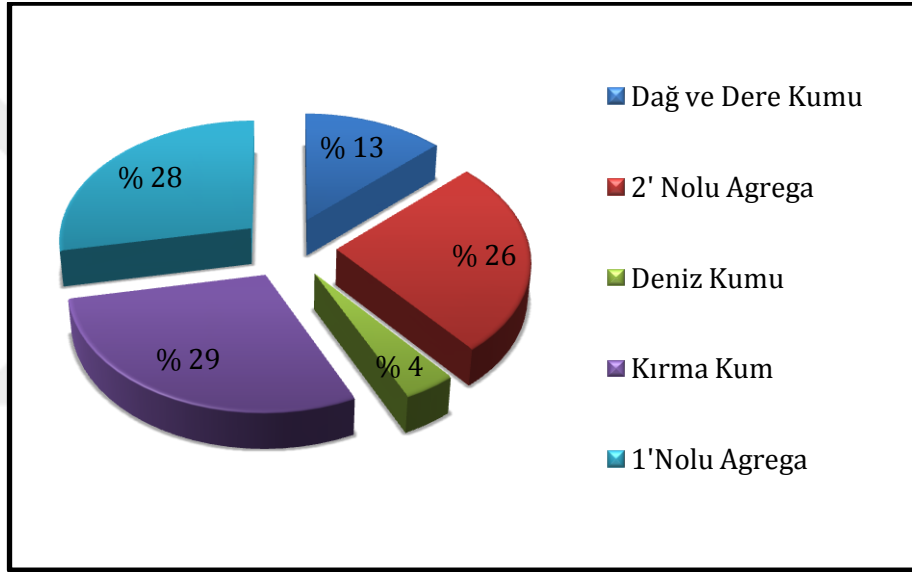
Dünyada kişi başına düşen ve en fazla tüketilen hammaddelerin başında su ve agrega gelmektedir. Dünyada agrega üretimi yaklaşık 7 ton/kişi'dir. Yapılan maden üretiminin yaklaşık %58'lik bölümünü agrega üretimi oluşturur, sahip olduğu bu payla tüm maden üretimi içinde birinci sıradadır. Pazar değeri petrol, doğalgaz ve kömürden sonra 4. sırada yer alır ([http://ww.kirec.org/image/file/YUF\\_CevreSunum\\_03haz09.ppt](http://ww.kirec.org/image/file/YUF_CevreSunum_03haz09.ppt) 13/12/2013)). Çin'de her yıl 70 milyon ton doğal agrega üretildiği bilinmektedir (Wang, 2010). Amerika'da üretilen agreganın %34'ü konut yapımında, %26'sı asfalt ve dolgu malzemesi olarak yol yapımında, %40'da diğer alanlarda kullanılmaktadır (<http://www.gravelbc.ca/aggregate/whereisaggregateused.html>(13/12/2013)) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Amerika'da agrega tüketimi

Türkiye'de inşaat sektöründeki büyüme, gelişme ve yol yapımının hızlanması agrega gereksiniminde büyük artışlara neden olmuştur (Yıldırım ve Yılmaz, 2002). Ülkemizde, yıllık agrega üretimi yaklaşık 300 milyon ton'dur. Türkiye'de

yapılan maden üretiminin yaklaşık %66'sı agrega üretimi oluşturur. Bununla birlikte, agrega üretimi kişi başına yaklaşık 4 tondur. Yıllık üretimin %35'lik bölümü asfalt ve dolgu agregası olarak kullanılırken, %65'lik bölümü ise hazır beton sektöründe kullanılmaktadır ([http://www.kirec.org/image/file/ YUF CevreSunum\\_03haz09.ppt](http://www.kirec.org/image/file/YUF_CevreSunum_03haz09.ppt) 13/12/2013)). Ülkemizde agrega kullanımının %17'si doğal olarak elde edilirken, %83'ü kırma taş olarak elde edilmektedir. Doğal agrega olarak kullanılan agregaların sadece %4'ü deniz kumu iken geri kalan %96'sı dağ ve dereden elde edilen kum olarak belirlenmiştir (Alp, 2004) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye'de kullanılan agreganın üretim yüzdesi (Alp, 2004)

Agrega üretiminde Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da üretim miktarı, fiyatı ve kalite kontrolleri çeşitli kuruluşlarca denetim altına alınmıştır. Türkiye'de agrega üretimi miktar, fiyat ve kalite açısından, kuruluşların küçük ve orta ölçekli olmasından dolayı yeterince denetim altına alınamamıştır. Agregas üretilen yatakların havza olarak değerlendirilmesi, üretimin bölgeye göre planlanması, üretim şeklinin ve koşullarının teknolojik ve bilimsel açıdan iyileştirilmesi üretilen agregaların kalite denetiminin yapılması, gerekirse maden kanunlarında değişiklik yapılması ve buna göre agrega fiyatlarının belirlenmesi ile sektörün karşılaştığı sorunlar azalmış ve sektörde bir iyileştirme yapılmış olacaktır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Önerilen tez konusu “Isparta Yöresinde Yeralan Kaya Birimlerinden Elde Edilen Agregaların Beton Performansına Etkisi” ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiş hem bölgesel jeoloji hem de kayaç özellikleri yönünden değerlendirilmiştir. Önceki çalışmalar yerel olarak yürütülmüştür. Ancak Isparta yöresinde yer alan farklı kökendeki kaya birimlerinin beton üretiminde ekonomik anlamda değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Önerilen tez konusuyla Isparta yöresinde beton agregası olarak kullanılan kayaçlar ayrıntılı bir şekilde hem jeolojik (mineralojik-petrografik, rezerv vs.) açıdan hem de kayaç fiziko-mekanik özellikleri bakımından incelenerek bu agregalar ile üretilen beton örneklerinin performansları değerlendirilmiştir. Duraylılık ve durabilite açısından amaca uygun beton türlerinin üretilebileceği kayaçlar belirlenmiştir. Böylece I. derecede deprem bölgesinde yeralan Isparta ili ve civarındaki hazır beton ve beton elemanları üreticilerine amaca uygun alternatif hammadde kaynakları sunulacak, bu şekilde yörede kullanılan beton kalitesini artırmak için önemli bir adım atılmaya çalışılmıştır.

### 2.1. Çalışma Alanının Jeolojisini Konu Alan Çalışmalar

**Poisson (1977):** Batı Toroslar’ın jeolojisi ile ilgili çalışmalar yaparak bölgede Triyas-Pliyosen aralığındaki kayaları kapsayan Beydağları otoktonu, Maestrihtiyen-Daniyen’de yerleşmiş Antalya napları ve Langiyen’de yerleşmiş Lisiyen (Likya) naplarını ayırtlamıştır. Antalya naplarını alttan üste doğru Peridotit napları, Kocadağ masifi, Kargı, Ispartaçay ve Çataltepe birimleri olarak sıralamıştır. Lisiyen (Likya) napları ise alttan üste doğru Yavuz, Domuzdağ, Gülbahar ve Gümüşlü üniteleri olarak bu çalışmada yazar tarafından belirlenmiştir.

**Gutnic ve diğerleri (1979):** Isparta büklümünü ayrıntılı olarak çalışmışlardır. Araştırmacılar, bölgenin 1/100 000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası hazırlamışlardır. Yaptıkları çalışmada bölgeyi değişik birimlere ayırmışlardır. Temelde alt otokton adı verilen Davras dağ ve Erenler formasyonunun bulunduğu, Çamlıdere olistrosromunun geldiğini belirtmişlerdir. Kretase

sonunda Antalya napları Ispartaçay biriminin allokton olarak bölgeye yerleştiğini vurgulamışlardır. Ayrıca Isparta-Burdur arasında Lisiyen naplarının varlığından ve bölgeye Miyosen sonrası bir yerleşimden bahsetmişlerdir.

**Kazancı ve Karaman (1988):** Bu araştırmada Gölcük volkaniklastik istifinin fasiyes özellikleri ve bunların depolanma mekanizmalarını ve volkanizma tipini belirlemeye çalışmışlardır. Yöredeki tortulları meydana getiren volkanik patlama ve püskürmelerin karasal bir volkanizmanın ürünü olduğunu belirlemişlerdir. Volkanizmanın merkezi Gölcük Gölü olarak kabul edilmiştir

**Karaman ve diğerleri (1989):** Gönen-Atabey arasındaki bölgenin jeolojisini açıklamaya çalışmıştır. Yörede yer alan kayaçlar otokton ve allokton olarak iki büyük gruba ayırmış ve kaya birimleri arasındaki stratigrafik ve tektonik ilişkileri aydınlatmaya çalışmıştır.

**Yalçınkaya (1989):** Çalışmada Isparta ve dolayında Batı Toroslarda Mesozoyik-Tersiyer kayalarının stratigrafisini ve ofiyolitik kayalarla olan tektonik ilişkisini incelenmiştir. Anatolid-Torid platformunun güneyinin Neotetisin güney koluna ilişkin rift çökellerinin olduğunu ve riftin tüm Mesozoyik boyunca devam ettiğini belirtmiştir. Bölgeye büküm özelliği kazandıran D-B yönlü sıkışmanın Alt Miyosen ve sonrasında başladığı öne sürülmüştür. Ayrıca Ispartaçay formasyonunun allokton olmayıp Neotetisin güney kolunda gelişen ofiyolit yüzeylemesi aşamasında olgunlaşmamış rift çökelleri olduğunu vurgulamış ve ofiyolitik karmaşıkların yöreye ilk yerleşimlerinin Üst Paleosen-Alt Eosen denizi eşliğinde olduğunu belirtmiştir.

**Karaman (1990):** Çalışmasında bölgedeki Tersiyer yaşlı çökellerin, Paleosen-Eosen yaşlı Kızılkırma formasyonu ile başladığını, egemen kaya türlerinin kıltaşı, türbiditik kumtaşı, killi kireçtaşı, şeyi ve çakıltaşlarının oluşturduğu bu birim, Erenler kireçtaşı üzerinde uyumsuz olduğunu ve daha üstte ise, Akitaniyen (Alt Miyosen) yaşlı Yazır formasyonun resifal kireçtaşlarının yer aldığını belirtmiştir. Yöredeki allokton konumlu kayaçları temsil eden Mesozoyik yaşlı Akdağ kireçtaşı birliği ile ofiyolitik karmaşık, batı/güneybatıdan hareketle bindirmeli bir dokanak boyunca Burdigaliyen yaşlı Ağlasun

formasyonunu üstler konumunda olduğundan bahsetmiştir. Bu büyük bindirmenin etkisi sonucu bölgede şiddetli kıvrımlanmalar, faylanmalar türünden önemli deformasyonlar geliştiğini söylemiştir. Literatürde Teke "Lisiyen" napları olarak bilinen bu büyük bindirme olayını takip eden dağ oluşumu ve kırıklanma evresinden arta kalan irili ufaklı çakıllar, post-orojenik nitelikli ve molas tipindeki kalın Orta-Üst Miyosen yaşlı Gönen çakıltaşlarını oluşturduğunu belirtmiştir. Alt Pliyosen'de Gölcük ana volkan bacasından çevreye yayılmaya başlayan volkanik malzemeler, Gölcük formasyonunu oluştururlar. Bölgedeki volkanizma etkinliği başlıca iki ayrı evrede meydana gelir. Erken volkanik evrede çevreye andezitik-trakitik özellikli lavlar yayılır. Geç volkanik evrede ise, Gölcük ana volkan bacasından çevreye daha hafif gereçlerden oluşan tuf ve piroklastik malzemelerin yayıldığını vurgulamıştır.

**Görmüş ve Karaman (1992):** Gönen-Atabey ve Ağlasun arasındaki bölgede yaptıkları çalışmada jeoloji haritası revize edilmiş ve bölgede temel bir stratigrafik çatı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bölgedeki volkanizmanın Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğu desteklenmiştir. Söbüdağ kireçtaşı üyesinin yer yer lagüner bir ortamda çökeldiği ifade edilmektedir. Paleosen'de var olan derin denizin Eosen'de de devam ettiği belirtilmiştir.

**Karaman (1994):** Kretase yaşlı karbonat istifi bölgenin en yaşlı otokton kaya birimi olduğunu, karbonat istifinin iki birim içerdiğini belirtmiştir. Bunlar alttan üste doğru; (1) Senomaniyen-Türoniyen yaşlı Söbüdağ formasyonu ve (2) Orta Maestrihtiyen yaşlı Senirce formasyonu'dur. Tüm Kretase yaşlı kaya birimleri Tersiyer yaşlı kırıntılı sedimentlerle uyumsuz olarak örtülür. Tersiyer yaşlı sedimanter istif iki birime ayrılır. Bunlar alttan üste doğru; (1) Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Kızılkırma formasyonu ve (2) Orta Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu'dur. Bölgedeki Gölcük volkanizması Geç Miyosen- Erken Pliyosen boyunca aktif olmuştur.

Gölcük formasyonu Gölcük volkanik materyallerinden meydana gelmiştir. Kuvaterner yaşlı alüyon ve birikinti koni çökelleri çalışma sahasının en genç birim olduğunu, Gökçebağ ofiyolitli karmaşığı ve Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşı birliği, bölgenin allokton kaya birimi, Allokton kayaların bölgeye ilksel



tektonik yerleşimlerinin Geç Kretase-Erken Paleosen dönemi olduğunu söylemiştir. Çalışma sahasının önemli tektonik yapılarından olan ters veya bindirme fayları ile kıvrım eksenleri KB-GD doğrultusunda; egemen normal faylar ve kırık sistemleri ise KD-GB doğrultusunda uzanmakta olduğunu ve bölgedeki tüm bu yapısal özellikler muhtemelen KD-GB sıkıştırma; KB-GD çekme kuvvetleri etkisi sonucu geliştiğini belirtmiştir.

## **2.2. Agregası ve Beton Arasındaki İlişkiyi Ortaya Koyan Çalışmalar**

**Özturan ve Çeçen (1997):** Bu çalışmada farklı dayanım sınıflarındaki betonlardaki kaba agreganın betonun mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Yüksek dayanımlı çimento (53 MPa ve 64 MPa), silis dumanı ve sülfano naftalin formaldehit esaslı süper akışkanlaştırıcı kullanılarak su/çimento oranı 0,58, 0,40, 0,30 olan 28 günlük dayanımları 30,60 ve 90 MPa olan beton numuneleri hazırlanmıştır. Agregası olarak en büyük tane boyutu 19mm olan kırılmış kireçtaşı, kırılmış bazalt ve silisli çakıltası kullanılmıştır. 28 günlük basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve yarmada çekme dayanımı sonuçları değerlendirilmiştir. Yüksek dayanımlı betonlarda kaba agreganın tipi önemli ölçüde etkilidir. Çakıltası agregasından elde edilen betonlara göre kireçtaşı ve bazalt agregası kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonlarda yaklaşık %10-20 oranında basınç, eğilme ve yarmada çekme dayanımlarında artış gözlenmiştir. En yüksek dayanım ise bazalt agregası kullanılarak elde edilen betonlarda gözlenmiştir. Bununla birlikte 30 MPa dayanıma sahip betonlarda dayanım özellikleri birbirinden çok farklı değildir, yakın değerler elde edilmiştir. Kireçtaşının çimento pastasıyla olan kimyasal etkileşiminden dolayı dayanım değerleri diğer agregalara göre daha iyidir. Çakıltası ile üretilen yüksek dayanımlı betonlarda (90 MPa) diğer parametreler değiştirilmeden sadece çimentonun dayanımı değiştirilerek eğilme ve yarmada çekme dayanımında % 30 oranında artış gözlenmektedir.

Fakat çimentonun değiştirilmesi basınç dayanımını etkilememektedir. Gerilme dayanımı yüksek performanslı betonlarda genellikle harcın dayanımıyla belirlenir. Basınç dayanımını ise kaba agreganın dayanımı ve yüzey şekil özellikleri önemli ölçüde etkilemektedir.

**Tasong ve diğeri (1998):** Bu çalışmada agreganın fiziksel özelliklerinin agrega çimento pastası arayüzeyine etkilerini araştırılmıştır. Beton agregası olarak kullanılan 3 farklı agrega kullanılmıştır (bazalt, kuvarsit ve kireçtaşı). Agreganın litolojik özelliklerinin bağ dayanımı üzerinde etkisi olduğu için toplam agrega yüzey alanı bağ yapma açısından önemlidir. 20 mm küp olarak şekillendirilmiş 3 farklı agrega düzgün yüzeyli, öğütülmüş, kırılmış agrega şeklinde 3 farklı biçimde şekillendirilmiştir. Şekillendirilen agregaların yüzey profilleri çıkarılmıştır. Şekillendirilen agregaların bir yüzeyine su/çimento oranı 0.37 olan çimento harcı yapıştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bazalt agrega pürüzlülüğü arttıkça ara yüzey bağ dayanımını da artmaktadır. Kireçtaşında ise yüzeydeki pürüzlülüğün artması ara yüzey bağ dayanımını çok fazla etkilememektedir. Kuvarsit agregasında ise yüzeyi düzleştirilmiş agreganın çimento ile olan bağ dayanımı diğer agregaların aksine daha fazladır. Agreg-açimento ara yüzeyi bağ dayanımı için agreganın yüzey pürüzlülüğünün basit bir fonksiyonunun olmadığı bununla birlikte agreganın ana kayacının yapısının, dayanımının ve gerçekleşen kimyasal reaksiyonların da önemli olduğu ve araştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

**Arıoğlu ve diğeri (1999):** Kırmataşın mühendislik büyüklüklerinin beton karışım tasarımına etkileri adlı çalışmalarında, kırmataşın mühendislik büyüklükleri olan, maksimum agrega boyutu, ince agrega inceliği, agreganın sıkıştırılmış birim ağırlığı, kırmataş veya çakıl agreganın beton karışımı üzerindeki etkileri belirli bir ayrıntı içinde ele almıştır. Beton dayanımını ( $f < 40\text{MPa}$ ) esas almıştır. Beton tasarımındaki karışım suyu gereksinmesi karışımın çökme miktarının yanı sıra agreganın maksimum boyutu ile ilişkili olduğunu, iri agrega miktarının agreganın maksimum boyutu ve ince agreganın incelik modülü ile denetlendiğini, karışımın sıkıştırılmış ıslak yoğunluğunun karışım suyu miktarıyla, agrega yoğunluğuyla değiştiğini belirtmiştir.

**Çağlayan ve diğeri (1999):** Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş "İston" isimli makalelerinde, beton yapımında

kullanılan agregaların özelliklerini inceleyerek, bunlara ait standartlara değinmişlerdir.

Bu çalışmada ve incelenen standartlara göre kumun gevşek birim ağırlığı, minimum 1350 kg/m<sup>3</sup> ve iri agreganın gevşek birim ağırlığı minimum 1250 kg/m<sup>3</sup> olmalıdır. Kumun özkütlesi minimum 2550 kg/m<sup>3</sup> ve iri agrega özkütlesi minimum 2600 kg/m<sup>3</sup> olmalıdır. Deniz hayvanı kabuğu içeriği 0,49 değerinden küçük olması durumunda uygundur. Çamurlu madde miktarı hacimce %5' den küçük olmalı ve iri agregalarda 63 um 'den daha ince kil, silt veya taş unu gibi malzemelerin miktarı, yıkama deneyine göre %1,5 değerini aşmamalıdır. Su emme miktarı kum ve iri agregada %2, dona dayanıklılık standardına göre ağırlık kaybı en çok %15 olmalıdır. Alkaliye duyarlı taneler çimentoda eşdeğer alkali oksit değeri %0,6'dan büyükse kumda, alkaliye duyarlı taneler ağırlıkça %0,5'den az olmalıdır.

Biçimsiz tane miktarı: maksimum %40'ı aşmamalıdır. Aşınma miktarı: malzeme kaybı 500 devir sonunda en çok %45 olması gerektiği belirtilmiştir. Taze beton birim ağırlığının yaklaşık %40'ını oluşturan agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri, betonun tüm özelliklerine ya doğrudan doğruya ya da dolaylı bir biçimde etki etmektedir. Özellikle betonun dayanıklılık performansının sonuçlarının yapı ömrü boyunca gözlenebileceği de dikkate alınırsa agrega seçimini çok daha özenli bir biçimde yapılması zorunluluğunu makalede vurgulamışlardır.

**Tasong ve diğerleri (1999):** Bu çalışmada agrega jeokimyasının agrega çimento pastası ara yüzeyine etkisi incelenmiştir. Beton agregası olarak çalışmada kuvarsit, bazalt ve kireçtaşı kullanılmıştır. Agregalar 20x40x5mm plakalar halinde hazırlandıktan sonra su/çimento oranı 0.37 olan çimento pastasıyla (yaklaşık 5 mm kalınlığı) iki agrega plakası yapıştırılmıştır. 1, 4, 12 ve 24 haftalık harç agrega ara yüzeyleri gözlenmiştir. SEM ve XRD çalışmalarının sonucunda, bazalt ve kuvarsit agregasının tersine kireçtaşı çimento pastası ara yüzeyi CO<sub>2</sub> varlığından dolayı diğer agrega çimento pastası ara yüzeylerine göre daha gözenekli olduğu, ara yüzeyindeki gözeneklilik amorf ve karboalüminat fazı ile karakterize edildiği, bazı kayaç ve çimento arasındaki kimyasal etkileşim

bağ dayanımındaki artıştan çok azalmaya sebep olduğu, erken dönemlerde özellikle kireçtaşı çimento pastası ara yüzeyi çok gözenekli olduğunu belirtmiştir. İlerleyen dönemlerde ise diğer gelişen reaksiyon ürünleriyle gözeneklerin dolduğu ve bağ dayanımında artış olduğu bununla birlikte bazalt çimento pastası arasındaki kimyasal reaksiyonların olması 12 hafta kürlenme sonrasında bağ dayanımında azalma gözlenmiştir.

**Bharatkumar ve diğerleri (2001):** Bu çalışmada yüksek performanslı betonun karışım oranlarına göre betonun mekanik ve durabilite özelliklerini değerlendirmiştir. Çalışmada kaba agregası olarak kırılmış granit agregası (<12,5) ince agregası olarak dere kumu (<4,75), süper akışkanlaştırıcı olarak sülfano naftalin formaldehit, uçucu kül, fırın curufu kullanılmıştır. Su/çimento oranı 0,5-0,35, çökme değeri 25-50, 16 farklı karışım hazırlanmıştır. 28 gün kür sonrasında beton numunelerinin basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve elastik modülü belirlenmiştir. Betonunun dayanıklılığı için ise su emme, su emme katsayısı, absorptivitesi belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, çimentoyla yer değiştiren malzeme (CRM) kürün erken dönemlerinde yavaş pozzolonik özellik göstermesinden dolayı düşük değerler göstermektedir. Uçucu külün etki faktörü demir curufuna göre daha düşüktür. Bununla beraber daha ekonomiktir. Uçucu külle karşılaştırıldığında demir curufu %50'den fazla kullanıldığında betonun hem mekanik hem de durabilite özelliklerinde daha iyi performans görülmektedir.

**Wu ve diğerleri (2001):** Bu çalışmalarında iri agreganın betonun basınç dayanımına, yarmada çekme dayanımına, kırılma enerjisine, elastik modülü özelliklerine etkisini araştırmıştır. Çalışmasında, iri agregası olarak kırılmış kuvarsit, kırılmış granit, kireçtaşı ve mermer kullanmıştır. İnce agregası olarak ise dere kumu kullanılmıştır. Maksimum tane boyutu 200 mm.'dir. Su/çimento oranı 0.26, 0.44, 0.55'dir. Hazırladığı beton numunelerinin 28 günlük kür sonunda mekanik özelliklerini belirlemiştir. Sonuçlara göre yüksek performanslı betonlarda, iri agreganın basınç dayanımını betonun dayanımında önemli bir rol oynar. Basınç dayanımının aksine yarmada çekme dayanımında ise agreganın etkisi daha azdır.

Yüksek performanslı betonların kırılma enerjisi de basınç dayanımlarında olduğu gibi iri agreganın etkisi vardır. Elastisite modulu kavramında ise agreganın sertliği ve tipi etki etmektedir.

Yapılan çalışmada Kuvarsit agregası kullanılarak hazırlanan betonların elastisite modülü diğer betonlara göre yüksektir. Bunun sebebi kuvarsitin elastisite modülünün diğer kullanılan agregalara göre %20-30 defa yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca elastisite modülü basınç dayanımı artıktıkça artmaktadır.

**Donza ve diğerleri (2002):** Bu çalışmada, farklı ince agregalı yüksek dayanımlı betonun özelliklerini karşılaştırılmıştır. Doğal kum, kırılmış kum, kireçtaşı, granit ve dolomit ince agregası kullanılmıştır. Su/çimento oranı 0.30'dur. Çimento miktarı 530, 485, 450 kg/m<sup>3</sup> kullanılmıştır. İri agrega olarak kırılmış granit kullanılmıştır. Bu çalışmada mineralojik kökenine farklı olan agregalar karşılaştırıldığında basınç dayanımının granit ince agregalı (485kg/m<sup>3</sup>) betonun dayanımının hidrasyon derecesinin fazla olmasından dolayı yüksek olduğu gözlenmiştir. Dolomitin agregalı betonun basınç dayanımı, kireçtaşı agregalı betonunkinden daha düşüktür. Bununla birlikte kırılmış kum agregalı betonun dayanımı doğal kum agregalı betona göre daha yüksektir. Betonda ince agrega veya kaba agreganın yüzey yapısı ve kırılma dokusu agrega ve çimento pasta etkileşimini etkilediğinden dolayı betonun dayanımının etkiler.

**Torgal ve diğerleri (2002):** Bu çalışmada agreganın fiziksel özelliklerinin betonun durabilitesine etkisini incelemiştir. Çalışmasında Portekiz'de agrega olarak kullanılan farklı granit türlerini (granit ve gabro) ve kireçtaşı kullanmıştır. Öncelikle kayaçların ve agregaların yoğunluk, su emme, Los Angeles ve basınç dayanımı, oksijen ve su permabiliteyi gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Bu agregaları kullanarak, aynı işlenebilirlik özelliğine ve hacim oranına sahip çeşitli beton karışımları hazırlamıştır. C20/25 dayanım sınıfında ve ince kaba agrega oranı 0.82 olan beton örneklerinin dayanımlarını ve diğer özelliklerini belirlemiştir. Çalışma sonucunda, farklı agregalarla üretilmiş betonların kalitesi hemen hemen birbirinin aynıdır. Fakat kaba agrega, betonun permabilitesine harçtan daha çok etki etmektedir.

Bununla birlikte, agrega-çimento ara yüzeyi ilişkisi iyice irdelenmesi gerektiğini belirtmiştir.

**Beshr ve diğerleri (2003):** Bu makale çalışmalarında yüksek dayanımlı betonların mekanik özelliklerine iri agrega cinsinin etkisini araştırmıştır. Bu çalışmalarında 4 farklı iri agrega kullanılmıştır. Bunlar kalkerli kireçtaşı, dolomit kireçtaşı, kuvarsitik kireçtaşı ve demir curufudur. Bu agregalardan üretilmiş yüksek dayanımlı betonların basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve elastisite modülü incelenmiştir. Çalışmada 0,35 su/çimento oranı 450 kg/m<sup>3</sup> çimento kullanılarak beton numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan beton numuneleri kütleme işleminden sonra 14, 28, 90 günlerde beton dayanımları ölçülmüştür. Çalışma ile birlikte basınç dayanımına beton agregasının cinsinin etkisi vurgulanmıştır. Demir curufuyla hazırlanmış betonun dayanımı (28. günde 54 MPa) kırılmış kireçtaşıyla hazırlanmış betonun dayanımından yüksektir. En düşük basınç dayanımı kalkerli kireçtaşıyla hazırlanmış beton numunelerinde görülmüştür (28. günde 43 MPa). Bununla birlikte dolomitik kireçtaşları agregası kullanılarak hazırlanan beton dayanımı, kuvarsitik kireçtaşlarıyla hazırlanan beton dayanımından daha düşüktür. Yarmada çekme dayanımları karşılaştırıldığında en yüksek yarmada çekme dayanımı demir curufu agregası kullanılarak yapılan betonlarda gözlenmektedir. 28. gündeki yarmada çekme dayanımı testinde dolomitik kireçtaşı ve kuvarsitik kireçtaşlarından yapılan betonların dayanımlarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Betonların elastik modülleri incelendiğinde ise demir curufu agregalı betonların elastik modüllerinin diğer betonlara göre fazla olduğu gözlenmiştir. Besh ve diğerleri elastik modülünü, agreganın kalitesinin etkilediğini vurgulamıştır. Agreganın sertliğinin az olması zayıf beton üretimine neden olacağını vurgulamıştır.

**Semiz ve diğerleri (2005):**Bu çalışmada, Denizli güneyinde yer alan, bazaltik trakiandezit bileşimli Denizli Volkanitleri mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Araziden alınan örnekler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik testlerle de volkanik kayaçların, gerek yapı sektöründe yapı taşı olarak ve gerekse de beton sektöründe agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır.

İncelenen örnekler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda, birim hacim ağırlığı 2250-2960 kg/m<sup>3</sup> arasında, su emme oranları %0,06-0,4 arasında, görünür porozite %0,15-10,22 arasındadır.

Tek eksenli basınç dayanımlarının ise 52,4-170,2 MPa arasında olduklarını belirlemiştir. Aynı örneklerden üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımları ortalaması 94,44 MPa olarak tespit etmişleridir. Elde edilen sonuçlar ile mineralojik ve petrografik çalışmaların uyumlu olduğu ortaya çıkmıştır. Toplam 2750 milyon tonluk muhtemel rezerve sahip olan volkanikleri, bölgede üretilen kalker kökenli agregalara alternatif bir kayaç olduğunu belirtmiştir. Deprem açısından I. Derecede riskli olan bölgede, inşaat sektörüne kazandırılması yüksek dayanımlı beton üretimi için önemli bir kazanç oluşturacağını vurgulamaya çalışmıştır.

**El-Aris (2006):** Bu çalışmada kaba agreganın azaltılmasının basınç dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada 30 farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Çalışmada su/çimento oranının, ince ve kaba agreganın, kaba agreganın/toplam agregaya oranının, toplam agrega/çimento oranının ve kütleme biçiminin etkisini araştırmıştır. İşlenebilirlik açısından su/çimento oranını 0,4-0,5, toplam agrega/çimento oranını 0,0-4,5 arasında 4 değer kullanmıştır. Kaba agrega/toplam agrega oranını 0,0-0,6 arasında 6 farklı değer seçmiştir. Hazırlanan beton karışımlarının her birine 3 farklı kütleme uygulamıştır (etüv, hava ve suda). Bu çalışmada kürlenmenin basınç dayanımının üzerindeki etkisine bakıldığında suda kürlenmenin basınç dayanımında diğer kütleme tiplerine göre daha etkili olduğu gözlenmiştir. Toplam agrega/çimento ve kaba agrega/toplam agreganın etkisi incelendiğinde ise Toplam agrega/çimento oranının 3,0 ve kaba agrega/toplam agrega oranının ise 0,3-0,4 aralığında olması gerektiğini vurgulamıştır. Su/çimento oranının etkisi incelendiğinde ise çalışmada su/çimento oranının artması basınç dayanımını azalttığı vurgulanmıştır. Kaba agreganın azaltıldığında ince agrega artırıldığında ise dayanımı çok fazla etkilemediğini fakat iri agreganın azaltıldığında dayanımında az miktarlarda olsa da azaldığı belirtilmiştir.

**Al-Oraimi ve diğerleri (2006):** Bu makalesinde iri agreganın mineralojisinin yüksek dayanımlı betonun mekanik özelliklerine etkisini araştırmıştır. Betonda

agregaları 2 boyut (10-20 mm.) olarak kullanmıştır. Umman'da bulunan 4 bölgeden aldığı agregaları iri agrega olarak kullanmıştır. Agregaların su emme, özkütlesi, birim ağırlıklarını, mineralojik-petrografik özelliklerini belirlemiştir. 4 farklı agreganın kireçtaşı, granit, gabro, bazalt, kumtaşı, peridot, serpantin, çört, kuvarsit, şist miktarlarını % miktarlarını saptamıştır. Çalışmasında 0,35 oranında su/çimento oranını kullanarak beton numuneleri hazırlamıştır. 28 günlük kür sonucunda beton numunelerinin basınç dayanımı, eğilme dayanımı, yarmada çekme dayanımı incelenmiştir. Bu çalışmada 10 mm boyutunda agrega kullanılarak üretilen beton numunelerinin 28 günlük basınç dayanımlarının 81,3 ve 85,6 MPa arasında olduğu ve 20 mm boyutunda agrega kullanılarak üretilen beton numunelerinin, 28 günlük basınç dayanımlarının 72,5 ile 77,5 MPa arasında olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte kireçtaşı yüzdesi fazla olan beton numunelerinin dayanımlarının daha yüksek olduğu bunun sebebinin köşeli kırılmaya sahip olması ve çimento agrega arasında güçlü bağ oluşması olduğunu belirtmişlerdir. Serpantin içeren beton agregalarının ise düşük basınç dayanımına sahip olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda yazarlar, basınç dayanımı ve dolaylı olarak da çekme dayanımında agregaların mineralojisinin etkili olduğunu vurgulamışlardır. Küçük maksimum agrega boyutuyla karşılaştırıldığında, maksimum iri agrega boyutunun düşük basınç dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir. Yüksek eğilme ve çekme dayanımları basınç dayanımlarının artmasıyla artmıştır. Yüksek eğilme ve çekme dayanımları daha küçük maksimum agrega boyutu (10mm) kullanılarak elde edilmiştir. Yarmada çekme dayanımı genellikle eğilme dayanımının %57-60'ı kadar olduğu sonucuna varılmıştır.

**Çomak ve diğerleri (2010):** Bu çalışmada Isparta bölgesinde bulunan beş farklı agrega ocağından çıkarılan agregaların beton agregası olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla Isparta il sınırları içerisinde bulunan Atabey, Gümüşgün, Güneykent ve Kılıç bölgelerinden dört farklı doğal agrega ile Isparta merkezde yatakları bulunan ve hafif bir agrega olan pomza agregası kullanılmıştır. Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlendikten sonra her bir agrega ile üç farklı çimento dozajında (350-400-450 kg/dm<sup>3</sup>) beton numuneler üretilmiştir. Üretilen betonlar üzerinde 7-28 ve 90. günlerde



tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerle sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre betonların 28 günlük basınç dayanımlarına göre en yüksek basınç dayanımı 44.8 MPa olarak performans gösteren agregaya olmuştur. Diğer agregaların betondaki perforansları incelendiğinde beton üretiminde fiziksel ve mekanik olarak en iyi değerler sırasıyla Gümüşgün agregası Güneykent agregası ve Kılıç agregasından elde edilmiştir. Pomza agregası kullanılarak elde edilen beton numunelerinin basınç dayanımlarının çok düşük olması nedeniyle normal betonda tek başına kullanılamayacağını bimsblok üretiminde kullanılmasının daha uygun olacağı vurgulanmıştır.



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Agregas

Tez kapsamında, Isparta ve çevresinde kullanılan farklı kökene ait 6 çeşit agrega kullanılmıştır. Beton örneklerinde sedimanter kökenli agrega olarak Atabey Belediyesi taş ocağından temin edilen kum-çakıl agregası, Avpaş (Gümüşgün) şirketine ait rekrystalize kireçtaşı agregası, Göltaş Hazır Beton A.Ş.'de kullanılan kireçtaşı agregası ve Öztüre A.Ş. ocağından elde edilen dolomit (dolomitik kireçtaşı) agregası kullanılmıştır. Mağmatik kökenli agrega olarak Isparta Belediyesi'ne bağlı İstem A.Ş.'de kullanılan tefri-fonolit agregası, Kayıköy civarından elde edilen trakibazalt agregası kullanılmıştır. Tüm agregalar kırma eleme tesislerinde kare gözlü eleklerden elenmek suretiyle üç farklı tane boyut grubuna (0-4 mm, 4-8mm ve 16mm-22,5 mm) ayrılmıştır.

##### 3.1.2. Çimento

Beton karışımlarında bağlayıcı olarak Göltaş A.Ş. Çimento fabrikasının ürettiği CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çimentonun TS EN 197-1 (2011) standardına uygunluk analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Beton karışımlarında kullanılan çimentonun TS EN 197-1 (2011) standardına uygunluk analiz sonuçları

	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Özkütle (g/cm <sup>3</sup> )	Priz Başlangıcı (Dak.)	Genleşme (mm)	Mukavemet Değerleri (MPa)			SO <sub>3</sub> (%)	K.K (%)	Ç.K (%)	Cl <sup>-</sup> (%)	C <sub>3</sub> S
					B2	B7	B28					
<b>Ort.</b>	3133	3.12	158	1	27.1	42.3	56.0	2.84	1.94	0.2	0.0	58.
<b>SDS.</b>	123.84	0.01	22.04	0	2.14	2.21	1.38	0.13	1.14	0.09	0.00	4.17
<b>Min.</b>	2980	3.11	140	1	23.3	37.8	54.5	2.63	1.00	0.10	0.00	52.8
<b>Mak.</b>	3370	3.14	200	1	30.0	44.6	58.1	3.00	3.83	0.40	0.01	64.5

##### 3.1.3. Silis dumanı

Tez kapsamında hazırlanan C70/85 betonlarında Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi'nden endüstriyel atık olarak bacalarda tutulan ferrosilisyum (FeSi) baca tozları kullanılmıştır. Silis dumanının kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Silis dumanının kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim	(%)
SiO <sub>2</sub>	93,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24
CaO	0,71
MgO	0,33
Ateşte Kayıp	1,84
Özgül Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> /gr)	----
Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	2,2
Çözünemez Kalıntı	2,08

### 3.1.4. Akışkanlaştırıcı

Tez kapsamında hazırlanan C70/85 beton karışımlarında polikarboksilik eter esaslı, yüksek oranda su azaltan, dayanıklılığı artıran, erken ve nihai yüksek dayanım sağlarken betonun kıvam kaybını önleyen, süper akışkanlaştırıcı beton katkı malzemesi kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcının teknik özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan süper akışkanlaştırıcının teknik özellikleri

Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı
Renk	Opak
Yoğunluk	1,063 -1,103 kg/litre
Klor içeriği % (EN 480-10)	< 0,1
Alkali içeriği % (EN 480-12)	< 3

### 3.1.5. Karma suyu

Beton imalinde kullanılan karma suyu olarak içme suyu şebekesinden alınan su kullanılmıştır. İçme suyunun, TS EN 206-1 (2014) de beton karışımında kullanılabilen karma suyu özellikleri sağladığı kabul edilir.

## 3.2. METOD

Giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda saha, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere başlıca üç aşamada yürütülmüştür.

### 3.2.1. Saha çalışmaları

Isparta ili civarında bulunan agrega olarak kullanmak amacıyla açılmış ocakları kapsayan saha çalışmalarında, inceleme alanı ve çevresine ait 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak, bölgede mostra veren farklı litoloji türleri tanımlanmış ve bu litolojileri karakterize eden kayaç örnekleri toplanmıştır. Alınan kayaç örnekleri arazide makro olarak tanımlanmış ve analizler için numaralandırılmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak arazi incelemeleri yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda ocakların bulunduğu bölgelerin ayrıntılı jeolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla, inceleme alanının da içerisinde bulunduğu 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları ve enine kesitleri hazırlanmıştır. Ayrıca beton numunelerini üretmek için agrega olarak Atabey Belediyesi taş ocağından temin edilen kum-çakıl agregası, Avpaş şirketine ait Gümüşgün rekristalize kireçtaşı agregası, Isparta Belediyesi'ne bağlı İstem A.Ş.'de kullanılan tefri-fonolit agregası, Kayıköy civarından elde edilen trakibazalt agregası, Göltaş Hazır Beton A.Ş.'de kullanılan kireçtaşı agregası, ve Öztüre A.Ş ocağından elde edilen dolomit (dolomitik kireçtaşı) agregası kullanılmıştır. Tüm agregalar kırma eleme tesislerinde kare gözlü eleklerden elenmek suretiyle üç farklı tane boyut grubuna (0-4 mm ve 4-8 mm, 8-22,5 mm) ayrılmıştır.

### **3.2.2. Laboratuvar çalışmaları**

#### **3.2.2.1. Petrografik çalışmalar**

Laboratuvar çalışmaları, saha çalışmalarına paralel olarak yürütülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında agrega olarak kullanılan Isparta ve çevresinde bulunan değişik formasyonlara ait yaklaşık 21 adet örneğin ince kesiti yapılarak birimlerin, mineralojik bileşimi ve dokusal özelliklerini saptamak amacıyla, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yer alan Olympus (BH-2) marka polarizan mikroskopta incelenmiştir.

#### **3.2.2.2. Majör, minör ve iz element analizleri**

Tezin konusunu oluşturan agrega örneklerinden toplanan 18 tane örneğin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacı ile bütün bu kayaçların majör oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Kayaç analizleri ACME (Kanada) Laboratuvarlarında ICP-MS yöntemi ile yapılmıştır. Bu kayaç örneklerinde ana elementlerden SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, A.Z. (Ateşte Kayıp;1000°C), iz elementlerden Rb, Sr, Ba, Zr, Hf, Ta, Th, U, Nb, Y, Cu, Zn, Pb, Cs, Ga,V, Ni, Co, Sc, Nadir Toprak Elementlerinden La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu içerikleri saptanmıştır.

### 3.2.2.3. Kayacın fiziko-mekanik özellikleri

İnceleme alanında yer alan ve tez kapsamında değerlendirilen agrega olabilecek kayaçların aşağıdaki Çizelge 3.4’de belirtilen fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Kayaçların belirlenen fiziksel özellikleri

Fiziko-Mekanik Özellikler	Standartlar
Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama	TS 10088 EN 932-3 (1997)
Görünür Yoğunluk	TS EN 1936 (2010)
Özkütle (Gerçek Yoğunluk)	TS EN 1936 (2010)
Doğal Taşlar - Basınç Dayanımı Tayini	TS EN 1926 (2013)
Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanımı Tayini	TS EN 12372 (2013)

#### 3.2.2.3.1. Numune alma yöntemi

Numune almanın amacı, kayacın veya agreganın ortalama özelliklerini en iyi şekilde temsil eden toplam numuneyi almaktır. Tez kapsamında üretilen agregalardan kırma eleme tesislerindeki stoklardan numune alımı TS EN 932-1 (1997)’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Toplam numunenin minimum kütlelerinin aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$M = 6 \times \sqrt{D} \times \rho_b \quad (3.1)$$

Burada;

M: Numunenin kütlesi, kg.

D: Maksimum tane büyüklüğü, mm.

$\rho_b$ : gevşek yığın yoğunluğu, megagram/m<sup>3</sup>.

#### 3.2.2.3.2. Basitleştirilmiş petrografik tanımlama

TS 10088 EN 932-3 (1997)'da belirtilen standardındaki terminoloji kullanılarak petrografik tanımlamaları yapılmış ve adlandırılmıştır.

### 3.2.2.3.3. Görünür yoğunluğu

Kayacın görünür yoğunluğunun tayini TS EN 1936 (2010)'e yapılmıştır. Aşağıdaki formülü ile hesaplanır.

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rd} \quad (3.2)$$

Burada;

$m_d$  : Kuru numune kütlesi, g,

$m_h$  : Su içerisine batırılmış numune kütlesi, g,

$m_s$  : Doygunlaştırılmış numune kütlesi, g,

$\rho_b$  : Numunenin görünür yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>,

$\rho_r$  : Numunenin gerçek yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>,

$\rho_{rh}$  : Suyun yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>'dir.

### 3.2.2.3.4. Özkütle (Gerçek Yoğunluk)

Agregaların özkütleleri TS EN 1936 (2010)'da belirtildiği gibi belirlenmiştir. Özkütle aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$d_o = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (3.3)$$

Burada;

$d_o$ : Kayacın özkütlesi (gr/cm<sup>3</sup>)

$G_{pn}$  : (piknometre + deney numunesi) kütlesi (gr)

$G_p$  : Piknometre kütlesi (gr)

$G_{pns}$  : (piknometre + deney numunesi + su) kütlesi

$G_{ps}$  : Su ile dolu piknometre kütlesi (g)'dir.

### 3.2.2.3.5. Doğal taşlar - basınç dayanımı tayini

Agreganın elde edildiği kayacın basınç dayanımı tayin edilirken TS EN 1926 (2013)'dan yararlanılmıştır. Her numunenin tek eksenli basınç dayanımı R, numunenin kırılma yükünün deney öncesi kesit alanına oranı olarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir.

$$R = F/A \quad (3.4)$$

Burada;

A: Deney öncesi numunenin kesit alanı, mm<sup>2</sup>

F: Kırılma yükü, N

R: Deney numunesinin tek eksenli basınç dayanımı, MPa

Sonuç, MPa olarak en az iki rakamlı olarak verilmiştir.

### 3.2.2.3.6. Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı tayini

Kayaçların tek eksenli eğilme dayanımı TS EN 12372 (2013)'a göre hesaplanmıştır. Her bir numunenin eğilme dayanımını hesaplamak için (R<sub>tf</sub>) aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$R_{tf} = 3FL/2bh^2 \quad (3.5)$$

Burada;

R<sub>tf</sub>: Eğilme dayanımı, MPa,

F: Kırılma yükü, N,

L: Destek silindirleri arasındaki mesafe, mm,

b: Numunenin kırılma düzlemine bitişik genişliği, mm,

h: Numunenin kırılma düzlemine bitişik kalınlığı, mm,

### 3.2.2.4. Agreganın fiziko - mekanik özelliklerinin belirlenmesi

İnceleme alanında yer alan ve agreganın fiziko - mekanik özelliklerinin belirlenmesi için kullanılan kayaçlardan üretilen agregaların aşağıdaki Çizelge 3.5'de belirtilen fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.5. Kayaçların belirlenen fiziko-mekanik özellikleri

<b>Fiziko-Mekanik Özellikler</b>	<b>Standartlar</b>
Agrega Tane Sınıfları	TS EN 933-2 (1996)
Tane Büyüklüğü Dağılımı	TS 3530 EN 933-1 (1999)
Gevşek ve Sıkışık Birim Yığın Yoğunluğu	TS EN 1097-3 (1999)
Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı	TS EN 1097-6 (2013)
İncelik Modülü	TS 706 EN 12620+A1 (2009)
İnce Madde Oranı	TS 706 EN 12620+A1 (2009)
Organik Madde Tayini	ASTM C-40-97 (1998)
Yassılık İndeksi	BS 812 (1990)
İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (Los Angeles)	TS EN 1097-2 (2010)
İri Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci (Mikro Deval)	TS EN 1097-1 (2011)
Donma-Çözölmeye Karşı Dayanıklılık	TS EN 1367-1 (2009)
Alkali-Silika Reaktifliği	ASTM C 1260-07 (2007)
Asitte Çözölebilen Sülfat	TS EN 1744-1 (2010)

### 3.2.2.4.1. Agregata tane sınıfları

Agregata deneyleri için kullanılacak olan numunelerin boyutlarına göre elenmesinde, hazırlanmasında TS EN 933-2 (1996)'e uygun kare delikli elekler kullanılmıştır. Agregata tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Agregata tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları (TS 706 EN 12620+A1, 2009)

<b>Temel elek serisi mm</b>	<b>Temel elek serisi + seri 1 mm</b>	<b>Temel elek serisi + seri 2 mm</b>
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63

**Not** - Parantez içinde gösterilen yuvarlatılmış büyüklükler, agregata tane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilir.



TS 706 EN 12620+A1 (2009)'e göre dolgu malzemesi olarak kullanılan agregalar dışındaki bütün agregalar, d/D gösterilişi kullanılarak agrega tane sınıfı cinsinden belirtilmelidir. Tezin konusunu oluşturan agregaların tane sınıfları TS 706 EN 12620+A1 (2009)'e göre belirtilmiştir.

#### 3.2.2.4.2. Tane büyüklüğü dağılımı (Granülometri)

Elek analizi ile agregaların tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için TS 3530 EN 933-1 (1999)'deki metod kullanılmıştır. Aşağıdaki eşitlikten 63 mikrometre göz açıklıklı eleği geçen ince tanelerin yüzdesi hesaplanır (TS 3530 EN 933-1, 1999).

$$f_{gra} = \left[ (M_{kk} - M_{63kk}) + \frac{P_{tav}}{M_{kk}} \right] \times 100 \quad (3.6)$$

Burada ;

$M_{kk}$ : Deney kısmının kuru kütlesi, kg.

$m_{63kk}$ : 63 mikrometre göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg.

$P_{tav}$  : Tavadaki malzeme kütlesi, kg.'dır.

$f_{gra}$ : Tane büyüklüğü dağılımı

#### 3.2.2.4.3. Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini

Kuru agregaların gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin belirlenmesi için TS EN 1097-3 (1999)'de belirtilen deney metodları kullanılmıştır. Gevşek yığın yoğunluğu  $\rho_b$ , her deney numunesi için aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$\rho_b = (m_2 - m_1)/V \quad (3.7)$$

Burada;

$\rho_b$ : Gevşek yığın yoğunluğu/Sıkışık yığın yoğunluğu, megagram/m<sup>3</sup> (Mg/m<sup>3</sup>),

$m_2$ : Ölçü kabı ve deney numunesinin kütlesi, kg,

$m_1$ : Boş ölçü kabı kütlesi, kg,

$V$ : Ölçü kabının hacmi, lt. dir.

$$v = ((\rho_p - \rho_b)/\rho_p) \times 100 \quad (3.8)$$

Burada;

v: Boşluk yüzdesi

$\rho_b$  : Gevşek yığın yoğunluk, Mg/m<sup>3</sup>

$\rho_p$  : Aynı laboratuvar numunesinden, alınan bir deney kısmında prEN 1097-6'e göre belirlenen etüvde kurutulmuş veya önceden kurutulmuş tane yoğunluğu Mg/m<sup>3</sup> dür.

#### 3.2.2.4.4. Tane yoğunluğu ve su emme oranı

TS EN 1097-6 (2013) standardında göre tezin konusunu oluşturan agregaların tane yoğunluğu ( $\rho_a$ ,  $\rho_{rd}$  ve  $\rho_{ssd}$ ) ve su emme oranı anlatılan metodla yapılmış ve aşağıda verilen formüllerle megagram/metreküp cinsinden hesaplanmıştır.

Görünür tane yoğunluğu:

$$\rho_a = \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (3.9)$$

Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu:

$$\rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (3.10)$$

Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu:

$$\rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (3.11)$$

Su emme oranı (absorpsiyon) ( $WA_{24}$ ), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$WA_{24} = \frac{(M_1 - M_4)}{M_4} \times 100 \quad (3.12)$$

Burada;

$M_1$ : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, gr,

$M_2$ : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi, gr,

$M_3$ : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, gr,

$M_4$ : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, gr'dır.

Hesaplamalar, aşağıdaki eşitlik kullanılarak kontrol edilmiştir.

Görünür doluluk oranı, gerçek doluluk oranı, görünür porosite, toplam porosite, kapalı gözenek, birim kütlenin hacmi, aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır:

$$k_0 = \rho_{rd}/\rho_a \quad (3.13)$$

$$k_g = (100 - \eta_1) \times 100 \quad (3.14)$$

$$\eta_0 = [1 - (\rho_{rd}/\rho_a) \times 100] \quad (3.15)$$

$$\eta_1 = [1 - (\rho_{rd}/\rho)] \times 100 \quad (3.16)$$

$$\eta_k = \eta_1 - \eta_0 \quad (3.17)$$

Burada;

$\rho_a$ : Görünür tane yoğunluğu:

$\rho_{rd}$ : Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu:

$\rho$ : Özkütle

$k_0$ : Görünür doluluk oranı (%)

$k_g$ : Gerçek doluluk oranı(%)

$\eta_0$ : Görünür porozite (%)

$\eta_1$ : Toplam porozite (%)

$\eta_k$ : Kapalı gözenek (%)

#### 3.2.2.4.5. İncelik modülü

Yukarıda belirtilen hususlar ve formül dikkate alınarak (TS 706 EN 12620+A1, 2009) hesaplanarak belirlenmiştir. Tez kapsamında kullanılan agregaların incelik modülleri TS 706 EN 12620+A1 (2009)'de belirtilen incelik modülü (FM), aşağıda verilen göz açıklıklı (mm) eleklerde kalan kümülatif kütlece yüzdelerin toplamı olarak yüzde cinsinden hesaplanır:

$$\text{İncelik Modülü (FM)} = \frac{\sum\{(>4)+(>2)+(>1)+(>0,5)+(>0,25)+(>0,125)\}}{100} \quad (3.18)$$

#### 3.2.2.4.6. İnce madde oranı

Beton agregalarında, ince madde oranı tayini deney yöntemlerini belirler. İnce madde, tane büyüklüğü 0,063 mm den küçük olan malzemedir. Kırma kum ve ince agregaların ince madde oranı, çökeltme yöntemi ile belirlenmiştir (TS 706 EN 12620+A1 (2009)). Aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır:

$$m_{1s} = \frac{Ah_{1s} \cdot 8k_{1s}}{W_n} \times 100 \quad (3.19)$$

$$m_{24s} = \frac{Ah_{24} \cdot 8k_{24}}{W_n} \times 100 \quad (3.20)$$

Burada;

$m_{1s}$ : 1 saat dinlendirme sonunda çökelen ince madde oranı (%)

$m_{24s}$ : 24 saat dinlendirme sonunda çökelen ince madde oranı (%)

$h_{1s}$ : 1 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirinde çökelen ince madde yüksekliği (cm)

$h_{24s}$ : 24 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirinde çökelen ince madde yüksekliği (cm)

$8_{k1}$ : Bir saat dinlendirme sonunda çökelen ince maddenin eşdeğer kuru birim ağırlığı ( $0.6 \text{ gr/cm}^3$ )

$8_{k24}$ : 24 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirinde ince maddenin eşdeğer kuru birim ağırlığı ( $0.9 \text{ gr/cm}^3$ )

$A_s$ : Ölçü silindiri kesit alanı ( $\text{cm}^2$ )

$W_n$ : Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı (gr)' dır.

İri agregaların İnce madde oranı, yıkama ile belirlenmiştir. Aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$m_y = \frac{W_{1n} \cdot W_{2n}}{W_{1n}} \times 100 \quad (3.21)$$

Burada;

$m_y$ : Yıkanabilen ince madde oram (%)

$W_{1n}$ : Numunenin deney öncesi etüv kurusu ağırlığı (gr)

$W_{2n}$ : Numunenin deney sonrası etüv kurusu ağırlığı (gr) dır.

#### **3.2.2.4.7. Organik madde tayini**

ASTM C-40-97 (1998)'da belirtildiği gibi tezin konusunu oluşturan agregaların organik madde tayini yapılmıştır.

#### **3.2.2.4.8. Yassılık indeksi tayini**

Yassılık indeksi tayini BS 812 (1990) standardına göre yapılmıştır. Kırılmış ve elenmiş agrega malzemesinin yassılık indeksi BS 812 (1990) standardında belirtilen yassılık şablonu yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. BS 812 (1990)'e göre yassılık şablonu

#### 3.2.2.4.9. İri agregaların parçalanmaya karşı direnci (Los Angeles)

Tezin konusunu oluşturan Isparta yöresi agregalarının parçalanmaya karşı direnci TS EN 1097-2 (2010) standardına göre belirlenmiştir. Los Angeles kat sayısı LA aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$LA = (5000 - m)/50 \quad (3.22)$$

Burada;

$m_{1,6}$ : 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon, gr'dır. Sonuç en yakın tam sayıya yuvarlatılarak verilir.

#### 3.2.2.4.10. İri agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval)

TS EN 1097-1 (2011) standardına göre deney metodu referans metot olup, agregaların  $M_{DE}$  değeri belirlenmiştir. Her bir deney numunesi için Mikro-Deval katsayısı ( $M_{DE}$ ), 0,1 birim yaklaşımla aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$M_{DE} = (5000 - m)/5 \quad (3.23)$$

Burada;

$M_{DE}$ : Mikro-Deval katsayısı (yaş olarak),

$m_{1,6}$ : 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan fraksiyonun kütlesi, gr'dır.

#### **3.2.2.4.11. Agregaların donmaya ve çözülmeye karşı direncin tayini**

Agregaların donma çözünmeye karşı direncinin tayini TS EN 1367-1 (2009) standardında belirtildiği gibi üç deney numunesinin elek üstü kısımları birleştirilmiştir ve buradan elek altı miktarı hesaplanarak, tartılmıştır ve elde edilen kütle, birleştirilen deney numunelerinin kütlece yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütle yüzde kaybı (F), eşitlikten hesaplanmıştır: aşağıdaki

$$F_{dç} = (M_{1dn} - M_{2dn})/M_{1dn} \quad (3.24)$$

Burada;

$M_{1dn}$ : Üç deney numunesinin toplam ilk kuru kütlesi, g,

$M_{2dn}$ : Belirtilen elekte tutulan üç deney numunesinin toplam kuru kütlesi, g,

$F_{dç}$ : Donma-çözülme döngüsünden sonra üç deney numunesinin kütlece yüzde kaybıdır.

#### **3.2.2.4.12. Alkali-silika reaktifliği**

Alkali silika reaksiyonuna sebep olabilecek agregalar seçilerek Türkiye çimento Müstahsiller Birliği'nde, ASTM C 1260-07 (2007)'ye göre yapılan hızla harç çubuğu deneyine göre, harç çubuklarının 5. gün, 9. gün, 12. gün ve 15. gün ortalama boy değişimleri gözlemlenmiştir. ASTM C 1260-07 (2007)'ye göre dökümden 16 gün sonraki genleşme miktarlarına göre zararsız, potansiyel zararlı, zararlı olarak sınıflandırılmıştır.

#### **3.2.2.4.13. Asitte çözülebilen sülfat**

Agregaların asiste çözünebilen sülfat içeriğini belirlemek için TS EN 1744-1 (2010) standardı kullanılmaktadır.

#### **3.2.2.5. Beton karışım özellikleri ve hesaplamaları**

Tezin amacına yönelik C30/37 ve C70/85 olmaz üzere iki farklı beton sınıfı seçilmiştir. C30/37 betonu için karışım ve hesap esasları, TS 802 (2009)'da belirtilen özelliklerden yararlanılarak yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. TS 802 (2009)'ye göre beton karışım hazırlama akım şeması

C70/85 betonu için ise öncelikle deneme karışımları hazırlanmış ve deneme karışımlarının 28 günlük basınç dayanımlarına göre kullanılacak beton karışım tasarımı seçilmiştir.

#### 3.2.2.5.1. En büyük agrega tane boyutunun seçilmesi

C30/37 betonu için TS 802 (2009)'ye göre agrega elek analizinde, kullanılan elek serisi arasında malzemenin kaldığı en üst elek üzerinde %10'dan daha fazla elekte kalan varsa bir üst elek göz açıklığı, %10'dan daha az kaldığında ise bu elek göz açıklığı  $D_{en\ büyük}$  olarak kabul edilmiştir. C70/85 betonu içinde  $D_{en\ büyük}$  değeri alınmıştır.

#### 3.2.2.5.2. Tane büyüklüğü dağılımının seçilmesi

Agreganın tane büyüklüğü dağılımı yapılırken agreganın en büyük tane büyüklüğü 22,4 mm olan karışık (tüvenan) ve iri ve ince agrega sınıflarının birlikte olduğu karışımlar için, pompa ile iletmeye uygun tane dağılım eğrileri seçilmiştir (Çizelge 3.7) (TS 802, 2009).

Çizelge 3.7. Pompa ile iletilen beton için kullanılması önerilen ve en büyük tane boyutu 22,4 mm olan agregaya karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları (TS 802, 2009)

Elek No	Elek Açıklığı, (mm)	Elekten geçen, % (yığışlımlı)
		En büyük tane boyutu 22,4mm
12	45	----
11	31,5	100
10	22,4	89-96
9	16	73-86
8	8	54-71
7	4	37-56
6	2	25-43
5	1	16-32
4	0,5	10-22
3	0,25	6-15
2	0,15	3-10
1	0,063	1-5
0	Pan	0

### 3.2.2.5.3. Agregaya karışım oranlarının saptanması

Agregaların granülometrisi belirlendikten sonra 3. noktadan geçirme yöntemiyle agregaya türlerine göre beton karışımında yer alacak kırma kum, ince agregaya ve iri agregaya oranları belirlenmiştir.

Ters matrisi tanımlanacak ve örneklendirecek olursa; A, n. mertebeden bir kare matris olsun. Eğer,  $AB = I_n$  ve  $BA = I_n$  olacak şekilde n. mertebeden bir B kare matrisi var ise, B matrisine A matrisinin tersi denir. A kare matrisinin tersinin olabilmesi için  $AB = I_n$  ve  $BA = I_n$  koşullarından yalnızca birinin sağlanması yeterlidir. Ayrıca, A'nın tersi var ise bu tektir ve ters matris  $A^{-1}$  ile gösterilir.

$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$  matrisi verildiğinde,

$B = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 3 \end{bmatrix}$  matrisi, A matrisinin tersidir.

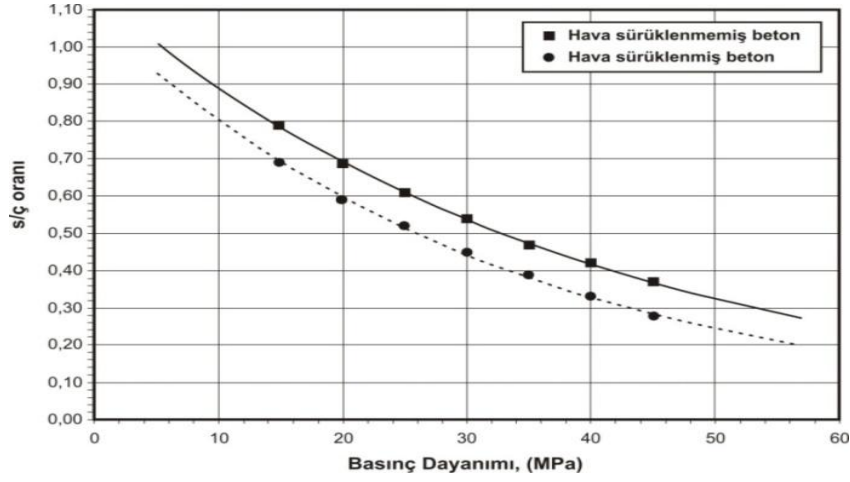
$AB = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = I_2$  ve

$BA = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = I_2$  olduğundan  $B=A^{-1}$ 'dir. (3.25)

### 3.2.2.5.4. Su/Çimento oranının seçilmesi

Karışım tasarımında kullanılacak su miktarı TS 802 (2009)'de var olan 28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak s/ç oranlarının gösterildiği grafiğe göre seçilmiştir (Şekil 3.3).





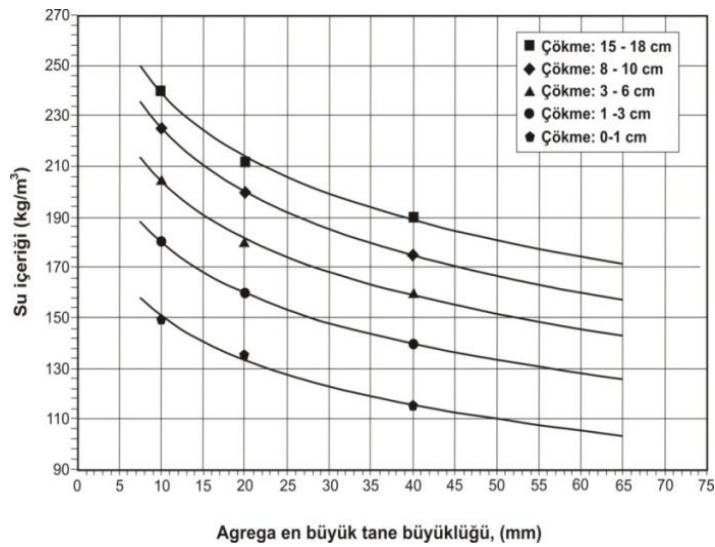
Şekil 3.3. 28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak s/ç oranları (TS 802, 2009).

28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak hava sürüklenmemiş beton için s/ç oranları aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır.

$$s/\bar{c} = -0,38 \ln(f_{ck}) + 1,830 \quad r^2=1 \quad (3.26)$$

### 3.2.2.5.5. Su miktarının (s) seçilmesi

Tez kapsamında hazırlanan beton karışımlarının su oranları TS 802 (2009)'de belirtilen karışım suyu miktarlarına göre yapılmıştır. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ( $D_{max}$ ) ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı Şekil 3.4'te verilmiştir.

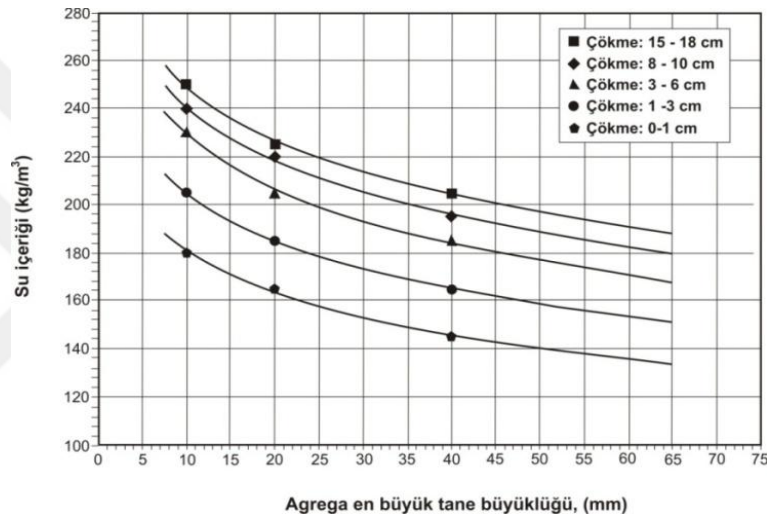


Şekil 3.4. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ( $D_{max}$ ) ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı (TS 802, 2009).

Şekil 3.4'e göre doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve 8-10 cm çökme miktarı için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı aşağıdaki eşitlikten bulunmuştur.

$$s = -36,6 \ln(D_{max}) + 309,9 \quad r^2=1 \quad (3.27)$$

Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı Şekil 3.5'de verilmiştir (TS 802, 2009).



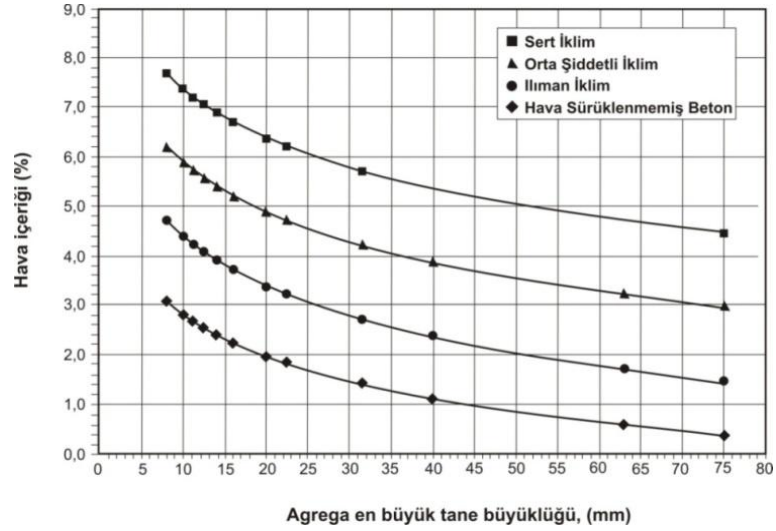
Şekil 3.5. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı (TS 802, 2009)

Şekil 3.5'e göre kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve 8-10 cm çökme miktarı için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı aşağıdaki bağıntıdan bulunmuştur.

$$s = -31,9 \ln(D_{max}) + 313,2 \quad r^2=1 \quad (3.28)$$

### 3.2.2.5.6. Hava miktarının seçilmesi

Betonun toplam hava içeriği, agrega en büyük tane büyüklüğüne iklim şartlarına ve uygun olarak TS 802 (2009)'a göre seçilmelidir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Agrega en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak beton karışım hesaplarında kullanılacak uygun hava içerikleri (TS 802, 2009).

### 3.2.2.5.7. Beton karışım hesabının yapılması

İstenen kıvam, işlenebilme, kohezyon, dayanım, dayanıklılık, hacim sabitliği ve aranan diğer özelliklere sahip en ekonomik betonu elde edebilmek amacıyla gerekli çimento, agrega, su, hava ve gerektiğinde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin miktarlarını belirlemek için hesaplamalar yapılmıştır (TS 802, 2009).

1 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır. Betonda kimyasal katkı kullanıldığı durumlarda, katkının en az yarısının su olduğu kabulü dikkate alınmıştır. Beton karışım oranlarının tayini hacim esasına göre yapılmıştır (TS 802, 2009).

$$\frac{ç}{\rho_{ç}} + \frac{p}{\rho_{pu}} + \frac{k}{\rho_k} + W_{su} + \frac{W_{agr}}{\rho_{agr}} + 10xA_{hava} = 1000 \text{ dm}^3 \quad (3.29)$$

Burada;

ç: Karışıma girecek çimentonun kütlesi (kg),

p: Karışımında çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzzolan) miktarı (kg),

k: Karışımında kullanılacak kimyasal katkı miktarı (kg),

$\rho_{ç}$ : Çimentonun yoğunluğu ( kg/dm<sup>3</sup>),

$\rho_{pu}$ : Mineral katkı (puzzolan) malzemenin yoğunluğu (kg/dm<sup>3</sup>),

$\rho_k$ : Kimyasal katkının yoğunluğu (kg/dm<sup>3</sup>),

$W_{su}$ : Karışıma girecek suyun hacmi (dm<sup>3</sup>),

$W_{agr}$ : Karışıma girecek agreganın miktarı (kg),

$\rho_{agr}$ : Agreganın ortalama özkütlesi (g/cm<sup>3</sup>) veya (kg/dm<sup>3</sup>),

$A_{hava}$ : Betondaki toplam hava miktarı (%)

Agregaların rutubet ve su emme durumları belirlendikten sonra rutubet düzeltmeleri yapılarak doygun kuru yüzeyleri (DKY) beton karışımlarında kullanılmıştır.

### 3.2.2.6. Betonun fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Tez konusunu oluşturan agregalardan üretilen betonların aşağıdaki Çizelge 3.8'de belirtilen özellikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.8. Betonun belirlenen fiziko-mekanik özellikleri

Taze Beton	
Fiziksel Özellikler	Standartlar
Yoğunluğu	TS EN 12350-6 (2010)
Hava içeriği	TS 802 (2009)
Verim	TS 2941 (1978)
Çökme (Slump)	TS EN 12350-2(2010)
Sıkışma Sınıfları	TS EN 12350-4 (2010)
Sertleşmiş Beton	
Fiziko-Mekanik Özellikler	Standartlar
Yoğunluk	TS EN 12390-7(2010)
Basınç Dayanımı	TS EN 12390-3 (2010)
Eğilme Dayanımı	TS EN 12390-5 (2010)
Yarmada Çekme	TS EN 12390-6 (2002)
Dinamik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı	Postacıoğlu, 1987

#### 3.2.2.6.1. Taze betondan numune alma

TS EN 12350-1 (2010)'de belirtildiği gibi taze ve sertleşmiş beton deneyleri için karma numune alınmıştır.

#### 3.2.2.6.2. Yoğunluk

Tez kapsamında taze beton numunelerinin yoğunluğu TS EN 12350-6 (2010)'ya göre belirlenmiştir. Yoğunluk, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$D = (m_{kn} - m_{kab})/v_{kab} \quad (3.30)$$

Burada;

D: Taze betonun yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>,

m<sub>kab</sub>: Kabın kütlesi, kg,

m<sub>kn</sub>: Kabın, içerisindeki beton numune ile birlikte toplam kütlesi, kg,

V<sub>kab</sub>: Kabın hacmi, m<sup>3</sup>'dür.

### 3.2.2.6.3. Taze betonda verim (Randıman) (V)

Taze betonun verimi (randımanı), betonu oluşturan maddelerin belirli miktarlarda bir arada karıştırılıp sıkıştırılmaları sonucu elde edilen taze betonun gerçek hacmidir. Taze betonun verimi, (V) aşağıdaki formülle en yakın % 0,1 değerlerine kadar hesaplanmıştır ve m<sup>3</sup> olarak ifade edilmiştir (TS 2941, 1978).

$$Ver = \frac{W_{\text{çimento}} + W_{\text{karma suyu}} + W_{\text{ince agr}} + W_{\text{iri agr}} + W_{\text{katkı}}}{B_{\text{taze}}} \quad (3.31)$$

Burada:

Ver : Verim (beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmi), m<sup>3</sup>

B<sub>taze</sub> :Taze betonun birim ağırlığı, kg/m<sup>3</sup>

W<sub>çimeto</sub> : Beton karışımındaki çimento ağırlığı, kg

W<sub>karma suyu</sub> : Beton karışımındaki karma suyu ağırlığı, kg

W<sub>ince agr</sub> : Beton karışımındaki ince agreganın ağırlığı, kg (kullanıldığı nem durumuna göre)

W<sub>iri agr</sub> :Beton karışımındaki iri agreganın ağırlığı kg (kullanıldığı nem durumuna göre)

W<sub>katkı</sub>: Varsa, beton karışımındaki katı veya sıvı katkı maddelerinin toplam ağırlığı, kg

Relatif Verim (R<sub>ver</sub>): Taze beton veriminin beton karışım hesapları sırasında, teorik olarak elde edilmesi öngörülmüş olan taze beton hacmine oranıdır.

$$R_{\text{ver}} = Ver/Y' \quad (3.32)$$

Y'= Beton karışım hesap karışım sırasında, teorik olarak elde edilmesi öngörülmüş olan taze beton hacmi, m<sup>3</sup>

Hava miktarı (A) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

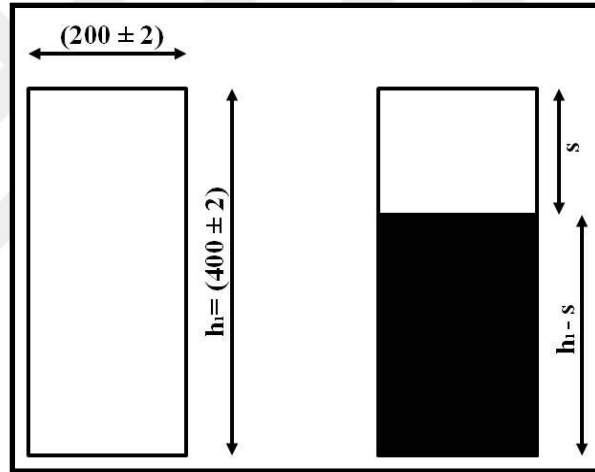
$$\text{Hava miktarı} = (Y - V_t) \times 100/Y \quad (3.33)$$

#### 3.2.2.6.4. Çökme (Slump)

TS EN 12350-2 (2010)'ye göre, çökme (slump) deneyi ile hazırlanan taze betonun kıvamı belirlenmiştir.

#### 3.2.2.6.5. Sıkıştırılabilme derecesi

TS EN 12350-4 (2010)'e göre taze betonun sıkıştırılabilme derecesi belirlenmiştir. Şekil 3.7'de betonun sıkıştırma öncesi ve sonrasında kap içerisindeki görünümü (ölçüler mm'dir.) gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Sıkıştırma öncesi ve sonrasında kap içerisindeki betonun görünümü (ölçüler mm'dir.)

Sıkıştırılabilme derecesi,  $c$ , aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$c = h_1 / (h_1 - s_m) \quad (3.34)$$

Burada;

$h_1$ : Prizmatik kabın iç yüksekliği, mm,

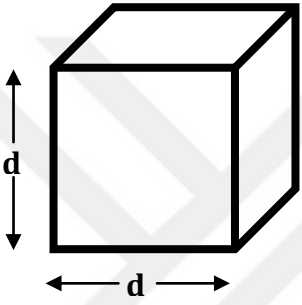
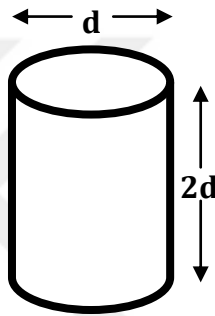
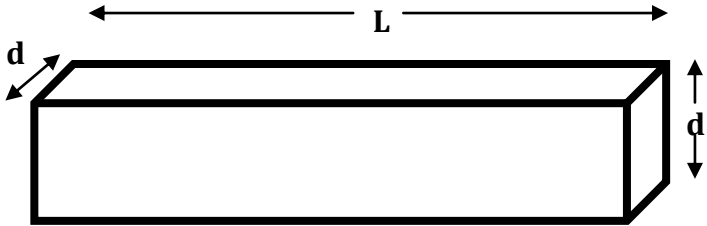
$s$ : Sıkıştırılmış beton yüzeyi ile kap üst yüzey kenarı arasında, dört ayrı yerden 1 mm yaklaşımla ölçülen mesafelerin ortalamasıdır.

### 3.2.2.6.6. Hava içeriği

Hazırlanan taze beton numunelerinin hava içeriği TS 802 (2009)'deki gibi belirlenmiş ve yapılan karışımlardan hesaplamalar yapılarak düzeltme yapılmıştır.

### 3.2.2.6.7. Beton numunelerinin şekilleri

Küp, silindir ve prizma şekilli numune boyutları TS EN 12390-1 (2013) standardında aşağıdaki gibi belirtilmiştir (Şekil 3.8).

																					
<table border="1"><tr><td>d, mm</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td></tr></table> <p>Küp - Anma boyutları</p>	d, mm	100	150	200	250	300	<table border="1"><tr><td>d, mm</td><td>100</td><td>113<sup>a</sup></td><td>50</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td></tr><tr><td colspan="7"><sup>a</sup>Bu boyut için yükleme alanı 10 000 mm<sup>2</sup> d r</td></tr></table> <p>Silindir - Anma boyutları</p>	d, mm	100	113 <sup>a</sup>	50	200	250	300	<sup>a</sup> Bu boyut için yükleme alanı 10 000 mm <sup>2</sup> d r						
d, mm	100	150	200	250	300																
d, mm	100	113 <sup>a</sup>	50	200	250	300															
<sup>a</sup> Bu boyut için yükleme alanı 10 000 mm <sup>2</sup> d r																					
																					
<p><math>L \geq 3,5d</math></p> <table border="1"><tr><td>d, mm</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td></tr></table> <p>Prizmalar - Anma boyutları</p>		d, mm	100	150	200	250	300														
d, mm	100	150	200	250	300																

Şekil 3.8. Küp-Silindir-Prizma anma boyutları (TS EN 12390-1, (2013))

### 3.2.2.6.8. Deney numunelerinin hazırlanması ve kürlenmesi

TS EN 12390-2 (2010)'de belirtildiği gibi deney numuneleri, kalıptan çıkartıldıktan sonra, deney anına kadar,  $(20 \pm 2)$  °C sıcaklıktaki su içerisinde veya sıcaklığı  $(20 \pm 2)$  °C ve bağıl nemi  $\geq$  % 95 olan kür odasında küre tâbi tutulmuştur.

### 3.2.2.6.9. Yoğunluk

TS EN 12390-7 (2010)'de belirtilen yöntemle göre hazırlanan beton numunelerinin yoğunlukları belirlenmiştir. Yoğunluk, numunenin tayin edilen kütlesi ve hacmi kullanılarak, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$D_{bet} = m_0/V_{bet} \quad (3.35)$$

Burada;

$D_{bet}$ : Numunenin nem durumu ve hacim tayini metoduna bağlı olarak yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>,

$m_0$ : Numunenin, deney esnasındaki durumuna bağlı kütlesi, kg,

$V_{bet}$ : Numunenin özel metotla tayin edilen hacmi, m<sup>3</sup> dür.

Betonun doluluk ve Boşluk oranı

$$K = (V_{agr} - V_{çim})/V_{beton} \quad (3.36)$$

$$P = (V_{su} - V_{hava})/V_{beton} \quad (3.37)$$

Burada;

K: Doluluk

$V_{agr}$ : Agregâ hacmi, dm<sup>3</sup>

$V_{çim}$ : Çimento hacmi, dm<sup>3</sup>

$V_{beton}$ : Beton hacmi, dm<sup>3</sup>

P: Boşluk oranı

$V_{su}$ : Suyun hacmi, dm<sup>3</sup>

$V_{hava}$ : Hava hacmi, dm<sup>3</sup>

### 3.2.2.6.10. Basınç dayanımı

TS EN 12390-3 (2010)'e göre sertleşmiş beton numunelerinde basınç dayanımı tayini için uygulanacak deney metodunu kullanılarak beton numunelerinin basınç dayanımı belirlenmiştir. Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$f_c = F/A_c \quad (3.38)$$

Burada



$f_c$ : Basınç dayanımı MPa (Nmm<sup>2</sup>)

F: Kırılma anında ulaşılan en büyük yük N,

$A_c$ : Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı.

Basınç dayanımı, en yakın 0,5 MPa (N/mm<sup>2</sup>)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.

#### **3.2.2.6.11. Eğilme dayanımı**

Sertleşmiş beton numunelerinin eğilme dayanımı TS EN 12390-5 (2010)'e göre belirlenmiştir. Aşağıda verilen eşitlik kullanılarak eğilme dayanımı hesaplanmıştır:

$$f_{cf} = (F \times L)/(d_1 \times d_2^2) \quad (3.39)$$

Burada;

$f_{cf}$ : Eğilme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),

F: Kırılma yükü, N,

L: Mesnet silindirleri arasındaki açıklık, mm

$d_1$   $d_2$ : Numunenin en kesit boyutları, mm'dir.

#### **3.2.2.6.12. Yarmada çekme**

TS EN 12390-6 (2002)'e göre silindir şekilli sertleşmiş beton deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini yapılmıştır. Yarmada çekme dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$f_{ct} = (2 \times F)/(\pi \times L \times d) \quad (3.40)$$

Burada;

$f_{ct}$ : Yarmada çekme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),

F: En büyük yük, N,

L: Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, mm,

d: Numunenin seçilen en kesit boyutu, mm'dur.

#### **3.2.2.6.13. Dinamik elastisite modülü ve Poisson oranı için amprik formül**

Beton numunelerinin dinamik elastisite modülü ve Poisson oranlarının belirlenmesinde aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Postacıoğlu, 1987):

$$E_d = V_p^2 \times \rho \times \frac{(1-2\sigma)(1+\sigma)}{(1-\sigma)} \times \frac{10^5}{9,81} \quad (3.41)$$

$$\rho = 0,2 \times V_p + 1,6 \quad (3.42)$$

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2} \quad (3.43)$$

Burada;

$E_d$ : Dinamik elastisite modülü (kg/cm<sup>2</sup>)

$\rho$  : Kayanın yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>)

$\sigma$ : Poisson oranı

$V_p$  : P dalga hızı

$V_s$ : S dalga hızı (km/s)

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Bölgesel Jeoloji

Tezin konusunu oluşturan Isparta yöresi, bugünkü yapısını Alpin orojenezi ile kazanmış olan Ketin (1966) tarafından Toridler olarak adlandırılan tektonik birlik içinde yer almaktadır. Jeolojik açıdan Türkiye'nin önemli bölgelerinden biri olan ve Güneybatı Anadolu'da "Isparta Açısı" olarak bilinen bölge, Blumenthal (1963) tarafından "Corbure d'Isparta" (Isparta Büklümü) olarak adlandırılmıştır. Aynı yöre için, Şengör (1980) "Isparta Açısı" terimini benimsemiştir. Isparta Açısı (IA) olarak bilinen yapı, ana çizgileriyle, batıdan Fethiye-Burdur fayı, doğudan ise Akşehir-Simav fayları ile sınırlıdır. Yağmurlu vd. (1997) Isparta Açısı olarak bilinen bu bölgenin K-G yönde yaklaşık 180 km, D-B yönde 100 km genişliğinde olduğunu belirtmişlerdir.

Koçyiğit, (1983; 1984a) çalışmalarında Isparta Büklümü bölgesinin Orta ve Üst Alpin devinimlerinden sonra, ortamı etkileyen egemen gerilim türü ve onların neden olduğu yapısal ve sedimanter oluşumlara göre üç tektonizma dönemine ayırmıştır.

1. Yazara göre eski tektonik dönemde (Paleotektonik), Liyas- Maestrihtiyen aralığında duraylı uzun bir dönem geçer ve Hoyran karbonat platformu gelişir. Maestrihtiyen-Lütesiyen aralığında, etkinliği gittikçe artan çekme tektoniği evresi oluşurken karbonat platformu parçalanmaya başlar. Üst Lütesiyen sonunda sıkışma tektoniği egemen olduğundan ofiyolitli karışık napı platform üzerine yerleşir. Eski tektonik dönemin sona erdiği Üst Lütesiyen sonu ile ortamın tümüyle karasallaştığı Orta Oligosen arasındaki dönem Geçiş Dönemi olarak adlandırılmıştır (Koçyiğit, 1983; 1984a).

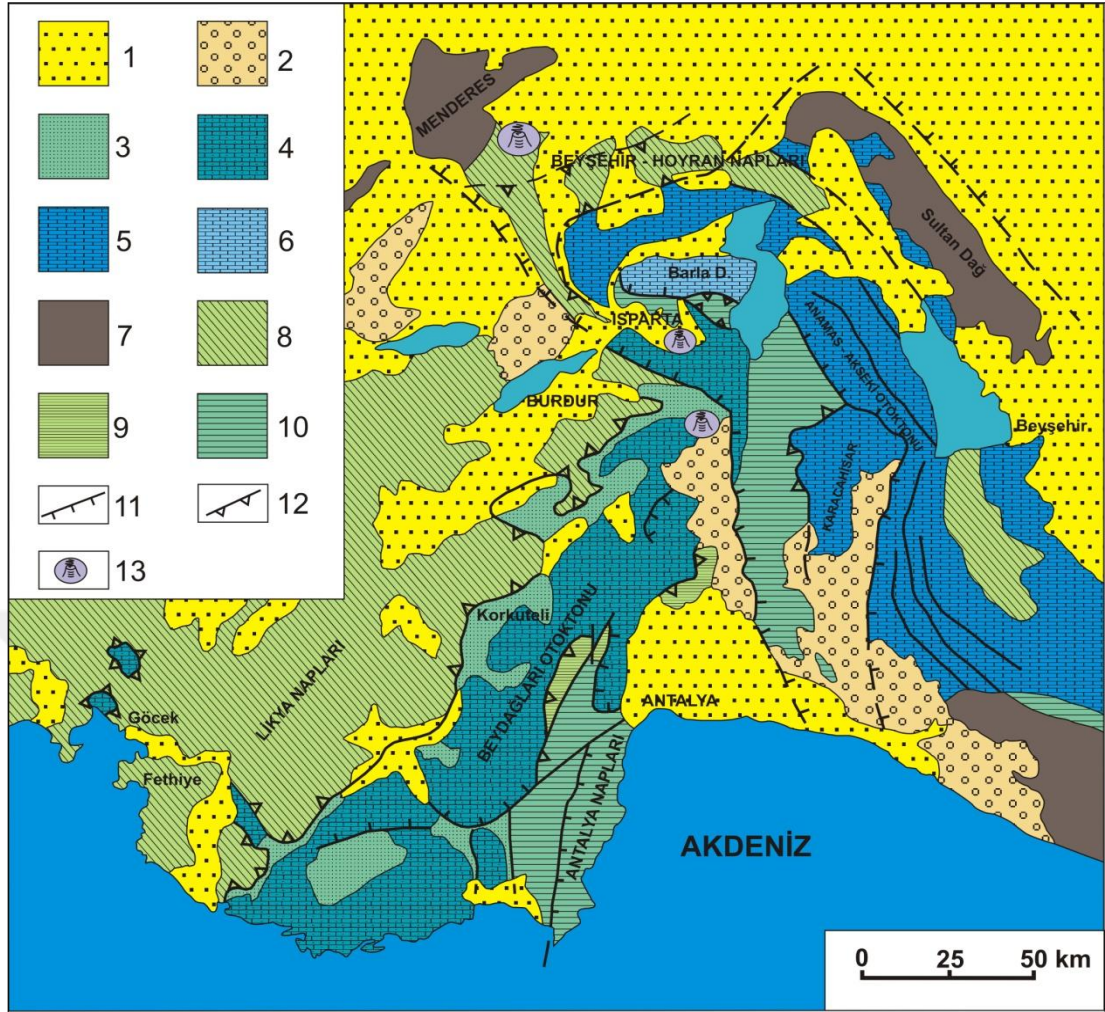
2. Geçiş döneminde, Sıkışma tektoniğine bağlı olarak yükselme, çekme tektoniğinin egemen olmasıyla da yerel su üstü olma, aşınım ve molas oluşumu gerçekleşir. Orta Oligosen sonunda daha az yeğinlikte ikinci bir sıkışma tektoniği evresi oluşur.

Bu sırada, ekaylanmalarla, karbonat platformu görelî ilksel konumlu özelliğe bürünürken, molas da yeni ilksel konumlu birim olur ve bölge tümüyle karasallaşır. Ayrıca, sıkışma tektoniği rejimi çekme tektoniği rejimine dönüşmeye başlar (Koçyiğit, 1983; 1984a).

3. Yeni Tektonik dönem (Neotektonik dönem), 3. dönem Orta Oligosen sonundan bugüne kadar egemen olan çekme tektoniği dönemidir. Bu dönemde bölge günümüzdeki görünümünü, bölgede gerçekleşen kabarmalarla, blok faylanmalarla ve alkalin volkanizmayla kazanır. Karasal tortullaşmayla yaşıt volkanizma olayları da etkindir. Volkanizma ürünleri çoğunlukla bazalt-andezit-dasit-riyolit bileşiminde kalkalkalen lavlar (yüksek alüminyum içerikli) ve trakibazalt, trakiandezit, trakit, lösitit gibi şoşonitik volkanitler ya da alkali riyolit ve bazaltlarla (potasyumca zengin) temsil edilir (Koçyiğit, 1983; 1984a).

Yağmurlu ve Şentürk (2005) Güneybatı Anadolu'nun ve Isparta Açısının tektonik gelişimini biçimlendiren jeodinamik etkenleri dört gruba ayırmışlardır. Bunlar sıra ile Fethiye-Burdur fay zonunun kuzey bölümündeki Ege-Peleponisos levhasının GB'ya doğru hareketi, Isparta Açısının doğu kanadının saat yönünde, batı kanadının ise saatin tersi yönünde rotasyonu, Afrika levhasının Kıbrıs ve Helenik yaylar boyunca Ege-Peleponnisos ve Anadolu levhalarının altına dalması ve Anadolu levhasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının kontrolünde GB'ya doğru hareketidir.

Poisson vd.(1984) ve Poisson vd. (2003) çalışmalarında Isparta açısının doğu kanadında yayılım gösteren otokton karbonatları, Anamas-Akseki platformu batı kanadında yayılım gösteren otokton Mesozoyik karbonat istifini, Beydağları otoktonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.1).



- 1- Karasal Neojen çökelleri
- 2- Denizel Neojen çökelleri
- 3- Beydağları masifi. (Alt-Orta Miyosen)
- 4- Beydağları platformu. Isparta açısının batı karbonat platformuna ait neritik formasyonlar (Ü.Triyas-Ü.Kretase)
- 5- Isparta Açısının doğu kanadına ait karbonat platformu (Kırdağ, Anamas, Akseki)
- 6- Barladağ ve Zindan masifleri
- 7- Metamorfik seriler (Menderes, Sultandağ ve Alanya masifi)
- 8- Lisiyen napları (Miyosende yerleşmiş) Beyşehir-Hoyran napları (Geç Eosen döneminde yerleşmiş)
- 9- Antalya napları.(Batı platform kenarının geçiş serileri)
- 10- Antalya napları. (Ayrılmamış seriler)
- 11- Aksu fazı sırasında yeniden dilimlenmiş ve şekillenmiş bindirmeler
- 12- Bindirme fayı
- 13- Miyosen - Pliyosen Volkanik yüzeylemeler

Şekil 4.1. Isparta açısının jeo-tektonik haritası (Poisson vd. 1984'den sadeleştirilmiştir.)

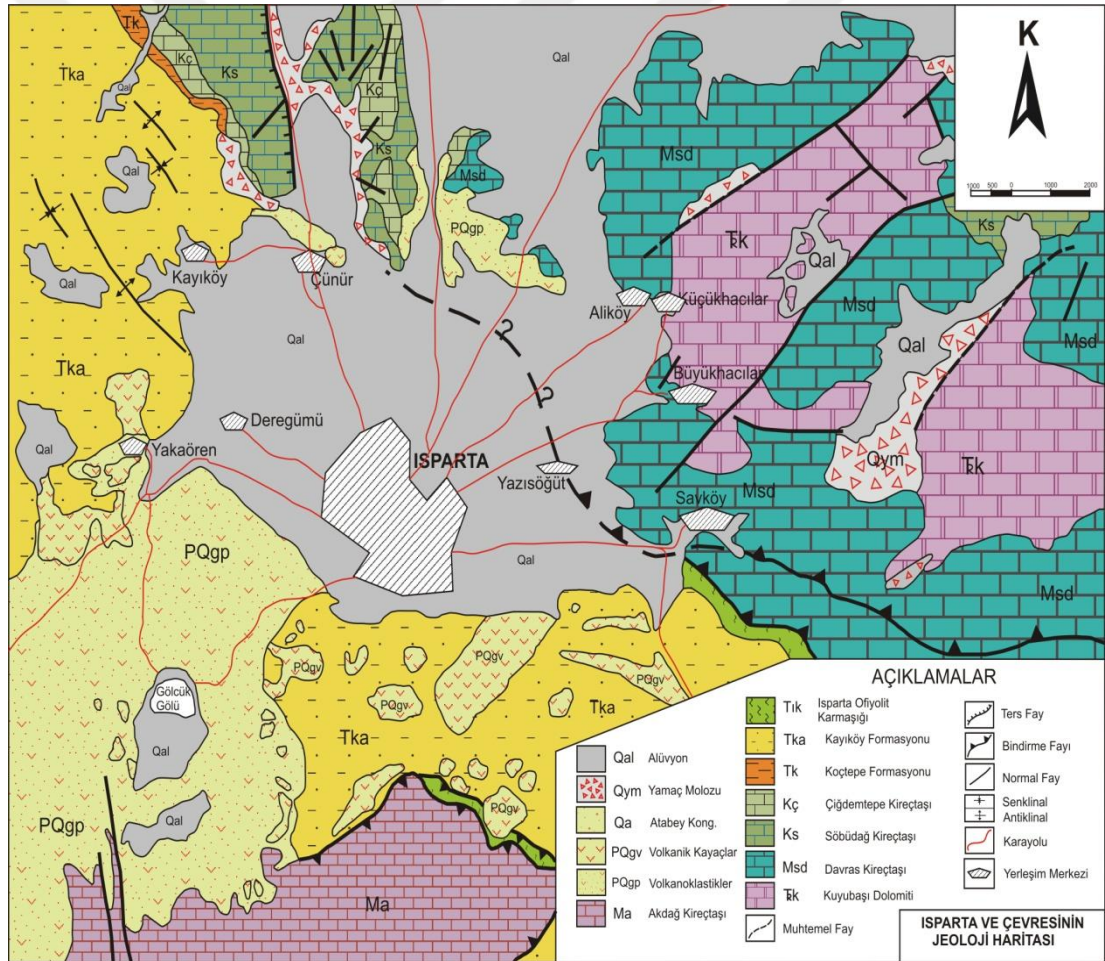
Poisson vd. (1984), Robertson ve Woodcock (1984) ait çalışmalarda, Isparta Açısı ve yakın çevresinde yeralan allokton kaya topluluklarını, bileşimi, konumu, yerleşim yaşları ve kökenleri dikkate alarak üç grup içinde toplanmışlardır.



Bunlar batıdan doğuya doğru Likya, Antalya ve Beyşehir-Hoyran naplarıdır. Isparta Açısının batı kanadı üzerine gelen Likya napları ile doğu kanadını üzerleyen Beyşehir-Hoyran naplarının Orta-Geç Eosen ile Geç Miyosen yerleşim yaşına sahip olduğu düşünülmektedir (Şenel (1984), Dilek ve Rowland (1993), Glover ve Robertson (1998)).

#### 4.2. Isparta ve Çevresinin Jeolojisi

Çalışma alanının stratigrafisi önceki çalışmalardan yararlanılarak belirlenmiştir. Isparta ve yakın çevresine ait basitleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 4.2'de, genelleştirilmiş stratigrafi kesiti ise Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Isparta ve çevresinin jeoloji haritası (Gutnic vd., 1979; Yalçinkaya vd., 1986; Yalçinkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995; Şenel, 1997; Poisson vd., 2003'den değiştirilerek)

Bölgedeki birimler otokton ve allohton olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Otokton birimler, alttan üste doğru; karbonatlı ve kırıntılı tortul kaya birimlerinden yapıldır.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATERNER			Alüvyon	Qal			Alüvyon	
				Yamaç Molozu	Qym		UYUMSUZLUK	Yamaç Molozu	
				Atabey Kong.	Qa		UYUMSUZLUK	Yataya yakın tabakalı kötü boyanmalı konglomeralar	
	TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN		Gölcük Volkanizması	PQgv		UYUMSUZLUK	PQgv = Volkanik kayalar
						PQgp			PQgp = Piroklastikler, İgnimbritler
			MİYOSEN		Akdağ Kireçtaşı	Ma		UYUMSUZLUK	Kalın tabakalı, masif silis düzeyleri içeren rekristalize kireçtaşları
				Isparta Ofiyolit Karmaşığı	Tık		BİNDİRME	Yeşil renkli serpantinler ve kireçtaşı blokları	
		OLİGOSEN		İncesu Formasyonu	Tin	> 850			Gri renkli kumtaşları, çakıllı kumtaşları, konglomeralar, kalkarenitler
		PALEOJEN	EOSEN	ORTA	Lütésiyan	Kayıköy Formasyonu	Tka	> 1000	
	Tk						25-50		Breşik konglomeralı tabanla başlayan kırmızı renkli çamurtaşları, üste doğru çamurtaşı kumtaşı ardalanmalı
	PALEOSEN		ORTA - ÜST		Koçtepe Formasyonu	Tk	25-50	UYUMSUZLUK	
	MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	Maast.	Çiğdemtepe Kireçtaşı	Kç	100		Gri renkli, ince - orta tabakalı pelajik kireçtaşları
				Senoniyen Turaniyen	Söbüdağ Kireçtaşı	Ks			Açık-koyu renkli, bej renkli, masif kalın tabakalı kireçtaşı
		JURA	ALT		Davras Kireçtaşı	Msd	> 2000		Bej, krem, açık gri, açık kahve renkli, kalın tabakalı masif kireçtaşı
TRİYAS		ÜST	Resiyen Noriyen	Kuyubaşı Dolomiti	ƒk			Gri, grimsi siyah renkli, orta-kalın tabakalı, sık erime boşluklu, dolomitik kireçtaşları	

ÖLÇEKSİZ

Şekil 4.3. Isparta ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Gutnic vd., (1979), Yalçınkaya vd., (1986), Yalçınkaya vd., (1989), Görmüş ve Özkul, (1995), Şenel, (1997), Poisson vd., (2003))

Bölgede ayırt edilen karbonat kaya birimleri alttan üste doğru dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Kuyubaşı Dolomiti (Noriyen-Resiyen), Davraz Kireçtaşı (Geç Triyas-Turoniyen), Söbüdağ Kireçtaşı (Senomaniyen-Turoniyen), Çiğdemtepe Kireçtaşından (Orta-Geç Maastrichtiyen) yapılıdır. Yörede yer alan Tersiyer yaşlı kırıntılı birimler ise alttan üste; Koçtepe Formasyonu (Geç Paleosen-Erken Eosen), Kayıköy Formasyonu (Eosen) ve İncesu Formasyonundan (Oligosen) oluşmaktadır. Başlıca piroklastiklerden ve andezitlerden oluşan Gölcük Volkanitleri yöredeki en geniş yayımlı Pliyo-Kuvaterner volkanizmasına ait bileşenlerden oluşur. Kuvaterner yaşlı Atabey Konglomerası ile yamaç molozları tüm birimleri uyumsuz olarak örter.

Isparta ovasının güneyinde yeralan ve Likya napları içinde bulunan allokton kaya birimleri iki grup içinde toplanmıştır. Bunlar Isparta ofiyolit karmaşığı ile Akdağ kireçtaşlarından (Trijas-Kretase) oluşmaktadır.

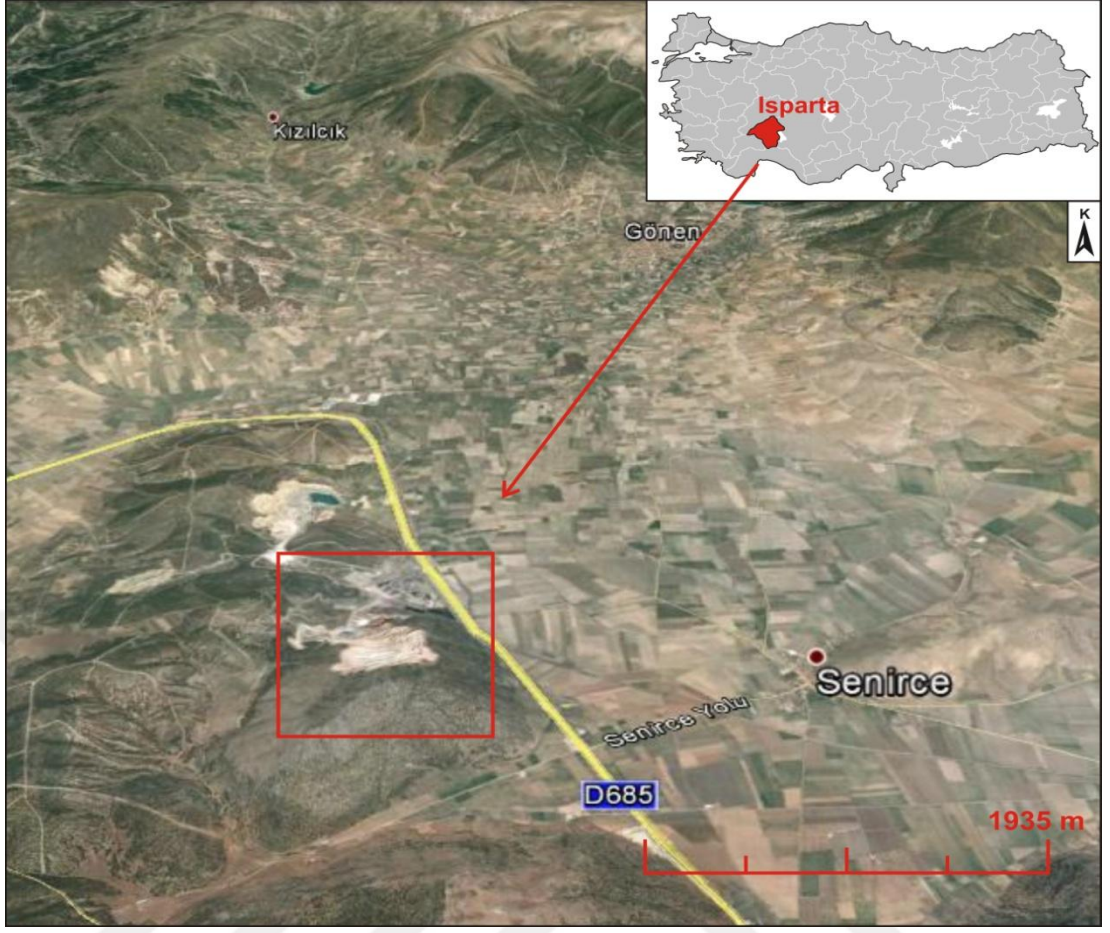
### **4.3. Agregada Ocaklarının ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri**

Tezin konusunu oluşturan agregada ocaklarının ve çevresinin jeolojik olarak birimleri ayırtlanarak, 1/25000'lik jeolojik haritaları hazırlanmış, enine kesitleri, sütun kesitleri çizilmiştir. Agregada ocaklarının ve çevresinde bulunan birimlerin konumları irdelenmiş, agregada elde edilen kayaçların mineralojik, jeokimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir.

#### **4.3.1. Göлтаş kireçtaşı ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri**

Çalışma alanı Senirce (Isparta) güneybatısında bulunmaktadır (Şekil 4.4). Yaklaşık 36 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır.





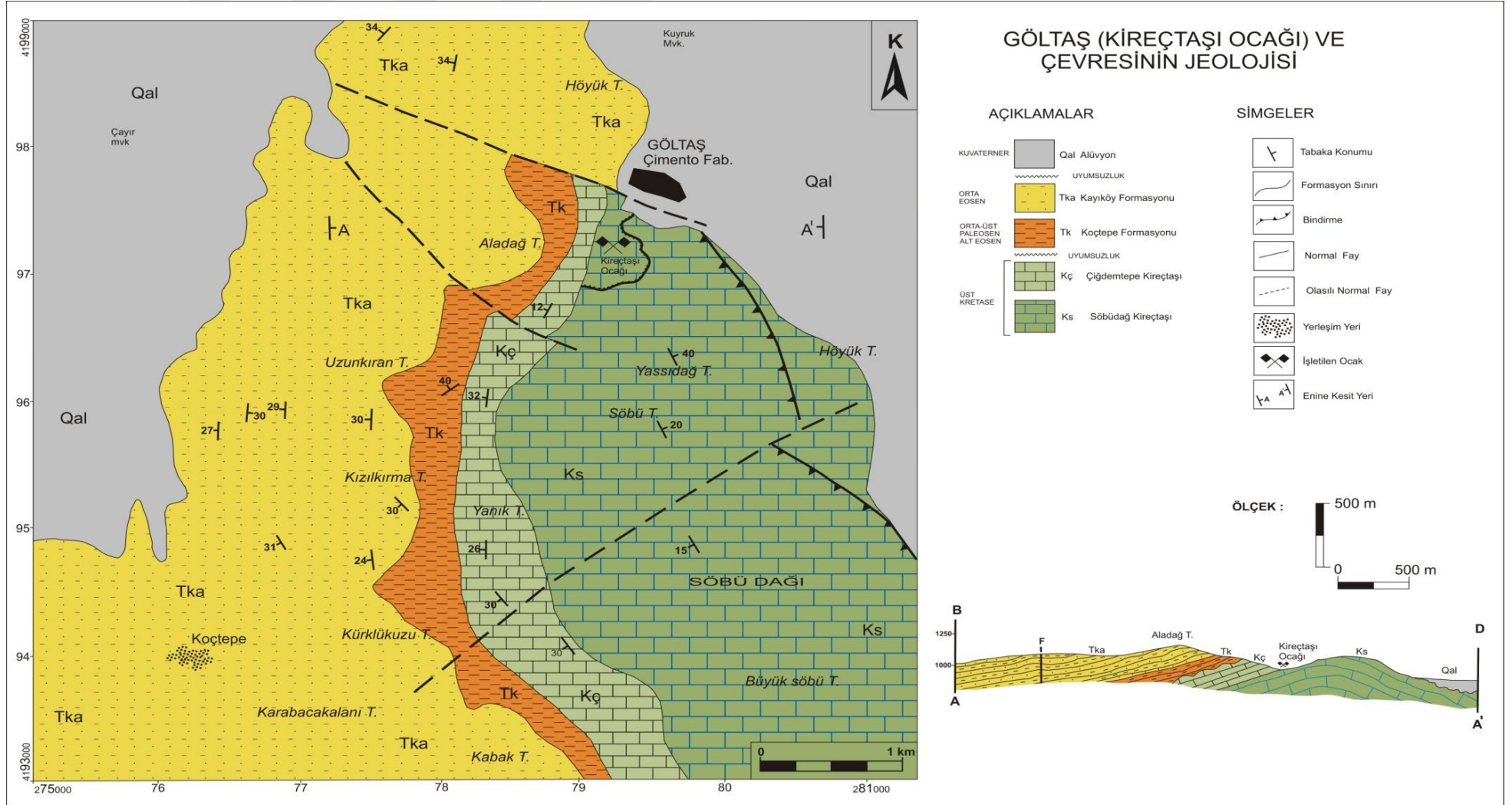
Şekil 4.4. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Çalışma alanında 5 farklı formasyon bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan litolojiler en yaşlı formasyondan en genç formasyona doğru istiflendiğinde; Üst Kretase yaşlı Söbüdağ kireçtaşı, Üst Kretase yaşlı Çiğdemtepe kireçtaşı, Orta-Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Koçtepe formasyonu, Orta Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu, Kuvaterner yaşlı Alüvyon bulunmaktadır. Çalışma alanına ait stratigrafik kesit Şekil 4.5' de ve çalışma alanın jeolojik haritası 4.6'da verilmiştir.

MESOZOYİK		SENOZOYİK				ÜST SİSTEM
KRETASE		TERSİYER		KUVATERNER		SİSTEM
ÜST		PALEOSEN	EOSEN			SERİ
		ORTA-ÜST	ORTA			KAT
Senoniyen - Turoniyen		Maastrichtiyen				FORMASYON
Söbüdağ Kireçtaşı		Çiğdemtepe Kireçtaşı		Kayıköy Formasyonu		Alüvyon
Ks		Kç		Tk		Qal
> 2000		100		25 - 50		> 1000
						LİTOLOJİ
						KALINLIK (m)
Açık-koyu gri, bej renkli, masif, kalın tabakalı kireçtaşı		Gri renkli, ince-orta tabakalı pelajik kireçtaşı		Breşik konglomeralı tabanla başlayan kırmızı renkli çamurtaşları, üstte doğru çamurtaşı-kumtaşı ardanması		Alüvyon
				UYUMSUZLUK		
				Filiş karakterinde kumtaşı, kiltası, silttaşı, konglomera ardanması kirli sarı, kahve boz renkli ince-orta tabakalı filişler		
				UYUMSUZLUK		
						AÇIKLAMALAR

ÖLÇEKSİZ

Şekil 4.5. Kireçtaşı ocağı (Göltaş) ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit



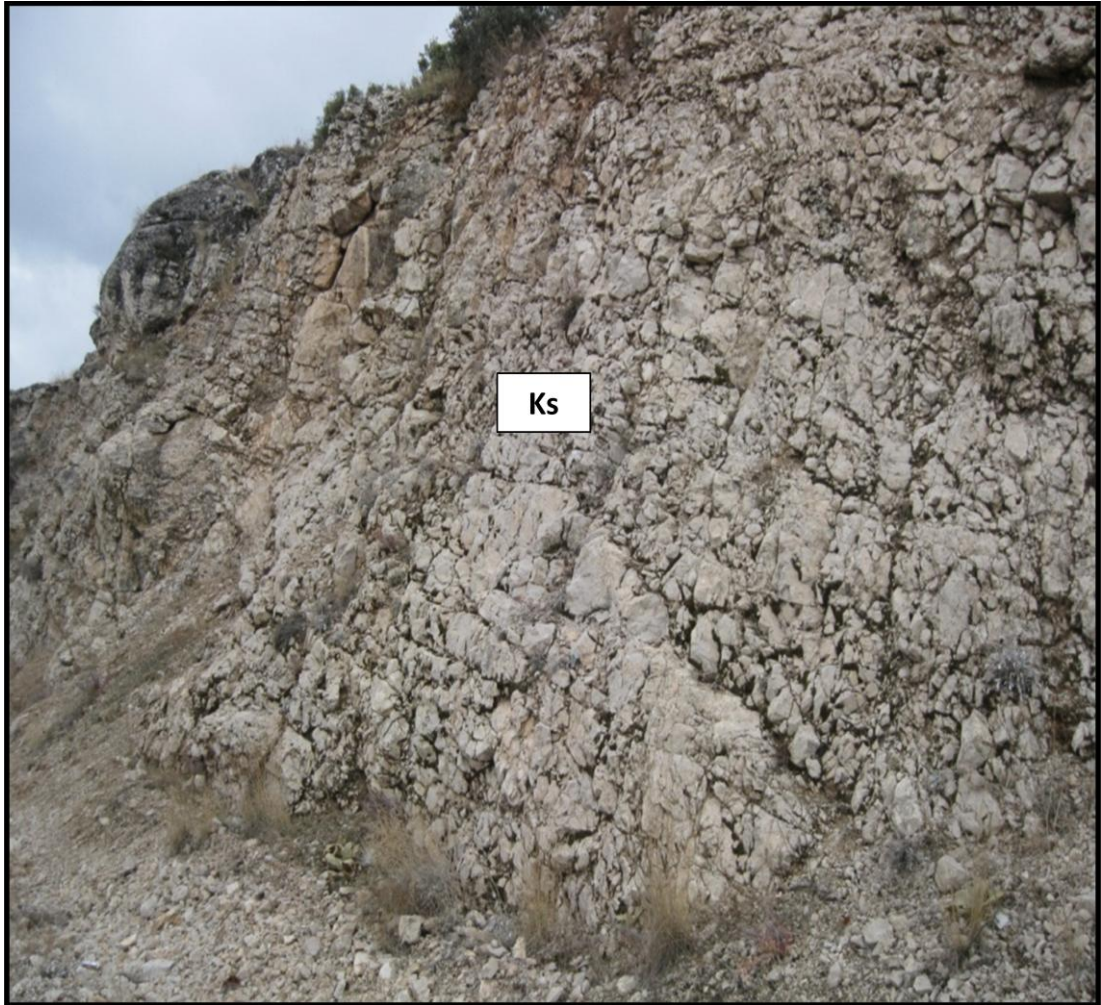
Şekil 4.6. Göлтаş kireçtaşı ocağı ve çalışma alanının jeolojik haritası (Yağmurlu vd., 1994, Şenel, 1997'den yararlanılarak)



#### 4.3.1.1. Söbüdağ kireçtaşı (Ks)

Çalışma alanının batısında Yassıdağ tepe, Söbü Tepe ve Söbü dağı ve Büyük Söbü Tepe çevresinde gözlenmektedir (Şekil 4.6). Formasyon ilk kez Karaman vd. (1988) tarafından formasyon mertebesinde adlandırılmıştır. Yalçinkaya (1989) tarafından üye mertebesinde, Karaman (1994) ise Söbüdağ formasyonu yerine Söbüdağ kireçtaşı adını kullanmıştır. Bunun yanında Görmüş ve Özkul (1995) litoloji isminin baskınlığını göstermesi, istifin Davras kireçtaşlarının üst düzeylerini oluşturması, henüz formasyon mertebesinde taban sınırının belli olmaması nedenleriyle üye mertebesinde adlandırmıştır.

Birim, egemen olarak açık-koyu grimsi, bej renkli, çoğunlukla masif, kalın (0,5-1,5 m), çok kalın (2-4 m) tabakalı kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Söbüdağ kireçtaşı (Ks) üyesinden bir görünüm (Höyük Tepe batısı)

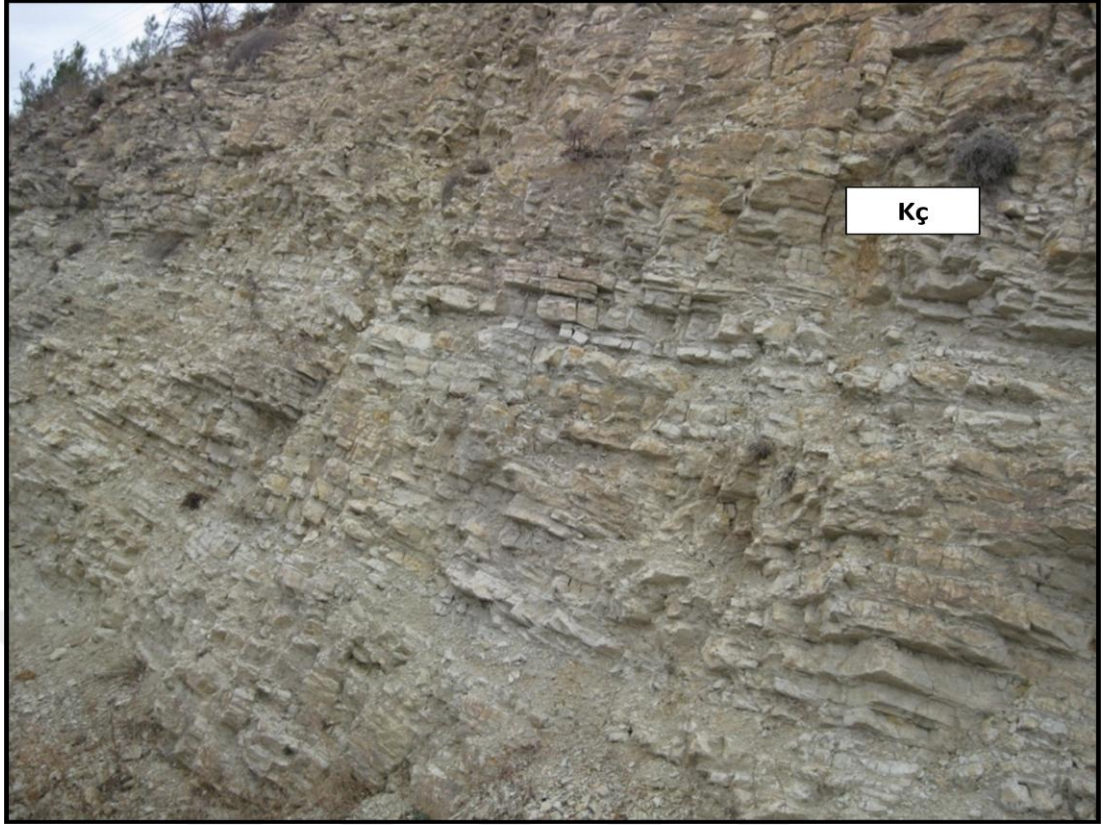
Kireçtaşlarında bağlayıcı malzeme olarak gözlenen gri renkli mikrit ve demir içeriğine göre yer yer kahverengi renk almaktadır. Birim, sıkı dokulu, homojen bir yapıya sahip ve bol çatlaklı olup, çatlakları ikincil kalsit ile doldurulmuştur. Bölgede meydana gelen tektonizma koşullarından büyük ölçüde etkilenmiş olan kireçtaşları, şiddetli kırık ve kıvrımlı bir yapı kazanmıştır. Faylanmalar boyunca breşik zonlar gelişmiştir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995).

Kireçtaşları içerisinde yaygın olarak bentik foraminiferler gözlenmiştir. Kireçtaşı içerisinde saptanan *Triloculina sp.*, *Quinqueloculina sp.*, *Pseudolituonella reicheli Marie Nezzata sp.*, *Nummoluculina sp.*, *Textulariidae*, *Miliolidae*, *Cuneolina sp.*, *Biloculina sp.* ve *Rotaliid sp.* gibi fosil kapsamına göre yaşı, Senomaniyen-Turoniyen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992; Görmüş ve Özkul, 1995; Karaman, 2000). Birimin ortamının litoloji ve fauna özelliklerine göre sığ denizel ve yer yer lagüner bir ortamda çökeldiği belirtilmektedir (Görmüş ve Özkul, 1995).

#### **4.3.1.2. Çiğdemtepe Kireçtaşı (Kç)**

Çiğdemtepe kireçtaşları, çalışma alanında Söbü Dağı'nın batısında gözlenmektedir (Şekil 4.6). Formasyon adlaması ilk kez Koçyiğit (1980, 1984b) tarafından yapılmıştır. Diğer çalışmalarda Karaman vd. (1988) birimi Senirce kireçtaşı, Karaman (1994) ise Senirce formasyonu, Yalçinkaya (1989) ise Davras formasyonunun Seyrekler kireçtaşı üyesi olarak üye mertebesinde isimlendirmiştir. Görmüş ve Özkul (1995) litoloji baskınlığını göstermesinin yararlı olacağı düşünülerek Çiğdemtepe kireçtaşı şeklinde adlandırılmıştır.

Birim açık krem ile beyazımsı boz renkli plaketli pelajik kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Çiğdemtepe Kireçtaşını tabanda ince-orta katmanlı, sert yapılı olup, üst seviyelere doğru plaketli, yer yer laminalı, nispeten daha gevrek ve konkoidal kırılma yüzeylerine sahiptir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Plaketli kireçtaşlarından oluşan Çiğdemtepe kireçtaşından (Kç) bir görünüm (Höyük Tepe'nin güneyi)

Formasyon kalınlığı 50-100 m arasında değişir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995). Çiğdemtepe kireçtaşı içerisinde *Globotruncana arca* (Cushman), *Globotruncanita stuarti* (de Lapparent), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Heterohelix* sp., *Pseudotextularia* sp. gibi planktik foraminifer kapsamına göre birimin yaşı Orta-Geç Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir. Karaman vd., (1988); Görmüş ve Özkul, (1995) birimin pelajik ortamda çökelindiği belirtilmiştir.

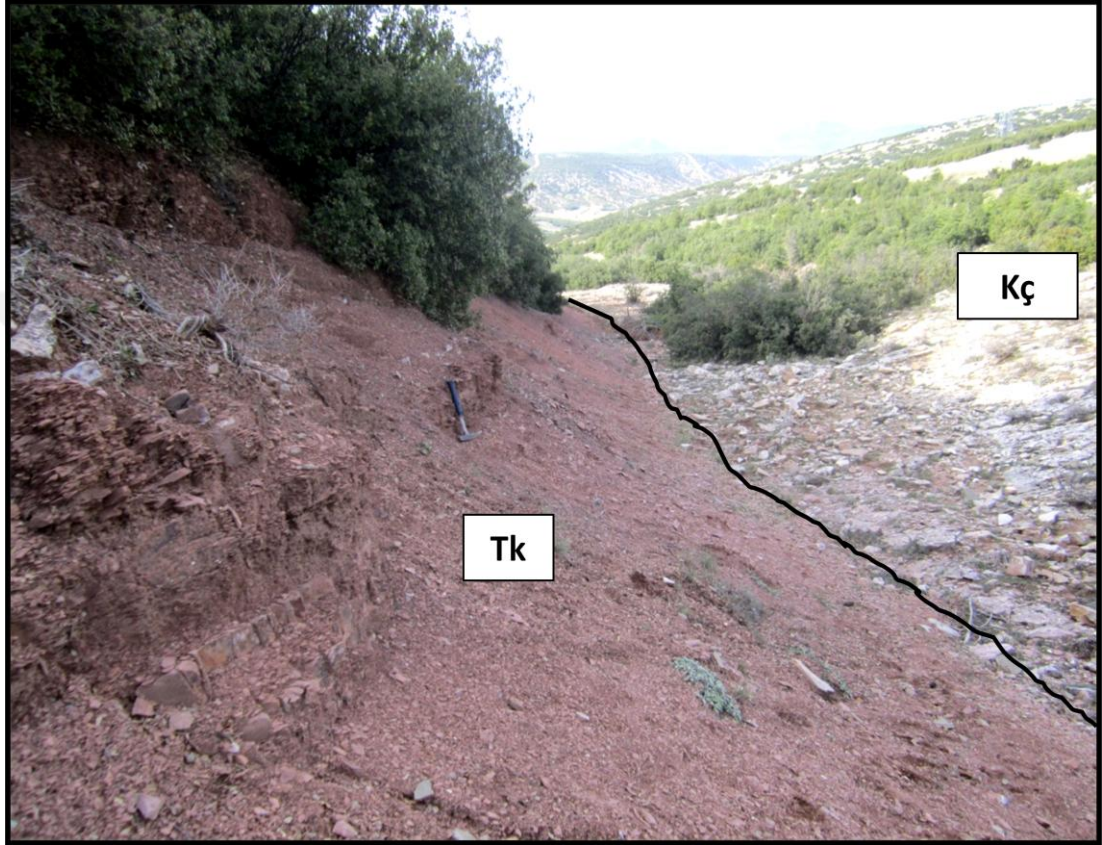
#### 4.3.1.3. Koçtepe formasyonu (Tk)

Birimin adı inceleme alanında yer alan Koçtepe'den almaktadır (Sarıız, 1985). Söbü dağı'nın doğusunda yaklaşık 2 km<sup>2</sup> 'lik bir alanda yüzeylemektedir (Şekil 4.6). Formasyon diğer çalışmalarda Kabaktepe (Yalçinkaya, 1989), Söbütepe formasyonu (Yalçinkaya vd, 1986), Kızılkırma Formasyonu (Karaman ve diğ. 1988) olarak belirtilmiştir.

Formasyon açık kırmızı-bordo renkli ve yer yer şeyl, kiltası, çamurtaşı, türbiditik kumtaşı ve killi kireçtaşı ile bunlarla arakatkılı çakiltası ve kırıntılı



kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Alt kesimlerde bulunan şeyl ve çamurtaşı laminalı, kolay kırılğan bir yapı sunar. Daha üstlere doğru genellikle kaba taneli kumtaşlarından oluşan bir türbiditik seri yer almaktadır. Bu kesimlerde kilitli kireçtaşı ile ara katmanlı açık yeşilimsi gri renkli kumtaşı, çakıltaşı ve detritik kireçtaşı orta-kalın katmanlı bir yapı sunar (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Koçtepe formasyonuna (Tk) ait iri kum tane boyutunda kalın türbiditik seri ve birimin altında yer alan Çiğdemtepe kireçtaşı (Kç) (Uzunkıran Tepe doğusu)

Birimin kalınlığı 25-50 m ve yer yer 125-150 m kalınlığa sahip olduğu belirtilmiştir (Görmüş ve Özkul, 1995). Birim Orta-Üst Maestrihtiyen yaşlı Çiğdemtepe Kireçtaşını paralel uyumsuz olarak üstler. Üst dokanağında Kayıköy formasyonu ile uyumlu geçişlidir. Birim içinde aşağıdaki fosiller saptanmış ve birimin yaşı Orta-Üst Paleosen Alt Eosen olarak belirlenmiştir.

Koçtepe formasyonu içerisinde *Alveolina (Glomalveolina) sp.*, *Nummulites sp.*, *Assilina sp.*, *Miscellanea cf. Primativa Rahaghi*, *Keramosphaera sp.*, *Rotalia sp.*, *Kathina sp.*, *Planorbulina cretae (Marsson)*, *Discocyclina sp.*, *Asterigerina sp.*, *Textulariidae* gibi bentik foraminiferler; *Globigerina Triloculinoides plummer*,

*Morozovella aragonensis* (Nuttall), *M. cf. formosa formosa* (Bolli), *M. Formosa gracilis* (Bolli), *M. lensiformis* (Subbotina), *Acarinina soldadoensis* (Brönnimann), *A. Bulbrooki* (Bolli), *Globorotalia sp.*, *Truncorotaloides sp.*, *Planorotaloides sp.* gibi lanktik foraminiferler ve *Distichoplax biserialis* (Dietrich) ve *Ethelia alba* (Pfender) gibi alglar saptanmış ve formasyonun yaşı Orta-Üst Paleosen-Alt Eosen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992).

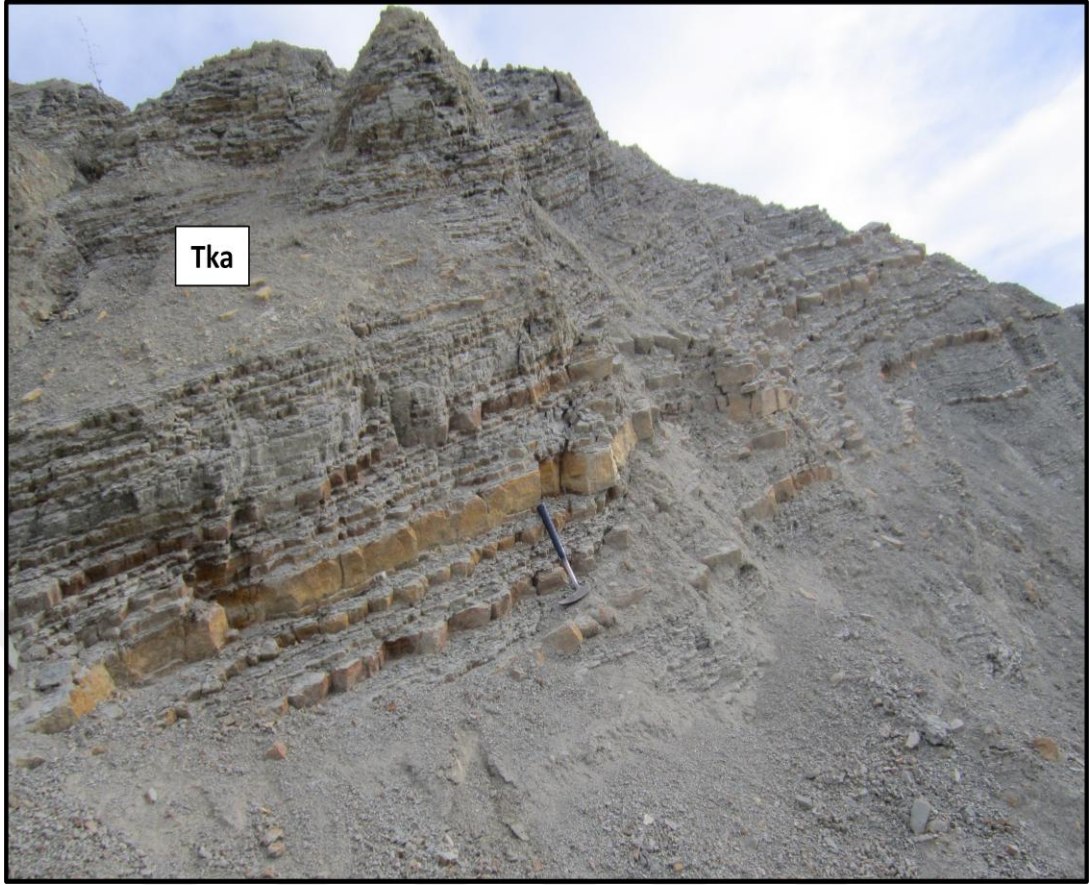
#### 4.3.1.4. Kayıköy formasyonu (Tka)

Kayıköy formasyonu, çalışma alanında Koçtepe'nin kuzeyinde Uzunıran tepe, Aladağ Tepe ve Höyük Tepe çevresinde yayılım göstermektedir (Şekil 4.6). Formasyon ilk kez Gutnic vd. (1979) tarafından Isparta ve çevresindeki Eosen yaşlı filiş çökelleri için kullanılmıştır. Formasyon farklı çalışmalarda Sarıiz (1985) Kayıköy formasyonu, Yalçinkaya vd. (1986) Yavuzlar ve Garipçe formasyonları; Özgül (1976) ve Yalçinkaya (1989)'da Kurttepe formasyonu; Karaman vd. (1988, 1989), Karaman (1994); Kayıköy formasyonu; Koçyiğit (1984b) ise Dereköy formasyonu olarak adlandırmışlardır.

Kayıköy formasyonu'nda kiltası ve kumtaşı egemen litolojidir. Filiş karakterindeki birimde kiltası, silttaşı, kumtaşı, konglomera ardalanması gözlenmektedir (Şekil 4.10). Birimin kumtaşı seviyeleri yer yer karbonat çimentolu olup bol fosillidir ve bol miktarda ofiyolit kırıntısı gözlenir. Birim genel olarak açık-koyu gri, yeşilimsi gri, kırmızımsı, kahverengimsi, yeşilimsi sarı ve sarı renklerde gözlenir.

Karaman, (1990); Görmüş ve Özkul, (1995) Kayıköy formasyonu'nun kalınlığının 1000 m'den fazla olduğu düşünülmektedir. Birim içerisindeki kumtaşlarında *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Silvestirella tetraedra* (Gümbel), *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Eurupertia magna* (La Calvez), *Eorupertia sp.*, *Nummulites sp.*, *Textularia sp.*, *Rotalia sp.*, *Discocyclina sp.*, *Operculina sp.*, *Alveolina sp.* gibi bentik foraminiferler, az miktarda *Globigerina sp.* gibi planktik foraminiferler belirlenmiştir. Karaman ve diğ. (1988) fosil tanımlamalarına göre Kayıköy formasyonunun yaşı Orta Eosen olarak belirtilmiştir.





Şekil 4.10. Kilttaşı, silttaşı, kumtaşı ardalanmalarının gözleendiği Kayıköy formasyonundan (Tka) bir görünüm (Kara Tepe'nin güneybatısı)

#### 4.3.1.5. Alüvyon (Qal)

Tutturulmamış kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemedan oluşur. Çalışma alanının Söbüdağ kuzeydoğusu ve Koçtepe köyü kuzeyi düzlük alanlarda geniş yayılımı gözlenmektedir.

#### 4.3.1.6. Yapısal jeoloji

Çalışma alanında, Senomaniyen–Turoniyen (Üst Kretase) yaşlı Neritik kireçtaşlarından oluşan Söbüdağ kireçtaşı ile Orta Meastrihtiyen yaşlı pelajik kireçtaşlarından oluşan Çiğdemtepe Kireçtaşı arasındaki dokanak uyumlu ve geçişlidir. Çiğdemtepe Kireçtaşı üzerine ile Orta-Üst Paleosen Alt Eosen yaşlı çamurtaşı-kumtaşı ardalanmasından oluşan Koçtepe Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Alt-Orta Eosen yaşlı filiş karakterindeki Kayıköy formasyonu, Koçtepe formasyonu üzerinde uyumlu ve geçişli olarak gözlenmektedir.

Çalışma alanında, ters fay, normal fay veya bindirmeler bulunmaktadır. Bu fayların başlıcaları; Kabaktepe fayı, Kağnıdere fayı, Söbü fayı, Demircitepe fayı ve Senirce fayıdır (Yağmurlu vd., 1994).

#### **4.3.1.7. Göltaş kireçtaşı ocağı agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri**

Çalışmanın konusunu oluşturan kireçtaşı agregası, çalışma alanında Söbüdağ kireçtaşlarından elde edilmektedir. Elde edilen kireçtaşı Göltaş A.Ş. tarafından çimento hammaddesi ve hazır beton tesisinde agrega olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.11).



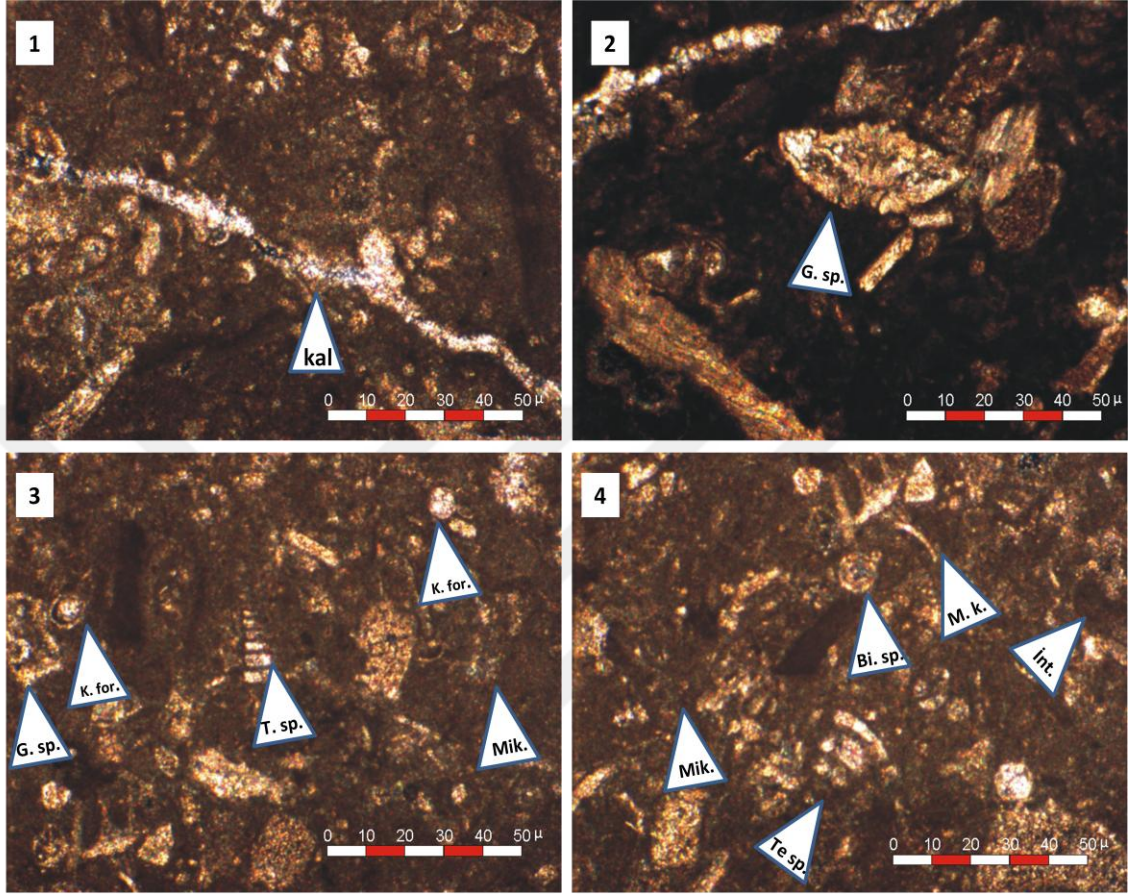
Şekil 4.11. Göltaş kireçtaşı ocağının görünümü

Söbüdağ kireçtaşı, işletilen ocakta 2.764,397 m<sup>2</sup>'lik bir yayılım göstermektedir. 120 m'lik görünür kalınlığı vardır. Ortalama 2,67 ton/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlığına sahip kayacın bölgedeki görünür rezervi 885.712,798 ton olarak hesaplanmıştır

Agreganın elde edildiği Söbüdağ kireçtaşı, genellikle gri renkli mikritik bağlayıcılı yer yer bej renkli sıkı dokulu gri kireçtaşları, bol çatlaklı ve çatlakları ikincil kalsit ile dolgu ve fosil içermektedir (Şekil 4.12).



Stilolitlerin ve mikro çatlak sistemlerinin de gözleendiği bu kireçtaşı Folk (1962)'a göre pelmikrit ya da biyomikritik kireçtaşı, Dunham (1962)'a göre istiftaşı olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 4.12. Agrega elde edilen Söbüdağ kireçtaşına ait ince kesit görünüşleri (1: kırık ve çatlaklara yerleşen ikincil kalsit dolgusu (kal), 2: Mikritik kireçtaşı (Mik) içerisinde yer alan *Globotruncana* sp. (G sp.), 3: Kayaç içerisindeki *Globotruncana* sp. (G sp.), *Turitella* sp. , küçük bentik foraminiferler (k. for.), 4: Mikritik kireçtaşı içerisindeki intraklast (İnt.), *Biloculina* sp.(Bi. sp.), *Textulariidae* sp. (Te sp.), midye kırıntısı (M. k.)

Agremanın elde edildiği kireçtaşı örneklerinin kimyasal analizleri yapıldığında CaO'nun ortalama % 55,40 oranında, MgO miktarının ortalama %0,22 civarındadır. Kireçtaşının ortalama kimyasal bileşimiyle karşılaştırıldığında ise SiO<sub>2</sub> miktarının daha düşüktür. CaO miktarının yaklaşık %12-13 daha fazla olduğu, MgO miktarının ise daha düşük olduğu söylenebilir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Agreganın elde edildiği Söbüdağ kireçtaşı örneklerinin kimyasal analizleri ve ortalama kireçtaşının kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim (%)	G1	G2	G3	Ortalama	Kireçtaşının ortalama kimyasal bileşimi (Boggs, 1987)
SiO <sub>2</sub>	0,71	0,72	0,71	0,71	5,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25	0,24	0,25	0,25	0,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,54
MgO	0,23	0,24	0,22	0,22	7,90
CaO	55,50	55,50	55,20	55,40	42,61
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
K <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,04	0,04	0,33
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
MnO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-
Ateşte Kayıp	43,1	43,1	43,4	43,2	41,58
<b>TOPLAM</b>	99,96	99,97	99,95	99,95	99,16

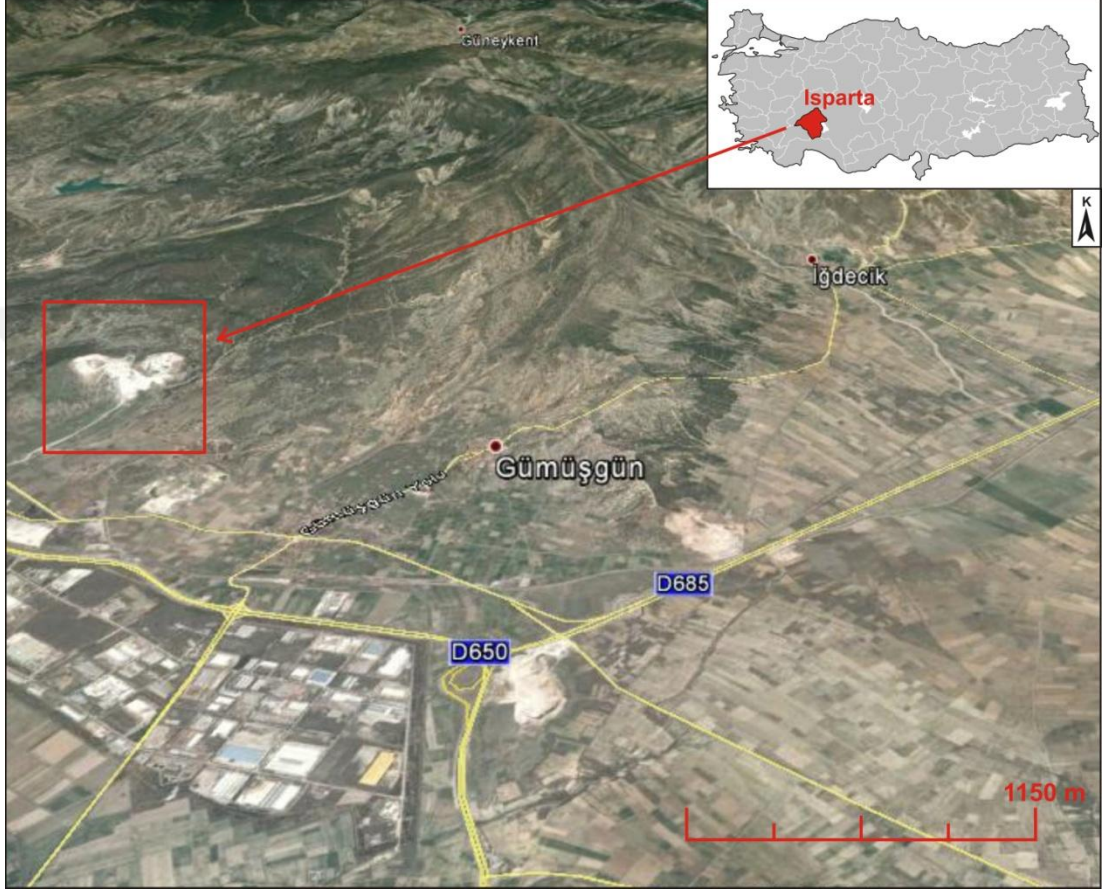
Kayacın ve elde edilen agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 4.2 'de verilmiştir. Açık koyu gri ve bej renkli olan Söbüdağ kireçtaşı birimine ait olan kireçtaşlarının Çizelge 4.2'ye göre kayacın gerçek özkütlesi 2,67 g/cm<sup>3</sup>, basınç dayanımı 118,20 MPa, don tesirlerine dayanıklılık % 0,42, aşınmaya karşı direnç % 10,06, parçalanmaya karşı direnç % 19,25, incelik modülü % 3,69, yassılık indeksi % 13,15'dir.

Çizelge 4.2. Kireçtaşı kayacının ve agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Özellikler
<b>Renk</b>	Açık-koyu gri, bej renkli
<b>Görünür yoğunluk</b>	2590,16 kg/m <sup>3</sup>
<b>Özkütle</b>	2,67 g/cm <sup>3</sup>
<b>Basınç dayanımı</b>	118,20 MPa
<b>Eğilme dayanımı</b>	11,31 MPa
<b>Don tesirlerine dayanıklılık</b>	% 0,42
<b>Aşınmaya karşı direnç</b>	% 10,06
<b>Parçalanmaya karşı direnç</b>	% 19,25
<b>Gevşek yığın yoğunluk</b>	
Kırma kum	1,623 Mg/m <sup>3</sup>
İnce agrega	1,432 Mg/m <sup>3</sup>
İri agrega	1,305 Mg/m <sup>3</sup>
<b>İncelik modülü</b>	3,69
<b>İnce madde oranı</b>	
Kırma kum	% 9,43
İnce agrega	% 1,87
İri agrega	% 0,28
<b>Yassılık indeksi</b>	% 13,15

#### 4.3.2. Gümüşgün kireçtaşı ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri

Çalışma alanı Senirce (Isparta) güneybatısında bulunmaktadır (Şekil 4.13). Yaklaşık 36 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 4.13. Çalışma alanının yerbulduru haritası

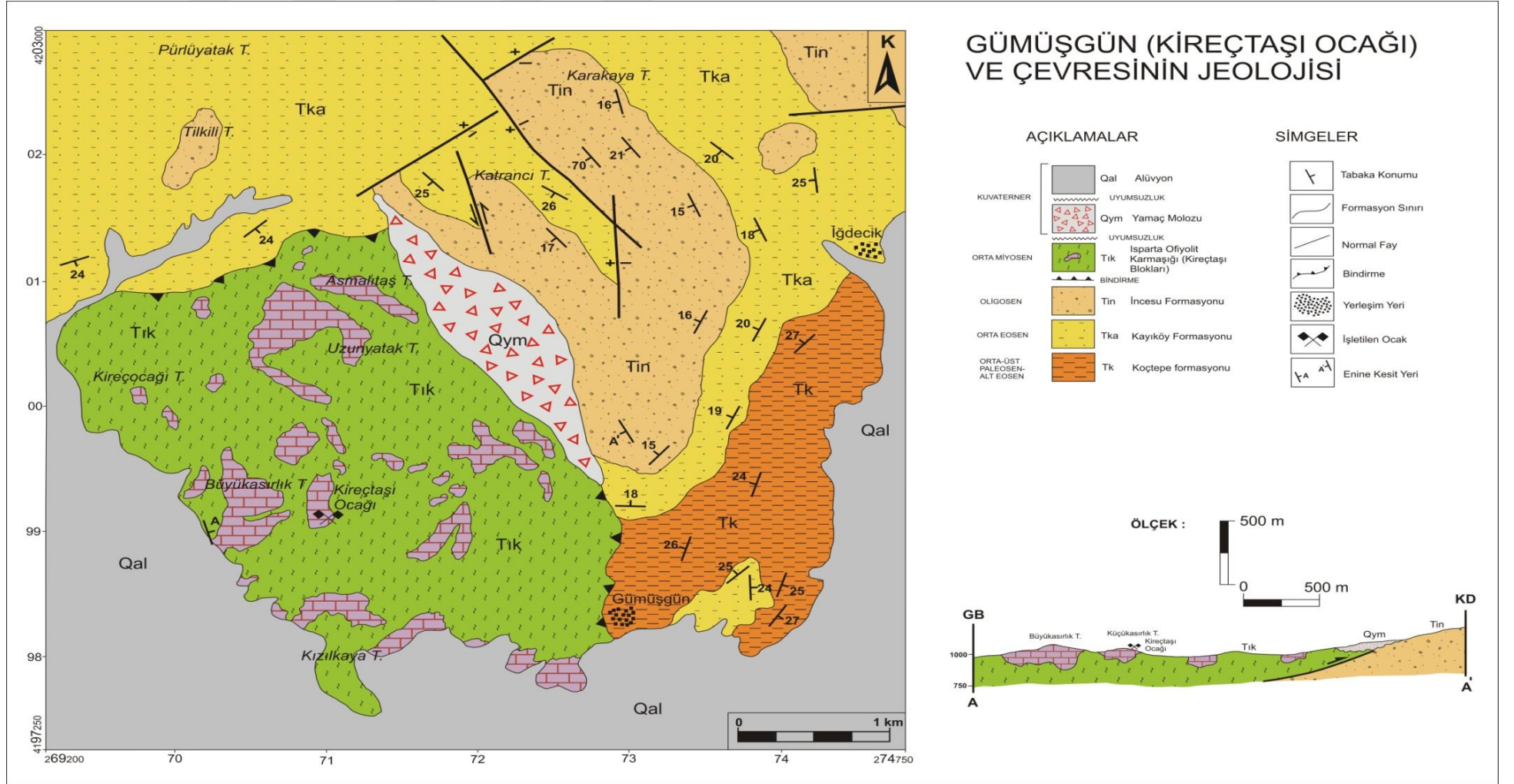
Çalışma alanında 6 farklı formasyon bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan litolojiler en yaşlı formasyondan en genç formasyona doğru istiflendiğinde; Alt Eosen-Orta-Üst Paleosen yaşlı Koçtepe formasyonu (Tk), Orta Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu (Tka), Oligosen yaşlı İncesu formasyonu (Tin), Orta Miyosen yaşlı Isparta Ofiyolit Karmaşığı (Tık), ve Kuvaterner yaşlı Yamaç molozu (Qym) ve Alüvyon (Qal) bulunmaktadır. Çalışma alanına ait stratigrafik kesit Şekil 4.14'te ve çalışma alanının jeolojik haritası Şekil 4.15'de verilmiştir.



SENOZOYİK				ÜST SİSTEM
TERSİYER			KUVATERNER	
PALEOJEN		NEOJEN		SİSTEM
PALEOSEN	EOSEN	OLİGOSEN	MIYOSEN	SERİ
ORTA -ÜST	ALT	ORTA	ORTA	KAT
FORMASYON	FORMASYON	FORMASYON	FORMASYON	FORMASYON
SİMGE	SİMGE	SİMGE	SİMGE	SİMGE
KALINLIK (m)	KALINLIK (m)	KALINLIK (m)	KALINLIK (m)	KALINLIK (m)
LİTOLOJİ				AÇIKLAMALAR
				Alüvyon
				UYUMSUZLUK
				Yamaç molozu
				UYUMSUZLUK
				Yeşil renkli serpantinler ve kireçtaşı blokları
				BINDİRME
				Gri renkli kumtaşları, çakıllı kumtaşları, konglomeralar, kalkarenitler
				Filiş karakterinde kumtaşı, silttaşı, konglomera ardalanması, kirlili sarı, kahve, boz renkli ince-orta tabakalı filişler
				Kırmızı renkli çamurtaşları, üste doğru çamurtaşı kumtaşı ardalanması

ÖLÇEKSİZ

Şekil 4.14. Gümüşgün kireçtaşı ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit



Şekil 4.15. Gümüşgün kireçtaşı ocağı ve çevresinin jeolojik haritası (Şenel, 1997'den yararlanılarak)

#### 4.3.2.1. Koçtepe Formasyonu (Tk)

Birimin adı inceleme alanında yer alan Koçtepe'den almaktadır (Sarıız, 1985). Çalışma alanında Gümüşgün yöresinin kuzeybatısında yer almaktadır. Yaklaşık 3 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 4.15). Koçtepe formasyonunun litolojik özellikleri, bu çalışmada Göltaş kireçtaşı ocağının ve çevresinin jeolojisi'de bahsedilmiştir (Bakınız 4.3.1.3) (Şekil 4.16)



Şekil 4.16. Koçtepe formasyonuna (Tk) ait açık kırmızı-bordo renkli ve yer yer şeyl, kiltası, çamurtaşı, (İğdecik güneyi)

#### 4.3.2.2. Kayıköy formasyonu (Tka)

Kayıköy formasyonu, çalışma alanında Pürlüyük Tepe ve İğdecik köyü'nün kuzeyinde yayılım göstermektedir (Şekil 4.15). Birim çalışma alanında açık-koyu gri, yeşilimsi gri, kırmızımsı, kahverengimsi, yeşilimsi sarı ve sarı renklerde gözlenir (Şekil 4.17). Kayıköy formasyonunun litolojik özellikleri, bu çalışmada Göltaş kireçtaşı ocağının ve çevresinin jeolojisi'de bahsedilmiştir (Bakınız 4.3.1.4).





Şekil 4.17. Kayıköy formasyonundan (Tka) görünüm (İğdecik köyü kuzeyi)

#### 4.3.2.3. İncesu formasyonu (Tin)

Formasyon ilk kez Gutnic vd. tarafından (1979) Keçiborlu güneybatısındaki İncesu konglomeraları şeklinde isimlendirilmiştir. Birimin adı farklı araştırmacılar tarafından Gökdere formasyonu (Yalcinkaya vd., 1986) ve İncesu formasyonu (Sariiz, 1985) olarak adlandırılmıştır. Formasyonu Karaman ve diğerleri Gönen ve çevresinde Gönen formasyonu olarak isimlendirmiştir. Batı Toroslardaki çalışmalarda ise Yavuzlar formasyonu, İğdecik üyesi olarak ayırtlanmıştır. İncesu formasyonu, inceleme alanında Katrancı Tepe ve Karakaya Tepe güneyinde yer almaktadır (Şekil 4.15).

Birim farklı kırıntılı kayalarla temsil edilir. Kireçtaşı ara seviyeli olan Polijenik çakıllı, yer yer sığ fasiyeste, kireçtaşları ile radyolarit, çört serpantinit çakıllarından oluşan denizel, gri, kirli sarı ve açık yeşil renkli konglomeralardan oluşmuştur. Çakıllar genellikle iyi yuvarlaklaşmış ve iyi bağlanmış olup, boyutları ortalama 1-7 cm arasındadır. Kalın ve düzensiz tabaklar halinde bulunan konglomeralarda tabaka kalınlıkları 50 cm ile 2 m arasında değişmektedir (Şekil 4.18). Tabakalarda kötü boylanma izlenmektedir (Aşık, 1992). Gönen bölgesinde birimin kalınlığı 850 m'yi aşar.



Şekil 4.18. Polijenik çakıllardan oluşmuş İncesu formasyonuna (Tin) ait konglomeralar (Karakaya Tepe güney yamacı)

Konglomeralar arasında kumtaşı ve kumlu killi kireçtaşı düzeyleri bulunmaktadır. Birim atabey konglomerası tarafından aşılal uyumsuzlukla üstlenir. Çalışma alanının batısında Isparta ofiyolit karmaşığı tektonik dokanakla İncesu formasyonu üzerine gelmektedir.

İncesu formasyonu gerek taneler içerisinde gerekse bağlayıcı içerisinde Nummulit'ler gözlenmektedir. Birimin yaşı önceki araştırmacılar tarafından Oligosen (Gutnic, 1977), Miyosen (Özgüner, 1980) ve Orta-Üst Miyosen (Yalçinkaya vd. 1986) olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada birimin yaşı stratigrafik ilişkilerine göre Oligosen olarak kabul edilmiştir.

#### **4.3.2.4. Isparta ofiyolit karmaşığı (Tık)**

Çalışma alanında bulunan allokton birimlerden olan Isparta Ofiyolit Karmaşığı, Yalçinkaya (1989) tarafından adlandırılmış ve bölgede çalışan Karaman (1994) tarafından da aynı isimle anılmıştır. Önceki çalışmalarda, Akdağ kuzeyi ve güneyinde tanımlanan birim, daha kuzeyde belirlenen Gökçebağ Karmaşığı olarak da (Görmüş ve Özkul, 1995, Sarıiz, 1985) adlandırılmıştır.



Çalışma alanında Uzunyatak Tepe ve Büyükasırlık Tepe civarında geniş yayılım sunmaktadır (Şekil 4.15).

Birim, içerisinde değişen boyutta kaya birimlerini blok olarak bulunduran, kuvvetli tektonikle karışmış, çok renklilik sunan, genelde yeşil rengin hâkim olduğu, yer yer olistostromal özellikler gösteren, bazik-ultrabazik kayalardan oluşmaktadır (Yalçinkaya, 1989) (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Gümüşgün kireçtaşı ocağı yakınında açılan yarma (Isparta ofiyolit karmaşığı (Tık))

Isparta ofiyolit karmaşığı (Likya Napları) içinde bulunan açık gri, bej, beyaz renkli, masif kireçtaşları blokları bulunmaktadır (Şekil 4.20). Kireçtaşı blokları Poisson (1977) tarafından Domuzdağı birimi olarak tanımlanmıştır. Yazara göre Domuzdağı birimini oluşturan kireçtaşları büyük bölümü ile Triyas-Jura zaman aralığı içinde yer alır.



Şekil 4.20. Isparta ofiyolit karmaşığı içerisinde bulunan bol kırıklı çatlaklı masif Domuzdağı kireçtaşı ait bir görünüm

#### **4.3.2.5. Yamaç molozu (Qym) ve Alüvyon (Qal)**

Tutturulmamış kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemeden oluşur. Kum, çakıl, kil ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan birimlerin taneleri Isparta ofiyolit karmaşığından kopan malzemelerden, Akdağ kireçtaşlarından ve çalışma alanında bulunan diğer birimlerin litolojilerinden oluşmaktadır.

#### **4.3.3. Yapısal jeoloji**

Çalışma alanında düşey faylar, doğrultu atımlı faylar ve bindirme fayları gözlenir. Katrancı Tepe batı yamacında Kayıköy Formasyonu ile İncesu Formasyonu arasında sol yönlü doğrultu atımlı fay gözlenirken, Karakaya Tepe güneyi ve kuzeybatısında yine aynı iki formasyon arasında düşey karakterli faylar gözlenir. Stratigrafik olarak üstte yer alan İncesu Formasyonu düşen blokta, altındaki Kayıköy formasyonu ise yükselen blokta yer alır. Gümüşgün köyü kuzeybatısında geniş alanda mostraları gözlenen, büyük kireçtaşı blokları içeren Isparta Ofiyolit Karmaşığı; Koçtepe Formasyonu, Kayıköy Formasyonu ve dokanağı yamaç molozları ile örtülü olsa da İncesu Formasyonu üzerine bindirmeli tektonik dokanakla gelir. Çalışma alanında tüm birimleri Alüvyon uyumsuzlukla örter.



#### 4.3.3.1. Gümüşgün kireçtaşı ocağı agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri

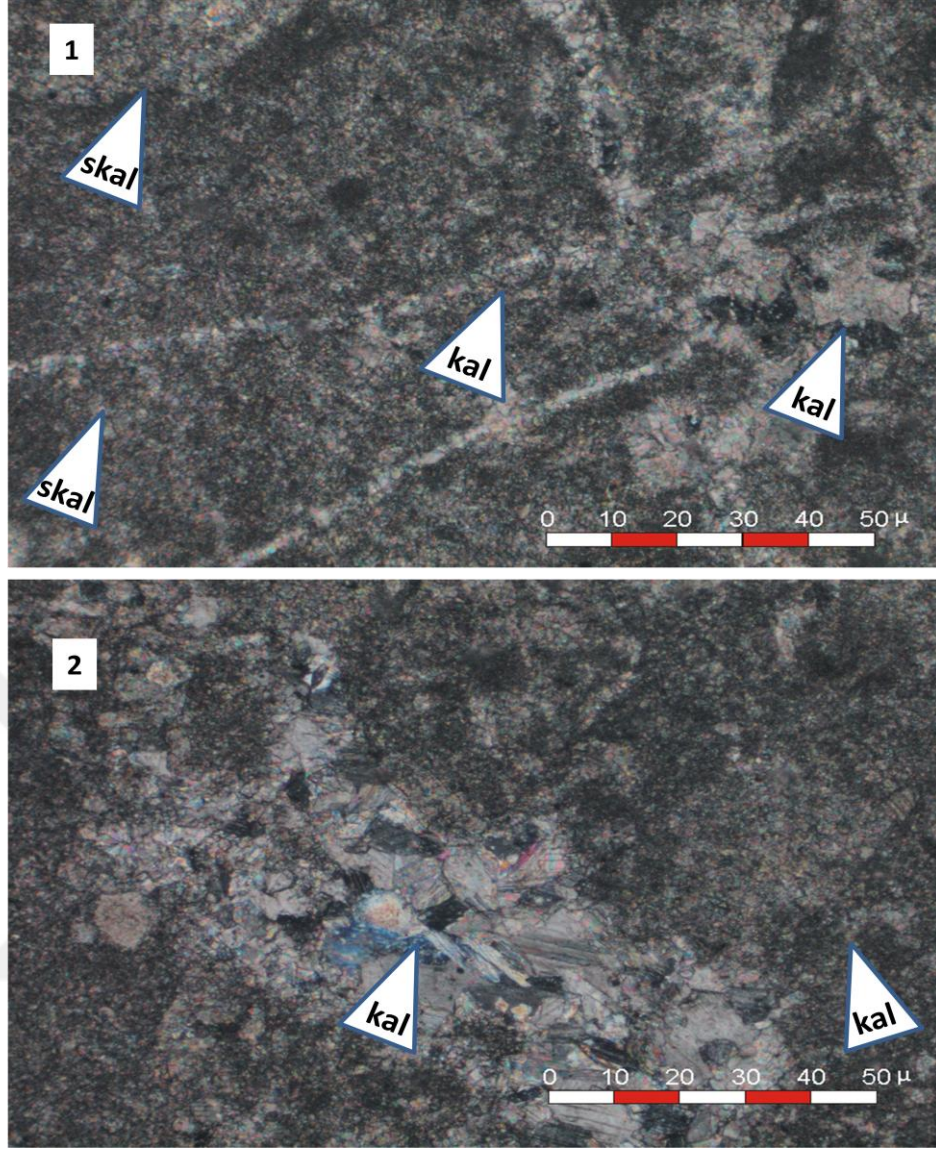
Isparta-Gümüşgün'ün kuzeybatısında yer alan ve mercekler şeklinde Isparta ofiyolit karmaşığı içerisinde bulunan Üst Miyosen'de oluşmuş Akdağ kireçtaşlarından elde edilen kayaç kırılıp elendikten sonra hazır beton agregası olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Gümüşgün kireçtaşı ocağına ait görünüm

Isparta-Gümüşgün'de işletilen ocağın 374,315 m<sup>2</sup>'lik yayılımı 60 m. görünür kalınlığı vardır. Kayaçın birim hacim ağırlığı 2,69 ton/m<sup>3</sup>tür. Görünür rezervi poligon yöntemiyle hesaplanmış olup 60,414.441 ton'tür

Agrega olarak kullanılan kayaç, süt beyaz renkli, şeker dokulu, masif görünümlü çok kırık ve eklemli, sparitik, rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kayaç genellikle ince taneli sparkalsitten oluşmaktadır. Kayaç içerisinde yer yer öz şekilli kalsit mineralleri kayaç içerisinde gözlenmektedir. Bununla birlikte kırık ve çatlaklar ikincil kalsitle dolmuştur (Şekil 4.21).



Şekil 4.22. Rekristalize kireçtaşı agregasına ait ince kesit görüntüleri (1: Rekristalizasyon sonucu oluşan sparkalsit (skal), ve kayaç içerisindeki ikincil boşlukları dolduran kalsit mineralleri (kal), kalsit damarları 2: Kayaç içerisindeki öz şekilli iri kalsit mineralleri (kal))

Ocaktan alınan kayaç örneklerinden yapılan majör oksit analizlerinde CaO'nun ortalama % 56,34 oranında, MgO miktarının ortalama %0,48 civarında olduğu gözlemlenmiştir. Kireçtaşının ortalama kimyasal bileşimiyle karşılaştırıldığında ise SiO<sub>2</sub> ve MgO miktarının oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. CaO miktarının yaklaşık %14-15 daha fazla olduğu söylenebilir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Gümüşgün kireçtaşının majör oksit analiz değerleri

Kimyasal Bileşim (%)	AV1	AV2	AV3	Ortalama	Kireçtaşının ortalama kimyasal bileşimi (Boggs, 1987)
SiO <sub>2</sub>	0,03	0,04	0,03	0,03	5,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0,54
MgO	0,49	0,48	0,47	0,48	7,90
CaO	56,31	56,37	56,34	56,34	42,61
Na <sub>2</sub> O	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,05
K <sub>2</sub> O	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,33
TiO <sub>2</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,04
MnO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	-
ATEŞTE KAYIP	43,1	43,0	43,1	43,1	41,58
TOPLAM	99,99	99,96	99,98	99,97	99,16

Agrega olarak değerlendirilen kayacının fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.4'e göre kayacın gerçek özkütlesi 2,69 g/cm<sup>3</sup>, basınç dayanımı 111,0 MPa, eğilme dayanımı 10,29 MPa, don tesirlerine dayanıklılık % 0,91, aşınmaya karşı direnç %11,10, parçalanmaya karşı direnç %20,28, incelik modülü %2,85, kırma kum ince madde oranı %11,76'dır.

Çizelge 4.4. Rekristalize kireçtaşı ocağı (Gümüşgün) agregalarının fiziko-mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Özellikler
Renk	süt beyaz renkli
Görünür yoğunluk	2570,54 kg/m <sup>3</sup>
Özkütle	2,69 g/cm <sup>3</sup>
Basınç dayanımı	111,0 MPa
Eğilme dayanımı	10,29 MPa
Don tesirlerine dayanıklılık	% 0,91
Aşınmaya karşı direnç	% 11,10
Parçalanmaya karşı direnç	% 20,28
Gevşek yığın yoğunluk	
Kırma kum	1,667 Mg/m <sup>3</sup>
İnce agrega	1,479 Mg/m <sup>3</sup>
İri agrega	1,335 Mg/m <sup>3</sup>
İncelik modülü	2,85
İnce madde oranı	
Kırma kum	% 11,76
İnce agrega	% 1,23
İri agrega	% 0,27
Yassılık indeksi	% 12,85



#### 4.3.4. Atabey kum-çakıl ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri

Çalışma alanı uzunluğu 3800 m. olan ve genişliği 200-500 m. arasında değişen Atabey-Akçay Deresi çevresindedir (Şekil 4.23). Yaklaşık 36 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır.



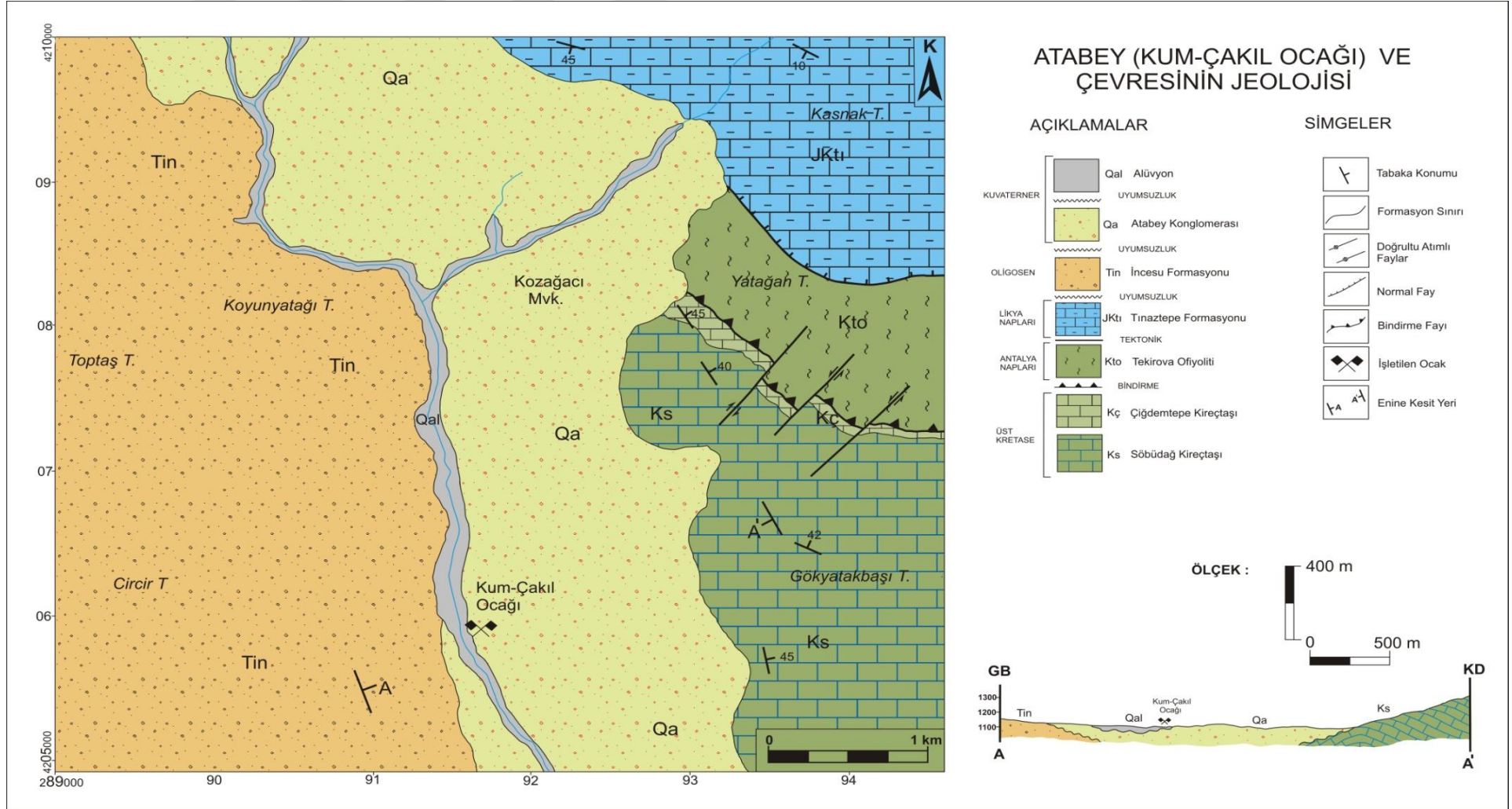
Şekil 4.23. Atabey kum-çakıl ocağına ait yer bulduru haritası

Atabey yöresinde 6 farklı formasyon bulunmaktadır. Çalışma alanında kaya birimleri alttan üstte doğru; Söbüdağ kireçtaşı (Ks), Çiğdemtepe kireçtaşı (Kç), ofiyolit karmaşığı (Kto), Tınaztepe formasyonu (JKtı), İncesu formasyonu (Tin), Atabey formasyonu (Qa) ile Alüvyon (Qal), bulunmaktadır. Çalışma alanına ait stratigrafik kesit Şekil 4.24'de ve çalışma alanına ait jeoloji haritası 4.25'de verilmiştir.



ÜST SİSTEM		SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER	ORTA Eosen	Lütésiyen	Alüvyon	Qal			Alüvyon	
				Atabey Kong.	Qa			UYUMSUZLUK Yataya yakın tabakalı, kötü boylanmış, köşeli çakıllı konglomeralar	
TERSİYER	PALEOJEN	ORTA Eosen	Lütésiyen	İncesu Formasyonu	Tin	850	850	Gri renkli kumtaşları, çakıllı kumtaşları, konglomeralar, kalkarenitler	UYUMSUZLUK
MESOZOYİK	KRETASE	LİKYA NAPI		Tınaztepe Formasyonu	JKtı	200	200	Kalsitürbit, mikrit ve çörtlü mikrit, çört, radyolarit.	BİNDİRME
				Tekirova Ofiyoliti	Kto	60	60	Serpantin, harzburjit, dunit.	BİNDİRME
		ÜST	Maastr.	Çığdemtepe Kireçtaşı	Kç	100	100	Gri renkli, ince - orta tabakalı pelajik kireçtaşları	UYUMSUZLUK
			Senoniyen Turoniyen	Söbüdağ Kireçtaşı	Ks	> 2000	> 2000	Açık-koyu renkli, bej renkli, masif kalın tabakalı kireçtaşı	

Şekil 4.24. Atabey kum-çakıl ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit



Şekil 4.25. Atabey kum-çakıl ocağı ve çevresi jeolojisi

#### 4.3.4.1. Söbüdağ Kireçtaşı (Ks)

Söbüdağ kireçtaşı çalışma alanının kuzey ve kuzeybatısında Gökyatakbaşı Tepe civarında Kasnak tepenin çevresinde ve kuzeybatısında gözlenmektedir (Şekil 4.25). Çalışma alanında birim genellikle kalın ve masif kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir (Şekil 4.26). Söbüdağ kireçtaşı'nın genel litolojik özellikleri bu çalışmada Bölüm 4.3.1.1'de anlatılmıştır.



Şekil 4.26. Kum çakıl ocağının kuzeydoğusunda Söbüdağ kireçtaşı (Ks)'nda açılmış kireçtaşı ocağından bir görünüm

#### 4.3.4.2. Çiğdemtepe Kireçtaşı (Kç)

Çiğdemtepe Kireçtaşları, çalışma alanında küçük bir alanda gözlenmektedir (Şekil 4.26). Birim çalışma alanında açık krem ile beyazımsı ince-orta katmanlı, olarak gözlenmiştir (Şekil 4.27). Birimin yörede sunduğu litolojik özellikleri ayrıntılı olarak Bölüm 4.3.1.2'de anlatılmıştır.



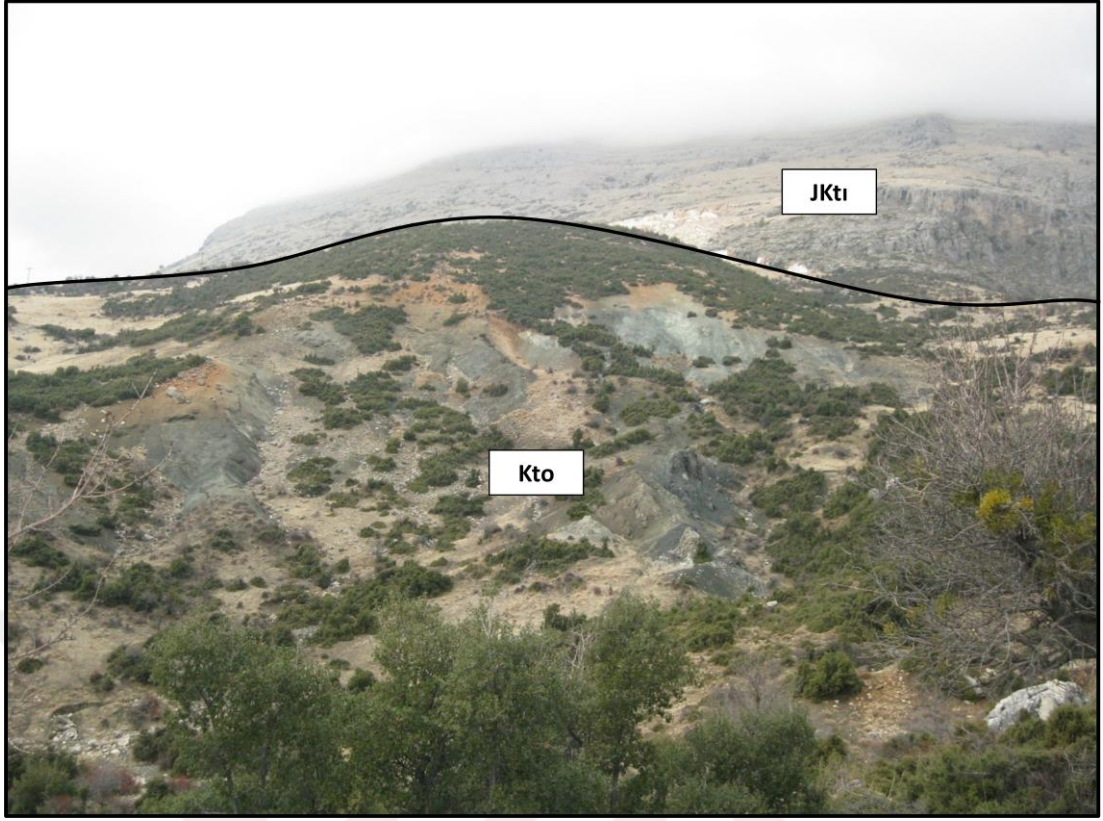


Şekil 4.27. Çalışma alanında bulunan Çiğdemtepe Kireçtaşı (Kç) (Yatağan Tepe kuzeyi)

#### 4.3.4.3. Eğirdir ofiyolit karmaşığı (Kto)

Çalışma alanının batısında bulunan Yatağan Tepe ve civarında gözlenmektedir (Şekil 4.26). Mafik ve ultramafik kayalardan oluşan birim Juteau (1975) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Birim bölgede daha önce Eğirdir Kızıldağ Masifi (Juteau, 1975), Eğirdir Kızıldağ Peridotiti (Waldron, 1982) ve Ayvalı Peridotiti (Şenel vd.,1981, Şenel vd.,1996) olarak tanımlanmıştır.

Çalışma alanında Tekirova Ofiyoliti, serpantinit, lertzolitik harzburgit, masif harzburgit, bantlı harzburgit, dunit vb. kaya türleri ile izole diyabaz dayklarından oluşur (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Çalışma alanında bulunan Eğirdir ofiyolit karmaşığı (Kto) Tınaztepe formasyonu (JKt1) (Yatağan tepe)

#### 4.3.4.4. Tınaztepe Formasyonu (JKt1)

Çalışma alanının kuzeydoğusunda Kasnak Tepe civarında gözlenmektedir (Şekil 4.26). Formasyon, Özgül ve diğ. (1991a) tarafından adlandırılmıştır. Birim ince-orta, seyrek olarak kalın tabakalı, gri, krem, bej, kirli sarı, yeşilimsi gri renklerde, kalsitürbidit ara düzeyli, radyolaryalı, çört yumru ve bantlı mikritik kireçtaşlarından oluşur (Şekil 4.29). Formasyonun tabanında seyrek ammonit izli, gri renkli, yumrulu tabakalanmalı mikritik kireçtaşları yer alır. Birimin Üst Jura düzeyinde yaklaşık 30 metre kalınlıkta, ince-ora tabakalı, yeşil, sarımsı, kahve, kirli sarı, yeşilimsi gri renkli radyolarit ve çörtler bulunur (Şenel vd., 1992).



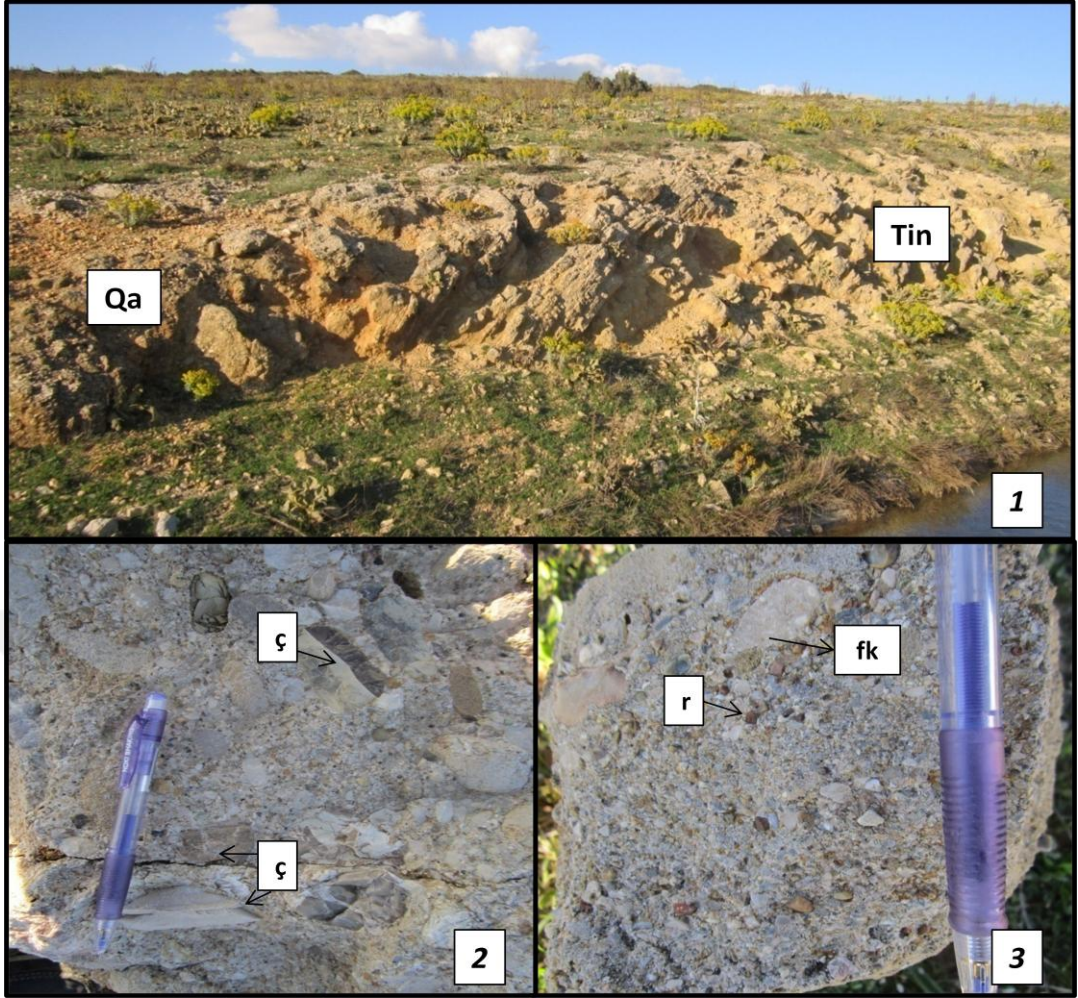


Şekil 4.29. Kasnak Tepe'nin kuzeyinde bulunan beyazımsı gri Tınaztepe Formasyonu (JKt1)

Yaklaşık 220m. kalınlıktadır. Tınaztepe formasyonu, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RANIERI), *Lucasella cayeuxi* (LUCAS), *Mesoendothyra croatica* GUSIC, *Nautiloculina* sp., *Tubiphytes morronensis* CRESCENTI, *Calpionella alpina* LORENZ, *Crassicoloria parvula* (REMANE), *Remaniella ferasini* (CATALANO), *Globochaeta alpina* LOMBARD, *Ticinella roberti* GONDOLFÍ, *Cuneolina composaurii-laurentii* SARTONI, CRESCENTI, *Hedbergella* sp. vb. formlara (det: D. Altıner; Özgül ve diğ., 1991a'dan) Dogger-Alt Senomaniyen yaşlı kabul edilmiştir.

#### 4.3.4.5. İncesu formasyonu (Tin)

İncesu formasyonu, inceleme alanın batısında Circir Tepe, Toptaş Tepe ve Koyunyatağı Tepeçevresinde geniş yayılıma sahiptir (Şekil 4.26). Birim farklı kırıntılı kayalarla temsil edilir (Şekil 4.30). Birimin litolojik özellikleri ayrıntılı olarak Bölüm 4.3.2.3'de anlatılmıştır.



Şekil 4.30. İncesu formasyonuna (Tin) ait polijenik çakıllardan görünüm (Atabey belediyesi kum-çakıl ocağı batısı)(1) (Qa: Atabey konglomerası, ç: çört (2), r: radyolarit, fk: fosilli (nummulites'li) kireçtaşı (3))

#### 4.3.4.6. Atabey konglomerası (Qa)

Çalışma bölgesinde Akçay deresinin çevresinde geniş yayılım sunan Pliyokuvaterner yaşlı ve zayıf tutturulmuş teras oluşukları, bu çalışmada Atabey konglomerası olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.26) .

Akçay deresinin daha çok doğu kenarında yayılım gösteren bu teras oluşukları zayıf pekleşmiş orta-iyi boylanmış çakıltaşlarından ve kumtaşı ara katkıları yapılıdır (Şekil 4.31). Birimi oluşturan çakıltaşları egemen olarak orta ile iyi yuvarlaklaşmış kireçtaşı, kumtaşı, çört, diyabaz ve seyrek olarak serpantin çakıl bileşenlerinden yapılıdır. Atabey konglomerası içerisinde yer yer binek çakıllar ve çapraz tabakalı yapılar olağan biçimde gözlenir. Bu veriler Atabey konglomerasının akarsu çakılı olmasını göstermesi bakımından önemlidir.



Atabey konglomerası İncesu formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Birim yatay konumlu genç tortul olup Akçay deresine ait eski teras oluşuklarını yansıtır.



Şekil 4.31. Yatay tabakalanmış Atabey konglomeralarından (Qa) bir görünüm (Atabey kırma eleme tesisi güneydoğusu)

#### 4.3.4.7. Alüvyon (Qal)

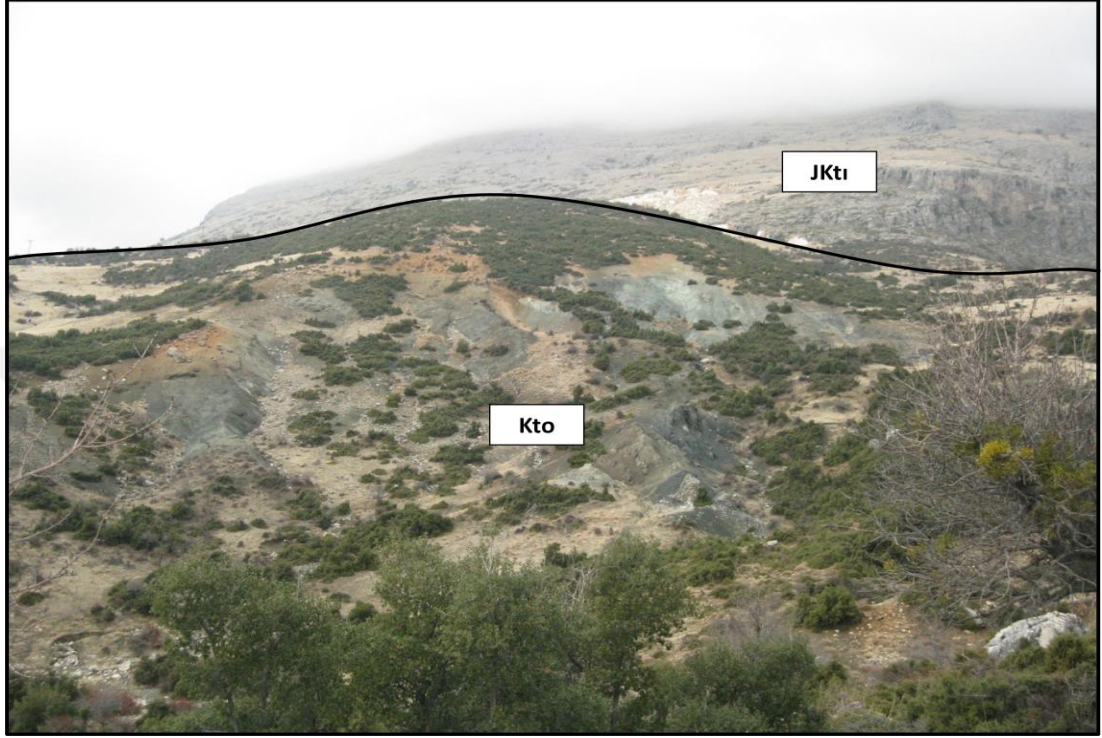
Çalışma alanında, genellikle yüksek tepelerin ovaya indiği dik yamaçlar önünde gelişmiştir. Kil, silt, kum, çakıl ve bloklardan oluşmuştur. Alüvyon, kum, çakıl, kil ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan birimin tanelerini çoğunlukla kireçtaşları oluşturur.

#### 4.3.4.8. Yapısal jeoloji

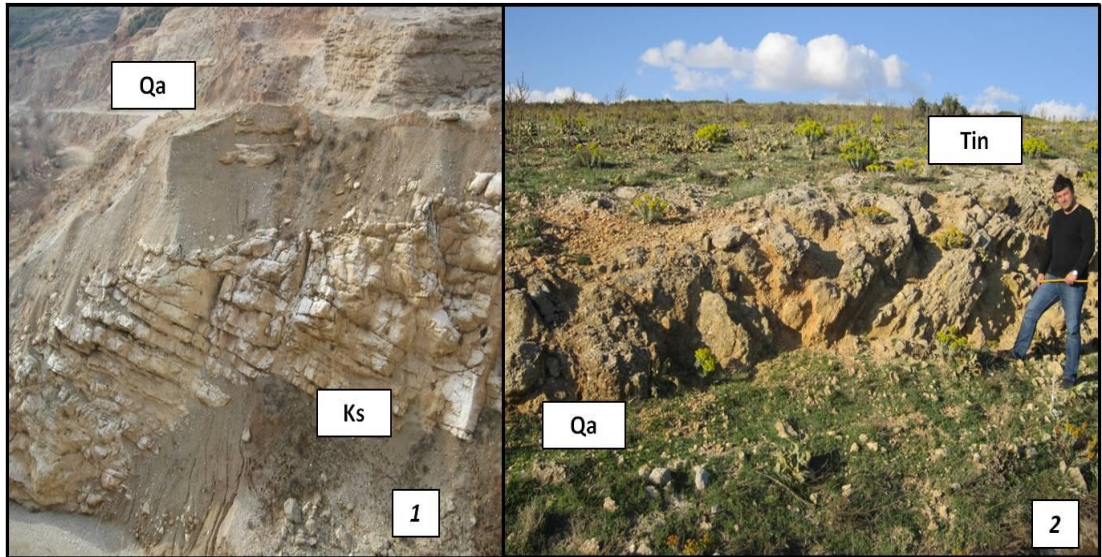
Çalışma alanında Üst Kretase yaşlı kireçtaşları üzerine Antalya Nap'ları altında Tekirova Ofiyolit Napı'na (Şenel, 1997) ait Tekirova ofiyoliti (Eğirdir Kızıldağ peridoditi, Waldron, 1982) bindirmeli tektonik dokanakla gelir. Likya Nap'ları altında Tavas Napı'na (Şenel, 1997) ait Tınaztepe Formasyonu ise ofiyolitler ile dokanağı tektoniktir (Şekil 4.32).



Yatağan Tepe güneyinde kireçtaşlarında GB-KD yönlü doğrultu atımlı faylar gözlenir. İncesu Formasyonu çalışma alanında birimleri açısal uyumsuzlukla örter. Yine açısal uyumsuzlukla birimler üzerinde Atabey konglomasası gözlenir (Şekil 4.33).



Şekil 4.32. Çalışma alanında bulunan Eğırdir ofiyolit karmaşığı (Kto), Tınaztepe formasyonu (JKtı) (Yatağan tepe)



Şekil 4.33. Akçay deresi içerisinde Atabey konglomasası (Qa) ve Söbüdağ kireçtaşları (Ks)nin dokanağından bir görünümü (1), Atabey konglomasası (Qa), İncesu formasyonu (Tin)nin dokanağından bir görünümü (2)

#### 4.3.5. Atabey kum-çakıl ocağı agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri

Atabey-Akçay deresi kum-çakıl ocağı Atabey Belediyesi tarafından işletilmektedir (Şekil 4.34). İşletilen ocaktan elde edilen agrega kırma-eleme tesisinde boyutlandırıldıktan sonra Atabey Belediyesine ait hazır beton üretiminde kullanılmaktadır. İşletilen ocakta birimin yayılımı 570.040 m<sup>2</sup>, kalınlığı 28 m olarak hesaplanmıştır. Agreganın gerçek özkütlesi 2,68 ton/m<sup>3</sup>'dür. İşletilen ocağın görünür rezervi 42.775.802 ton'dur.



Şekil 4.34. Atabey-Akçay deresi kum-çakıl ocağı

Türemiş, kireçtaşı, kumtaşı ve çört çakıllarından oluşmaktadır. Çakıllar köşeli ve kötü boylanmalıdır. Grimsi, sarımsı, kırmızımsı renklerde gözlenir. Tane boyutu 0.5-5 cm arasında değişir. Ocaktan alınan kayaç örneklerinden yapılan majör oksit analizlerinde CaO'nun ortalama % 37,51 oranında, MgO miktarının ortalama %12,77 civarında olduğu gözlemiştir. SiO<sub>2</sub> miktarının %4,10'dır. Kireçtaşının ortalama kimyasal bileşimiyle karşılaştırıldığında CaO miktarının düşük, MgO miktarının yüksek olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Kum-çakıl agregasına ait majör oksit analiz değerleri

Kimyasal Bileşim (%)	AT	AT	AT	Ortalama (%)	Kireçtaşının ortalama kimyasal bileşimi (Boggs, 1987) (%)
SiO <sub>2</sub>	4,08	4,11	4,10	4,10	5,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,89	0,86	0,88	0,88	0,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,45	0,44	0,44	0,44	0,54
MgO	12,76	12,74	12,77	12,77	7,90
CaO	37,50	37,50	37,53	37,51	42,61
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
K <sub>2</sub> O	0,16	0,15	0,16	0,16	0,33
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004	0,004	0,004	0,004	-
<b>ATEŞTE KAYIP</b>	<b>43,8</b>	<b>43,8</b>	<b>43,8</b>	<b>43,8</b>	<b>41,58</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>99,75</b>	<b>99,75</b>	<b>99,75</b>	<b>99,75</b>	<b>99,16</b>

Kum-çakıl agregası olarak değerlendirilen kayacının fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Gerçek özkütlesi 2,68 g/cm<sup>3</sup>, basınç dayanımı 112,47 MPa, eğilme dayanımı 10,89 MPa, don tesirlerine dayanıklılık % 0,45, aşınmaya karşı direnç %9,74, parçalanmaya karşı direnç %17,45, incelik modülü %3,69, kırma kum ince madde oranı %3,35, yassılık indeksi %5,96, alkali silika reaksiyonu %0,131'dir.

Çizelge 4.6. Atabey kum-çakıl ocağı agregalarının fiziko-mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Özellikler
<b>Renk</b>	Gri, açık kahverengi, bej
<b>Görünür yoğunluk</b>	2576,48kg/m <sup>3</sup>
<b>Özkütle</b>	2,68 g/cm <sup>3</sup>
<b>Basınç dayanımı</b>	112,47 MPa
<b>Eğilme dayanımı</b>	10,89 MPa
<b>Don tesirlerine dayanıklılık</b>	% 0,45
<b>Aşınmaya karşı direnç</b>	% 9,74
<b>Parçalanmaya karşı direnç</b>	% 17,45
<b>Gevşek yığın yoğunluk</b>	
<b>Kırma kum</b>	1,697 Mg/m <sup>3</sup>
<b>İnce agrega</b>	1,487 Mg/m <sup>3</sup>
<b>İri agrega</b>	1,389 Mg/m <sup>3</sup>
<b>İncelik modülü</b>	3,69
<b>İnce madde oranı</b>	
<b>Kırma kum</b>	% 3,35
<b>İnce agrega</b>	% 0,57
<b>İri agrega</b>	% 0,21
<b>Yassılık indeksi</b>	% 5,96
<b>ASR</b>	
<b>Harç çubuklarının Ortalama Boy Değişimleri (16. gün)</b>	%0,131



#### 4.3.6. Büyük hacılar dolomit ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri

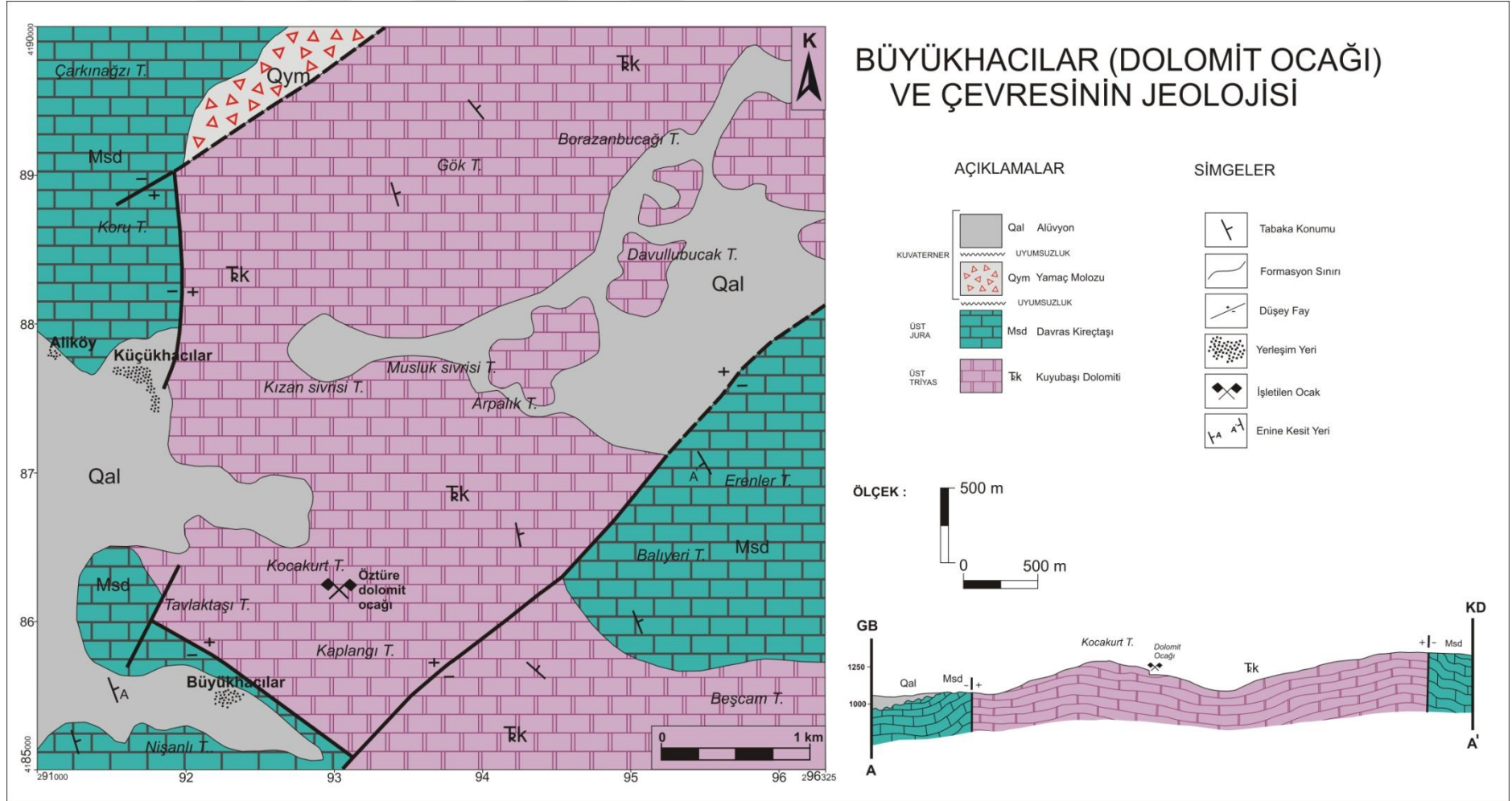
Çalışma alanı Isparta'nın Büyük hacılar Köyü'nün kuzeydoğusunda bulunmaktadır (Şekil 4.35). Yaklaşık 35 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 4.35. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Çalışma alanında 4 farklı formasyon bulunmaktadır. En altta Orta-Üst Triyas yaşlı Kuyubaşı dolomiti (Trk), Senoniyen-Turoniyen yaşlı Davras kireçtaşları (Msd) ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym) bulunmaktadır. Çalışma alanına ait stratigrafik kesit Şekil 4.36'da verilmiştir. Dolomit ocağının (Büyük hacılar) jeolojik haritası Şekil 4.37'de verilmiştir.





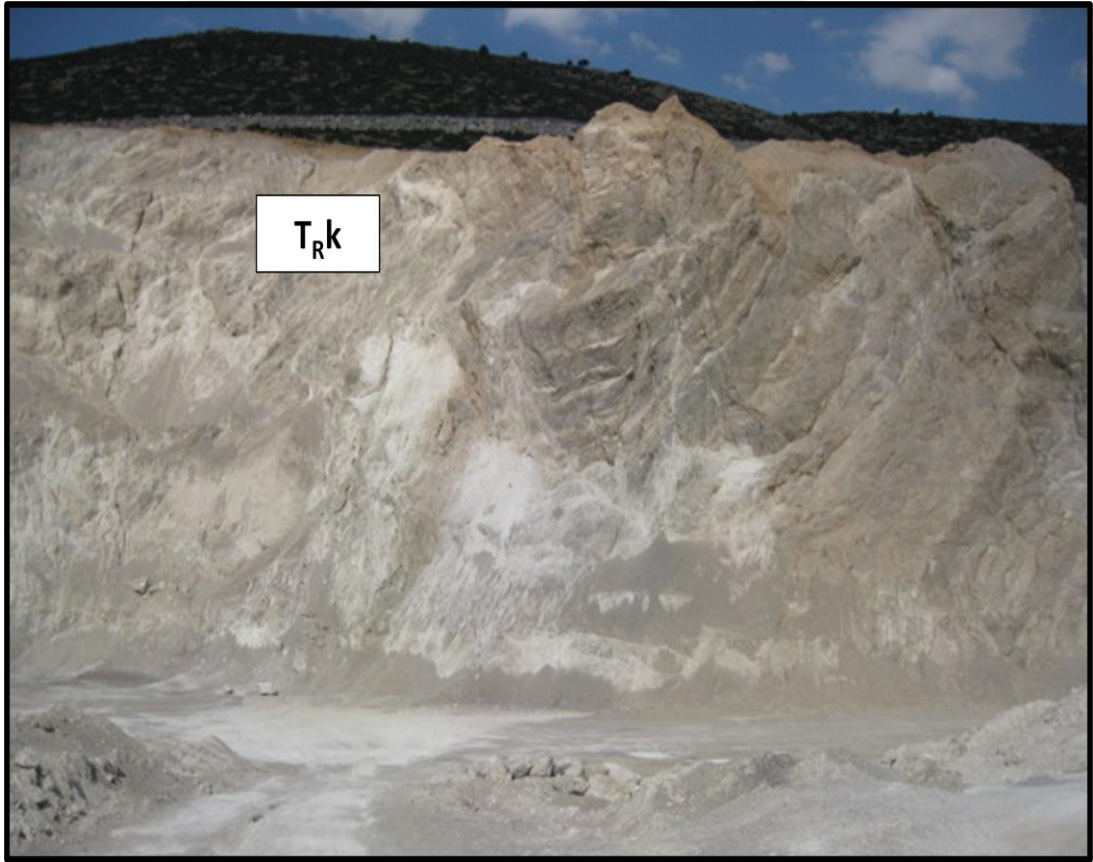
Şekil 4.37. Büyük HACILAR dolomit ocağının ve çevresinin jeolojik haritası (Şenel, 1997'den yararlanılarak)



#### 4.3.6.1. Kuyubaşı dolomiti (T<sub>R</sub>k)

Orta-Üst Triyas yaşlı kalın dolomitlerden oluşan formasyon, Güney ve diğ. (1982) tarafından adlandırılmıştır. Kuyubaşı dolomiti, çalışma alanının kuzeyinde Gök Tepe, Aralıkbeleni Tepe, Küçük hacılar köyü civarında Kızanivrisi Tepe, Musluksivrisi Tepe ve çalışma alanının güneyinde Kocakuz Tepe, BeşcamTepe, Oyukkaya sırtında gözlenmektedir (Şekil 4.37).

Birim masif, orta-kalın tabakalı, bazen belirsiz kalın tabakalı, aşınma yüzeyi gri, açık gri, kırılma yüzeyi gri, bej, krem, koyu gri, kirli beyaz vb. renklerde, iri taneli, bazen orta-ince taneli, yer yer dağulgan dolomitlerdem oluşur (Şekil 4.38). Sık erime boşlukları olan bu dolomitlerle birlikte yer yer dolomitik kireçtaşı düzeyleri de görülebilir. Kuyubaşı dolomitinde yer yer megalodon ve silik alg izleri bulunur. Çalışma alanında alt ilişkisi gözlenemeyen Kuyubaşı dolomitinin üzerinde uyumsuz olarak Davras kireçtaşları yer almaktadır



Şekil 4.38. Çalışma alanında yer alan masif Kuyubaşı dolomitinden(T<sub>R</sub>k) bir görünüm (Isparta Belediye'sine ait taş ocağı)

#### 4.3.6.2. Davras kireçtaşı (M<sub>sd</sub>)

Gutnic vd. (1979) Davras dağı çevresindeki Mesozoyik karbonatlar için, Davras Serisi terimini kullanmışlardır. Dumont ve Kerey (1975) tarafından kalın karbonatlarla temsil edilen birim, Alakilise kireçtaşı, bu karbonatlar için Yalçinkaya (1989) Davras formasyonu ismini kullanmıştır. Akbulut (1980) ise bu seri için benzer şekilde Davras kireçtaşı teriminin kullanılmasını uygun bulmuştur. Çalışma alanında, Erenler Tepe, Balıyeri Tepe ve çalışma alanının güneyi (Tepecik Tepe, Kocaayak Tepe, Kayalı Tepe, Alaca Tepe) ve kuzeybatısında Çarkınağzı, Kuru Tepe civarında gözlenmektedir (Şekil 4.37).

Birimin alt bölümünde bulunan altta orta-kalın katmanlı, beyazımsı grimsi renkli olan dolomitik kireçtaşları sert, sık çatlaklı ve çatlakları kalsit dolguludur. Bu seri üzerinde, orta-kalın tabakalı, sık çatlaklı, açık kahve, açık gri, bej, krem renkli, üste doğru oolitik karakterde kireçtaşları vardır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Çalışma alanında yer alan orta kalın tabakalı Davras Kireçtaşı'ndan (M<sub>sd</sub>) bir görünüm(Kuru Tepe güney yamacı)

Açık gri, bej, krem, açık kahve renklerde, orta-kalın tabakalı yer yer dolomitize olmuş kireçtaşları ile devam eder. Üste doğru en kalın seviyesini oluşturan orta-kalın tabakalı, açık gri, bej, krem açık kahve renklerde gözlenen Senomaniyen kireçtaşları vardır. Bu kireçtaşları üste doğru yer yer orta katmanlı, neritik-yarı



pelajik, yer yer de ince-orta katmanlı, çörtlü, pelajik-yarı pelajik kireçtaşlarına geçerler. Birim en üstte ince tabakalı, krem, sarı, bej, yer yer pembe renkli, çörtlü Maestrihtiyen yaşlı pelajik kireçtaşları ile sonlanır (Yalçınkaya, 1989). İstifin kalınlığının 2000 m (?) den daha fazla olduğu sanılmaktadır. Görmüş ve Özkul, (1995) birimin yaşı Üst-Triyas-Turoniyen olarak belirlenmiştir.

#### 4.3.6.3. Aluvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym)

Alüvyonlar çalışma alanı içinde dere yatakları içinde yer alır. Yamaç molozları ise daha çok Küçükhacılar Köyü'nün kuzey bölgelerinde yayılım gösterir.

#### 4.3.6.4. Yapısal jeoloji

Büyükhacılar çevresinde yeralan faylar başlıca KD ve KB gidişler gösterir (Şekil 4.40). Bunlardan KD gidişli Erenler fayı Kuyubaşı dolomitleri ile Davras kireçtaşı birimi arasında oluşmuştur. KB gidişli Büyükhacılar fayı benzer şekilde Kuyubaşı dolomitleri ile Davraz kireçtaşı arasında gelişmiş olarak bulunur.



Şekil 4.40. Büyükhacılar köyünün kuzeydoğusunda kalan fay (1), çalışma alanındaki fayın sunduğu çizgisel yapılar (2), Kaplangılı tepenin güneydoğusundan geçen faylara ait ezik zonlar ve çizgisel yapılar

#### 4.3.6.5. Büyükhacılar dolomit ocağı agregalarının mineralojik-jeokimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri

Dolomit ocağı Büyükhacılar Köyü'nün kuzeydoğusunda bulunan Kocakurt Tepe mevkinde yer alır. Tez kapsamında agrega olarak kullanılan kayaç Kuyubaşı dolomitlerinden elde edilmektedir (Şekil 4.41). Bölgede geniş yayılım gösteren Kuyubaşı dolomiti, Isparta Özel İdare Müdürlüğü'nde, Isparta Belediyesi'nde kırmaştaş olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada agrega olarak değerlendirilen kayaç Öztüre A.Ş tarafından demir çelik fabrikalarında kullanılmak üzere işletilmektedir. İşletilen ocağın yaklaşık yayılımı 5.503.244m<sup>2</sup> yüksekliği 150m. ve kayacın birim hacim ağırlığı 2.8ton/m<sup>3</sup>'dür. Görünür rezervi 2.311.362.480ton olarak hesaplanmıştır.

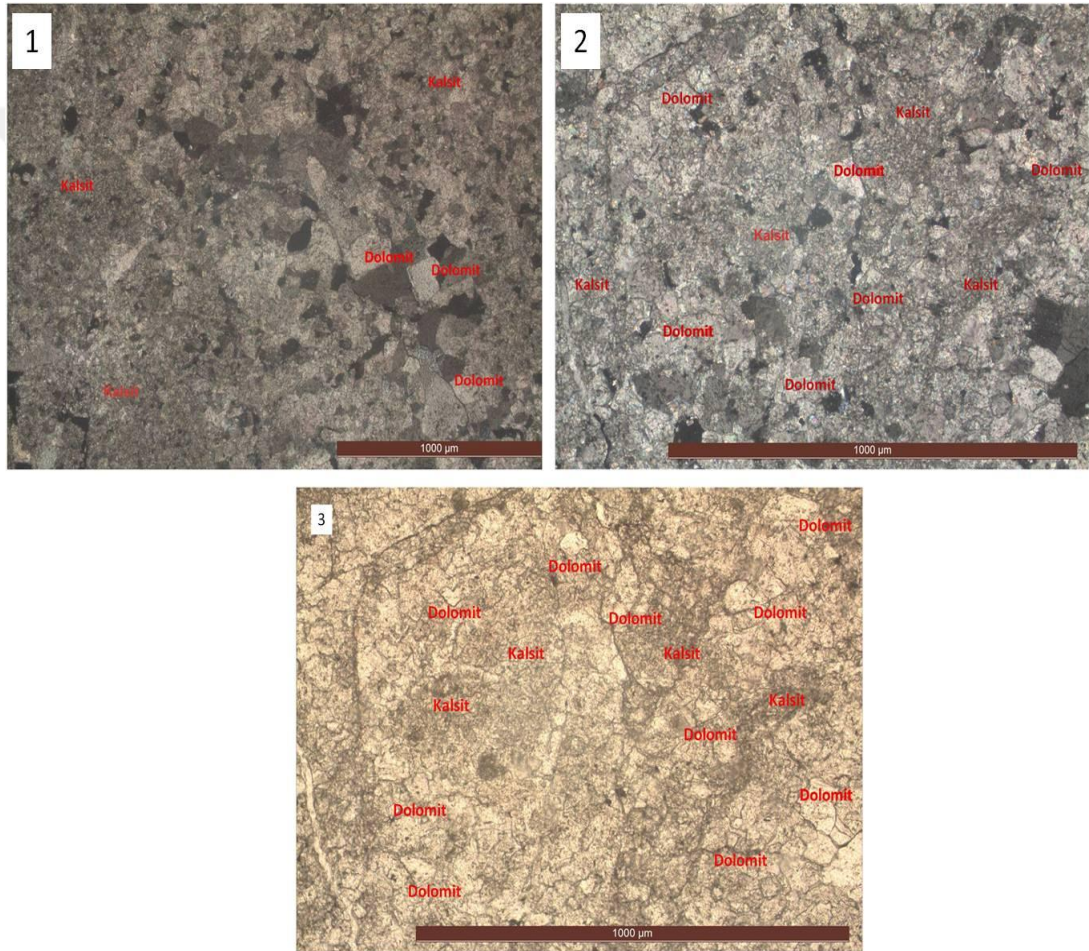


Şekil 4.41. Kocakurt Tepe dolomit ocağı (Büyükhacılar)

Gri, grimsi renkli, yer yer orta-kalın katmanlı, genellikle masif, erime boşluklu, bol kırık çatlaklı dolomitik kireçtaşlarıdır. Araziden alınan dolomit örneklerinin ince kesit ve kimyasal analizleri yapılmıştır.



Tez kapsamında agrega olarak kullanılan kayacın ince kesitleri incelendiğinde kayacın kalsit ve dolomit minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4.42). Mikrospartik dokuya sahip kayaç içerisinde kalsit mineralleri genellikle özşekilsiz nadiren de iri kalsit kristalleri yarı özşekillidir. Dolomit kristalleri ise yarı özşekilli veya özşekilsizdir. Bazılarında dilinimler gözlenmektedir. Ancak çoğunluğunda bu durum gözlenmez. Kayaçta çatlaklar gözlenmektedir. Çatlaklar bütünüyle ikincil kalsitlerle doldurulmuştur. Kalsit damarlarındaki ikincil kalsitler iri kristallidir.



Şekil 4.42. Dolomit agregalarından elde edilen ince görüntüleri

Bileşimi  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  olan ve bir çift karbon bileşiği olan dolomitin kalsitten ayrı özellikte bir mineral olduğu ilk defa Fransız Jeolog Dolomieu Sylvoine tarafından belirlenmiştir (1750-1801). Dolomit, kireçtaşlarında kalsiyum ile magnezyum iyonlarının yer değiştirmesi ile oluşur.

Bu yüzden bileşimi açısından kireçtaşları ile ilişkili olup yanarda ve düzeyde daima kireçtaşları ile geçişlidir. Bünyedeki kalsit ve dolomit oranlarına göre bazı araştırmacılar tarafından aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

- % 10 dan az kalsit, % 90 dan fazla dolomit: Dolomit
- % 50-10 kalsit, % 50-90 dolomit: Kalkerli dolomit
- % 90-50 kalsit, % 10-50 dolomit: Dolomitik kireçtaşı
- % 95-90 kalsit, % 5-10 dolomit: Mg'lu kireçtaşı
- % 95 den fazla kalsit, % 5 den az dolomit: Kireçtaşı

Ocaktan alınan 3 adet kayaç numunesi majör oksit analizleri ICP-MS ve ICP-ES yöntemleri ile ACME (Kanada) laboratuvarlarında yapılmıştır. MgO ve diğer majör oksit değerleri belirlenmiştir. Buna göre kayaca ait analiz sonuçları ve ortalama değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. MgO %19,33, CaO %33,73, Ateşte kayıp %46,2'dir. Kimyasal bileşimine bakıldığında kayaç dolomitik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 4.7. Kayaca ait kimyasal analiz (Majör oksit değerleri) değerleri

Kimyasal Bileşim (%)	DO1	DO2	DO3	Ortalama	Dolomitin Ortalama Kimyasal Bileşimi (Boggs, 1987)
SiO <sub>2</sub>	0,26	0,27	0,25	0.26	0,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,07	0,07	0.07	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0,20
MgO	19,35	19,33	19,33	19.33	20,48
CaO	33,72	33,75	33,73	33.73	30,97
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,02	0,02	0.02	-
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0.01	-
TiO <sub>2</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,05
MnO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	-
ATEŞTE KAYIP	46,2	46,2	46,2	46.2	47,51
TOPLAM	99,69	99,68	99,68	99.68	99,94

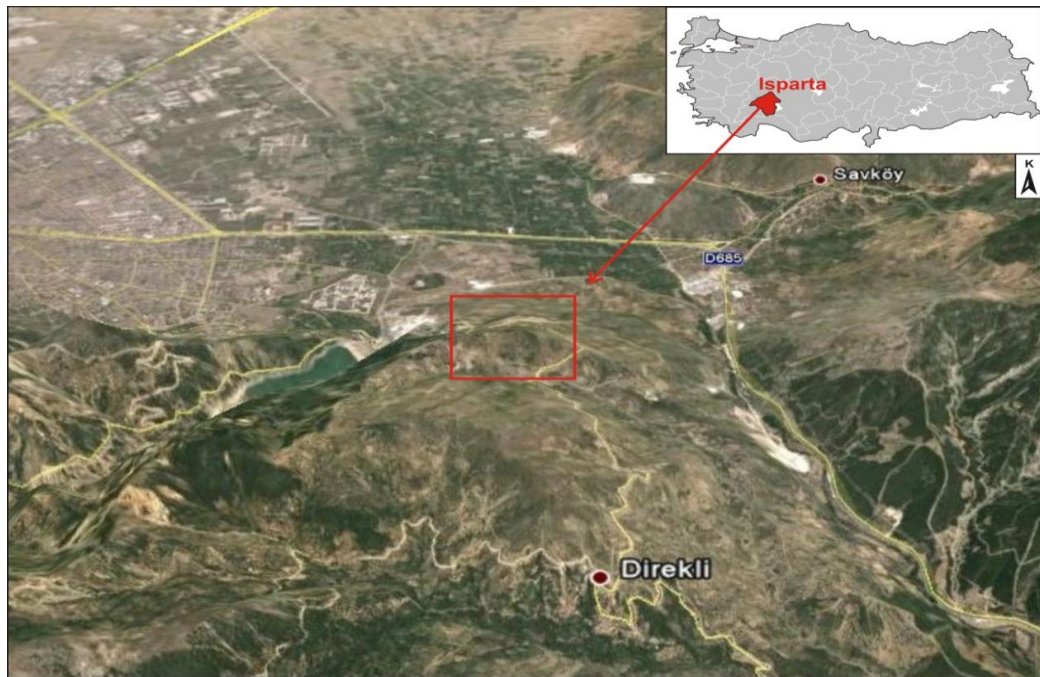
Agrega olarak değerlendirilen Kuyubaşı dolomitlerinin, fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.8'e göre kayacın gerçek özkütlesi 2,80 g/cm<sup>3</sup>, basınç dayanımı 139,73 MPa, eğilme dayanımı 14,84 MPa, don tesirlerine dayanıklılık %0,15, aşınmaya karşı direnç %7,19, parçalanmaya karşı direnç %13,35, incelik modülü % 2,92, kırma kum ince madde oranı % 5,12, yassılık indeksi % 4,75'dir.

Çizelge 4.8. Agregada olarak değerlendirilen Kuyubaşı dolomitlerinin, fiziko-mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Özellikler
Renk	Bej
Görünür yoğunluk	2709,23 kg/m <sup>3</sup>
Özkütle	2,80 g/cm <sup>3</sup>
Basınç dayanımı	139,73 MPa
Eğilme dayanımı	14,84 MPa
Don tesirlerine dayanıklılık	% 0,15
Aşınmaya karşı direnç	% 7,19
Parçalanmaya karşı direnç	% 13,35
Gevşek yığın yoğunluk	
Kırma kum	2,271 Mg/m <sup>3</sup>
İnce agregada	2,110 Mg/m <sup>3</sup>
İri agregada	1,954 Mg/m <sup>3</sup>
İncelik modülü	2,92
İnce madde oranı	
Kırma kum	% 5,12
İnce agregada	% 0,73
İri agregada	% 0,25
Yassılık indeksi	% 4,75

#### 4.3.7. Direkli Tefri-fonolit Ocağı ve çevresinin jeolojisi, mineralojik-petrografik özellikleri ve fiziko-mekanik özellikleri

Çalışma alanı Isparta'nın Direkli köyünün güneyinde bulunmaktadır (Şekil 4.43). Yaklaşık 25 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 4.43. Çalışma alanının yer bulduru haritası

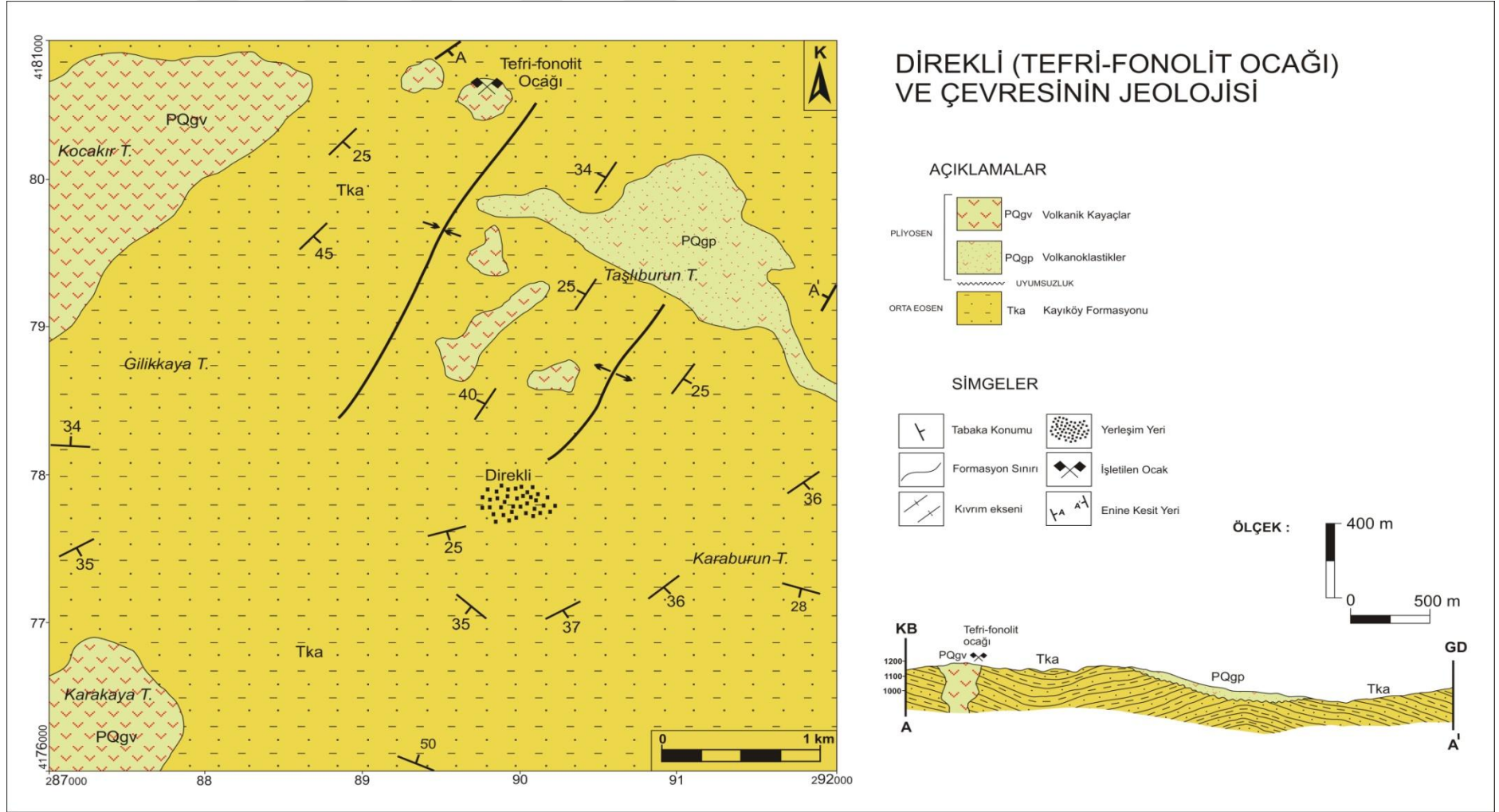
Çalışma alanında 3 farklı formasyon bulunmaktadır. Alttan üste doğru, Alt-Orta Lütésiyen yaşlı Kayıköy formasyonu (Tka), Pliyosen yaşlı Gölcük volkanoklastikleri (PQ<sub>gp</sub>) ve volkanik kayalar (PQ<sub>gv</sub>), Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) bulunmaktadır. Çalışma alanına ait stratigrafik kesit Şekil 4.44'de verilmiştir. Şekil 4.45'de Trakibazalt ocağı (Kayıköy) ve çevresi jeoloji haritası verilmiştir.

ÜST SİSTEM		SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK		KUVATERNER							Alüvyon
		TERSİYER	NEOJEN	PLİYÖSEN	Gölcük Volkanizması	PQ <sub>gp</sub> / PQ <sub>gv</sub>			UYUMSUZLUK PQ <sub>gv</sub> = Volkanik kayalar PQ <sub>gp</sub> = Volkanoklastikler UYUMSUZLUK
	PALEOJEN	EOSEN	ORTA	Lütésiyen	Kayıköy Formasyonu	Tka	> 1000		Filiş karakterinde kumtaşı, kiltası, silttaşı, konglomera aralanması. Kirlı sarı, kahve, boz renklı ince-orta tabakalı filişler.

ÖLÇEKSİZ

Şekil 4.44. Direkli tefri-fonolit ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit





Şekil 4.45. Direkli tefri-fonolit ocağı ve çevresinin jeolojik haritası (Şenel, 1997'den yararlanılarak)

#### 4.3.7.1. Kayıköy formasyonu (Tka)

Çalışma alanında geniş bir alanda yüzlek verir (Şekil 4.45). Filiş karekterindeki (Darı deresi güneyi) birimin litolojik özellikleri ayrıntılı olarak Bölüm 4.3.1.4'de anlatılmıştır (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Kayıköy formasyonundan (Tka) bir görünüm (Direkli güneyi)

#### 4.3.7.2. Gölcük volkanikleri (PQg)

Gölcük Formasyonunun isimlendirilmesi, ilk kez Isparta ilinin güneybatısındaki Gölcük (krater) Gölü'nden esinlenilerek Kazancı ve Karaman (1988) tarafından yapılmıştır. Formasyon, volkanik/yarıvolkanik ve piroklastik nitelikteki kayalardan oluşmaktadır.

Çalışma alanında farklı yerlerde yüzlek veren bu farklı kayaç türleri ve olası farklı yaşları nedeniyle stratigrafik olarak iki farklı üye halinde, Gölcük volkanik kayaları ve Gölcük piroklastikleri olarak ayırtlanmıştır (Kazancı ve Karaman (1988)).



#### 4.3.7.2.1. Gölcük volkanik kayaçları (PQgv)

Gölcük volkanik kayaçları, trakiandezit ve trakit bileşimli subvolkanik stoklar ve dayklar şeklindedir. Bu volkanik stoklar yer yer Gölcük volkanından türemiş piroklastikler tarafından üstlenir. Birimi oluşturan kayaçların porfirik yapı, akma dokulu ve traki-andezit bileşimli olduğu saptanmıştır (Karaman, 1990). Çalışma alanında Kocakır Tepe, Karakaya Tepe ve Direkli Köyü kuzeyinde yüzeylenmektedir (Şekil 4.45). Birim dayk şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Kayıköy formasyonunu (Tka) kesen Gölcük volkanitleri (dayklar) (PQgv) (Direkli Köyü kuzeyi)

Lefevre vd. (1983), Isparta güneyindeki bu andezitik-trakiandezitik volkanitlerin yaşını radyometrik verilere göre 4 milyon yıl olarak belirlemiştir.

#### 4.3.7.2.2. Gölcük piroklastikleri (PQgp)

Piroklastikler, Yalçınkaya (1989) tarafından Pürenova formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Çoğunlukla Gölcük kalderası ve çevresinde geniş yayılım gösteren piroklastikler büyük bölümü ile zayıf tutturulmuş tüf, tüfit ve pomza düzeylerinin ardalanmasından oluşur. Piroklastik istif içinde tüfler, ince ile orta

taneli ve yersel çapraz katmanlıdır. Farklı seviyelerde gözlenen pomza taneleri 1-10 cm arasında değişen büyüklükte olup çoğunlukla çok zayıf pekleşmiş, kötü boylanmalı ve köşeli olabilen taneli bir doku özelliği gösterir. Başlıca fonolit, trakiandezit ve siyenitten oluşan volkanoklastik kırıntılar ve volkan bombaları, pomza seviyesi içinde yaygın olarak gözlenir (Platevoite vd., 2008).

Tüfler, Direkli Köyü kuzeyindeki Taşlıburun tepe civarında bir eski vadi içerisinde gözlenmektedir (Şekil 4.45). Gözenekli, hafif gri, kirli beyaz renktedir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Güneyce formasyonunu uyumsuz olarak örten Gölcük volkanizmasına ait tüfler(PQgp) (Taşburun Tepe civarı)

#### 4.3.7.3. Alüvyon (Qal)

Kum, çakıl, kil ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan birimlerin tanelerini çoğunlukla Akdağ'da bulunan kireçtaşından taşınan köşeli kırıntılı malzemeden ve Karakaya'da bulunan yarı volkanitten taşınan kırıntılı malzemeden de oluşmuştur (Şekil 4.49).





Şekil 4.49. Darıderesinde bulunan taşınmış bloklar ve çakıllar

#### **4.3.7.4. Yapısal jeoloji**

Çalışma alanında Orta Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu üzerinde Gölcük Volkanizmasına ait piroklastik kayalar uyumsuz olarak gözlenir. Gölcük volkanizmasına ait volkanitler Kayıköy Formasyonu'nu keser. Kayıköy Formasyonu oldukça kıvrımlı yapılar gösterir. Direkli köyü kuzeyinde kıvrım eksenleri KD-GB yönlüdür.

#### **4.3.7.5. Direkli tefri-fonolit ocağı agregalarının mineralojik-jeokimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri**

Isparta yöresinin yapıtaşı ihtiyacını karşılayan ve dekoratif taş olarak da kullanılan kayaç Direkli köyünün kuzeybatısında yer alan ve dayklar şeklinde Güneyce formasyonunu kesen birim kabuk altı alkalin ilkel magmanın ürünü olan terfi-fonolittir (Şekil 4.50).



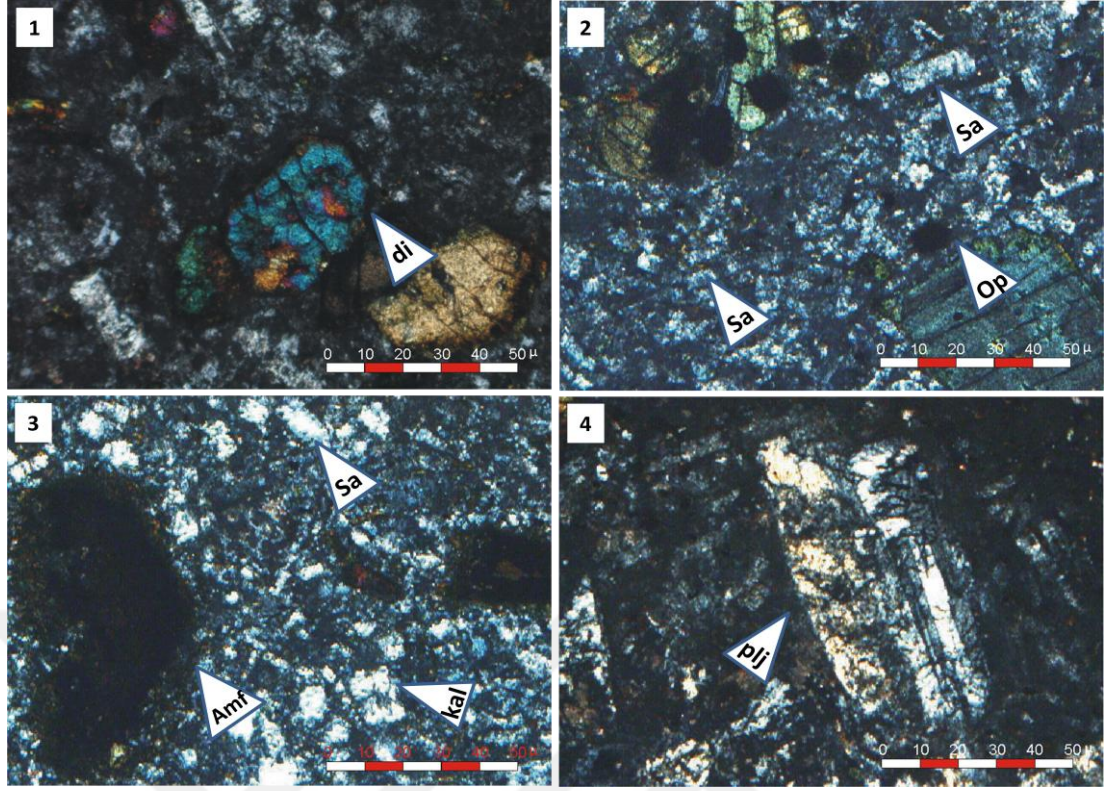
Şekil 4.50. Direkli Köyü tefri-fonolit ocağı

Bu bölgede tefri-fonolit bileşimli volkanitler 140.000 m<sup>2</sup>'lik bir yayılım alanında ortalama (işletilen ocaklarda) 60 m'lik görünür kalınlık göstermektedir. Ortalama 2,62 ton/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlığına sahip kayaçların bölgedeki görünür rezervi 6.800.000 ton civarındadır (Davraz vd, 2007).

Tez kapsamında agrega olarak değerlendirilen kayaç açık gri ve yeşilimsi gridir. Hızlı doğuma çatlakları içeren kayaç çoğunlukla masif olarak yüzeylenmiştir.

Porfirik özellik sunan kayacın ince kesit incelemelerinde hamurun uzun çubuksu feldispat mikrolitlerinden oluştuğu gözlenmektedir. Hamur içerisinde sanidin, plajioklas, klinopiroksen, amfibol, opak mineraller olmakla beraber altere olmuş iri feldispat kristalleri (kalsite dönüşmüş) ile klinopiroksenlerden amfibole ayrışmada gözlenir (Şekil 4.51).





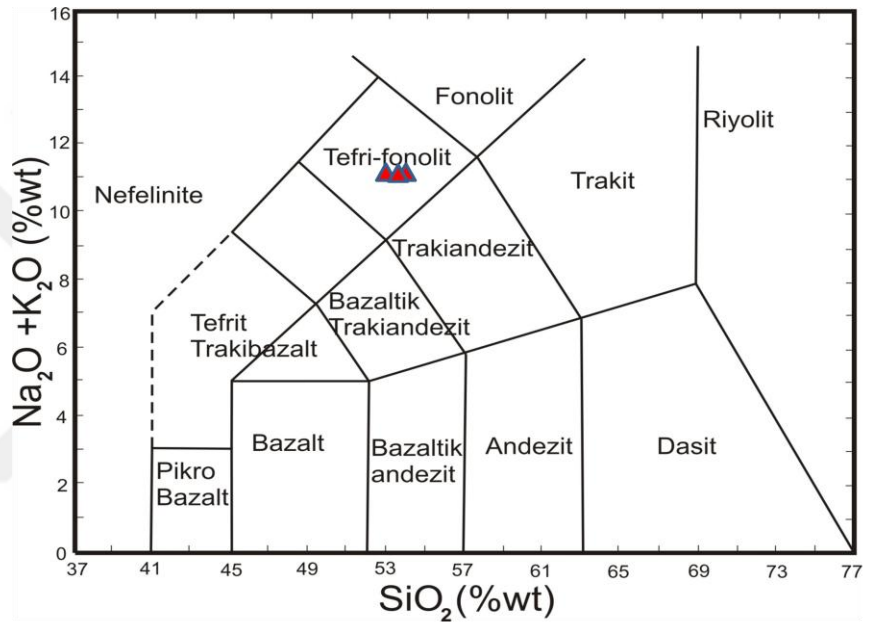
Şekil 4.51. Tefri-fonolit kayacı içerisinde bulunan minerallerin çift nikolde görünümü (di:diopsit (1), Sa:Sanidin mikrolitleri, Op:opak mineraller (2), Amf: opaklaşmış amfibol, kal: kalsite dönüşmüş feldispat mineralleri (3), plj:plajiolklas minerali (4))

Ocaktan alınan 3 adet kayaç numunesi majör oksit analizleri ICP-MS ve ICP-ES yöntemleri ile ACME (Kanada) laboratuvarlarında yapılmıştır. SiO<sub>2</sub> ve diğer majör oksit değerleri belirlenmiştir. Buna göre kayaca ait analiz sonuçları ve ortalama değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Buna göre SiO<sub>2</sub> %53,78, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %18,50, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %3,74, MgO %0,98, CaO %5,76, Na<sub>2</sub>O %4,96, K<sub>2</sub>O %6,11, TiO<sub>2</sub> %0,42, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %0,29, MnO %0,1, Ateşte kayıp %4,29'dir.

Çizelge 4.9. Tefri-Fonolit kayacının Majör oksit analiz değerleri

Majör Oksit	G1	G2	G3	Ortalama
SiO <sub>2</sub>	53,78	54,00	53,57	53,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,37	18,67	18,46	18,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,59	4,01	3,63	3,74
MgO	0,98	0,98	0,99	0,98
CaO	5,75	5,79	5,75	5,76
Na <sub>2</sub> O	4,95	4,97	4,96	4,96
K <sub>2</sub> O	6,10	6,11	6,12	6,11
TiO <sub>2</sub>	0,42	0,42	0,42	0,42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,27	0,30	0,29
MnO	0,10	0,10	0,10	0,1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ateşte Kayıp	4,30	4,28	4,30	4,29
Toplam	99,96	99,97	99,95	99,95

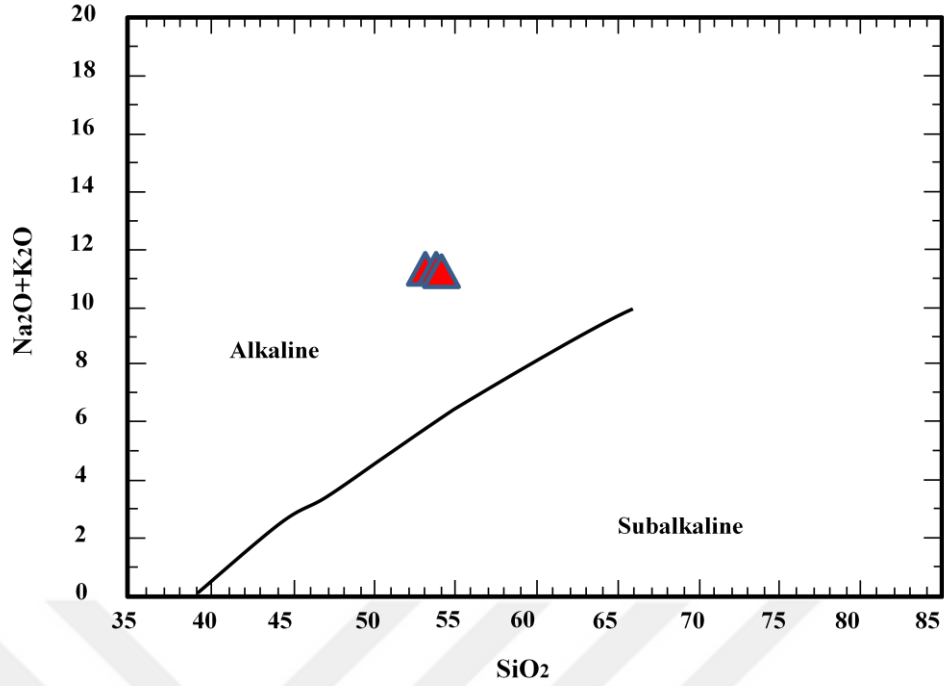
MİNPET programı kullanılarak majör oksit verileri değerlendirilmiştir. Petrografik incelemede terfi-fonolit olarak nitelendirilen kayacın bileşimi  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  miktarlarına göre mağmatik kayaç sınıflandırılmasında kabuk altı alkalin ilkel magmanın ürünleri olan Tefri-fonolit kayacı olarak belirlenmiştir. Kayaç örnekleri  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  adlandırma diyagramında (Le Bas ve Streckeisen, 1991) değerlendirildiğinde Gölcük volkanitlerinin kimyasal bileşimi bakımından da terfi-fonolit adlamasında yer aldıkları gözlenmektedir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52. Direkli köyü Gölcük volkaniti kayaç örneklerinin  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  adlandırma diyagramındaki konumları (Le Bas ve Streckeisen, 1991)

Direkli köyü Gölcük volkanitin niteliklerini belirlemek için alkali-silis diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) kullanıldığında gölcük volkanitlerinin Alkalin bileşimli oldukları saptanmıştır (Şekil 4.53)





▲ =Direkli köyü civarındaki Gölcük volkanitlerine ait kayacın  $Na_2O+K_2O-SiO_2$  değerleri

Şekil 4.53. Direkli köyü Gölcük volkaniti kayaç örneklerinin toplam alkali-silis diyagramındaki konumları (Irvine ve Baragar, 1971)

Agrega olarak değerlendirilen Gölcük volkanizmasının ürünü olan terfi-fonolit kayacının fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

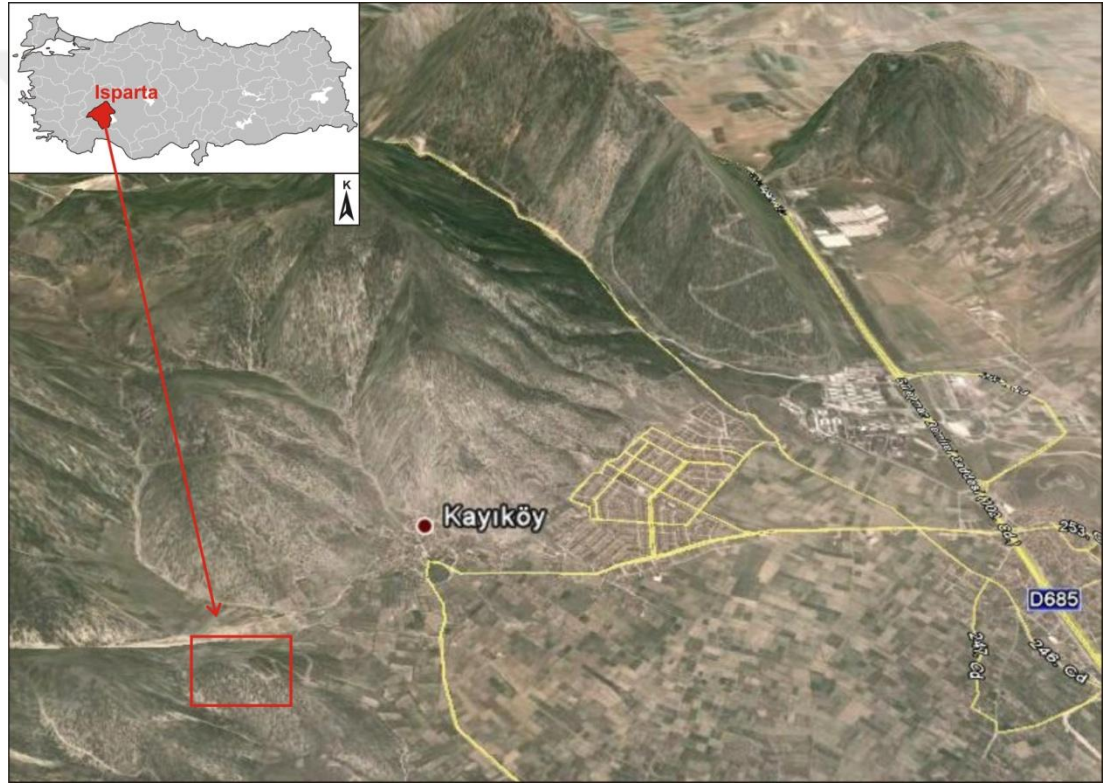
Çizelge 4.10. Tefri-fonolit kayacının fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Özellikler
Renk	Gri
Görünür yoğunluk	2338,51 kg/m <sup>3</sup>
Özkütle	2,62 g/cm <sup>3</sup>
Basınç dayanımı	40,83 MPa
Eğilme dayanımı	4,72 MPa
Don tesirlerine dayanıklılık	% 0,98
Aşınmaya karşı direnç	% 12,96
Parçalanmaya karşı direnç	% 26,54
Gevşek yığın yoğunluk	
Kırma kum	1,497 Mg/m <sup>3</sup>
İnce agrega	1,376 Mg/m <sup>3</sup>
İri agrega	1,102 Mg/m <sup>3</sup>
İncelik modülü	3,26
İnce madde oranı	
Kırma kum	% 9,14
İnce agrega	% 0,40
İri agrega	% 0,34
Yassılık indeksi	% 23,94
Alkali silika reaksiyonu Harç çubuklarının ortalama boy değişimleri (16. gün)	%0,016

Çizelge 4.10'a göre kayacın gerçek özkütlesi  $2,62 \text{ g/cm}^3$ , basınç dayanımı  $40,83 \text{ MPa}$ , eğilme dayanımı  $4,72 \text{ MPa}$ , don tesirlerine dayanıklılık %  $0,98$ , aşınmaya karşı direnç %  $12,96$ , parçalanmaya karşı direnç %  $26,54$ , incelik modülü % $3,26$ , kırma kum ince madde oranı % $9,14$ , yassılık indeksi % $23,94$ , alkali silika reaksiyonu % $0,016$ 'dır.

#### 4.3.8. Trakibazalt ocağı ve çevresi jeolojisi

Çalışma alanı Kayıköy (Isparta) ve civarındadır. (Şekil 4.54). Yaklaşık  $28 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı kapsamaktadır.

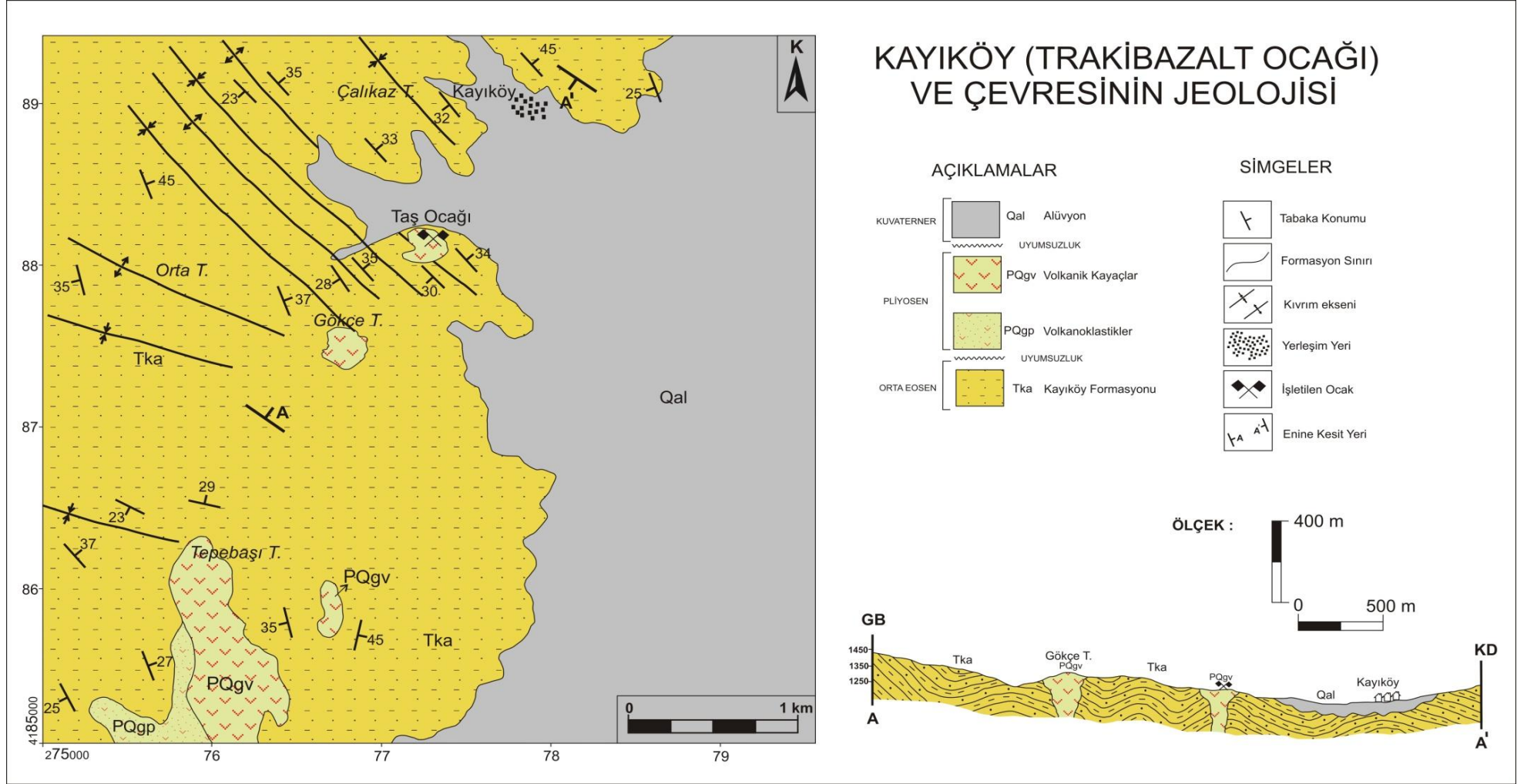


Şekil 4.54. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Çalışma alanında 3 farklı formasyon bulunmaktadır. Altan üste doğru, Alt-Orta Lütesiyen yaşlı Kayıköy formasyonu ( $Tka$ ), Pliyosen yaşlı Gölcük volkanoklastikleri ( $PQ_{gp}$ ) ve volkanik kayalar ( $PQ_{gv}$ ), Kuvaterner yaşlı alüvyon ( $Qal$ ) bulunmaktadır. Çalışma alanına ait stratigrafik kesit Şekil 4.55'de verilmiştir. Şekil 4.56'da Trakibazalt ocağı (Kayıköy) ve çevresi jeoloji haritası verilmiştir.

SENOZOYİK				ÜST SİSTEM
TERSİYER		KUVATERNER		SİSTEM
PALEOJEN	NEOJEN			SERİ
EOSEN	PLİYOSEN			KAT
ORTA				FORMASYON
Lütesiyen				SİMGE
Kayıköy Formasyonu	Gölcük Volkanizması			KALINLIK (m)
Tka	PQgp	PQgv	Qal	
> 1000				LİTOLOJİ
				AÇIKLAMALAR
				Alüvyon
				UYUMSUZLUK
				PQgv = Volkanik kayalar
				PQgp = Volkanoklastikler
				UYUMSUZLUK
				Filiş karakterinde kumtaşı, kilttaşı, silttaşı, konglomera ardalanması. Kirli sarı, kahve, boz renkli ince-orta tabakalı filişler.
				ÖLÇEKSİZ

Şekil 4.55. Kayıköy trakibazalt ocağı ve çevresinde bulunan formasyonlara ait sütun kesit

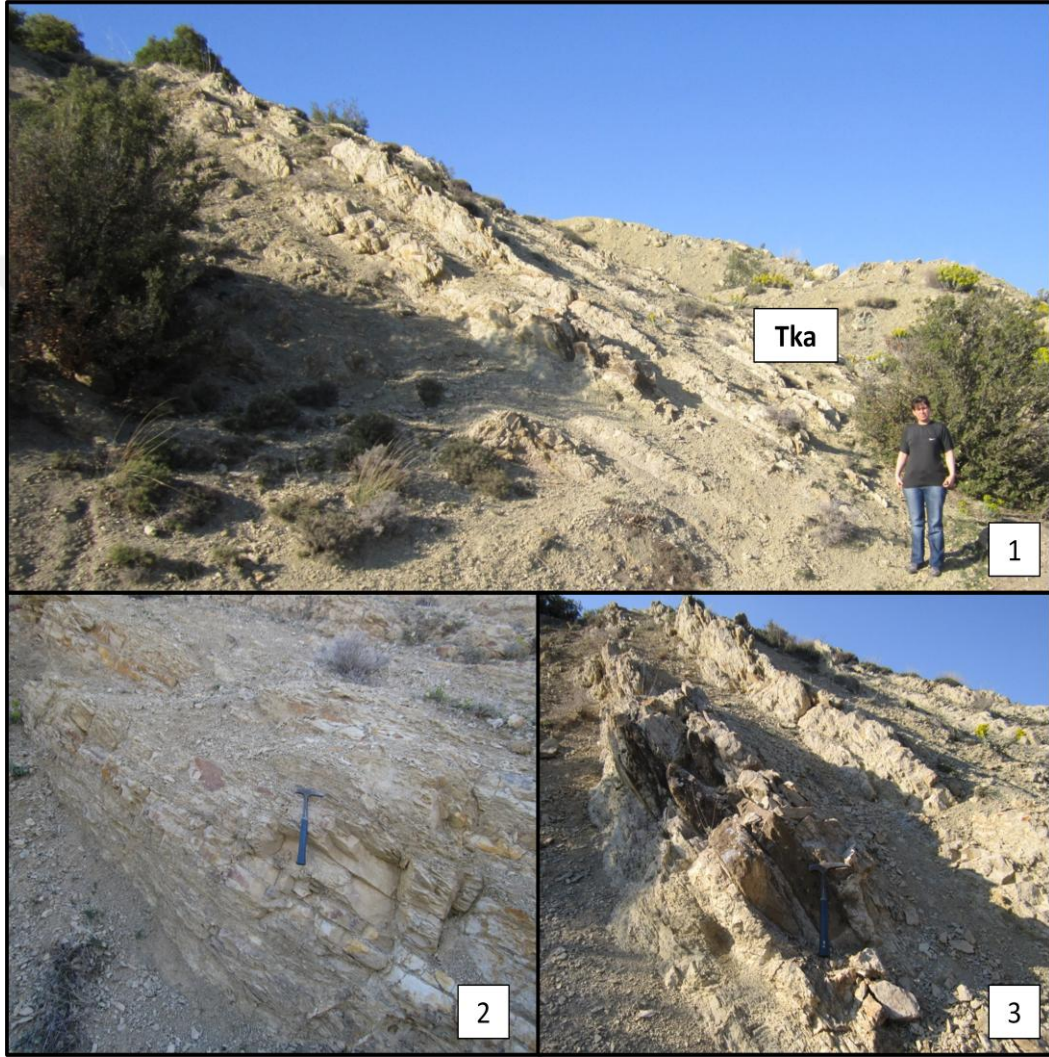


Şekil 4.56. Kayıköy trakibazalt ocağı ve çevresi jeoloji haritası (Şenel, 1997'den yararlanılarak)



#### 4.3.8.1. Kayıköy formasyonu (Tka)

Kayıköy formasyonu, çalışma alanının batısında Orta tepe, Çalıkaz Tepe çevresinde yayılım göstermektedir (Şekil 4.56). Kiltaşı, silttaşı, kumtaşı, konglomera ardalanmasından oluşan Kayıköy formasyonunun genel litolojik özellikleri Bölüm 4.3.1.4'de ayrıntılı olarak anlatılmıştır (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. Kayıköy formasyonu (Tka)'dan bir görünüm (1), Kayıköy formasyonundaki marn seviyeleri (2), kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması (3)

#### 4.3.8.2. Gölcük volkanikleri (PQg)

Çalışma alanında Gölcük volkanik kayaçları ve Gölcük piroklastikleri gözlenmektedir.



#### 4.3.8.2.1. Gölcük volkanik kayaçları (PQgv)

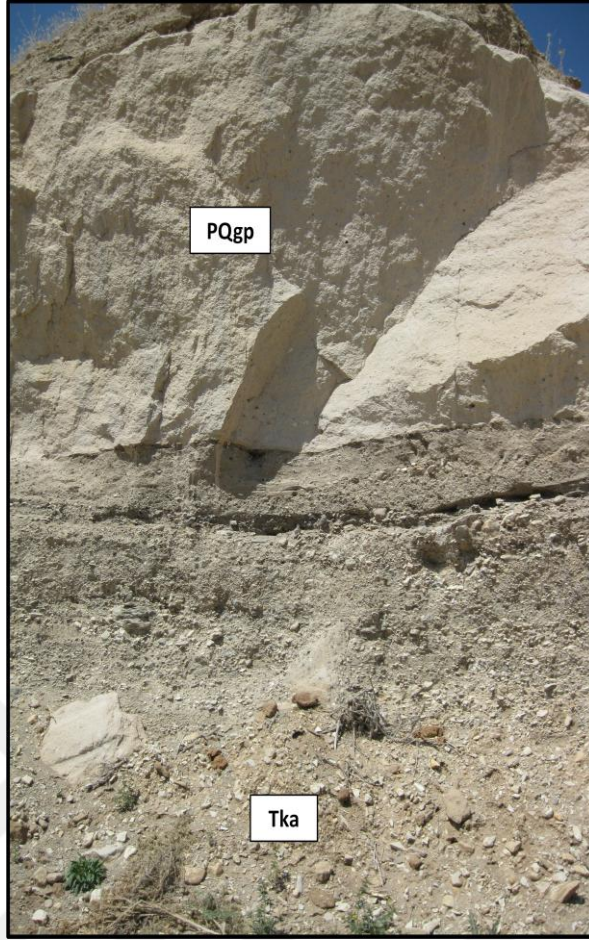
Gölcük volkanizmasına ait volkanik kayaçlar, çalışma alanında Tepebaşı Tepe, Gökçe Tepe, Çünür mah. civarında yayılım göstermektedir (Şekil 4.56, Şekil 4.58). Gölcük volkanik kayaçları, Bölüm 4.3.7.2.1’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.



Şekil 4.58. Kayıköy formasyonunu kesen Gölcük volkanitleri (dayklar) (PQgv)  
(Gökçe Tepe mevki)

#### 4.3.8.2.2. Gölcük piroklastikleri (TQgp)

Gölcük volkanizmasına ait volkanik piroklastikler, Tepebaşı Tepe civarında küçük bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 4.56). Gölcük piroklastikleri, Bölüm 4.3.7.2.2’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Gölcük piroklastikleri çalışma alanında Kayıköy formasyonu üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. Kayıköy formasyonu (Tka) üzerinde yeralan Gölcük piroklastikleri (TQgp) (Tepebaşı Tepe güneyi)

#### 4.3.8.3. Alüvyon (Qal)

Tutturulmamış kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemedir oluşur. Çalışma alanının doğusunda yayılım göstermektedir.

#### 4.3.8.4. Yapısal jeoloji

Çalışma alanında Kayıköy batı ve güneybatısında Orta Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu oldukça kıvrımlı yapılar gösterir. Kıvrım eksenleri KB-GD yönlüdür. Kayıköy formasyonu'nu Gölcük volkanizmasının piroklastik kayaları uyumsuz olarak örter. Gölcük volkanizmasının volkanik kayaları birimi keser. Alüvyon tüm birimleri uyumsuz olarak örter.

#### 4.3.8.5. Trakibazalt ocağı (Kayıköy) agregalarının mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri

Daha önceki yıllarda Isparta Belediyesi tarafından yapıtaşı olarak değerlendirilen, Kayıköy civarındaki Gölcük volkanitleri, Gökçe Tepe ve civarında daha çok dayklar şeklindedir (Şekil 4.60).



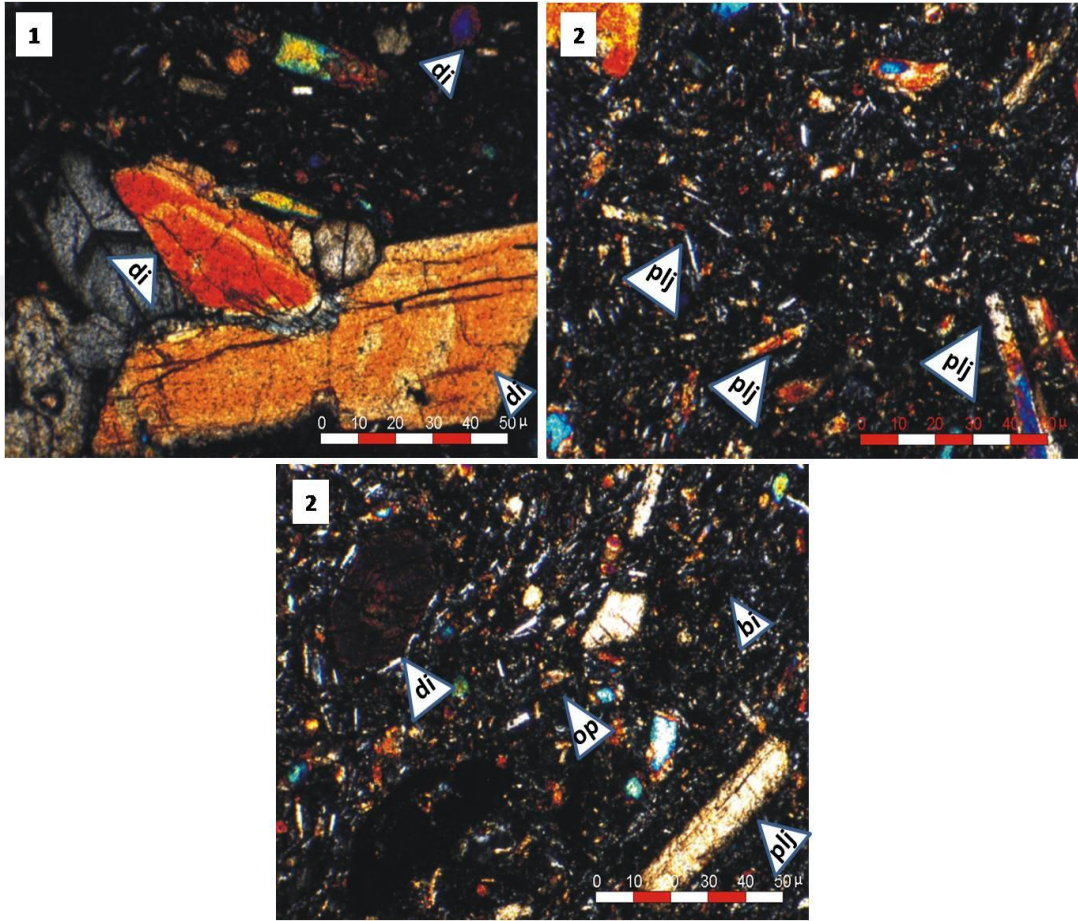
Şekil 4.60. Kayı köyü trakibazalt ocağı

Kayıköy formasyonunu kesen birimin ortalama yüksekliği 33 m. olan bir koni şeklinde 83.750 m<sup>2</sup>.lik bir alanda yayılım göstermektedir. Yöredeki trakibazaltik kayacın birim hacim ağırlığı 2,97 ton/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Bu veriler ışığında yöredeki trakibazalt görünür rezervi 2.150.000 ton'dur.

Kayıköy kuzeybatısında yer alan kayaç, ince kesit ve kimyasal analizlerinde trakibazalt olarak adlandırılmıştır. Akma dokulu, yer yer gaz boşlukları içeren, yüzeyinde ve yapısında alterasyon gözlenmeyen trakibazalt kayacı koyu gri, siyah renkli afanitik dokuludur.



Kayacın mineralojik yapısını, feldispat (plajioklas), klinoproksen, biyotit ve opak mineraller (zirkon ve apatit) oluşturur (Şekil 4.61). Mikrokrystalen hamur içerisinde, küçük kristaller şeklinde klinoproksenler ve plajioklaslar mikrolitleri bulunmaktadır. Klinoproksenler (Diopsit) eğik sönme gösterirler. Ayrıca, Biyotitler küçük idiomorf kristallidirlir



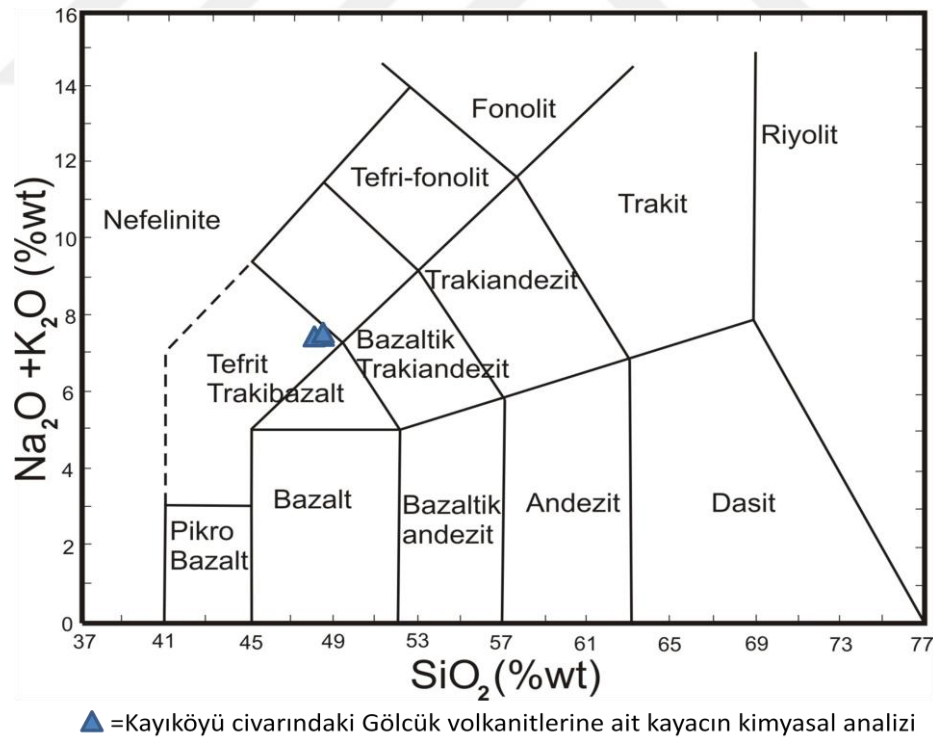
Şekil 4.61. Trakibazalt içerisinde bulunan minerallerin çift nikolde görünümü (di:diopsit (1), plj: plajioklas mikrolitleri (2), Op:opak mineral, bi: biyotit (3))

Ocaktan alınan 3 adet kayaç numunesi majör oksit analizleri ICP-MS ve ICP-ES yöntemleri ile ACME (Kanada) laboratuvarlarında yapılmıştır. SiO<sub>2</sub> ve diğer majör oksit değerleri belirlenmiştir. Buna göre kayaca ait analiz sonuçları ve ortalama değerleri Çizelge'de verilmiştir. Buna göre SiO<sub>2</sub> %48,51, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %16,85, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %7,57, MgO %5,38, CaO %10,33, Na<sub>2</sub>O %3,64, K<sub>2</sub>O %3,82, TiO<sub>2</sub> %1,04, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %0,80, MnO %0,14, Ateşte kayıp %1,23'dir.

Çizelge 4.11. Trakibazalt kayacının Majör oksit analiz değerleri

Majör oksit	K1	K2	K3	Ortalama
SiO <sub>2</sub>	48,44	48,60	48,50	48,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,85	16,90	16,8	16,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,51	7,60	7,60	7,57
MgO	5,38	5,40	5,35	5,38
CaO	10,33	10,40	10,25	10,33
Na <sub>2</sub> O	3,61	3,65	3,65	3,64
K <sub>2</sub> O	3,86	3,70	3,90	3,82
TiO <sub>2</sub>	1,03	1,04	1,05	1,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,78	0,80	0,82	0,80
MnO	0,13	0,13	0,15	0,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,010	0,010	0,010	0,01
Ateşte Kayıp	1,2	1,27	1,22	1,23
<b>Toplam</b>	<b>99,13</b>	<b>99,50</b>	<b>99,30</b>	<b>99,31</b>

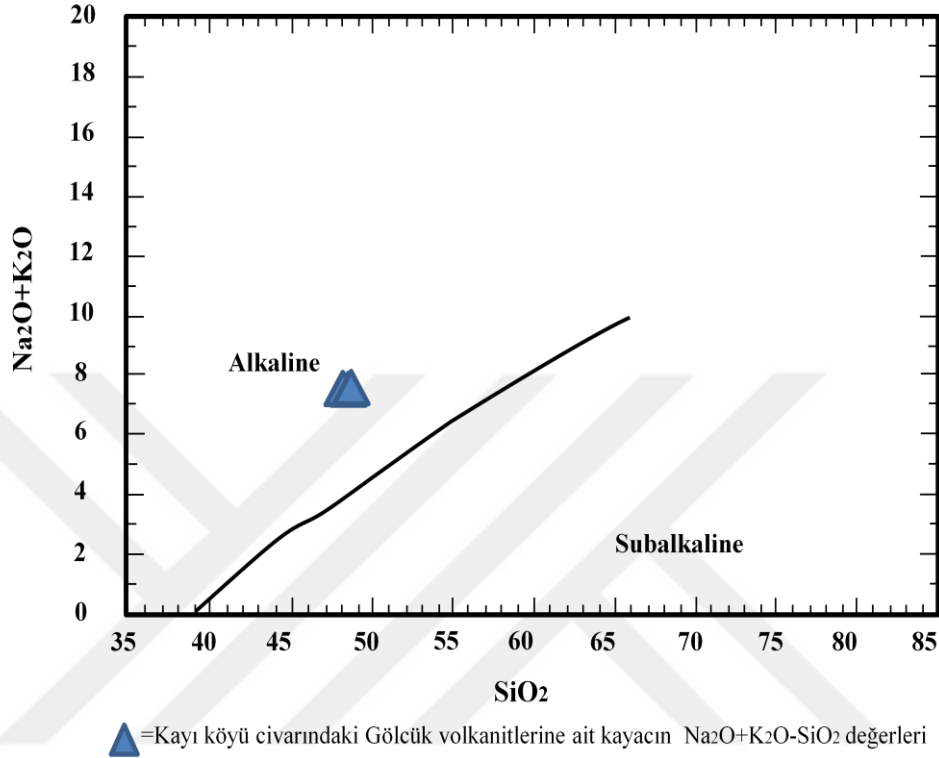
MİNPET programı kullanılarak majör oksit verileri değerlendirilmiştir. Kayaç örnekleri Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> adlandırma diyagramında (Le Bas ve Streckeisen, 1991) değerlendirildiğinde Kayıköy civarındaki Gölcük volkanitlerinin kimyasal bileşimi bakımından da kabuk altı alkalin ilkel magmanın ürünleri olan trakibazalt adlanmasında yer aldıkları gözlenmektedir (Şekil 4.62).



Şekil 4.62. Kayıköy civarındaki Gölcük volkanitlerine ait kayacın kimyasal analizi ve SiO<sub>2</sub>-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) (%)’de miktarlarına göre kayacın sınıflandırılması



Kayıköy civarındaki Gölcük volkanitinin niteliklerini belirlemek için alkalisilika diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) kullanıldığında Gölcük volkanitlerinin Alkalen bileşimli oldukları saptanmıştır (Şekil 4.63)



Şekil 4.63. Volkanitlerin niteliklerini belirlemek için alkali-silika diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971)

Agrega olarak değerlendirilen Gölcük volkanizmasının ürünü olan trakibazalt kayacının fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Kayacın gerçek özkütlesi  $2,97 \text{ g/cm}^3$ , basınç dayanımı  $150,20 \text{ MPa}$ , eğilme dayanımı  $16,20 \text{ MPa}$ , don tesirlerine dayanıklılık % 0,13, aşınmaya karşı direnç % 4,86 parçalanmaya karşı direnç %11,35, incelik modülü %3,68, kırma kum ince madde oranı % 4,80, yassılık indeksi %20,31, alkali silika reaksiyonu %0,058’dir.

Çizelge 4.12. Trakibazalt agregasına ait fiziko-mekanik özellikler

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Özellikler
Renk	Siyah-koyu gri
Görünür Yoğunluk	$2735,35 \text{ kg/m}^3$
Özkütle	$2,97 \text{ g/cm}^3$
Basınç Dayanımı	$150,20 \text{ MPa}$
Eğilme Dayanımı	$16,20 \text{ MPa}$
Don tesirlerine dayanıklılık	% 0,13

Çizelge 4.12'nin devamı	
Aşınmaya karşı direnç	% 4,86
Parçalanmaya karşı direnç	% 11,35
<b>Gevşek Yığın yoğunluk</b>	
Kırma Kum	2,302 Mg/m <sup>3</sup>
İnce agrega	2,189 Mg/m <sup>3</sup>
İri Agrega	1,967 Mg/m <sup>3</sup>
<b>İncelik Modülü</b>	3,68
<b>İnce Madde oranı</b>	
Kırma Kum	% 4,80
İnce agrega	% 0,11
İri Agrega	% 0,08
<b>Yassılık İndeksi</b>	% 20,31
<b>ASR</b>	
Harç çubuklarının Ortalama Boy Değişimleri (16. gün)	% 0,058

#### 4.4. Kayaçların Belirlenen Fiziksel ve Fiziko-Mekanik Özellikleri

##### 4.4.1. Özkütle ( $d_o$ )

Özkütle ( $d_o$ ), değişmez kütleyle kadar kurutulmuş kayacın, boşlukları hariç olmak üzere birim hacminin kütlesidir. Özkütle kayaçların türlerine göre değişiklik gösterir. Kayacın özkütlenin yüksek olması, kayacın mekanik ve kimyasal etkilere dayanımlılığı olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Çizelge 4.13'de agrega üretiminde kullanılan bazı kayaçların özkütlesi verilmiştir.

Çizelge 4.13. Bazı kayaçların özkütleri (Dunn, 1991 ve Marek, 1991)

Agrega	Özkütle (g/cm <sup>3</sup> )	Agrega	Özkütle (g/cm <sup>3</sup> )
Andezit	2,40-2,80	Kireçtaşı	1,9-2,80
Granit	2,60-2,8	Dolomit	2,7-2,8
Gabro	2,90-3,10	Kumtaşı	2,0-3,2
Diyabaz	2,80-3,1	Şeyl	1,6-3,0
Bazalt	2,70-3,2	Mermer	2,6-2,9

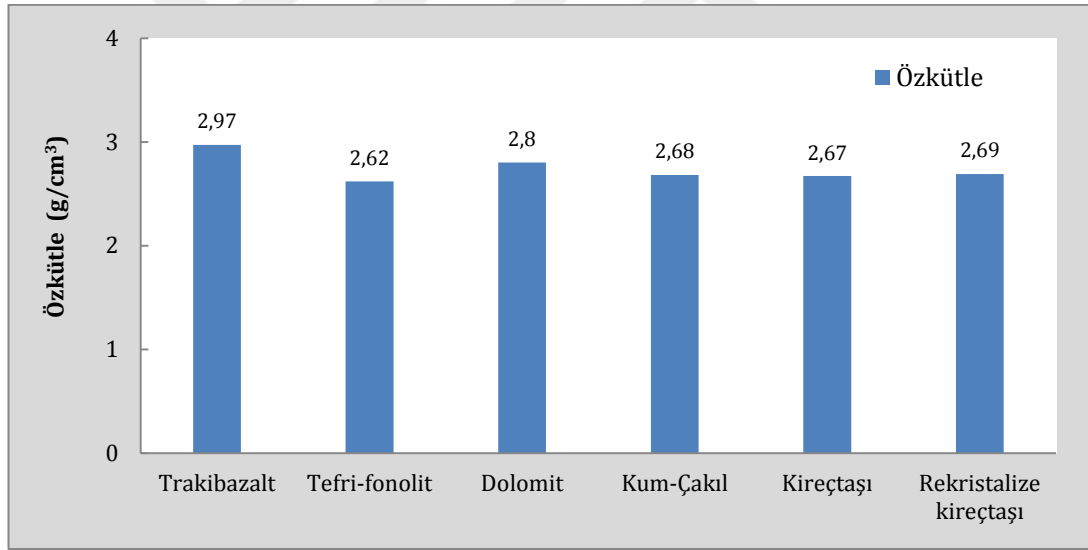
Tez konusunu oluşturan kayaçların özkütleri TS EN 1936 (2010)'a göre belirlenmiştir. Kayaçların ortalama özkütle değerleri Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Agregaların özkütle deney sonuçları

Agrega türü	G <sub>pn</sub> (g)	G <sub>p</sub> (g)	G <sub>pns</sub> (g)	G <sub>s</sub> (g)	d <sub>o</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Ortalama d <sub>o</sub>
Trakibazalt	67,00	47,10	161,20	148,00	2,97	2,97
	65,30	32,40	155,60	133,80	2,96	
	70,00	33,20	159,60	135,20	2,97	
Tefri-fonolit	100,70	47,10	181,05	148,00	2,61	2,62
	87,20	32,40	167,80	133,80	2,63	
	85,20	33,20	167,30	135,20	2,61	

Çizelge 4.14'ün devamı						
Dolomit	99,80	47,10	181,80	148,00	2,79	2,80
	86,90	32,40	168,80	133,80	2,79	
	86,40	33,20	169,50	135,20	2,81	
Kum-Çakıl	66,33	31,73	155,78	134,08	2,68	2,68
	63,97	32,48	153,41	133,73	2,67	
	70,00	33,20	157,00	134,00	2,68	
Kireçtaşı	48,90	203,5	439,10	293,50	2,67	2,67
	104,00	266,5	454,80	249,00	2,67	
	95,50	254,2	444,00	249,30	2,66	
Rekristalize kireçtaşı	97,90	47,10	180,00	148,00	2,70	2,69
	82,90	32,40	165,50	133,80	2,69	
	86,50	33,20	168,70	135,20	2,69	
<p><math>G_{pn}</math>: (piknometre + deney numunesi) kütlesi (g)  <math>G_p</math>: Piknometre kütlesi (g)  <math>G_{pns}</math>: (piknometre + deney numunesi + su) kütlesi  <math>G_{ps}</math>: Su ile dolu piknometre kütlesi (g) <math>d_o</math>: Kayacın özkütlesi (<math>g/cm^3</math>)</p>						

Agregaların özkütlelerinin karşılaştırması Şekil 4.64'de verilmiştir. Şekil 4.64'e göre trakibazalt agregasının özkütlesi ( $2,97 g/cm^3$ ) en yüksektir. Dolomitin özkütlesi  $2,80 g/cm^3$ 'dür. En düşük tefri-fonolit özkütlesidir ( $2,62 g/cm^3$ ).



Şekil 4.64. Kayaçların özkütlelerinin karşılaştırılması

#### 4.4.2. Doğal taşlar-basınç dayanımı tayini (R)

Kayaçların kırılmadan önce, üzerlerine uygulanan basınç yüklerine karşı dayanma yeteneği basınç dayanımı olarak tanımlanabilir (Şekil 4.65).



Şekil 4.65. Tefri-fonolit kayacının basınç dayanımı testi

Bir kayacın litoloji, süreksizlik, çimentolanma ve kristalleşme derecesi, homojenite, izotropluk, ayrışma derecesi, basınç dayanımına etki eden jeolojik özelliklerdir. Kayacın bu özelliklere bağlı olarak kayacın dayanımı ve dayanıklılığı değişiklik göstermektedir. Deere ve Miller (1966)'in birleştirilmiş mühendislik sınıflamasına göre kayaların basınç dayanımına göre sınıflandırılması Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kayaların basınç dayanımına göre sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966)

Tanım	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
<b>Çok fazla mukavemetli</b>	>196
<b>Çok mukavemetli</b>	196-98
<b>Orta Mukavemetli</b>	98-49
<b>Az mukavemetli</b>	49-25
<b>Çok az mukavemetli</b>	<25

Dere malzemesi olan kum-çakıl ocağına ait kayaların (Atabey konglomerası) dayanımını belirlemek amacıyla, formasyona köken oluşturan kayaların öncelikle oluşum ortamı belirlenmiştir. Genellikle sığ fasiyesde çökelmiş kayalardan oluştuğu için çoğunlukla Söbüdağ kireçtaşı ve İncesu formasyonundan türemiş olduğu gözlenmiştir. Buna göre agregaları oluşturan kayaların ortalama dayanımını belirlemek için formasyona malzeme oluşturan Söbüdağ kireçtaşı'nda yer alan kireçtaşlarının dayanımı belirlenmiştir.

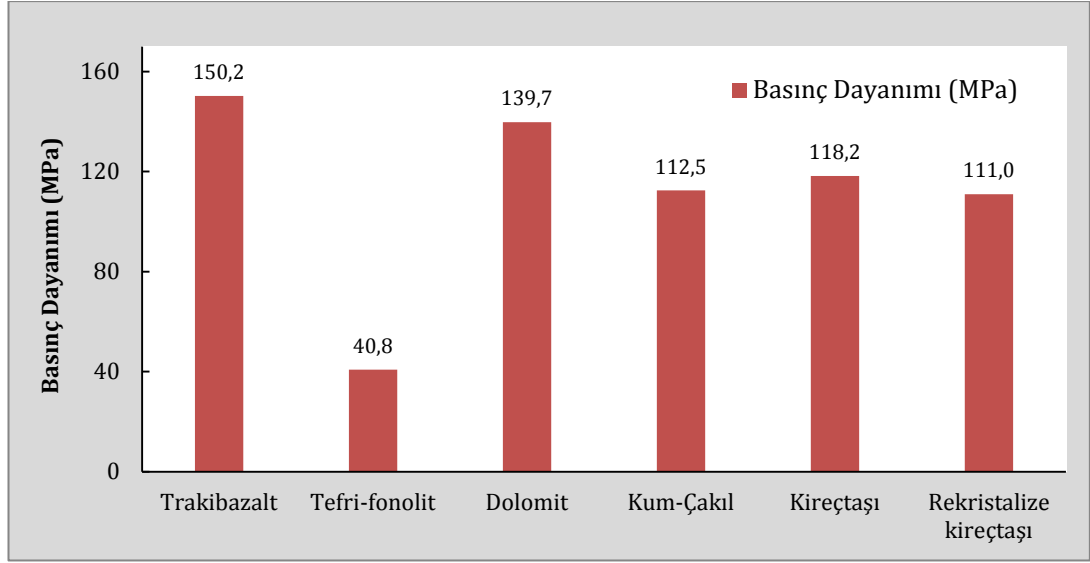
Atabey’de kireç elde etmek için Söbüdağ kireçtaşları üyesi içerisinde açılan kireçtaşı ocağından alınan kayaç örneklerinin basınç dayanım değerleri kum-çakıl agregaları için ortalama basınç dayanımı olarak kabul edilmiştir. Tez konusunu oluşturan kayaçların tek eksenli basınç dayanım değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı (R)

Kayaç	Kütle (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Alan (cm <sup>2</sup> )	Görünür Yoğunluk ( $\rho_n$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (kg/m <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü (kN)	R (MPa)	Ortalama R (MPa)
Tefri-Fonolit	2379,00	1019,12	101,10	2334,37	2338,51	410,20	40,57	40,83
Tefri-Fonolit	2353,00	1008,01	100,20	2334,30		412,70	41,19	
Tefri-Fonolit	2356,00	1003,89	101,40	2346,86		413,05	40,73	
Trakibazalt	921	312,12	49,14	2685,42	2735,35	742,75	151,16	150,20
Trakibazalt	932	306,69	49,63	2889,07		746,10	150,33	
Trakibazalt	935	318,92	49,69	2631,57		740,95	149,11	
Rekristalize Kireçtaşı	872	341,51	49,21	2553,33	2570,54	549,60	111,69	110,99
Rekristalize Kireçtaşı	874	339,57	48,93	2573,84		546,90	111,77	
Rekristalize Kireçtaşı	889	343,98	49,07	2584,46		537,30	109,50	
Dolomit	380	148,82	28,09	2553,42	2709,23	371,00	132,08	139,73
Dolomit	383	137,90	26,52	2777,37		374,85	141,35	
Dolomit	378	135,15	26,00	2796,89		379,00	145,77	
Kireçtaşı	340	127,50	25,50	2666,67	2590,16	316,71	124,20	118,20
Kireçtaşı	335	128,01	25,60	2616,98		291,35	113,80	
Kireçtaşı	326	131,09	25,70	2486,83		299,71	116,60	
Kum-Çakıl	347	134,65	25,84	2575,84	2576,48	291,13	112,65	112,47
Kum-Çakıl	358	137,92	26,68	2598,11		299,84	112,4	
Kum-Çakıl	338	132,34	26,52	2555,50		297,98	112,36	

Deere ve Miller (1966)’in tek eksenli basınç dayanım sınıflandırmasına göre karşılaştırıldığında (Şekil 4.66) trakibazalt, dolomit, rekristalize kireçtaşı, kireçtaşı kayaçlarının dayanımları 196-98 MPa arasında olduğu için çok mukavemetli kayaçlardır. Tefri fonolit kayacı ise dayanımı (40,83 MPa) ise 25-49 MPa arasında olduğu için az mukavemetli kayaç olarak tanımlanabilir.





Şekil 4.66. Kayaçların basınç dayanımlarının (R) karşılaştırılması

#### 4.4.3. Görünür Yoğunluk ( $\rho_b$ )

Çalışma alanında agrega olarak değerlendirilen kayaçların Şekil 4.67'deki 10x10x10cm küpler kullanılarak görünür yoğunlukları ( $\rho_b$ ) belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.67. Görünür yoğunluk ve basınç dayanımı tayini için kullanılan tefri-fonolit numunesi

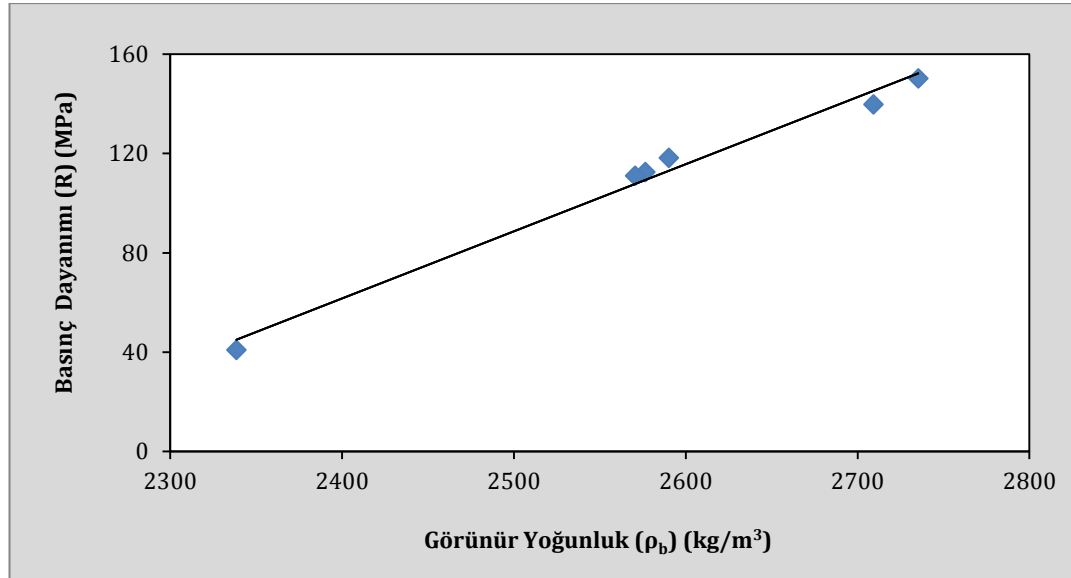
Çizelge 4.17. Kayaçların görünür yoğunlukları ( $\rho_b$ )

Kayaç	Kütle (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama $\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (KN/m <sup>3</sup> )
Tefri-Fonolit	2379,00	1019,12	2334,37	2338,51	22,93
Tefri-Fonolit	2353,00	1008,01	2334,30		
Tefri-Fonolit	2356,00	1003,89	2346,86		
Trakibazalt	921	312,12	2685,42	2735,35	26,83
Trakibazalt	932	306,69	2889,07		
Trakibazalt	935	318,92	2631,57		

Çizelge 4.17'nin devamı					
Rekristalize Kireçtaşı	872	341,51	2553,33	2570,54	25,21
Rekristalize Kireçtaşı	874	339,57	2573,84		
Rekristalize Kireçtaşı	889	343,98	2584,46		
Dolomit	380	148,82	2553,42	2709,23	26,57
Dolomit	383	137,90	2777,37		
Dolomit	378	135,15	2796,89		
Kireçtaşı	340	127,50	2666,67	2590,16	25,40
Kireçtaşı	335	128,01	2616,98		
Kireçtaşı	326	131,09	2486,83		
Kum-Çakıl	347	134,65	2575,84	2576,48	26,15
Kum-Çakıl	358	137,92	2598,11		
Kum-Çakıl	338	132,34	2555,50		

Kayaçların görünür yoğunlukları ( $\rho_b$ ) ile basınç dayanımları (R) arasındaki ilişkiyi irdelediğinde yüksek korelasyonlu bir ilişkinin var olduğu gözlenmektedir. 0,987 korelasyon katsayılı bir ilişkinin varlığından söz etmek mümkündür (Şekil 4.68). Şekil 4.68'deki R ve  $\rho_b$  arasındaki ilişkisine göre aşağıdaki eşitlik türetilmiştir.

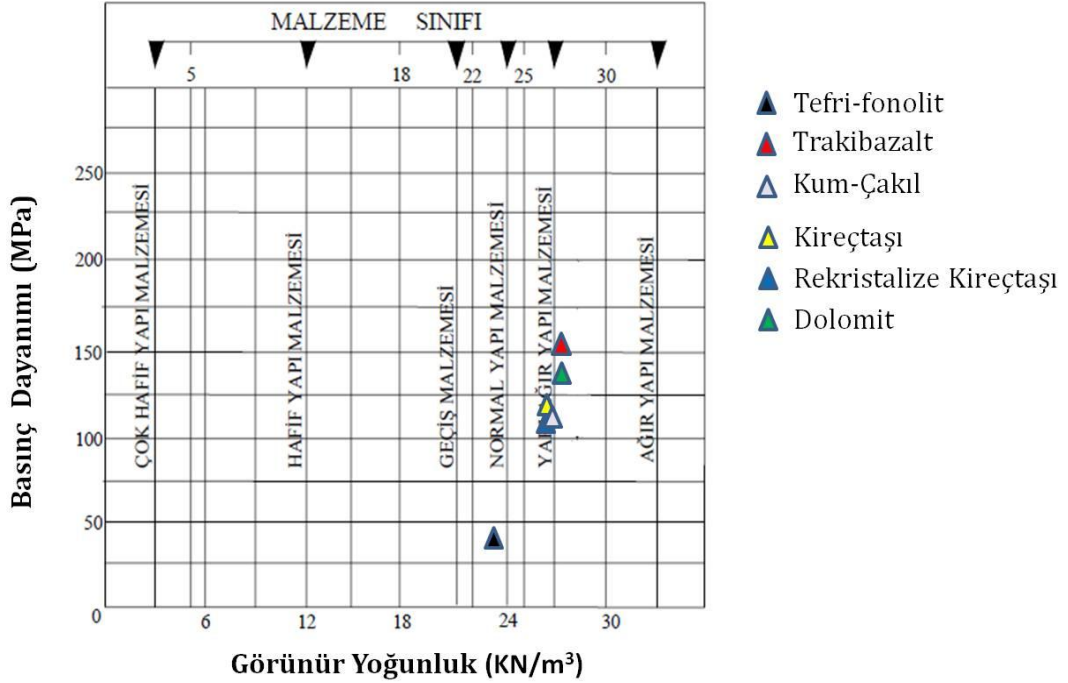
$$R = 0,2707 \rho_b - 586,85 \quad (r^2=0,987) \quad (4.1)$$



Şekil 4.68. Kayaçların R ve  $\rho_b$  arasındaki ilişki

İnceleme alanındaki kayaçların yapı malzemesi sınıflandırması açısından değerlendirildiğinde, Venuat (1983)'a göre, R ve  $\rho_b$  dikkate alınmıştır (Şekil 4.69).

Yapılan sınıflamaya göre trakibazalt, dolomit, kum-çakıl, rekristalize kireçtaşı ve kireçtaşı kayaları “Yarı ağır yapı malzemesi” sınıfında tefri fonolit kayacı ise “Normal yapı malzemesi” sınıfında yer almıştır.



Şekil 4.69. Yapı malzemesi sınıflandırması (Venuat (1983))

#### 4.4.4. Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı tayini ( $R_{tf}$ )

Eğilme dayanımı ( $R_{tf}$ ); standart boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Kayaçların eğilme dayanımları Şekil 4.70’deki gibi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir.

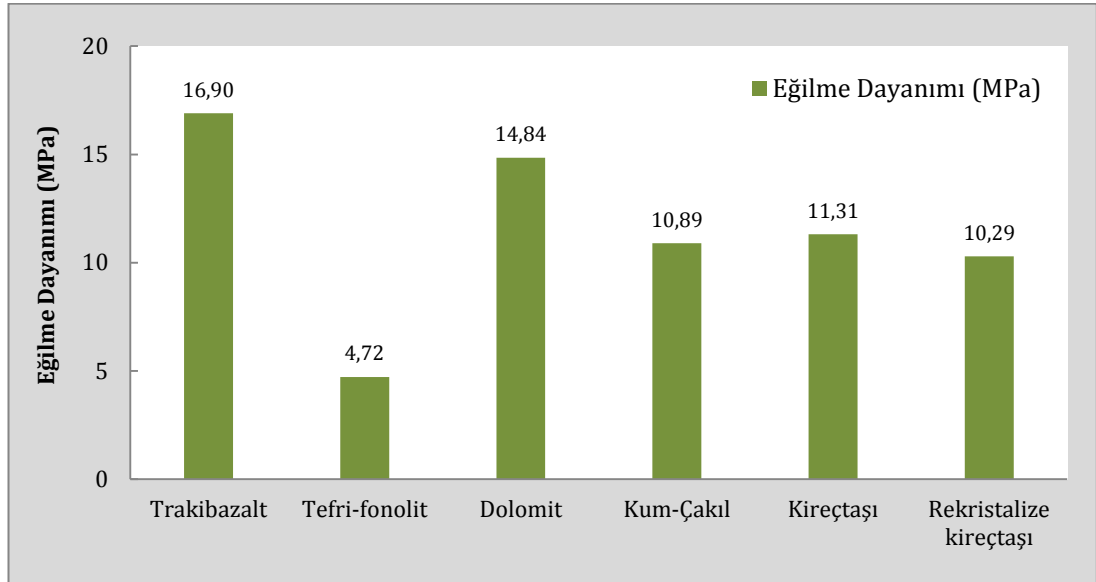


Şekil 4.70. Eğilme dayanımı için tefri-fonolit prizmatik örnekler ve eğilme dayanımı deneyi ve deney cihazı

Çizelge 4.18. Kayaçların eğilme dayanım ( $R_{tf}$ ) değerleri

Kayaç	Kütle (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama $\rho_b$ (kg/m <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü (Kgf)	$R_{tf}$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Ortalama $R_{tf}$ (MPa)
Tefri-Fonolit	5318,00	2379,46	2234,96	2287,99	424,22	46,80	4,72
Tefri-Fonolit	5607,00	2413,17	2323,50		438,12	47,75	
Tefri-Fonolit	5822,00	2525,26	2305,51		474,08	49,90	
Trakibazalt	2830,00	1042,96	2713,43	2698,279	1426,75	161,10	16,90
Trakibazalt	2872,00	1066,01	2694,17		1735,86	174,80	
Trakibazalt	2955,00	1099,65	2687,22		1808,62	181,10	
Rekristalize Kireçtaşı	1384,00	526,40	2629,16	2596,08	586,78	104,50	10,29
Rekristalize Kireçtaşı	1442,00	551,73	2613,60		632,04	105,00	
Rekristalize Kireçtaşı	1439,00	565,32	2545,47		665,17	105,40	
Dolomit	1419,88	526,81	2695,25	2693,96	812,71	148,10	14,84
Dolomit	1462,00	543,92	2687,89		895,66	155,40	
Dolomit	1426,93	528,74	2698,74		842,92	150,40	
Kireçtaşı	1353,84	523,26	2587,32	2587,24	633,48	115,50	11,31
Kireçtaşı	1355,60	523,56	2589,20		644,63	118,20	
Kireçtaşı	1338,52	517,76	2585,21		605,67	112,30	
Kum-Çakıl	1354	524,78	2580,13	2573	690,79	121,75	10,89
Kum-Çakıl	1373,04	533,37	2574,29		645,23	115,85	
Kum-Çakıl	1356,97	529,12	2564,58		532,47	95,54	

Kayaçlara ait eğilme dayanımı sonuçları Şekil 4.71’de karşılaştırılmıştır. Buna göre tezin konusunu oluşturan kayaçlar içerisinde eğilme dayanımı mağmatik kayaç en yüksek Trakibazalt kayacıdır (16,90 MPa). Sedimanter kayaçlar içinde ise dolomit kayacıdır (14,84 MPa).

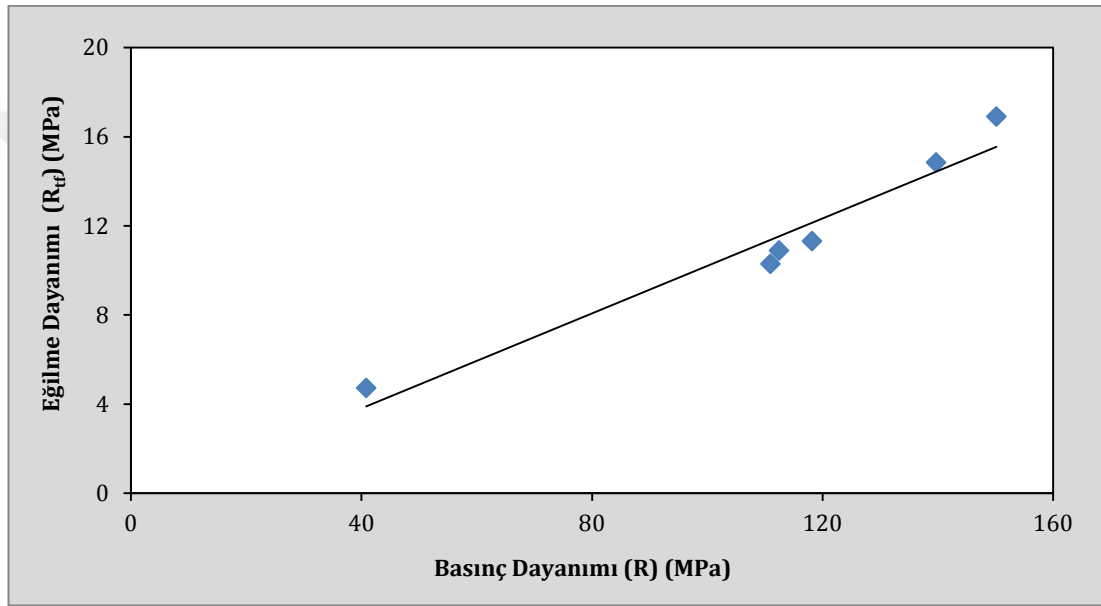


Şekil 4.71. Kayaçların eğilme dayanımlarının karşılaştırması

Genel olarak bakıldığında ve değerlendirildiğinde kayalara ait eğilme dayanım değerleri ( $R_{tf}$ ) ile basınç dayanım değerleri ( $R$ ) doğru orantılıdır. Dayanım değeri yüksek kayaların eğilme dayanımları da yüksektir.

Kayaçların  $R$  ve  $R_{tf}$  arasında  $r^2$  değeri 1 olan ilişkinin var olduğu yapılan deneyler sonucu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.72). Buna göre aşağıdaki eşitliğin kurulması mümkündür.

$$R_{tf}=0,1065R-0,4472 \quad (r^2=0,944) \quad (4.2)$$



Şekil 4.72. R-R<sub>tf</sub> arasındaki bağıntı

#### 4.4.5. Tane büyüklüğü dağılımı (Granülometri)

Betonun kompakt ve homojen bir yapıya sahip olması karışımda kullanılan agregaya granülometrisiyle yakından ilişkilidir. Betonda iri agregaların arasını kırma kum agregalarının doldurması betonda kullanılan çimento miktarını azalacaktır. Bununla birlikte betonda en büyük tane boyutu arttıkça karışım suyu ihtiyacı azalır. Böylelikle betonda daha az büzülme oluşur, betonun hacim sabitliği ve çimento ihtiyacı önemli ölçüde azalır. Bu durum hem ekonomiklik hemde teknolojik özellikler bakımından avantaj sağlar.



Agregaların granülometrileri TS 3530 EN 933-1 (1999)'e uygun olarak tayin edilmiştir (Şekil 4.73). Bu çalışma kapsamında farklı türdeki agregaların granülometri analizleri Çizelge 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.73. Elek analizi sonrası boyutlandırılmış agregalar

Çizelge 4.19. Kireçtaşı agregasının elek analizi sonuçları

<b>KİREÇTAŞI AGREGASI (Kırma Kum)</b>				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	19,3	19,3	1	99
2	789,4	808,7	37	63
1	657,2	1465,9	68	32
0,5	322,1	1788	82	18
0,25	165	1953	90	10
0,150	17	1970	91	9
0,063	63	2033	94	6
Elek altı	137	2170	100	0
<b>KİREÇTAŞI AGREGASI (İnce Agregası)</b>				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi q (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	1180	1180	47	53

Çizelge 4.19'un devamı				
4	1132	2312	93	7
2	133,7	2445,7	98	2
1	33	2478,7	99	1
0,5	0,2	2478,9	99	1
0,25	0,4	2479,3	99	1
0,150	0,5	2479,8	99	1
0,063	3,2	2483	99	1
Elek altı	14,8	2497,8	100	0
KİREÇTAŞI AGREGASI (İri Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Yığışımli Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	604	604	48	52
8	645	1249	100	0
4	0	1249	100	0
2	0	1249	100	0
1	0	1249	100	0
0,5	0	1249	100	0
0,25	0	1249	100	0
0,150	0	1249	100	0
0,063	0	1249	100	0
Elek altı	0	1249	100	0

Çizelge 4.20. Rekrystalize kireçtaşı agregasının elek analizi sonuçları

REKRİSTALİZE KİREÇTAŞI AGREGASI (Kırma Kum)				
Elek No (mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Yığışımli Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	1,7	1,7	0	100
2	262	263,7	17	83
1	430	693,7	45	55
0,5	298	991,7	64	36
0,25	173	1164,7	75	25
0,150	136	1300,7	84	16
0,063	73	1373,7	89	11
Elek altı	176	1549,7	100	0
REKRİSTALİZE KİREÇTAŞI AGREGASI (İnce Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Yığışımli Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100

Çizelge 4.20'nin devamı				
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	886	886	44	56
2	934	1820	91	9
1	96	1916	96	4
0,5	12	1928	97	3
0,25	4	1932	97	3
0,150	9	1941	97	3
0,063	16	1957	98	2
Elek altı	38	1995	100	0
REKRİSTALİZE KİREÇTAŞI AGREGASI (İri Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	419	419	26	74
8	1168	1587	100	0
4	0	1587	100	0
2	0	1587	100	0
1	0	1587	100	0
0,5	0	1587	100	0
0,25	0	1587	100	0
0,150	0	1587	100	0
0,063	0	1587	100	0
Elek altı	0	1587	100	0

Çizelge 4.21. Kum-çakıl agregasının elek analizi sonuçları

KUM-ÇAKIL AGREGASI (Kırma KumAgregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	215	215	10	90
2	663	878	40	60
1	452	1330	61	39
0,5	237	1567	73	28
0,25	143	1710	79	21
0,150	134	1844	86	14
0,063	109	1953	91	9
Elek altı	197	2150	100	0

Çizelge 4.21'nin devamı				
KUM-ÇAKIL AGREGASI (İnce Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Yığışımli Kütlesi (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
Çizelge 4.21'nin devamı				
16	20,6	20,6	1	99
8	835,5	856,1	28	72
4	950,5	1806,6	60	40
2	534,5	2341,1	78	22
1	277	2618,1	87	13
0,5	150	2768,1	92	8
0,25	109	2877,1	95	5
0,150	61,5	2938,6	98	2
0,063	59	2997,6	99	1
Elek altı	15,9	3013,5	100	0
KUM-ÇAKIL AGREGASI (İri Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Yığışımli Kütlesi (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	91,7	91,7	12	88
8	606	697,7	94	6
4	36	733,7	99	1
2	10	743,7	100	0
1	0	743,7	100	0
0,5	0	743,7	100	0
0,25	0	743,7	100	0
0,150	0	743,7	100	0
0,063	0	743,7	100	0
Elek altı	0	743,7	100	0

Çizelge 4.22. Dolomit agregasının elek analizi sonuçları

DOLOMIT AGREGASI (Kırma Kum)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Yığışımli Kütlesi (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	8,15	8,15	1	99
2	221	229,15	17	83
1	354	583,15	44	56
0,5	275	858,15	65	35
0,25	159	1017,15	78	22

Çizelge 4.22'nin devamı				
0,150	118	1135,15	87	13
0,063	56	1191,15	91	9
Elek altı	121	1312,15	100	0
DOLOMİT AGREGASI (İnce Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	1251,3	1251,3	71	29
4	441,9	1693,2	96	4
2	46,3	1739,5	99	1
1	3,6	1743,1	99	1
0,5	1,7	1744,8	99	1
0,25	1,1	1745,9	99	1
0,150	0,9	1746,8	99	1
0,063	1,8	1748,6	99	1
Elek altı	12,0	1760,6	100	0
DOLOMİT AGREGASI (İri Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	1472	1472	71	29
8	602	2074	100	0
4	0	2074	100	0
2	0	2074	100	0
1	0	2074	100	0
0,5	0	2074	100	0
0,25	0	2074	100	0
0,150	0	2074	100	0
0,063	0	2074	100	0
Elek altı	0	2074	100	0

Çizelge 4.23. Tefri-fonolit agregasının elek analizi sonuçları

TEFRİ-FONOLİT AGREGASI (Kırma Kum)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	13,6	13,6	1	99
2	427,8	441,4	30	70
1	405	846,4	57	43



Çizelge 4.23'ün devamı				
0,5	224,7	1071,1	72	28
0,25	118,5	1189,6	80	20
0,125	96,1	1285,7	86	14
0,063	55,7	1341,4	90	10
Elek altı	148,5	1489,9	100	0
TEFRİ-FONOLİT AGREGASI (İnce Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	994,3	994,3	61	39
4	547,7	1542	94	6
2	73,3	1615,3	99	1
1	1,5	1616,8	99	1
0,5	0,7	1617,5	99	1
0,25	0,4	1617,9	99	1
0,150	0,8	1618,7	99	1
0,063	1,6	1620,3	99	1
Elek altı	16	1636,3	100	0
TEFRİ-FONOLİT AGREGASI (İri Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	1223	1223	74	26
8	426,45	1649,45	100	0
4	0	1649,45	100	0
2	0	1649,45	100	0
1	0	1649,45	100	0
0,5	0	1649,45	100	0
0,25	0	1649,45	100	0
0,150	0	1649,45	100	0
0,063	0	1649,45	100	0
Elek altı	0	1649,45	100	0

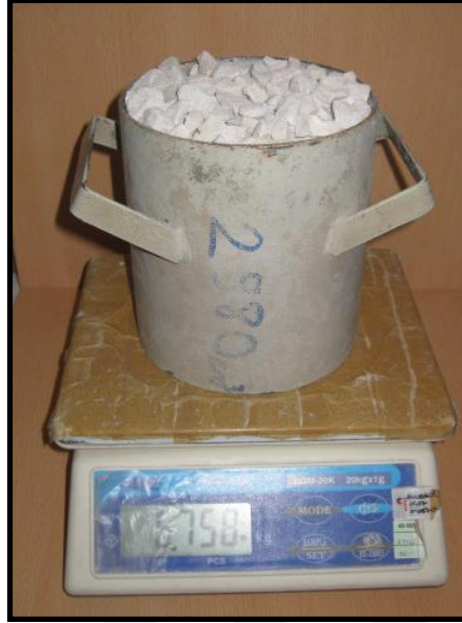
Çizelge 4.24. Trakibazalt agregasının elek analizi sonuçları

TRAKİBAZALT AGREGASI (Kırma Kum)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	0	0	0	100
4	36,17	36,17	2	98
2	612,13	648,30	41	59

Çizelge 4.24'ün devamı				
1	393,80	1042,10	66	34
0,5	203,70	1245,80	79	21
0,25	123,00	1368,80	87	13
0,150	93,73	1462,53	93	7
0,063	38,37	1500,90	95	5
Elek altı	72,07	1572,97	100	0
TRAKİBAZALT AGREGASI (İnce Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	0	0	0	100
8	1199	1199	60	40
4	701	1900	94	6
2	106	2006	100	0
1	1,2	2007,2	100	0
0,5	0,4	2007,6	100	0
0,25	0,8	2008,4	100	0
0,150	0,7	2009,1	100	0
0,063	3,2	2012,3	100	0
Elek altı		2012,3	100	0
TRAKİBAZALT AGREGASI (İri Agregası)				
Elek No(mm)	Elek Üstü Fraksiyon Kütle (g)	Elek Üstünde Kalan Yığılımlı Kütle (g)	Elek Üstünde Fraksiyon yüzdesi (%)	Elek Altı Kümülatif Yüzdesi (%)
22,4	0	0	0	100
16	1731,3	1731,3	83	17
8	344	2075,3	100	0
4	0	2075,3	100	0
2	0	2075,3	100	0
1	0	2075,3	100	0
0,5	0	2075,3	100	0
0,25	0	2075,3	100	0
0,150	0	2075,3	100	0
0,063	0	2075,3	100	0
Elek altı	0	2075,3	100	0

#### 4.4.6. Gevşek yığın yoğunluğu ( $\rho_b$ ) ve boşluk hacminin tayini (v)

Gevşek yığın yoğunluğu ( $\rho_b$ ) ve boşluk hacminin (v) tayini TS EN 1097-3 (1999)'a göre tayin edilmiştir (Şekil 4.74). Çizelge 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29 ve 4.30'da agregaların gevşek yoğunlukları ve boşluk hacimleri verilmiştir.



Şekil 4.74. Agregaların boyutlarına göre yığın yoğunluğunun tayini

Çizelge 4.25. Kireçtaşı agregasının  $\rho_b$  ve  $v$

Agrega Türü	Agrega Gevşek Kütlesi (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	$v$ (%)
Kırma kum	4809	2980	1,614	2,648	39,06
Kırma kum	4882	2980	1,638	2,648	38,13
Kırma kum	4870	2980	1,634	2,648	38,28
Kırma kum	4810	2980	1,614	2,648	39,04
Kırma kum	4837	2980	1,623	2,648	38,70
Kırma kum	4813	2980	1,615	2,648	39,01
<b>Ortalama</b>			1,623	2,648	38,70
İnce	4276	2980	1,435	2,631	45,46
İnce	4267	2980	1,432	2,631	45,58
İnce	4255	2980	1,428	2,631	45,73
İnce	4256	2980	1,428	2,631	45,72
İnce	4289	2980	1,439	2,631	45,30
İnce	4258	2980	1,429	2,631	45,69
<b>Ortalama</b>			1,432	2,631	45,58
İri	9318	7100	1,312	2,608	49,68
İri	9272	7100	1,306	2,608	49,93
İri	9274	7100	1,306	2,608	49,92
İri	9270	7100	1,306	2,608	49,94
İri	9244	7100	1,302	2,608	50,08
İri	9234	7100	1,301	2,608	50,13
<b>Ortalama</b>			1,305	2,608	49,94

Çizelge 4.26. Rekristalize kireçtaşı agregasının  $\rho_b$  ve  $v$

Agrega Türü	Agrega Gevşek Kütlesi (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	$v$ (%)
Kırma Kum	4970	2980	1,668	2,669	37,51
Kırma Kum	4969	2980	1,667	2,669	37,53
Kırma Kum	4967	2980	1,667	2,669	37,55
Kırma Kum	4971	2980	1,668	2,669	37,50
Kırma Kum	4965	2980	1,666	2,669	37,58
Kırma Kum	4962	2980	1,665	2,669	37,61
<b>Ortalama</b>			<b>1,667</b>	2,699	<b>37,55</b>
İnce	4401	2980	1,477	2,657	44,42
İnce	4454	2980	1,495	2,657	43,75
İnce	4420	2980	1,483	2,657	44,18
İnce	4386	2980	1,472	2,657	44,61
İnce	4385	2980	1,471	2,657	44,62
İnce	4390	2980	1,473	2,657	44,56
<b>Ortalama</b>			<b>1,479</b>		<b>44,35</b>
İri	9438	7100	1,329	2,612	49,11
İri	9502	7100	1,338	2,612	48,76
İri	9414	7100	1,326	2,612	49,24
İri	9505	7100	1,339	2,612	48,75
İri	9506	7100	1,339	2,612	48,74
İri	9501	7100	1,338	2,612	48,77
<b>Ortalama</b>			<b>1,335</b>		<b>48,89</b>

Çizelge 4.27. Kum-çakıl agregasının  $\rho_b$  ve  $v$

Agrega Türü	Agrega Gevşek Kütlesi (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	$v$ (%)
Kırma kum	5054	2980	1,696	2,699	37,16
Kırma kum	5056	2980	1,697	2,699	37,14
Kırma kum	5057	2980	1,697	2,699	37,13
Kırma kum	5059	2980	1,698	2,699	37,10
Kırma kum	5061	2980	1,698	2,699	37,08
Kırma kum	5052	2980	1,695	2,699	37,19
<b>Ortalama</b>			<b>1,697</b>	2,699	<b>37,13</b>
İnce	10595	7100	1,492	2,647	43,62
İnce	10539	7100	1,484	2,647	43,92
İnce	10511	7100	1,480	2,647	44,07
İnce	10565	7100	1,488	2,647	43,78
İnce	10521	7100	1,482	2,647	44,02
İnce	10625	7100	1,496	2,647	43,47
<b>Ortalama</b>			<b>1,487</b>	2,647	<b>43,81</b>
İri	9874	7100	1,391	2,609	46,70
İri	9877	7100	1,391	2,609	46,68
İri	9823	7100	1,384	2,609	46,97
İri	9941	7100	1,400	2,609	46,33

Çizelge 4.27'nin devamı					
İri	9854	7100	<b>1,388</b>	2,609	<b>46,80</b>
İri	9811	7100	<b>1,382</b>	2,609	<b>47,04</b>
<b>Ortalama</b>			<b>1,389</b>	2,609	<b>46,75</b>

Çizelge 4.28. Dolomit agregasının  $\rho_b$  ve  $v$

Agrega Türü	Agrega Gevşek Kütlesi (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	$v$ (%)
Kırma kum	6541	2890	<b>2,263</b>	2,79	<b>18,88</b>
Kırma kum	6601	2890	<b>2,284</b>	2,79	<b>18,13</b>
Kırma kum	6615	2890	<b>2,289</b>	2,79	<b>17,96</b>
Kırma kum	6491	2890	<b>2,246</b>	2,79	<b>19,50</b>
Kırma kum	6580	2890	<b>2,277</b>	2,79	<b>18,39</b>
Kırma kum	6544	2890	<b>2,264</b>	2,79	<b>18,84</b>
<b>Ortalama</b>			<b>2,271</b>	2,79	<b>18,62</b>
İnce	14891	7100	<b>2,097</b>	2,784	<b>24,67</b>
İnce	14950	7100	<b>2,106</b>	2,784	<b>24,37</b>
İnce	15107	7100	<b>2,128</b>	2,784	<b>23,57</b>
İnce	15099	7100	<b>2,127</b>	2,784	<b>23,61</b>
İnce	14941	7100	<b>2,104</b>	2,784	<b>24,41</b>
İnce	14903	7100	<b>2,099</b>	2,784	<b>24,60</b>
<b>Ortalama</b>			<b>2,110</b>	2,784	<b>24,21</b>
İri	13817	7100	<b>1,946</b>	2,777	<b>29,92</b>
İri	13898	7100	<b>1,957</b>	2,777	<b>29,51</b>
İri	14001	7100	<b>1,972</b>	2,777	<b>28,99</b>
İri	13754	7100	<b>1,937</b>	2,777	<b>30,24</b>
İri	13756	7100	<b>1,937</b>	2,777	<b>30,23</b>
İri	14010	7100	<b>1,973</b>	2,777	<b>28,94</b>
<b>Ortalama</b>			<b>1,954</b>	2,777	<b>29,64</b>

Çizelge 4.29. Tefri-fonolit agregasının  $\rho_b$  ve  $v$

Agrega Türü	Agrega Gevşek Kütlesi (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	$v$ (%)
Kırma kum	4327	2890	<b>1,497</b>	2,527	<b>40,75</b>
Kırma kum	4400	2890	<b>1,522</b>	2,527	<b>39,75</b>
Kırma kum	4375	2890	<b>1,514</b>	2,527	<b>40,09</b>
Kırma kum	4289	2890	<b>1,484</b>	2,527	<b>41,27</b>
Kırma kum	4200	2890	<b>1,453</b>	2,527	<b>42,49</b>
Kırma kum	4375	2890	<b>1,514</b>	2,527	<b>40,09</b>
<b>Ortalama</b>			<b>1,497</b>	2,527	<b>40,74</b>
İnce	9753	7100	<b>1,374</b>	2,397	<b>42,69</b>
İnce	9775	7100	<b>1,377</b>	2,397	<b>42,56</b>
İnce	9771	7100	<b>1,376</b>	2,397	<b>42,59</b>
İnce	9849	7100	<b>1,387</b>	2,397	<b>42,13</b>
İnce	9701	7100	<b>1,366</b>	2,397	<b>43,00</b>

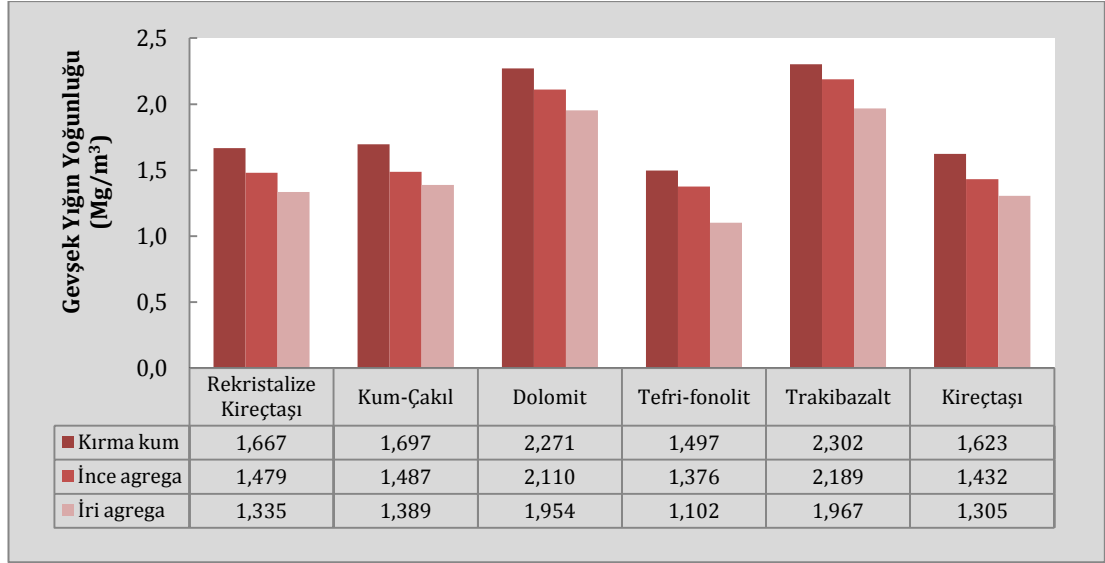


Çizelge 4.29'un devamı					
İnce	9761	7100	<b>1,375</b>	2,397	<b>42,65</b>
<b>Ortalama</b>			<b>1,376</b>	2,397	<b>42,60</b>
İri	7782	7100	<b>1,096</b>	2,328	<b>52,92</b>
İri	7828	7100	<b>1,103</b>	2,328	<b>52,64</b>
İri	7800	7100	<b>1,099</b>	2,328	<b>52,81</b>
İri	7810	7100	<b>1,100</b>	2,328	<b>52,75</b>
İri	7815	7100	<b>1,101</b>	2,328	<b>52,72</b>
İri	7890	7100	<b>1,111</b>	2,328	<b>52,27</b>
<b>Ortalama</b>			<b>1,102</b>	2,328	<b>52,68</b>

Çizelge 4.30. Trakibazalt agregasının  $\rho_b$  ve  $v$

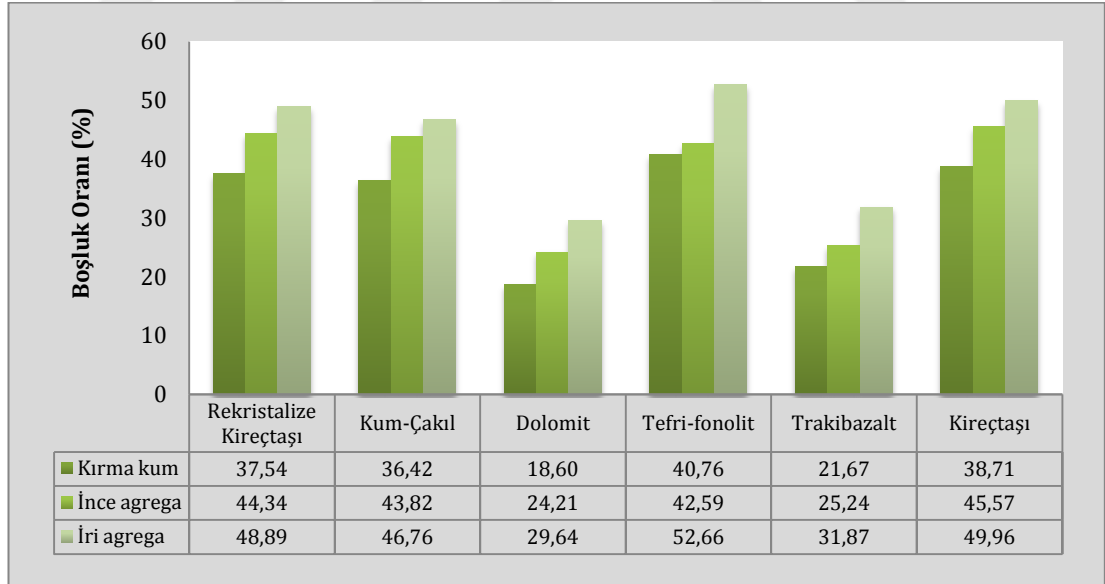
Agrega Türü	Agrega Gevşek Kütlesi (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	$v$ (%)
Kırma kum	7715	3375	<b>2,286</b>	2,939	<b>22,22</b>
Kırma kum	7767	3375	<b>2,301</b>	2,939	<b>21,70</b>
Kırma kum	7776	3375	<b>2,304</b>	2,939	<b>21,61</b>
Kırma kum	7805	3375	<b>2,313</b>	2,939	<b>21,31</b>
Kırma kum	7743	3375	<b>2,294</b>	2,939	<b>21,94</b>
Kırma kum	7804	3375	<b>2,312</b>	2,939	<b>21,32</b>
<b>Ortalama</b>			<b>2,302</b>	2,939	<b>21,68</b>
İnce	15540	7100	<b>2,189</b>	2,928	<b>25,25</b>
İnce	15604	7100	<b>2,198</b>	2,928	<b>24,94</b>
İnce	15510	7100	<b>2,185</b>	2,928	<b>25,39</b>
İnce	15580	7100	<b>2,194</b>	2,928	<b>25,06</b>
İnce	15548	7100	<b>2,190</b>	2,928	<b>25,21</b>
İnce	15470	7100	<b>2,179</b>	2,928	<b>25,58</b>
<b>Ortalama</b>			<b>2,189</b>	2,928	<b>25,24</b>
İri	14000	7100	<b>1,972</b>	2,887	<b>31,70</b>
İri	13882	7100	<b>1,955</b>	2,887	<b>32,28</b>
İri	13920	7100	<b>1,961</b>	2,887	<b>32,09</b>
İri	14092	7100	<b>1,985</b>	2,887	<b>31,25</b>
İri	13842	7100	<b>1,950</b>	2,887	<b>32,47</b>
İri	14078	7100	<b>1,983</b>	2,887	<b>31,32</b>
<b>Ortalama</b>			<b>1,967</b>	2,887	<b>31,85</b>

Şekil 4.75'de agregaların boyutlarına göre gevşek yığın yoğunluklarının karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 4.75'de görüldüğü gibi dolomit ve trakibazaltın gevşek yığın yoğunluğu en yüksektir.



Şekil 4.75. Agregaların boyutlarına göre gevşek yığın yoğunluğu

Şekil 4.76'da agregalar arasındaki boşluk hacmi verilmiştir. Taneler arasındaki boşluk hacmi en az dolomit agregasındadır. Agregaların kırılma şekli, tane büyüklüklerinin birbirine yakın olması agregalar arasındaki boşluğu azaltmaktadır.



Şekil 4.76. Agregalar arasındaki boşluk oranı

#### 4.4.7. Tane yoğunluğu ve su emme oranı

İnşaatin yapım amacına uygun agrega seçiminde, agregaların tane yoğunlukları, su emmesi, porozitesi değerlendirilerek inşaat yapım sürecinde zamandan, işgücünden ve analiz ve deney maliyetinden tasarruf sağlanabilir.

Agreganın etüv kurusu tane yoğunluğu ( $\rho_{rd}$ ), görünür tane yoğunluğu ( $\rho_a$ ), doymun ve yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu ( $\rho_{ssd}$ ), su emme oranı ( $W_{24}$ ), beton karışımı hesapları ve diğer özelliklerinin tahmin edilebilmesi için belirlenmesi gerekmektedir. Agregaların;

Etüv kurusu tane yoğunluğu ( $\rho_{rd}$ ), taze ve sertleşmiş betonun fiziksel ve mekanik ve diğer özelliklerini (birim kütlelerini, basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü, aşınma dayanımı, sünme, süneklilik, tokluk, ısı yalıtımı ve akustik gibi) özelliklerini etkiler.

Doymun ve yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu ( $\rho_{ssd}$ ), beton karışım hesaplarının, karışımda kullanılacak efektif karışım suyu miktarının ve s/ç oranının belirleyicisidir. Su emme oranı, taze betonun işlenebilirliği, sertleşmiş betonun dayanım ve dayanıklılığını etkiler. Bununla birlikte agreganın donma - çözülme özelliklerini de etkiler. Yüksek su emme miktarlarına sahip ancak kapalı gözenek oranı yüksek olan agregalar donma-çözölmeye dayanıklı olabilirler. Agreganın yüksek su emme değeri beton karışım suyu miktarını arttıracığından dayanımı düşürür.

Çalışma kapsamında kullanılan agregaların etüv kurusu tane yoğunluğu ( $\rho_{rd}$ ), görünür tane yoğunluğu ( $\rho_a$ ), doymun ve yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu ( $\rho_{ssd}$ ), su emme oranı ( $W_{24}$ ) TS EN 1097-6 (2013)'ya göre belirlenmiştir (Şekil 4.77). TS EN 1097-6 (2013)'ya göre yapılan tane yoğunluğu deneyi sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.77. Rekristalize kireçtaşına ait tane yoğunluğu tayini

Çizelge 4.31. Agregaların ortalama  $\rho_{rd}$ ,  $\rho_a$ ,  $\rho_{ssd}$ ,  $W_{24}$  oranları

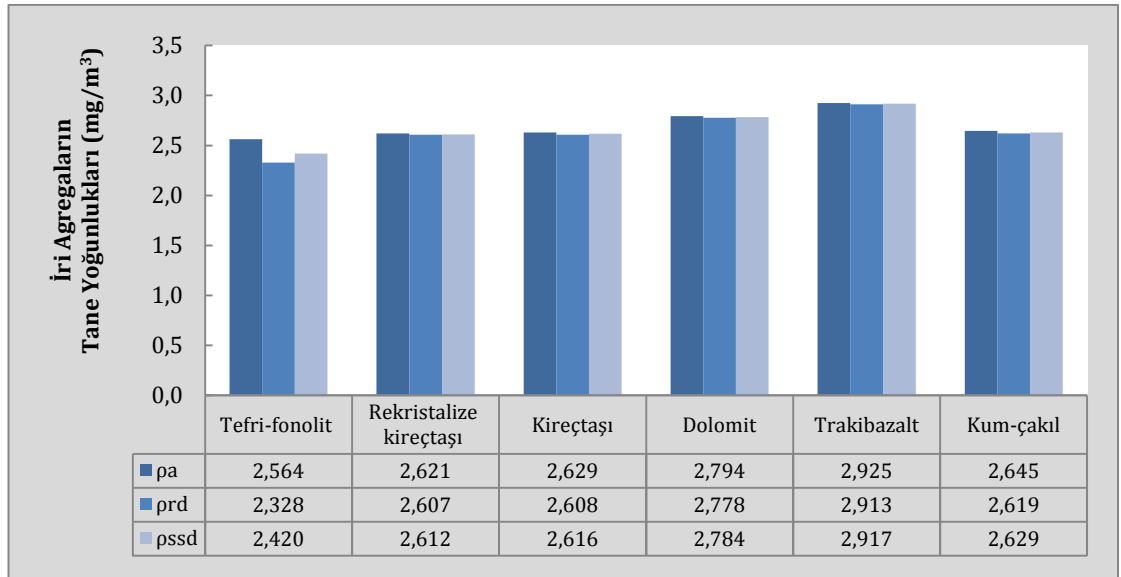
Tefri-Fonolit Agregası										
Num Adı	pik+num	pik	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	$\rho_a$	prd	$\rho_{ssd}$	W <sub>24</sub>
Kırma kum	804,3	243,1	568,3	1587,2	1240,7	561,2	2,614	2,530	2,562	1,265
Kırma kum	758,2	244,3	521,2	1559,2	1241,8	513,9	2,615	2,522	2,557	1,421
Kırma kum	804,5	239,7	572	1586,1	1237,3	564,8	2,615	2,530	2,563	1,275
Ortalama							2,615	2,527	2,561	1,320
İnce	855,5	292	580	1634	1289,2	562,3	2,585	2,391	2,466	3,148
İnce	843,4	276,5	583,8	1589	1241,3	566,9	2,586	2,401	2,473	2,981
İnce	808,7	315,6	507,5	1575	1273	493,1	2,580	2,400	2,470	2,920
Ortalama							2,584	2,397	2,469	3,016
İri	969,8	207,9	792	1804	1339	761,9	2,566	2,330	2,422	3,951
İri	974	208	796,1	1959,8	1493	766	2,560	2,326	2,418	3,930
İri	961,7	239,7	750,5	1922,5	1482	722	2,565	2,329	2,421	3,947
Ortalama							2,564	2,328	2,420	3,943
Rekristalize Kireçtaşı										
Num Adı	pik+num	pik	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	$\rho_a$	prd	$\rho_{ssd}$	W <sub>24</sub>
Kırma kum	926,9	309	618,4	1692,9	1307,1	617,9	2,662	2,656	2,659	0,081
Kırma kum	871,8	243,8	624,1	1631,4	1242,1	623,5	2,662	2,655	2,658	0,096
Kırma kum	955,5	292	664,1	1705,1	1288,2	663,5	2,691	2,684	2,686	0,090
Ortalama							2,672	2,665	2,668	0,089
İnce	681,8	243,1	429,9	1506,8	1239,2	428,9	2,659	2,643	2,649	0,233
İnce	717,8	244,3	474,7	1535,6	1240	474,6	2,651	2,650	2,650	0,021
İnce	730,1	239,9	491,4	1541,8	1236,1	490,7	2,652	2,642	2,646	0,143
Ortalama							2,654	2,645	2,648	0,132
İri	1076,1	207,9	870,1	2017,3	1480	868,2	2,624	2,609	2,614	0,219
İri	1189,9	208	984	2098,8	1492	981,9	2,618	2,603	2,609	0,214
İri	1178	239,7	940,3	1917,5	1337	938,3	2,622	2,608	2,613	0,213
Ortalama							2,621	2,607	2,612	0,215
Kireçtaşı										
Num Adı	pik+num	pik	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	$\rho_a$	prd	$\rho_{ssd}$	W <sub>24</sub>
Kırma kum	1102,8	244,8	859	1778,2	1242	858	2,666	2,658	2,661	0,117

Çizelge 4.31'in devamı										
<b>Kırma kum</b>	1114,9	244,3	771,3	1721,9	1241,8	770,3	2,654	2,645	2,649	0,130
<b>Kırma kum</b>	1045,6	355	691,5	1781,8	1351,8	690,6	2,650	2,641	2,644	0,130
<b>Ortalama</b>							2,657	2,648	2,651	0,126
<b>İnce</b>	926,1	309	618,8	1689,7	1305	617,1	2,655	2,636	2,643	0,275
<b>İnce</b>	876,3	243,8	633,8	1632,7	1240,5	632,4	2,633	2,618	2,623	0,221
<b>İnce</b>	794,7	291,9	503,8	1601,1	1289,2	502,4	2,637	2,618	2,625	0,279
<b>Ortalama</b>							2,642	2,624	2,631	0,259
<b>İri</b>	1125,9	207,9	920,5	1907,7	1339	918	2,628	2,609	2,617	0,272
<b>İri</b>	1097,0	208	891,7	2042,6	1492	889	2,627	2,606	2,614	0,304
<b>İri</b>	1211,5	239,7	974,9	2084,5	1482	971,8	2,631	2,610	2,618	0,319
<b>Ortalama</b>							2,629	2,608	2,616	0,298
Dolomit										
Num Adı	pik+num	pik	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	pa	prđ	pssd	W <sub>24</sub>
<b>Kırma kum</b>	1062,5	320,1	743,2	1794,4	1317,4	742,4	2,797	2,789	2,792	0,108
<b>Kırma kum</b>	951,7	305,5	646,9	1717,3	1302,2	646,2	2,796	2,788	2,791	0,108
<b>Kırma kum</b>	625,2	164,9	460,8	957,9	661,8	460,3	2,803	2,795	2,798	0,109
<b>Ortalama</b>							2,799	2,790	2,793	0,108
<b>İnce</b>	828,9	276,6	553,4	1596,1	1241,3	552,5	2,795	2,782	2,787	0,163
<b>İnce</b>	920,6	315,7	605,9	1661,7	1273	604,9	2,798	2,785	2,790	0,165
<b>İnce</b>	1004,8	244,4	761,5	1800,5	1312,1	760,4	2,796	2,784	2,788	0,145
<b>Ortalama</b>							2,796	2,784	2,788	0,158
<b>İri</b>	1079,7	207,9	873,6	2042	1482	871,8	2,796	2,780	2,786	0,206
<b>İri</b>	1195,6	208	990,1	1973,2	1339	987,6	2,795	2,775	2,782	0,253
<b>İri</b>	1260,6	239,7	1022,5	2148,1	1493	1020,9	2,791	2,779	2,783	0,157
<b>Ortalama</b>							2,794	2,778	2,784	0,205
Trakibazalt										
Num Adı	pik+num	pik	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	pa	prđ	pssd	W <sub>24</sub>
<b>Kırma kum</b>	560,8	118,6	442,5	908	616,8	441,2	2,941	2,916	2,925	0,295
<b>Kırma kum</b>	655,9	243,1	413,2	1514,3	1240,7	411,9	2,978	2,951	2,960	0,316
<b>Kırma kum</b>	783,5	244,3	539,6	1597,9	1241,8	538,3	2,954	2,934	2,941	0,242
<b>Ortalama</b>							2,958	2,933	2,942	0,284
<b>İnce</b>	878,9	243,7	635,9	1660	1241,1	635,2	2,937	2,927	2,930	0,110
<b>İnce</b>	1011,9	354,8	657,7	1785,2	1351,8	657	2,938	2,929	2,932	0,107
<b>İnce</b>	933,5	244,1	690,4	1767	1312,1	689,7	2,937	2,929	2,932	0,101
<b>Ortalama</b>							2,937	2,928	2,931	0,106
<b>İri</b>	1122,4	207,9	915,3	1941,1	1339	914,5	2,927	2,920	2,922	0,087
<b>İri</b>	1071,2	208	863,6	2061	1493	863,2	2,924	2,920	2,922	0,046
<b>İri</b>	1242,8	239,7	1006	2141,9	1482	1003,1	2,923	2,898	2,907	0,289
<b>Ortalama</b>							2,925	2,913	2,917	0,141
Kum-Çakıl										
Num Adı	pik+num	pik	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	pa	prđ	pssd	W <sub>24</sub>
<b>Kırma kum</b>	1431,6	320,1	1123,5	2021,5	1317,4	1121,4	2,687	2,674	2,679	0,187
<b>Kırma kum</b>	1139,5	305,4	837,3	1827,5	1302,2	836,7	2,687	2,682	2,684	0,072
<b>Kırma kum</b>	609,5	110,4	500,5	920,6	609	499,8	2,656	2,646	2,650	0,140



Çizelge 4.31'in devamı										
<b>Ortalama</b>							<b>2,677</b>	<b>2,667</b>	<b>2,671</b>	<b>0,133</b>
<b>İnce</b>	783,2	164,5	622	1047,6	661,8	618,4	<b>2,659</b>	<b>2,618</b>	<b>2,633</b>	<b>0,582</b>
<b>İnce</b>	855,7	244,2	614,1	1620,3	1241,8	612,5	<b>2,618</b>	<b>2,600</b>	<b>2,607</b>	<b>0,261</b>
<b>İnce</b>	924	355	571,5	1713,7	1351,8	570,5	<b>2,735</b>	<b>2,722</b>	<b>2,727</b>	<b>0,175</b>
<b>Ortalama</b>							<b>2,670</b>	<b>2,647</b>	<b>2,656</b>	<b>0,340</b>
<b>İri</b>	1141,3	207,9	935,7	2063,2	1482	933,4	<b>2,650</b>	<b>2,633</b>	<b>2,639</b>	<b>0,246</b>
<b>İri</b>	1200,5	208	996,8	2112	1493	992,5	<b>2,657</b>	<b>2,627</b>	<b>2,638</b>	<b>0,433</b>
<b>İri</b>	1186,8	239,7	951,2	1925,5	1339	947,1	<b>2,626</b>	<b>2,597</b>	<b>2,608</b>	<b>0,433</b>
<b>Ortalam</b>							<b>2,645</b>	<b>2,619</b>	<b>2,629</b>	<b>0,371</b>
<p><b>M<sub>1</sub></b> : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, gr.  <b>M<sub>2</sub></b> : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi, gr.  <b>M<sub>3</sub></b> : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, gr.  <b>M<sub>4</sub></b> : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, gr.  <b>WA<sub>24</sub></b>: Su emme oranı (absorpsiyon), %.  <b>ρ<sub>a</sub></b>:Görünür tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup>  <b>ρ<sub>rd</sub></b>:Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup>  <b>ρ<sub>ssd</sub></b>:Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup></p>										

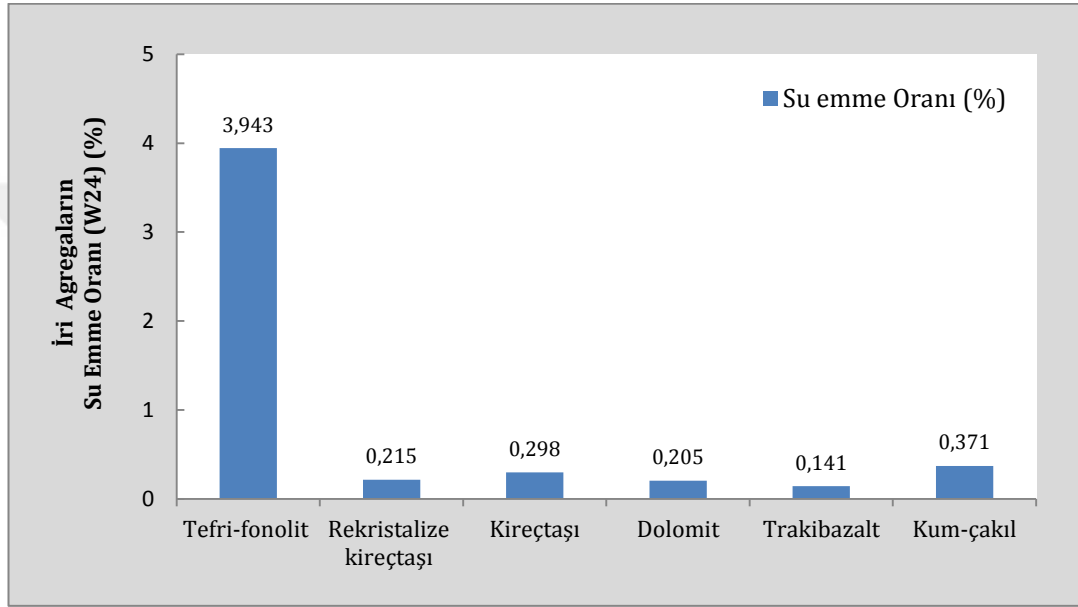
İri agregaların tane yoğunlukları Şekil 4.78'de verilmiştir. Buna göre doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu en düşük tefri-fonolit agregasıdır (2,420 mg/m<sup>3</sup>). En yüksek doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğuna sahip iri agrega ise trakibazaltır (2,917 Mg/m<sup>3</sup>) (Şekil 4.78). Şekil 4.78'de görüldüğü gibi iri agregaların tane yoğunlukları birbirinden farklıdır. Özellikle agregaların, doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunlukları birbirinden farklı olmasından dolayı, karışım hesapları ve kullanılan efektif karışım suyu miktarları farklı olacaktır.



Şekil 4.78. İri agregaların tane yoğunlukları

İri agregaların su emme oranlarına bakıldığında en yüksek su emme miktarına tefri-fonolit agregası sahiptir (% 3,943). Trakibazalt agregasının su emme

miktarı %1,41 olup kireçtaşı, dolomit, rekrystalize kireçtaşı ve tefri fonolit agregasına göre daha düşüktür. Kireçtaşının su emme oranı rekrystalize kireçtaşının su emme miktarına göre daha yüksektir (Şekil 4.79). Su emme oranı, % 1'den daha büyük değilse, agreganın donma-çözülme etkisine dirençli olduğu kabul edilebilir (706 EN 12620+A1, 2009). Su emme oranı, dayanım ve büzülme ile birlikte durabiliteyi etkiler ve en fazla % 2 olması istenir (ASTM C 33-81, 1986).



Şekil 4.79. İri agregaların su emme miktarları

Agregaların tane yoğunluklarına ve özkütlesine göre görünür doluluk oranı ( $k_o$ ) (%), gerçek doluluk oranı ( $k_g$ ) (%), toplam porozite ( $\eta_1$ ) (%), görünür porozite ( $\eta_o$ ) (%), kapalı gözenek ( $\eta_k$ ) (%) belirlenmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir.

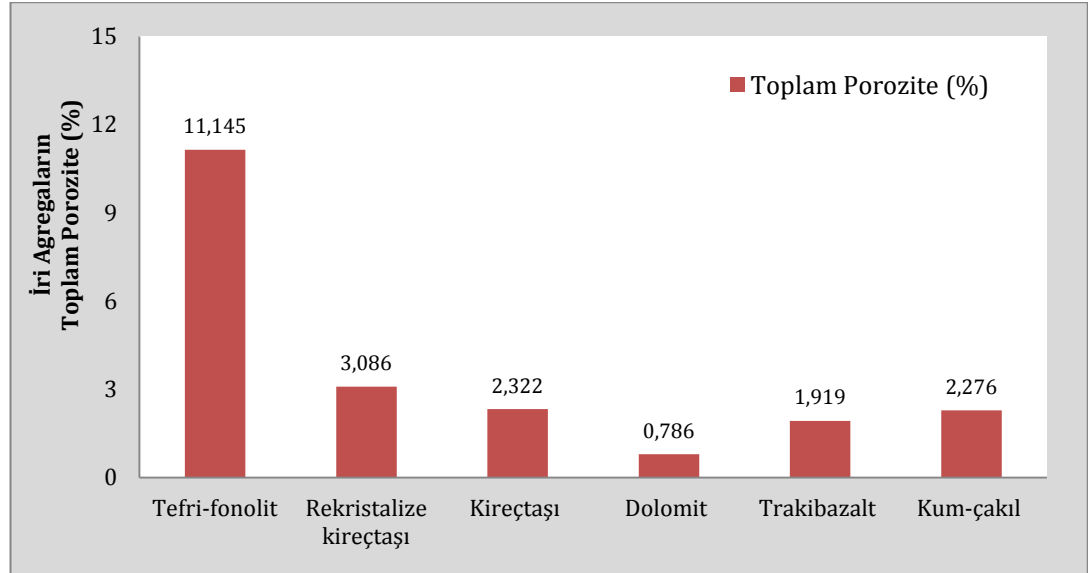
Çizelge 4.32. Agregaların ortalama tane yoğunluklarına göre  $k_o$ ,  $k_g$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_o$ ,  $\eta_k$  q

Agrega Türü		q <sub>a</sub>	q <sub>rd</sub>	q <sub>ssd</sub>	k <sub>o</sub>	k <sub>g</sub>	$\eta_1$	$\eta_o$	$\eta_k$	$\eta_a$	q
Tefri-fonolit	Kırma Kum	2,615	2,527	2,561	96,635	96,450	3,550	3,365	0,184	3,365	2,620
	İnce	2,584	2,397	2,469	92,763	91,489	8,511	7,237	1,275	7,237	
	İri	2,564	2,328	2,420	90,796	88,855	11,145	9,204	1,941	9,204	
Rekrystalize Kireçtaşı	Kırma Kum	2,672	2,665	2,668	99,738	99,071	0,929	0,262	0,667	0,262	2,690
	İnce	2,654	2,645	2,648	99,661	98,327	1,673	0,339	1,334	0,339	
	İri	2,621	2,607	2,612	99,466	96,914	3,086	0,534	2,551	0,534	

Çizelge 4.32'nin devamı											
Kireçtaşı	Kırma Kum	2,657	2,648	2,651	99,661	99,176	0,824	0,339	0,485	0,339	2,670
	İnce	2,642	2,624	2,631	99,319	98,277	1,723	0,681	1,042	0,681	
	İri	2,629	2,608	2,616	99,201	97,678	2,322	0,799	1,523	0,799	
Dolomit	Kırma Kum	2,799	2,790	2,793	99,678	99,643	0,357	0,322	0,036	0,322	2,800
	İnce	2,796	2,784	2,788	99,571	99,429	0,571	0,429	0,142	0,429	
	İri	2,794	2,778	2,784	99,427	99,214	0,786	0,573	0,213	0,573	
Trakibazalt	Kırma Kum	2,958	2,933	2,942	99,155	98,754	1,246	0,845	0,401	0,845	2,970
	İnce	2,937	2,928	2,931	99,694	98,586	1,414	0,306	1,108	0,306	
	İri	2,925	2,913	2,917	99,590	98,081	1,919	0,410	1,509	0,410	
Kum-çakıl	Kırma Kum	2,677	2,667	2,671	99,626	99,515	0,485	0,374	0,112	0,374	2,680
	İnce	2,670	2,647	2,656	99,139	98,769	1,231	0,861	0,370	0,861	
	İri	2,645	2,619	2,629	99,017	97,724	2,276	0,983	1,293	0,983	

**pa:** Görünür tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup>.    **prd:** Etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup>.    **ko:** Görünür doluluk oranı (%).  
**psd:** Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu, Mg/m<sup>3</sup>    **kg:** Gerçek doluluk oranı, (%).    **η:** Toplam porozite, (%).  
**ηo:** Görünür porozite, (%).    **ηk:** Kapalı gözenek, (%).    **ηa:** Açık gözeneklilik (%).    **ρ:** Özkütle, (g/cm<sup>3</sup>).

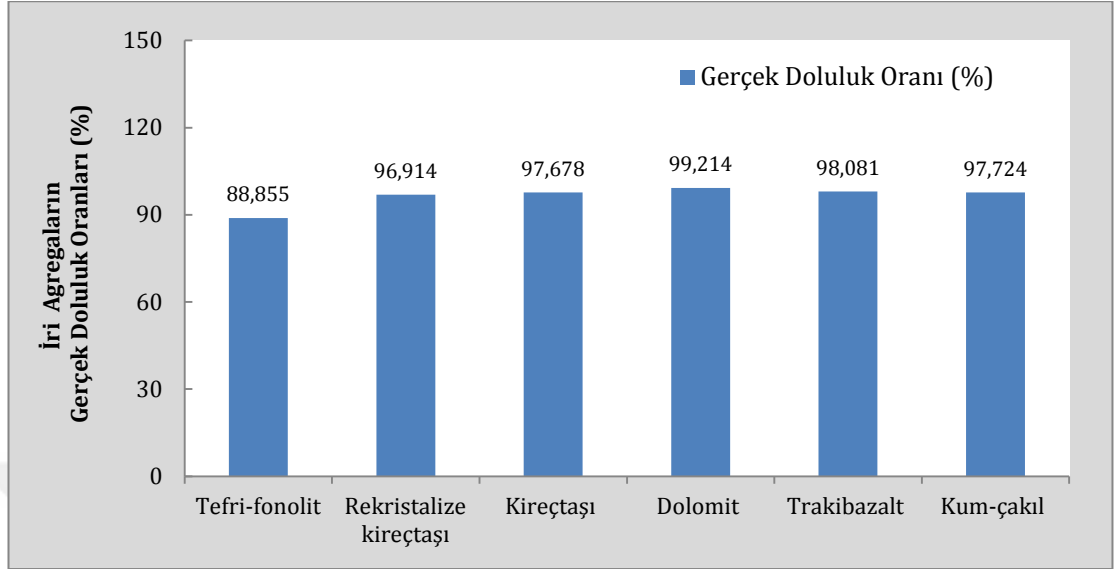
ASTMC 33-81 (1986) standartlarına göre kayaç porozitesi %3 oranını sağladığında, kompakt kayaç sınıfında yer alır. Buna göre tefri fonolit kayacına ve rekristalize kireçtaşına ait toplam porozite miktarı %3'ten fazla olduğu için ASTMC 33-81 (1986)'e göre kompakt kayaç sınıfına girmemektedir (Şekil 4.80).



Şekil 4.80. İri agregaların toplam poroziteleri

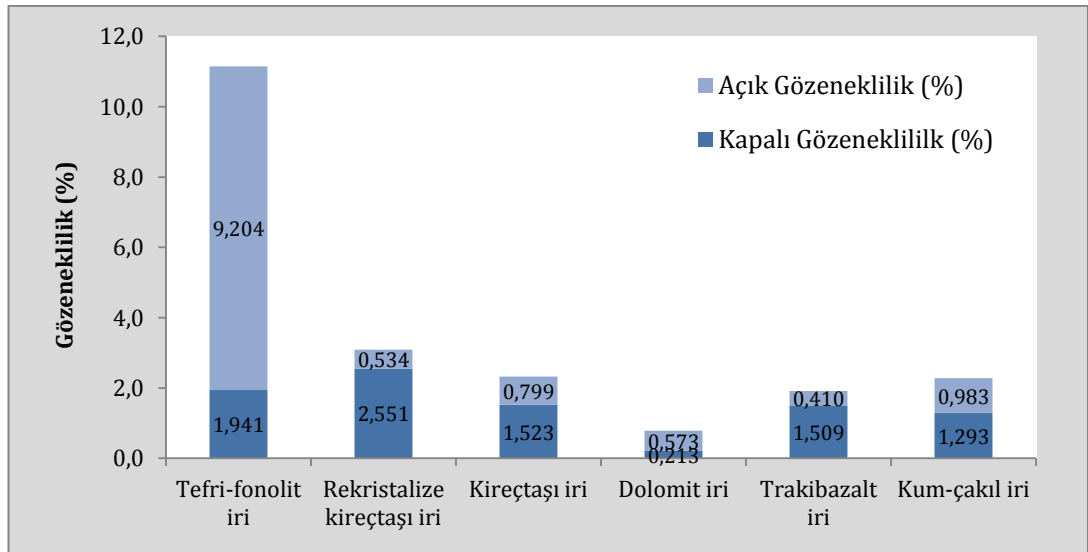
Dolomit ve trakibazalt agregaları diğerlerine göre yüksek doluluk oranına (kg) oranına sahiptir (Şekil 4.81). Agregaların yüksek doluluk oranına sahip olması agreganın gözenekliliğinin düşük olması, kayaç özkütlesinin dolayısıyla kayaç

dayanımının yüksek olması anlamına gelmektedir. Kayacın bu özelliklerinin iyileşmesi betonun mekanik özelliklerini olumlu yönde etkiler.



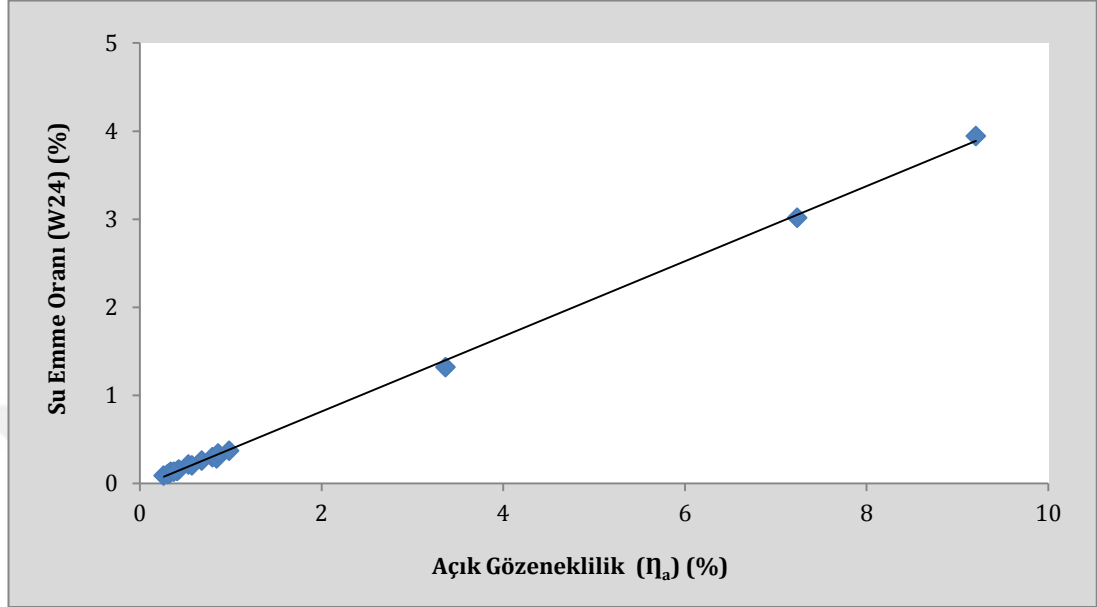
Şekil 4.81. İri agregaların gerçek doluluk oranları

Tefri-fonolit ve rekristalize kireçtaşına ait kapalı gözenek oranları diğer kullanılan agregalara göre daha yüksektir (Şekil 4.82). Kireçtaşının kapalı gözenek oranının rekristalize kireçtaşına göre düşük olmasından dolayı kireçtaşının su emme oranı rekristalize kireçtaşının su emme miktarına göre daha yüksektir. Betonda kullanılacak olan agregaların kapalı gözenek oranının yüksek taze beton özelliklerini bir miktar olumlu etkiler. Buna karşılık sertleşmiş beton özelliklerine etkisi negatif yöndedir.



Şekil 4.82. İri agregaların açık-kapalı gözenek oranları (%)

Agregaların açık gözeneklilik oranları ile su emme oranları arasında fonksiyonel bir ilişki vardır.  $R^2$  değeri 1'dir (Şekil 4.83). Açık gözeneklilik ve su emme oranı arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.



Şekil 4.83. Agregaların su emme oranı ve açık gözeneklilik arasındaki ilişki

$$W24 = 0,4262\eta_a - 0,035 \quad (r^2=1) \quad (4.3)$$

#### 4.4.8. İncelik modülü

İncelik modülü, agreganın incelik veya kalınlığını ifade eden bir terim olup, delik açıklığı birbirinin iki misli artan elekler üzerinde kalan malzemenin kümülatif yüzdeler toplamının yüze bölünmesiyle elde edilen rakamdır. İncelik modülü hiçbir zaman granülometriyi ifade etmez, ortalama tane büyüklüğü hakkında fikir verir (<http://www.dicle.edu.tr/a/idrisb/webtr/Yapi%20Mlz/YM-4-Agregalar.pdf>).

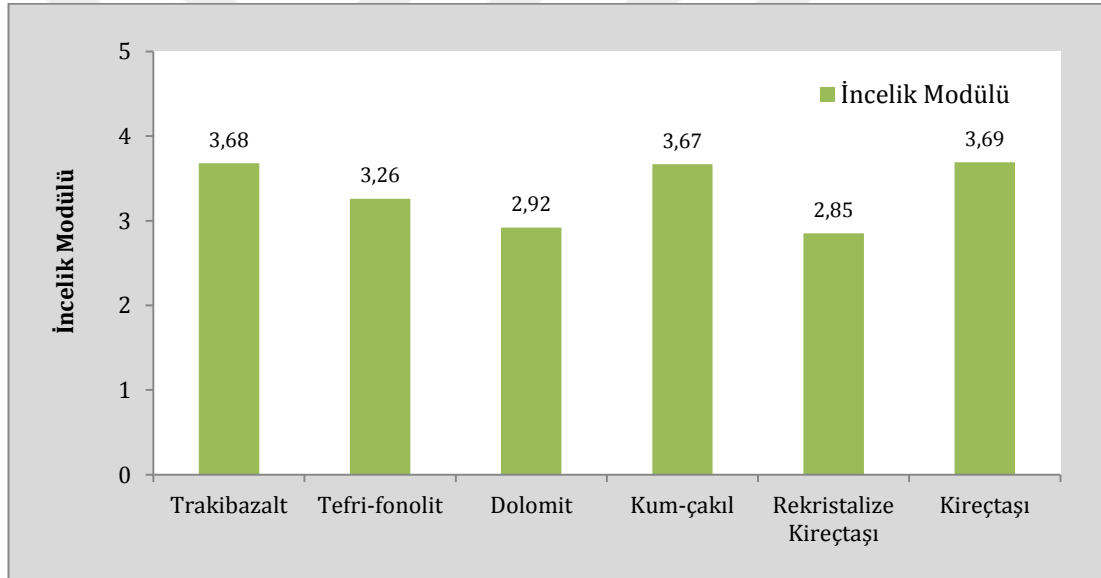
Çalışma konusunu oluşturan beton agregalarının incelik modülü değerleri TS 706 EN12620+A1(2009)'e göre hesaplanmıştır. Agregaların elek üzerinde kalan yığışlımlı (%) miktarları ve incelik modülleri Çizelge 4.33'de verilmiştir.

Şekil 4.84'te agregaların incelik modülü karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 4.84'e göre en düşük olan agrega rekristalize kireçtaşı ve dolomit agregasıdır. En

yüksek incelik modülüne sahip olan agregalar kireçtaşı ve trakibazalttır. Bu durum kırma işlemindeki farklılıklar ile ilişkili olabilir.

Çizelge 4.33. Agregaların elek üzerinde kalan yığışımı (%) miktarları ve incelik modülleri

Elek Üstünde Kalan Yığışımı (%)						
Elek No	Kireçtaşı	Rekristalize kireçtaşı	Kum-Çakıl	Dolomit	Tefri-fonolit	Trakibazalt
4	1	0	12	1	1	2
2	37	17	40	17	30	41
1	68	45	63	44	57	66
0,5	82	64	76	65	72	79
0,25	90	75	84	78	80	87
0,125	91	84	92	87	86	93
<b>İncelik Modülü</b>	<b>3,69</b>	<b>2,85</b>	<b>3,67</b>	<b>2,92</b>	<b>3,26</b>	<b>3,68</b>



Şekil 4.84. Agregaların incelik modülü karşılaştırması

Agregaların incelik modülleri TS 706 EN 12620+A1 (2009)'deki sınıflandırma Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.34. İnce agregalarda incelik modülüne bağlı irilik veya incelik

İncelik Modülü		
CF	MF	FF
4,0	2,8-1,5	2,1-0,6

Bu sınıflandırmaya göre agregaların incelik modüllerine göre irilik ve incelikleri değerlendirildiğinde CF sınıfında yani iri olarak sınıflandırılmış ince agregalar sınıfında yer almaktadır.



#### 4.4.9. İnce madde oranı

Kolloidal yapılı kil, silt ve taş unu tanelerinin fazla miktarda bulunması, iri agrega ve çimento hamuru arasındaki bağı zayıflatır. Agreganın özgül yüzey miktarını artırır. Bunun sonucunda beton için gerekli karma suyu miktarı artar (s/ç oranı büyür). Dolayısıyla dayanıklılık ve dayanım yönünden zayıf bir beton elde edilir. Kil ve siltin önemli özelliklerinden biride su tutma (emme) kabiliyetlerinin olmasıdır. Su emme sonucunda beton içinde hacim genişlemesine neden olur ve büzölmelerin meydana getireceği gerilmeler oluşur. Çimento ile reaksiyona girerek çimento-agrega bağı zayıflatır, hidrasyonu ve prizi geciktirir. Bunun yanında kil, mil ve silt oranının az miktarı, betonun işlenebilirliğini ve su geçirmezliğini artırır. Beton agregası içerisinde limitler üzerinde ince madde varsa, agreganın yıkanarak kullanılması zorunluluğu vardır (Postacıoğlu, 1987, Şimşek, 1994). Çok ince madde olarak adlandırılan taş unu ve kil arasında farklar vardır. Taş unu betonun su ihtiyacını artırmakta ise de kil kadar su emmemektedir. Bu nedenle çok ince malzeme oranıyla birlikte bu malzemenin kalitesinin belirlenmesi gerekmektedir. TS 706 EN 12620+A1 (2009)'de çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre belirlenmiş kategoriler aşağıdaki Çizelge 4.35'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre belirlenmiş kategoriler

Agrega	0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen kütlece yüzde	Kategori f
İri Agregalar	$\leq 1,5$	$f_{1,5}$
	$\leq 4$	$f_4$
	$> 4$	$f_{beyan}$
	Serbest	$f_{NR}$
Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$> 16$	$f_{beyan}$
	Serbest	$f_{NR}$
Karışık agregalar	$\leq 3$	$F_3$
	$\leq 11$	$F_{11}$
	$> 11$	$f_{beyan}$
	Serbest	$f_{NR}$
İnce agregalar	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$\leq 22$	$f_{22}$
	$> 22$	$f_{beyan}$
	Serbest	$f_{NR}$

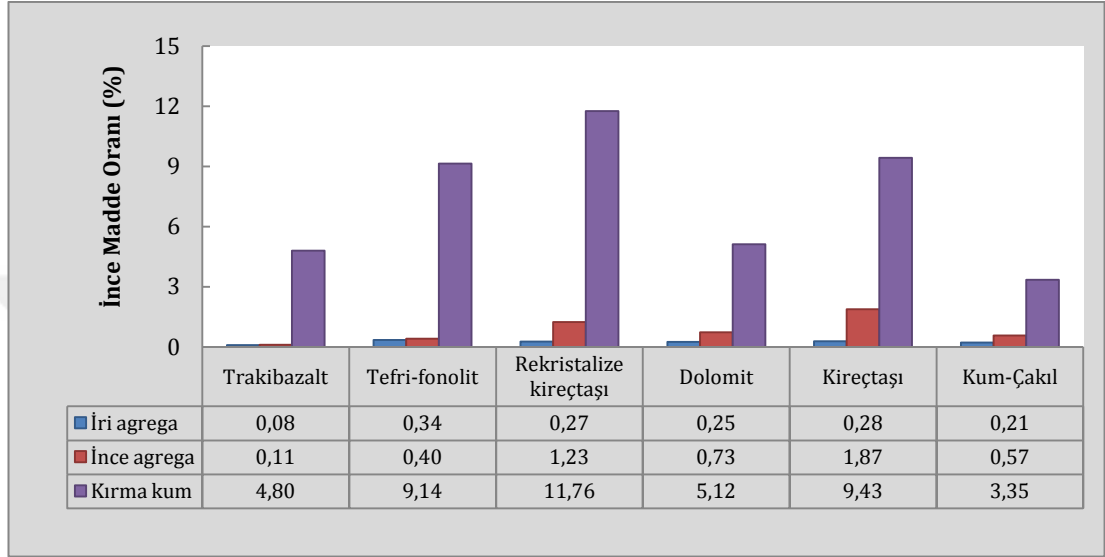
Tezde agregaların çok ince malzemenin muhtevası EN 933-1'e uygun olarak tayin edilmiştir. Çizelge 4.36'da çalışmanın konusunu oluşturan agregaların türlerinin, agregaların boyutlarına göre ince madde oranları verilmiştir. Çizelge 4.36'de görüldüğü gibi iri ve ince agregaların boyutlarında ince malzeme miktarı %3'ü aşmamaktadır. Kırma kumda ise ince malzeme miktarı %3'ü geçmektedir.

Çizelge 4.36. Agregaların ince madde oranı tayini

Agrega Türü	İri Agregalar			İnce Agregalar			Kırma Kum		
	Deney Öncesi Kütle (g)	Deney Sonrası Kütle (g)	İnce Madde Oranı (%)	Deney Öncesi Kütle (g)	Deney Sonrası Kütle (g)	İnce Madde Oranı (%)	Deney Öncesi Kütle (g)	Deney Sonrası Kütle (g)	İnce Madde Oranı (%)
Trakibazalt	820,2	819,6	0,073	916,7	915,9	0,087	478,3	456	4,662
	1159,9	1159	0,078	1028,3	1027,9	0,039	544	518,4	4,706
	1043,5	1042,5	0,096	1064,9	1062,8	0,197	446,7	424,2	5,037
<b>Ortalama İnce Madde Oranı (%)</b>			<b>0,08</b>			<b>0,11</b>			<b>4,80</b>
Tefri-Fonolit	1325,8	1321,8	0,302	743,6	742	0,215	539,2	486,4	9,792
	1419	1412	0,493	714,3	710,9	0,476	556,9	505,1	9,301
	1357,4	1354,2	0,236	841,7	837,5	0,499	506,4	464,3	8,314
<b>Ortalama İnce Madde Oranı (%)</b>			<b>0,34</b>			<b>0,40</b>			<b>9,14</b>
Rekristalize Kireçtaşı,	1075,8	1073	0,260	601,8	594,8	1,163	410,8	359,5	12,488
	1130,8	1127	0,336	522,9	518	0,937	454,5	399,1	12,189
	1100,3	1097,8	0,227	755,1	743,2	1,576	407,5	364,3	10,601
<b>Ortalama İnce Madde Oranı (%)</b>			<b>0,27</b>			<b>1,23</b>			<b>11,76</b>
Dolomit	1072,1	1070	0,196	954,5	949,4	0,534	538,9	511,3	5,122
	1124	1121,7	0,205	545,4	541,4	0,733	431,6	409	5,236
	1237,2	1232,8	0,356	1056,5	1046,8	0,918	424,8	403,6	4,991
<b>Ortalama İnce Madde Oranı (%)</b>			<b>0,25</b>			<b>0,73</b>			<b>5,12</b>
Kireçtaşı	1788,8	1784,6	0,235	887,5	863	2,761	509	457,8	10,059
	1200,9	1197,8	0,258	878,3	862	1,856	503,1	451,6	10,237
	2187	2179,7	0,334	838	829,7	0,990	504,2	463,9	7,993
<b>Ortalama İnce Madde Oranı (%)</b>			<b>0,28</b>			<b>1,87</b>			<b>9,43</b>
Kum-Çakıl	1233,4	1230,7	0,219	524,1	521,3	0,534	445,6	429,4	3,636
	1425,3	1422,4	0,203	626,4	623,3	0,495	462,3	447,2	3,266
	1726,2	1722,5	0,214	663	658,5	0,679	735,1	712	3,142
<b>Ortalama İnce Madde Oranı (%)</b>			<b>0,21</b>			<b>0,57</b>			<b>3,35</b>

Şekil 4.85'e agregaların kırma kum, ince agrega ve iri agregalara göre ince madde oranları karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan mağmatik kayalar sınıfında yer alan tefri-fonolit ince madde oranı trakibazalta göre daha fazladır. Sedimanter olarak oluşan rekristalize kireçtaşının diğer sedimanter kayalara (kireçtaşı, dolomit ve kum-çakıl) göre ince madde oranı fazladır. Ocağın bölgedeki bindirme zonunda bulunması ince madde oranının fazla olmasına sebep olabilir.



Şekil 4.85. Agregalara ait ince madde oranı (%)

#### 4.4.10. Organik madde tayini

Organik madde tayini, agreganın, betonda kullanılabilir olup olmadığının değerlendirilmesinde önemli parametrelerden bir tanesidir. Organik maddeler zayıf asit karakterindedirler. Agregada içerisindeki bitki artıkları ve humus gibi bazı organik maddeler çimentonun hidrasyon reaksiyonuna etki eden organik asitleri (hümik asit ve fulvoik asit vb.) içerirler. Bunun yanında agrega içerisinde sülfat, klorit, karbonat ve fosfat tuzları gibi maddelerde değişik formlarda bulunabilirler. Organik maddelerin zararlı etkisi; organik maddelerin hidrofob (suyu iten) olması ve çimentoda hidrate kristallerin oluşmasına engel olması ile meydana gelir. Bu etkiler; beton dayanımının çok fazla düşmesine neden olur. Sertleşmesine zarar verir ve mukavemetinde azalmalar olur. Agregalarda organik maddelerin fazla miktarda olması betonun prizini geciktirir. Çiçeklenmeye ve korozyona neden olabilir (Şimşek, 1994).

Organik maddenin zararlı etkisinin belirlenmesi için tez konusunu oluşturan agregaların organik madde içeriği tayini ASTM C-40-97 (1998) standardına göre yapılmıştır (Çizelge 4.37).

Yapılan deney sonrasında agregaların içinde bulunduğu NaOH çözeltilerinin renk değişimleri gözlenmiştir. Dolomit, kireçtaşı, kum-çakıl, terfi-fonolit ve trakibazalt agregalarının NaOH çözeltilerinde renk değişimi gözlenmemiştir. Kireçtaşı agregasının içinde bulunduğu NaOH çözeltisinin rengi çok az da olsa sarı renge dönüşmüştür (Şekil 4.86). Renk değişiminin sarı olması çok az miktarda organik madde içerdiğini fakat betonda kullanımını etkilemeyeceğini göstermektedir.

Çizelge 4.37. ASTM C-40-97 (1998) standardına göre organik madde tayini

Çözelti Rengi	Organik madde	Agreganın Kullanımı
Renksiz	Hiç yok veya çok az var	Kaliteli beton üretiminde
Sarı	Az miktarda var	Normal işler için uygun
Kırmızı	Var	Önemsiz işlerde
Kahverengi	Çok var	Kullanılmaz



Şekil 4.86. NaOH çözeltisinde 24 saat bekletilen agregalar

#### 4.4.11. İri agregaların yassılık indeksi

Agregaların yassılık indeksi tayini BS 812 (1990) standardına göre yapılmıştır. Agregaların yassılık indeksi için toplam agrega miktarı ve sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Agregaların yassılık indeksi için toplam agrega miktarı ve sonuçları

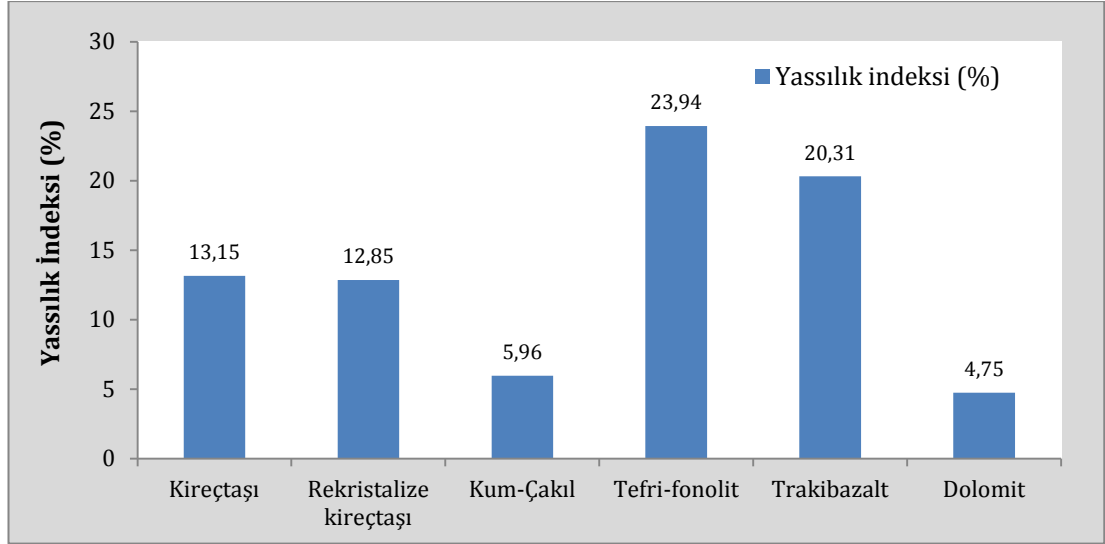
Agrega Türü	Deneye için Toplam Agregası Miktarı ( gr)	Yassı Agregası Miktarı (gr)	Yassılık İndeksi (%)
Kireçtaşı	10000	1315	13,15
Rekristalize kireçtaşı	10000	1285	12,85
Kum-Çakıl	10000	596	5,96
Tefri-fonolit	10000	2394	23,94
Trakibazalt	10000	2031	20,31
Dolomit	10000	475	4,75

Kırmataşlarda yassılık indeksi en fazla %40 olması istenir. BS 812 (1990)'ye göre kırılmamış çakıl boyutunda en fazla %50 olmalıdır. Agregaların yassılık indekslerinin yüksek olması, beton dayanımının düşük olmasına ve işlenebilirliğin de azalmasına neden olmaktadır (Şekil 4.87).



Şekil 4.87. Yassı agregalar

Agregaların yassılık indeksi sonuçlarına bakıldığında standartta belirtilen değerden (en fazla % 40) düşüktür (Çizelge 4.38). Dolomit agregasının yassılık indeksinin düşük olması üretim şekline bağlıdır. Kum-çakıl agregasının yassılık indeksinin düşük olması dere malzemesi ve oluşumu sırasında tanelerin aşınmaya maruz kaldığı için yuvarlak form kazanmasından kaynaklanmaktadır. Daha kırılabilir ve daha gevrek yapıdaki magmatik kökenli olan tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarının yassılık indeksleri diğer kayalara göre daha yüksektir (Şekil 4.88). Yassılık indeksinin yüksek olması betonda oluşacak boşluk miktarını etkiler. Agregaların yassılığı artıkça taze betonun homojen olarak yerleşmesi güçleşir.



Şekil 4.88. Agregaların yassılık indeksi değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.12. İri agregaların parçalanmaya karşı direnci (Los Angeles) (LA)

Los Angeles deneyi sonucundaki parçalanma değeri, tane dayanımı hakkında bilgi vermektedir (McNally, 1998). Agregalarda aşınma direnci, agrega tanelerinin kırılabilirliği ve sertliği, süreksizlik düzlemleri, kayacın minerallerinin dokusal olarak kenetlenmesi ile taneler arası bağın agregalarda mukavemetini yansıtmaktadır (Fookes, 1980). Çizelge 4.39'da Roberts vd. (1996) göre kayaç tipine göre LA aşınma kaybı verilmiştir.

Çizelge 4.39. Los Angeles değerleri (Roberts vd, 1996)

Kayaç tipi	Los Angeles Aşınma Kaybı (%)
Sert, magmatik kayalar	10
Yumşak kireçtaşı ve kumtaşı	60
Bazalt	10-17
Dolomit	18-30
Gnays	33-57
Granit	27-49
Kireçtaşı	19-30
Kuarsit	20-35

ASTM C 131-89 (1992)'a göre, 500 devirlik aşınma sonucunda kaybın % 50'den az ideal olarak da en fazla % 30 olması istenir. Aşınma değeri %30'un altında olan agregalar özellikle yol betonunda kullanılabilirlerdir.

Los Angeles deney metodu, parçalanmaya karşı direncin tayininde referans deney metodu olarak kullanılmaktadır.



Los Angeles katsayısı, belirli bir uygulama veya nihaî kullanıma göre, Çizelge 4.40 'da belirtilen ilgili kategoriye uygun olarak değerlendirilmiştir

Çizelge 4.40. En büyük Los Angeles katsayısı değerlerine göre kategoriler (TS 706 EN 12620+A1, 2009)

Los Angeles katsayısı	Kategori, LA
≤ 15	LA15
≤ 20	LA20
≤ 25	LA25
≤ 30	LA30
≤ 35	LA35
≤ 40	LA40
≤ 50	LA50
> 50	LAbeyan
Serbest	LA <sub>NR</sub>

Agregaların parçalanmaya karşı direnci, EN 1097-2000 belirtilen Los Angeles katsayısı cinsinden tayin edilmiştir (Çizelge 4.41).

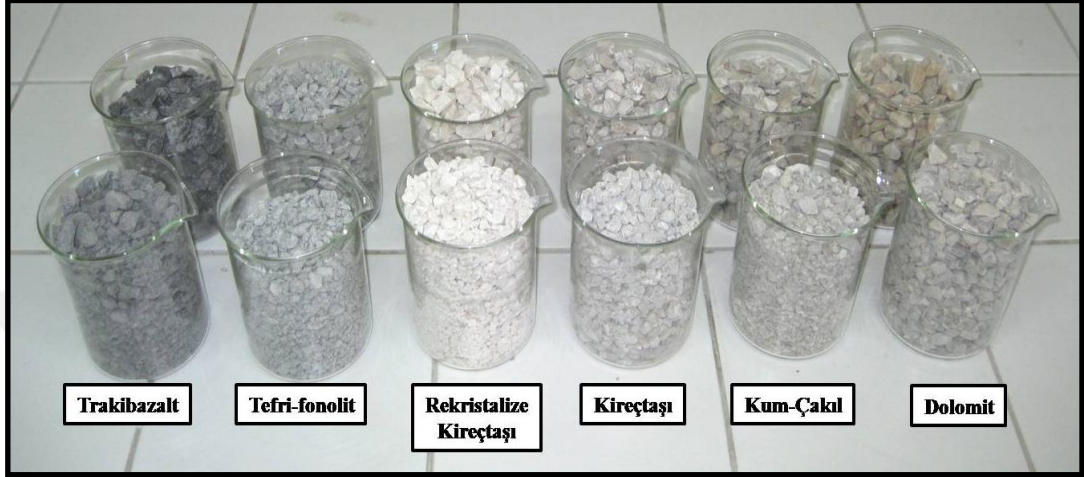
Çizelge 4.41. Agregaların Los Angeles deneyi sonrası LA katsayısı (%)

Agrega Türü	Bilye Sayısı	Bilye Yüğü Kütlesi (g)	İlk Ağırlık (g)	500 Devir Sonu Ağırlık (g)	500 Devir Sonu Ağırlık Kaybı (g)	LA Katsayısı	Ortalama LA
Dolomit	12	5288	5000	4315	685	13,70	13,65
Dolomit	12	5288	5000	4320	680	13,60	
Kum-Çakıl	12	5288	5000	4130	870	17,40	17,45
Kum-Çakıl	12	5288	5000	4125	875	17,50	
Rekristalize kireçtaşı	12	5288	5000	3982	1018	20,36	20,28
Rekristalize kireçtaşı	12	5288	5000	3990	1010	20,20	
Kireçtaşı	12	5288	5000	4040	960	19,20	19,25
Kireçtaşı	12	5288	5000	4035	965	19,30	
Tefri-fonolit	12	5288	5000	3689	1311	26,22	26,54
Tefri-fonolit	12	5288	5000	3657	1343	26,86	
Trakibazalt	12	5288	5000	4431	569	11,38	11,35
Trakibazalt	12	5288	5000	4434	566	11,32	

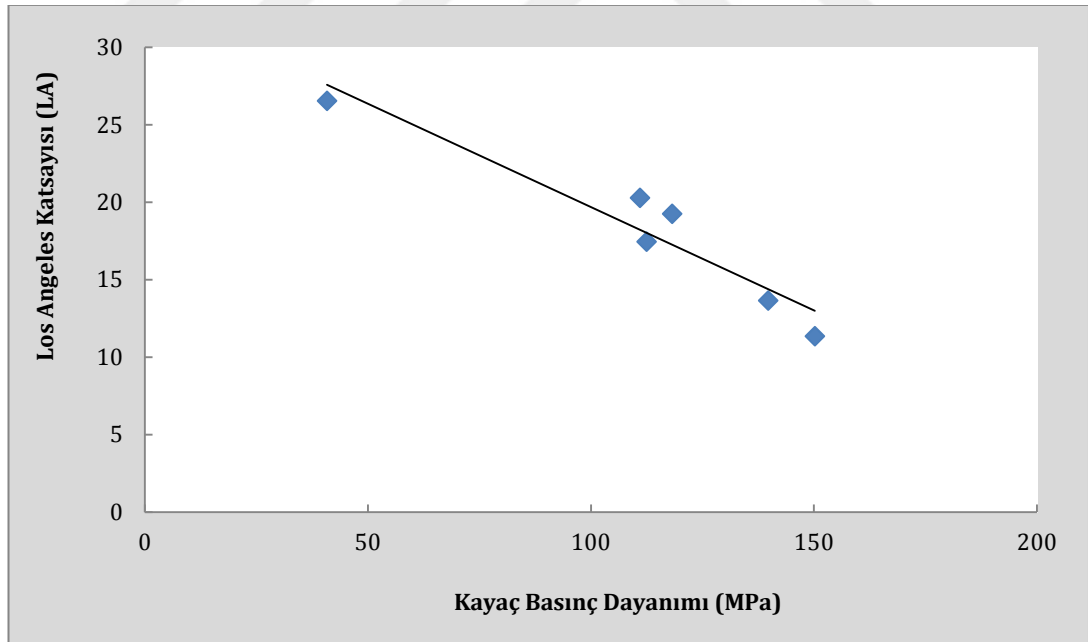
Los Angeles deneyi öncesi ve sonrası agregalar Şekil 4. 89'de verilmiştir. TS 706 EN12620+A1 (2009) de belirtilen Los Angeles katsayısı değerlerine göre agregaların betonda kullanıma uygundur.

TS 706 EN12620+A1 (2009)'ye göre trakibazalt ve dolomit LA<sub>15</sub>, kum-çakıl ve kireçtaşı LA<sub>20</sub>, rekristalize kireçtaşı ve tefri-fonolit LA<sub>25</sub> katagorisinde yer almaktadır.

ASTM C 131-89 (2002)'da belirtilen kriterlere göre tez kapsamında kullanılan agregalar parçalanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Los Angeles kaybının yaklaşık %20-25 olması normal betonda kullanılabilirlik için yeterlidir. Bununla birlikte çalışmanın konusunu oluşturan tüm agregalar Los Angeles katsayısı bakımından değerlendirildiğinde yol betonu olarak da kullanılabilir.



Şekil 4.89. Los Angeles deneyi öncesi ve sonrası agregalar



Şekil 4.90. Agregaların Los Angeles katsayısı ile kayaç dayanımı arasındaki ilişki

$$LA=33,023-0,1333 \quad r^2=0,91 \quad (4.4)$$

Kayaç dayanımı ile agregaların Los Angeles katsayısı arasında Şekil 4.90'de gösterildiği gibi yüksek korelasyonlu ( $R^2=0,910$ ) ilişki vardır.

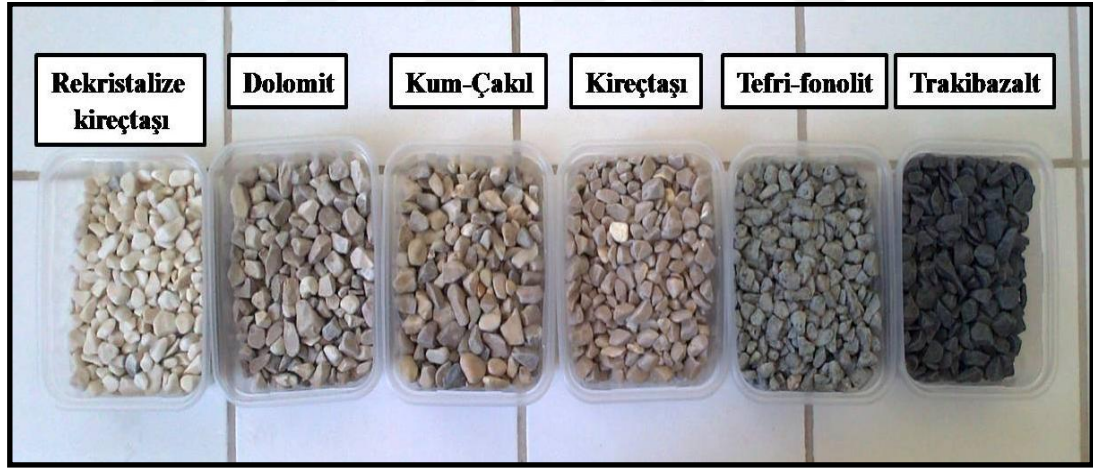
#### 4.4.13. İri agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval) ( $M_{DE}$ )

İri agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval katsayısı,  $M_{DE}$ ), EN 1097-1 (2011)'e uygun olarak tayin edilmiştir. TS 706 EN 12620+A1 (2009)'de belirtilen kategorilere göre Mikro-Deval katsayısı Çizelge 4.42 'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Kategorilere göre Mikro-Deval katsayısı,

Mikro-Deval Katsayısı	Kategori, $M_{DE}$
$\leq 10$	$M_{DE}10$
$\leq 15$	$M_{DE}15$
$\leq 20$	$M_{DE}20$
$\leq 25$	$M_{DE}25$
$\leq 35$	$M_{DE}35$
$> 35$	$M_{DE}beyan$
Serbest	$M_{DE}NR$

Çalışmada kullanılan agregaların tane şekilleri Şekil 4.91'deki gibidir. Agregaların aşınmaya karşı direnci deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.43'de verilmiştir.



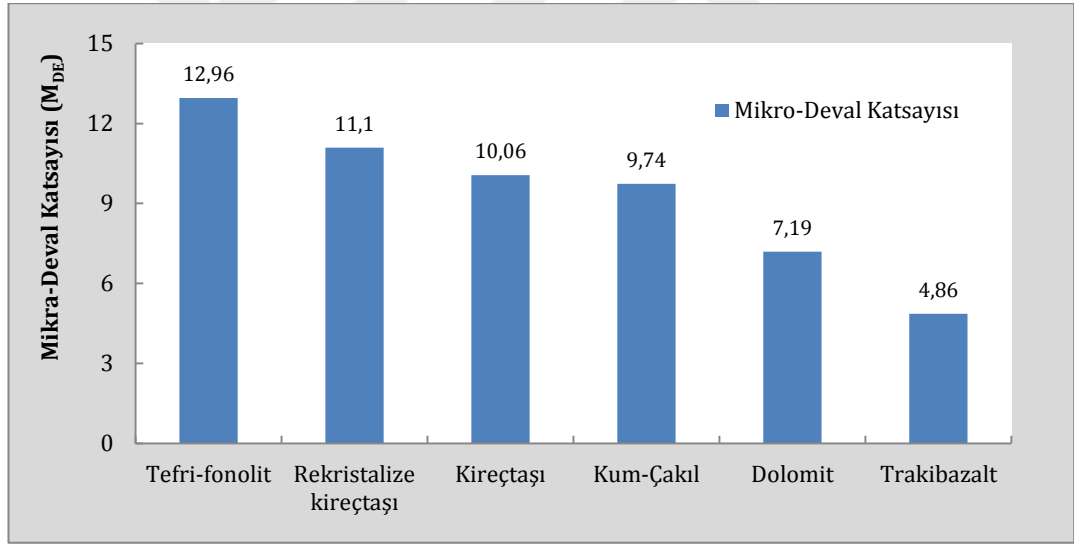
Şekil 4.91. Agregaların Mikro-Deval deneyi sonrası agregaların görünümü

Çizelge 4.43. Agregaların aşınmaya karşı direnci (Mikro-Deval yöntemi)

Agrega Türü	Deney kütlesi	1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan fraksiyonun kütlesi (g)	$M_{DE}$	Ortalama $M_{DE}$
Kum-Çakıl	500	450,65	9,87	9,74
Kum-Çakıl	500	452,00	9,60	
Kireçtaşı	500	450,36	9,93	10,06
Kireçtaşı	500	449,00	10,20	
Dolomit	500	464,40	7,12	7,19
Dolomit	500	463,72	7,26	
Rekristalize kireçtaşı	500	445,00	11,00	11,10

Rekristalize kireçtaşı	500	444,05	11,19	
Tefri-fonolit	500	435,14	12,97	12,96
Tefri-fonolit	500	435,25	12,95	
Trakibazalt	500	475,50	4,90	4,86
Trakibazalt	500	475,87	4,83	

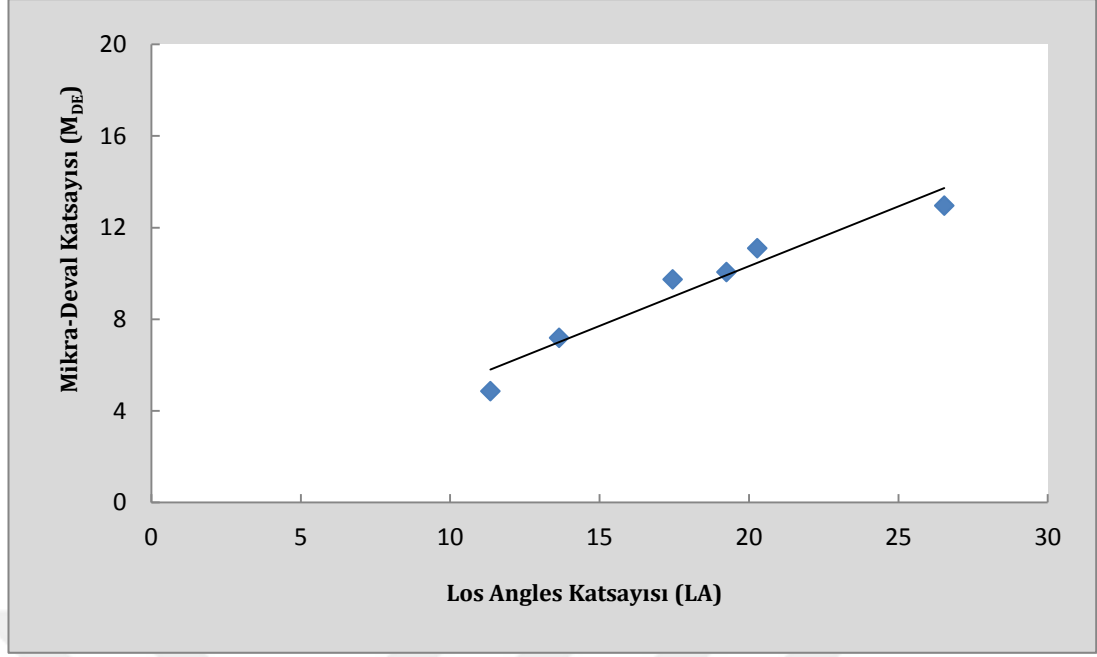
USA’de yapılan araştırmalar sonucunda Mikro-Deval değeri için kabul edilebilir sınır değerin maksimum % 18 olduğu NCHRP (The National Cooperative Highway Research Program) tarafından verilmiştir (Wu vd., 2004). Agregaların  $M_{DE}$  karşılaştırması Şekil 4.92’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan agregalardan trakibazalt, kum-çakıl, dolomit agregasının Mikro-Deval katsayısı  $\leq 10$ ’dan kuktur.  $M_{DE}10$  katagorisinde yer almaktadır. Tefri-fonolit, kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı agregalarının ise Mikro-Deval katsayıları  $\leq 15$ ’den kuktur. Bu agregalar,  $M_{DE}15$  katagorisinde yer almaktadır. Deney sonrasında elde edilen sonuçlara göre agregalar aşınmaya oldukça dayanıklıdır.



Şekil 4.92. Agregaların Mikro-Deval katsayılarının karşılaştırması

Parçalanma sonrası kütle kaybı ve aşınma sonrası kütle kaybı arasında  $R^2$ -değeri 0,940 olan bir ilişki vardır (Şekil 4.93).  $M_{DE}$  ve LA arasındaki eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$M_{DE}=0,5225(LA)-0,1315 \quad r^2=0,94 \quad (4.5)$$



Şekil 4.93. LA ve M<sub>DE</sub> arasındaki ilişki

#### 4.4.14. İri agregaların donma/çözülme etkisine karşı direnci (F)

Donma ve çözülmeye maruz kalan bir ortamda kullanılacak betonlar için donmaya dirençli agregaya ihtiyaç duyulması durumunda, EN 1367-1 (2001)'e uygun olarak tayin edilmiştir (Şekil 4.94). TS 706 EN 12620+A1 (2009)'a göre donma çözülme dirençlerine göre kategoriler Çizelge 4.44'de verilmiştir.

Çizelge 4.44. En yüksek donma-çözülme direnç değerlerine göre kategoriler (TS 706 EN 12620+A1, 2009)

Donma- Çözülme (Kütlece yüzde kaybı <sup>a)</sup> )	Kategori F
≤1	F <sub>1</sub>
≤2	F <sub>2</sub>
≤4	F <sub>4</sub>
>4	F <sub>beyan</sub>
Serbest	F <sub>NR</sub>



Şekil 4.94. Agregaların donma-çözülme karşı direcinin tayini

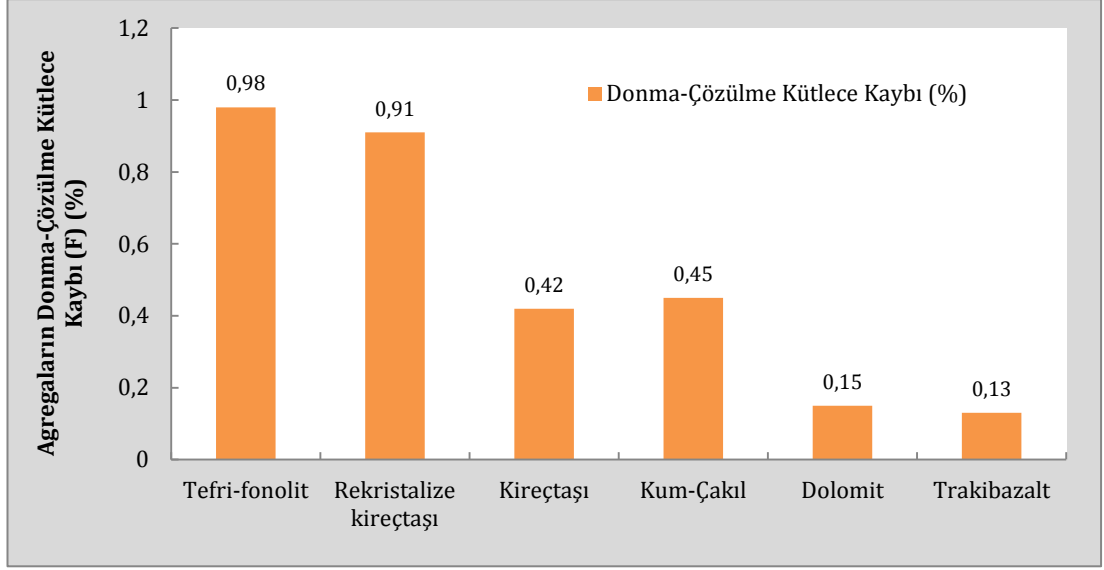
Agregaların belirtilen standarda göre deney sonrası donma-çözülme kütle kaybı (%) hesaplanmıştır (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45. Agregaların deney sonrası donma-çözülme kütle kaybı (F)(%)

Agrega Türü	Deney Öncesi Kütlesi (gr)	Deney Sonrası Kütlesi (gr)	Agregaların Deney Sonrası Donma-Çözülme Kütle Kaybı (%)	Ortalama Kütle Kaybı (%)
Trakibazalt	2290	2287,1	0,13	0,13
	2293,7	2290,8	0,13	
	2300	2296,8	0,14	
Tefri-fonolit	724,2	721,8	0,33	0,98
	724,8	722,3	0,34	
	757,5	755,2	0,30	
Rekristalize Kireçtaşı	807,3	806,1	0,15	0,91
	786,5	785,7	0,10	
	784	778,8	0,66	
Dolomit	778	777,6	0,05	0,15
	849,5	849	0,06	
	811,9	811,6	0,04	
Kireçtaşı	719,9	718,9	0,14	0,42
	737,3	736	0,18	
	733,6	732,8	0,11	
Kum-Çakıl	768,9	767,7	0,16	0,45
	727,5	726,5	0,14	
	877,5	876,1	0,16	

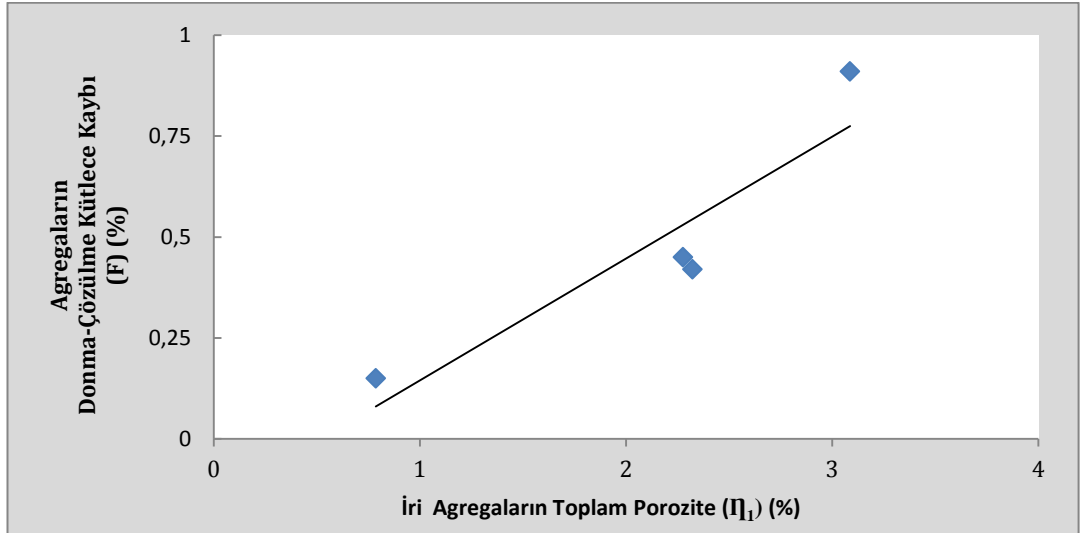
Deney sonrası agregaların donma-çözülme kütle kaybı (%) Şekil 4.95'de verilmiştir. Agregaların donma çözülme sonrası kütle kaybı (%) < 1'dir. TS 706 EN 12620+A1 (2009)'ye göre F<sub>1</sub> kategorisinde yer almaktadır.





Şekil 4.95. Deney sonrası agregaların donma-çözülme kütle kaybı (%)

Tefri-fonolit agregasının donma çözülme kaybı diğerlerine göre yüksektir. Bunun sebebi ise trakibazalt, kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, dolomit agregalarına göre su emme miktarı ( $W_{24}$ ) daha yüksektir. En düşük donma çözülme kütle kaybı (%) trakibazalt ve dolomit agregasında gözlenmektedir. Agregalar donma çözülmeye karşı oldukça dayanıklıdır.



Şekil 4.96. Sedimenter kayalara ait F ve  $\eta_1$  arasındaki ilişki

Çalışma konusunu oluşturan kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, dolomit ve kum-çakıl agregalarının donma çözülme sonrası kütle kaybı ve agregaların toplam poroziteleri arasında aşağıda belirtildiği gibi yüksek korelasyonlu bir ilişki vardır (Şekil 4.96).

$$F=0,302\eta_1-0,1569 \quad r^2=0,85 \quad (4.6)$$

#### 4.4.15. ASTM C 1260 (2007)'a göre agregaların alkali silika reaksiyonu

Birçok betonarme yapıda hasarlar meydana getiren alkali-silika reaksiyonun ASR, oldukça kompleks kimyasal bir reaksiyondur. Bazı çimentoların içinde fazla miktarda bulunan sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ve potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ) gibi alkali oksitler beton gözenek suyu ile reaksiyona girerek sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) ve potasyum hidroksit ( $\text{KOH}$ ) oluştururlar. Bu alkali bileşikler aktif silis içeren agregalarla reaksiyona girerek, zamanla betonu çatlatan bir jel oluşumuna sebep olurlar. Reaksiyonun neden olduğu genleşme belli bir sınırı aştığında beton için potansiyel bir tehlike oluşturur (Neville, 1981).

ASR'nin oluşabilmesi için agregada reaktif silika formları, yeterli miktarda alkali ve ortamda nem bulunmalıdır. Bu koşullardan herhangi biri olmazsa ASR nedeniyle bir genleşme de olmayacaktır. ASR basitçe iki aşamada görülebilir;

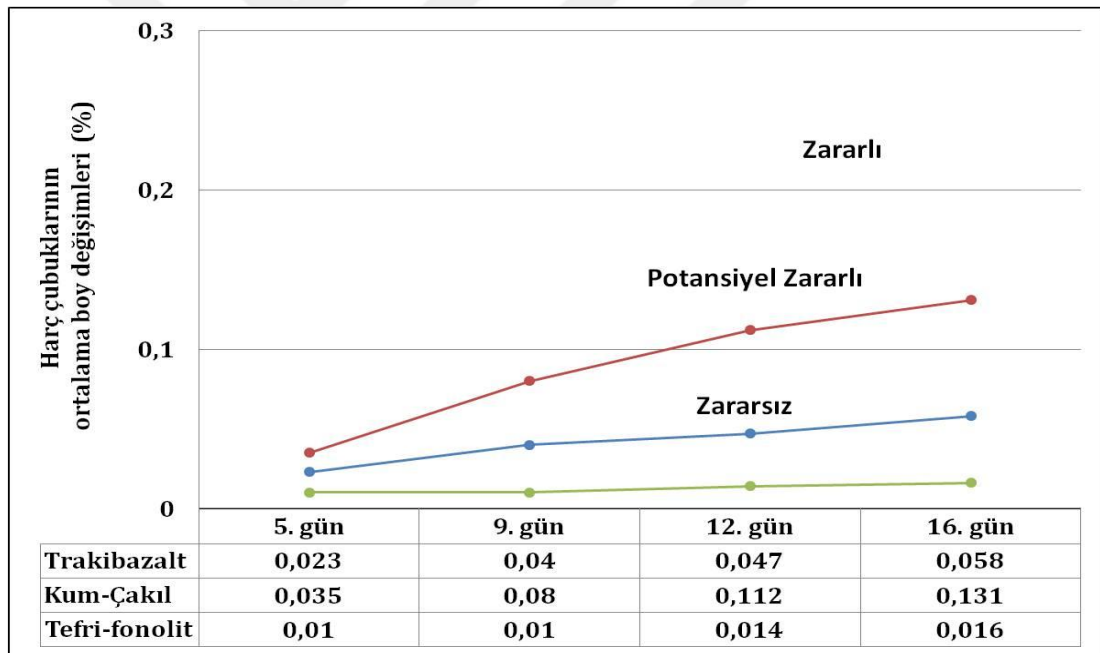
1. Alkali + Reaktif Silika > Alkali-silika jel ürünleri
2. Alkali-silika jeli + Nem > Genleşme

Betonda ASR'nun oluşabilmesi için herhangi bir formda reaktif silisin bulunması gerekmektedir. Reaktif silis oldukça farklı doku ve kristal yapısı sergiler. Silisin doku farklılığı, kayaçlaşma sürecinde azalan soğuma hızına bağlıdır. Silika mineralleri reaktiflikleri açısından; amorf silis, opal, stabil olmayan kristalin silis, çört, kalsedon, silisin diğer kriptokristalin formları, metamorfik olarak ayrılmış ve bozulmuş kuvars, deforme olmuş kuvars, yarı kristalleşmiş kuvars, saf kuvars olarak sıralanabilir (Hobbs, 1988).

Çalışmanın konusunu oluşturan agregalardan alkali silika reaksiyonuna sebep olabilecek agregalar seçilerek TÇMB'ne (Türkiye Çimento Müstahsiller Birliği) gönderilmiştir. TÇMB'de ASTM C 1260 (2007)'a göre yapılan hızla harç çubuğu deney sonuçları ve harç çubuklarının 5. gün, 9. gün, 12. gün ve 15. gün ortalama boy değişimleri gözlemlenmiştir. ASTM C 1260 (2007)'a göre dökümden 16 gün sonraki genleşme miktarları %0,10'un altında ise zararsız, %0,10-%0,20 ise

potansiyel zararlı, %0,20'nin üstünde ise zararlı olarak sınıflandırılmıştır. Harç çubuklarındaki boy değişimi %0,2'yi geçince tehlikeli boyutta alkali silika reaksiyonu çatlakları oluştuğu bilinmektedir.

TÇMB'de ASTM C 1260 (2007)'a göre yapılan hızla harç çubuğu deney sonuçları ve harç çubuklarının ortalama boy değişimleri (%) Şekil 4.97'de verilmiştir. Şekil 4.93'e göre tefri-fonolit boy değişimi 0,016 ve trakibazalt agregaların ortalama boy değişimi 0,058'dir. İki agreganın boy değişimleri %0,1'in altında kaldığı için zararsız boy değişimi olarak değerlendirilmektedir. Fakat Kum-Çakıl agregasının 15. gün sonundaki boy değişimi 0,131'dir. Bu değer %0,10-%0,20 arasında olduğu için potansiyel zararlı boy değişimi miktarıdır. Buna göre agreganın reaktif olduğu söylenebilir. Bunun anlamı bu tür agregalarla üretilen betonlarda tezin bölümünde belirtilen önlemler alınmalıdır.



Şekil 4.97. Agregalardan yapılan harç çubuklarının ortalama boy değişimleri

#### 4.4.16. Asitte çözülebilen sülfat

Agregalarda bulunan sülfatlar, betonun toplam sülfat içeriğini artırarak betonda zararlı etkilere sebep olurlar. Sülfatın zararlı etkisi sülfat iyonlarının sertleşmiş betondaki alüminli ve kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Reaksiyon ürünleri sertleşmiş betonda genişleme yaratarak

agrega-çimento hamuru aderansının olumsuz yönde etkilenmesine, çatlak oluşumun ve geçirimsizliğin artmasına yol açar. İleri derecedeki etkilenmelerde ise betonun tamamen dağılması söz konusudur (Tosun ve Yazıcı, 2003). Agregaların asitte çözünebilen sülfat içeriğini belirlemek için TS EN 1744-1 (2010) standardı kullanılmaktadır. Bu standarda göre agregaların asitte çözünebilen en yüksek sülfat muhtevası değerleri için kategoriler bulunmaktadır (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. Asitte çözünebilen en yüksek sülfat muhtevası değerleri için kategoriler (TS EN 1744-1, 2010)

Agrega	Asitte çözünebilen sülfat muhtevası (Kütlece yüzde) (Limit Değerler)	Kategori AS
Havada Soğutulmuş Yüksek Fırın Curufu Dışındaki Agregalar	≤0,2	AS <sub>0,2</sub>
	≥0,8	AS <sub>0,8</sub>
	>0,8	AS <sub>beyan</sub>
	Serbest	AS <sub>NR</sub>
Havada Soğutulmuş Yüksek Fırın Curufu	≤1,0	AS <sub>1,0</sub>
	>1,0	AS <sub>beyan</sub>
	serbest	AS <sub>NR</sub>

Çizelge 4.47’de verilen kategorilere göre, çalışmada kullanılan agregaların asitte çözünebilen sülfat içeriği değerinin sahip olduğu kategori olan AS<sub>0,2</sub> (%0,2)’den daha düşüktür (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. Agregatürlerinin asitte çözünebilen sülfat içeriği miktarları (%)

Agrega türü	Asitte Çözünebilen SO <sub>3</sub> (%)
Rekristalize kireçtaşı	0,04
Kum-Çakıl	0,03
Dolomit	0,04
Kireçtaşı	0,04
Tefri-fonolit	0,03
Trakibazalt	0,03

#### 4.5. Beton karışım özellikleri ve hesaplamaları

Agreganın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlendikten sonra C30/37 beton sınıfı için TS 802 (2009)’de belirtilen beton karışım özelliklerine, aşamalara ve esaslara göre beton karışım tasarımları yapılmıştır. C70/85 beton sınıfı için ise deneme karışımları hazırlanmış ve elde edilen basınç dayanımlarına göre karışım belirlenmiştir.

#### 4.5.1. En büyük agrega tane boyutunun seçilmesi

Agreganın maksimum tane boyutu da beton özelliklerini etkiler. Maksimum tane büyüklüğü için en uygun boyutun 25 mm ve maksimum tane büyüklüğünün 40 mm'den daha büyük olmaması gerektiği bilinmektedir. Bunun sebebi olarak ise, maksimum tane boyutu çok büyük olan agregalardaki tanelerin yüzey alanlarının toplamı oldukça azdır. Bu nedenle çimento hamuru ve agrega yüzeyi arasındaki aderans azalmaktadır. Çimento hamurunun hacim değişiklikleri nedeniyle, çimento hamuru ile agrega tanelerinin yüzeyinde daha büyük gerilmeler oluşmaktadır. Ayrıca maksimum tane boyutu çok büyük olan agregalar, betonun homojenliğini azaltmaktadır (Neville, 1981, Mindess, vd., 1981). TS 802 (2009)'ye göre agrega elek analizinde, kullanılan elek serisi arasında malzemenin kaldığı en üst elek üzerinde % 10'dan daha fazla elekte kalan varsa bir üst elek göz açıklığı, % 10'dan daha az kaldığında ise bu elek göz açıklığı  $D_{en\ büyük}$  olarak kabul edilir. Buna göre tez kapsamında yapılan elek analizi sonuçları değerlendirildiğinde 6 farklı ocağa ait agregaların kırma eleme sonucunda elde edilen agrega  $D_{max}$ 'ı 22.4 mm'dir.

#### 4.5.2. Tane büyüklüğü dağılımının seçilmesi

Betonun yapıda kullanım amacı, betonun maruz kalacağı çevre şartları, yapının inşaat yönetimi agreganın tane büyüklüğü dağılımının seçimi yapılırken göz önünde bulundurulmalıdır. Agrega en büyük tane büyüklüğü 22,4 mm olan karışık (tüvenan) ve iri ve ince agrega sınıflarının birlikte olduğu karışımlar için, pompa ile iletmeye uygun tane dağılım eğrileri Çizelge 4.48'e uygun olmalıdır (TS 802, 2009).

Çizelge 4.48. Pompa ile iletilen beton için agrega karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları (TS 802, 2009).

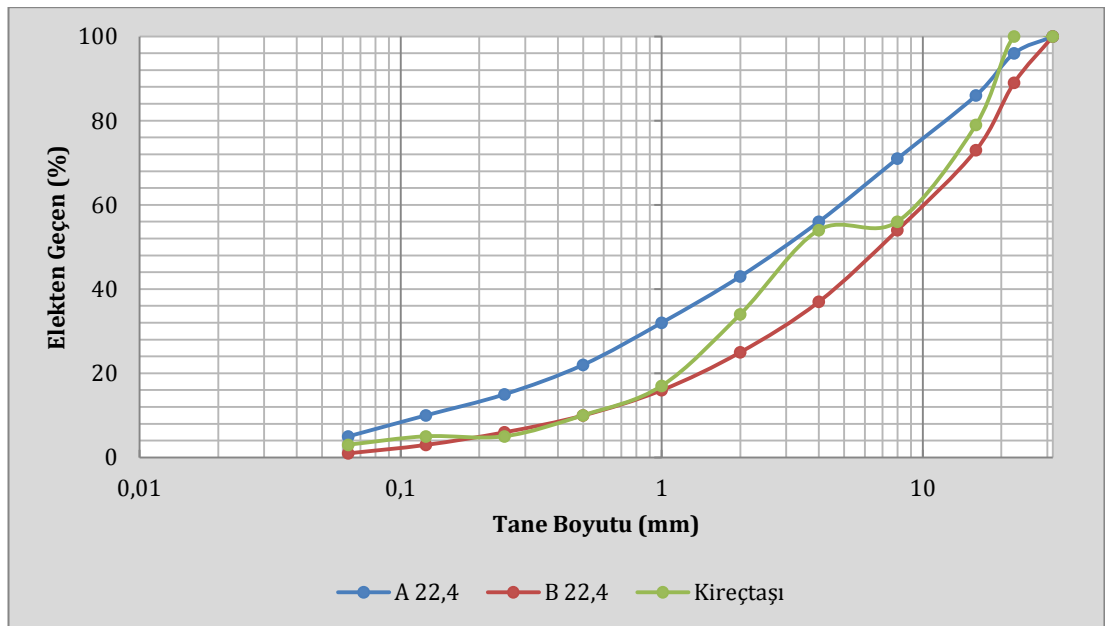
Elek Göz Açıklığı (mm)	Elek No	B 22,4	A 22,4
31,5	11	100	100
22,4	10	96	89
16	9	86	73
8	8	71	54
4	7	56	37
2	6	43	25
1	5	32	16

Çizelge 4.48'in devamı			
0,5	4	22	10
0,25	3	15	6
0,125	2	10	3
0,063	1	5	1
Pan	0	0	0

Tez çalışmasında kullanılan agregaların tane büyüklüğü dağılımları Çizelge 4.49, Çizelge 4.50, Çizelge 4.51, Çizelge 4.52, Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54'de verilmiştir. Kireçtaşı agregasının tane büyüklük dağılımı Çizelge 4.49'da verilmiştir. Agreganın granülometri eğrisi çizildiğinde ve A22,4-B22,4 (TS 802, 2009) standart eğrileriyle karşılaştırıldığında, A22,4-B22,4 eğrileri arasında kalması ince ve iri agrega miktarlarının birbirine yüzdece yakın olduğunu gösterir (Şekil 4.98). İnce agrega miktarı % 54 ve iri agrega miktarı % 46'dır.

Çizelge 4.49. Kireçtaşı agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi

Kireçtaşı												
Elekten Geçen (%)												
Elek No	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Kırma Kum	100	100	100	100	99	63	32	18	10	9	6	0
İnce Agrega	100	100	100	53	7	2	1	1	1	1	1	0
İri Agrega	100	100	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karışım	100	100	79	56	54	34	17	10	5	5	3	0



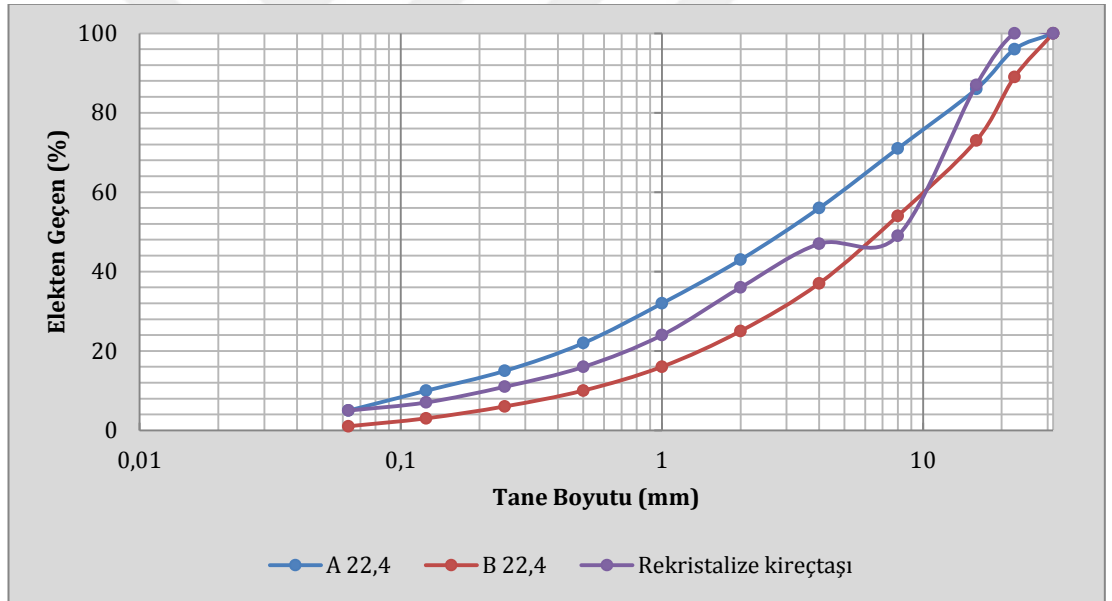
Şekil 4.98. Kireçtaşı agregasının granülometri eğrisi



Rekristalize kireçtaşı agregasının tane büyüklük dağılımı Çizelge 4.50’de verilmiştir. Agreganın granülometri eğrisi çizildiğinde ve A22,4-B22,4 (TS 802, 2009) standart eğrileriyle karşılaştırıldığında, A22,4-B22,4 eğrileri arasında kalması ince ve iri agrega miktarlarının birbirine yüzdece yakın olduğunu gösterir (Şekil 4.99). İnce agrega miktarı % 47 ve iri agrega miktarı % 53’dür.

Çizelge 4.50. Rekristalize kireçtaşı agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi

Rekristalize Kireçtaşı												
Elekten Geçen (%)												
Elek No	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Kırma Kum	100	100	100	100	100	83	55	36	25	16	11	0
İnce Agregası	100	100	100	100	56	9	4	3	3	3	2	0
İri Agregası	100	100	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karışım	100	100	87	49	47	36	24	16	11	7	5	0

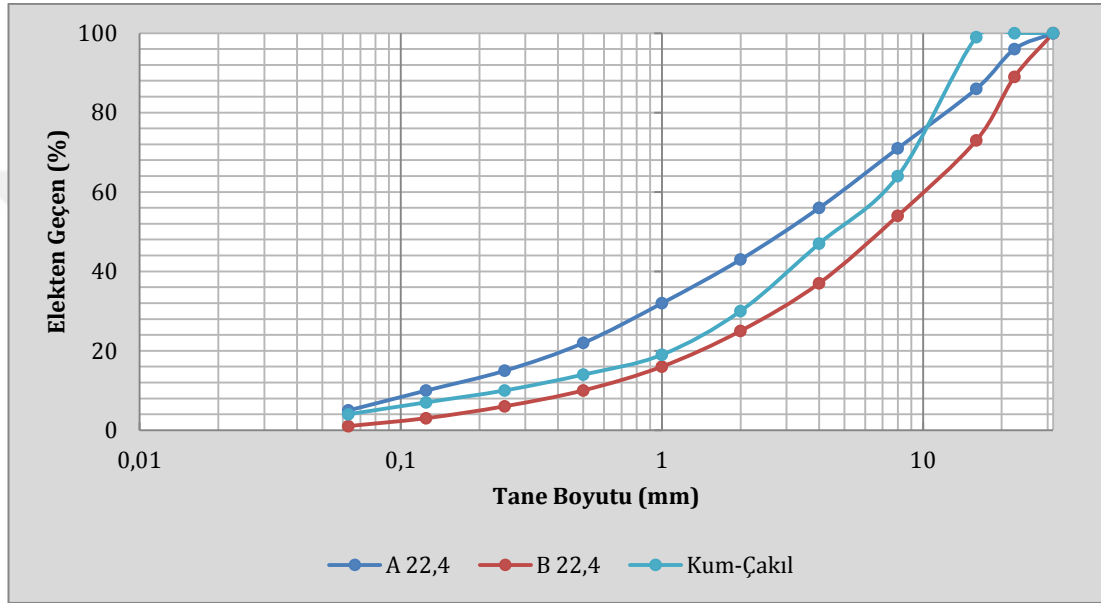


Şekil 4.99. Rekristalize kireçtaşı agregasının granülometri eğrisi

Kum-çakıl agregasının tane büyüklük dağılımı Çizelge 4.51’de verilmiştir. Agreganın granülometri eğrisi çizildiğinde ve A22,4-B22,4 (TS 802, 2009) standart eğrileriyle karşılaştırıldığında, A22,4-B22,4 eğrileri arasında kalması ince ve iri agrega miktarlarının birbirine yüzdece yakın olduğunu gösterir (Şekil 4.100). İnce agrega miktarı %47 ve iri agrega miktarı % 53’dür.

Çizelge 4.51. Kum-Çakıl agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi

Kum-Çakıl												
Elekten Geçen (%)												
Elek No	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Kırma Kum	100	100	100	100	90	60	39	28	21	14	9	0
İnce Agregası	100	100	99	72	40	22	13	8	5	2	1	0
İri Agregası	100	100	88	6	1	0	0	0	0	0	0	0
Karışım	100	100	96	63	47	29	19	13	9	6	4	0

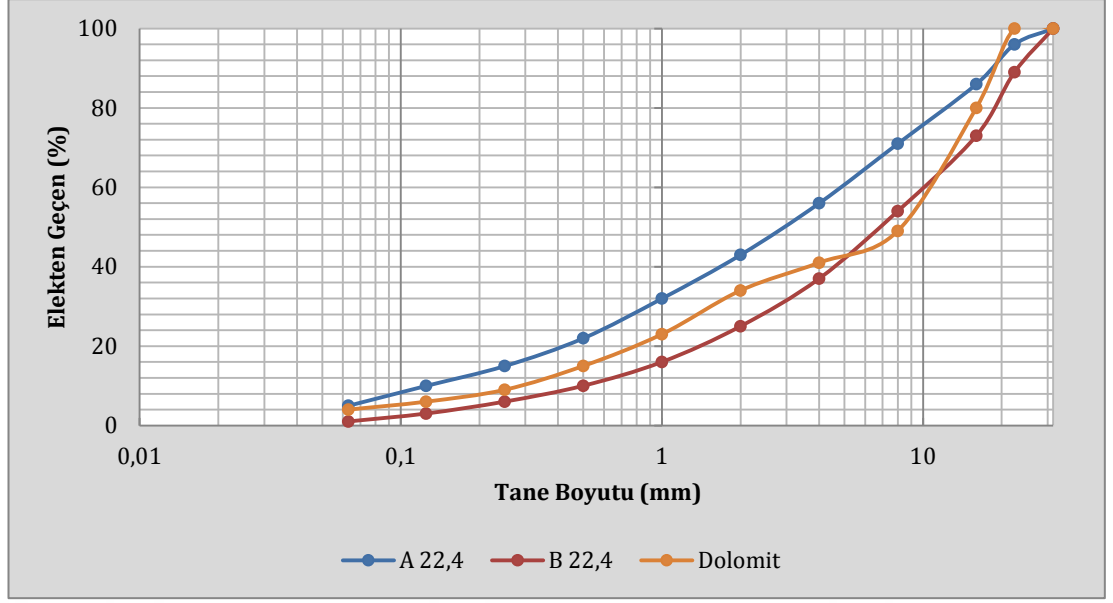


Şekil 4.100. Kum-çakıl agregasının granülometri eğrisi

Dolomit agregasının tane büyüklük dağılımı Çizelge 4.52’de verilmiştir. Agreganın granülometri eğrisi çizildiğinde ve A22,4-B22,4 (TS 802, 2009) standart eğrileriyle karşılaştırıldığında, A22,4 eğrisine yaklaştığı görülmüştür. İnce agrega oranı % 41’dir. İri agrega miktarı ise % 59’dür.

Çizelge 4.52. Dolomit agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi

Dolomit												
Elekten Geçen (%)												
Elek No	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Kırma Kum	100	100	100	100	99	83	56	35	22	13	9	0
İnce Agregası	100	100	100	29	4	1	1	1	1	1	1	0
İri Agregası	100	100	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karışım	100	100	80	49	41	34	23	15	9	6	4	0

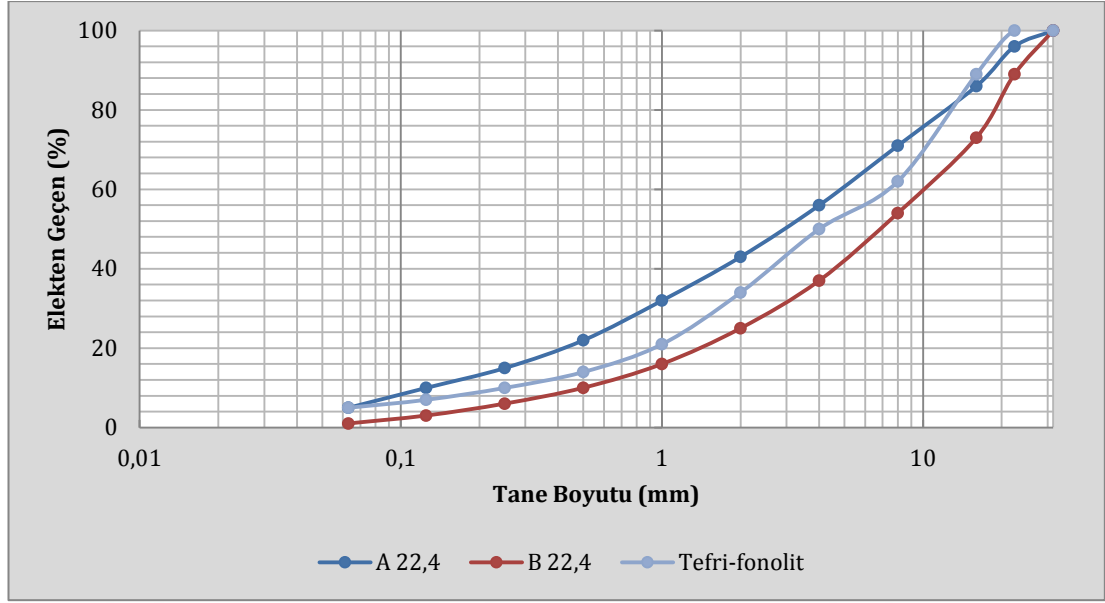


Şekil 4.101. Dolomit agregasının granülometri eğrisi

Terfi-fonolit agregasının tane büyüklük dağılımı Çizelge 4.53'te verilmiştir. Agreganın granülometri eğrisi çizildiğinde ve A22,4-B22,4 (TS 802, 2009) standart eğrileriyle karşılaştırıldığında, A22,4 eğrisine yaklaştığı görülmüştür. İnce agrega oranı % 43'tür. İri agrega miktarı ise % 57'dir.

Çizelge 4.53. Tefri-fonolit agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi

Tefri-fonolit												
Elekten Geçen (%)												
Elek No	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Kırma Kum	100	100	100	100	99	70	43	28	20	14	10	0
İnce Agregası	100	100	100	39	6	1	1	1	1	1	1	0
İri Agregası	100	100	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karışım	100	100	89	62	50	34	21	14	10	7	5	0

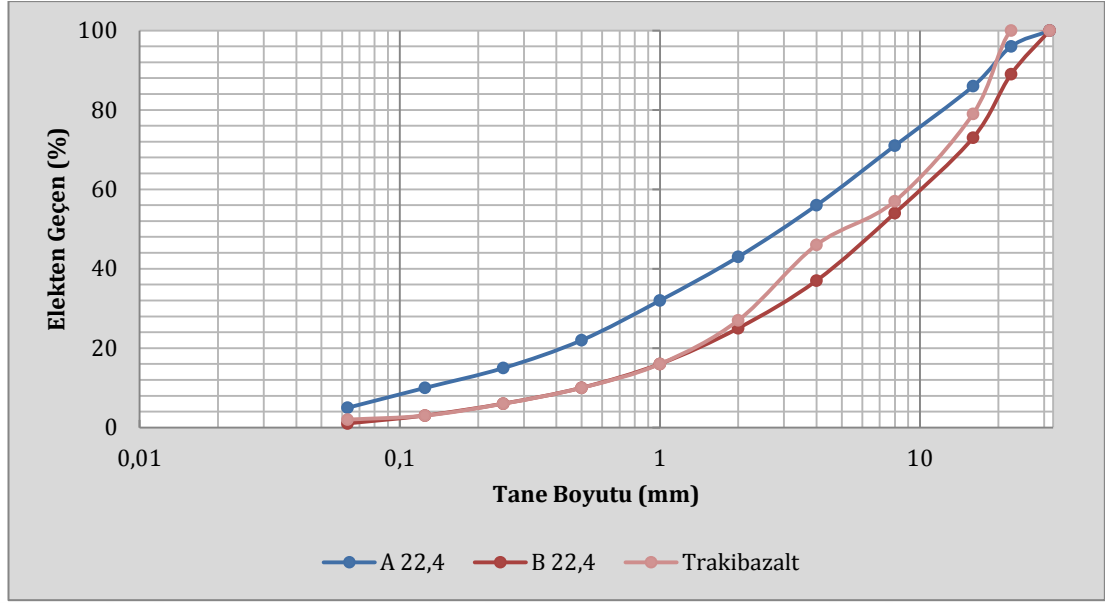


Şekil 4.102. Tefri-fonolit agregasının granülometri eğrisi

Trakibazalt agregasının tane büyüklük dağılımı Çizelge 4.54’de verilmiştir. Agreganın granülometri eğrisi çizildiğinde ve A22,4-B22,4 (TS 802, 2009) standart eğrileriyle karşılaştırıldığında, A22,4 eğrisine yaklaştığı görülmüştür. İnce agrega oranı % 46’dır. İri agrega miktarı ise %54’dür.

Çizelge 4.54. Trakibazalt agregasına ait tane büyüklüğü dağılım yüzdesi ve granülometri eğrisi

Trakibazalt												
Elekten Geçen (%)												
Elek No	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Elek Göz Açıklığı (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Kırma Kum	100	100	100	100	98	59	34	21	13	7	5	0
İnceAgrega	100	100	100	40	6	0	0	0	0	0	0	0
İriAgrega	100	100	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karışım	100	100	79	57	46	27	16	10	6	3	2	0



Şekil 4.103. Trakibazalt agregasının granülometri eğrisi

#### 4.5.3. Agregada karışım oranlarının belirlenmesi

Agregaların granülometrisi belirlendikten sonra üç noktadan geçirme yöntemiyle ters matris kullanılarak agregada türlerine göre beton karışımında yer alacak kırma kum, ince agregada ve iri agregada oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. Agregada karışım oranlarının 3 noktadan geçirme yöntemiyle Ters matris kullanılarak belirlenmesi

KİREÇTAŞI	KUM-ÇAKIL
$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0,52 \\ 0,63 & 0,02 & 0 \end{bmatrix}$	$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0,721 & 0,06 \\ 0,90 & 0,40 & 0,01 \end{bmatrix}$
$A^{-1} = \begin{bmatrix} 0,0355 & -0,0683 & 1,6393 \\ -1,1189 & 2,1516 & -1,6393 \\ 2,0833 & -2,0833 & 0 \end{bmatrix}$	$A^{-1} = \begin{bmatrix} 0,0761 & -1,7663 & 2,98910 \\ -0,1993 & 4,0308 & -4,2572 \\ 1,1232 & -2,2645 & 1,2681 \end{bmatrix}$
$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,795 \\ 0,34 \end{bmatrix}$	$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,625 \\ 0,465 \end{bmatrix}$
$X = A^{-1} \cdot B$	$X = A^{-1} \cdot B$
$X = \begin{bmatrix} 0,5386 \\ 0,0343 \\ 0,4271 \end{bmatrix} \text{ (Karışım Oranları)}$	$X = \begin{bmatrix} 0,3621 \\ 0,3404 \\ 0,2976 \end{bmatrix} \text{ (Karışım Oranları)}$

Çizelge 4.55'in devamı

<p style="text-align: center;"><b>REKRİSTALİZE KİREÇTAŞI</b></p> $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0,56 & 1 \\ 0,55 & 0,04 & 0 \end{bmatrix}$ $A^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & -0,1493 & 2,0896 \\ 0 & 2,0522 & -3,7313 \\ 1 & -1,9030 & 1,6418 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,465 \\ 0,24 \end{bmatrix}$ $X = A^{-1} \cdot B$ $X = \begin{bmatrix} 0,4321 \\ 0,0588 \\ 0,5091 \end{bmatrix} \text{ (Karışım Oranları)}$	<p style="text-align: center;"><b>DOLOMİT</b></p> $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0,29 \\ 0,83 & 0,01 & 0 \end{bmatrix}$ $A^{-1} = \begin{bmatrix} 0,0050 & -0,0172 & 1,2195 \\ -0,4134 & 1,4256 & -1,2195 \\ 1,4085 & -1,4085 & 0 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,795 \\ 0,34 \end{bmatrix}$ $X = A^{-1} \cdot B$ $X = \begin{bmatrix} 0,4060 \\ 0,3053 \\ 0,2887 \end{bmatrix} \text{ (Karışım Oranları)}$
<p style="text-align: center;"><b>TEFRİ-FONOLİT</b></p> $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0,39 & 0 \\ 0,7 & 0,01 & 0 \end{bmatrix}$ $A^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & -0,0380 & 1,4829 \\ 0 & 2,6616 & -3,8023 \\ 1 & -2,6236 & 2,3194 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,625 \\ 0,34 \end{bmatrix}$ $X = A^{-1} \cdot B$ $X = \begin{bmatrix} 0,4804 \\ 0,3707 \\ 0,1489 \end{bmatrix} \text{ (Karışım Oranları)}$	<p style="text-align: center;"><b>TRAKİBAZALT</b></p> $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0,17 \\ 0,98 & 0,06 & 0 \end{bmatrix}$ $A^{-1} = \begin{bmatrix} 0,0134 & -0,0786 & 1,0870 \\ -0,2182 & 1,2834 & -1,0870 \\ 1,2048 & -1,2048 & 0 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,795 \\ 0,465 \end{bmatrix}$ $X = A^{-1} \cdot B$ $X = \begin{bmatrix} 0,4563 \\ 0,2967 \\ 0,2470 \end{bmatrix} \text{ (Karışım Oranları)}$

#### 4.5.4. s/ç miktarının seçilmesi

Betonun su/çimento (s/ç) oranı, betonun (katkılı veya katkısız) dayanım sınıfı ve maruz kalacağı dış etkilerin şiddeti ile ilişkilidir. TS EN 206-1 (2014)'de yer alan farklı iklim şartlarına ve çevre etkilerine maruz kalan betonlarla ilgili kısımda betonun içinde bulunacağı çevre etki sınıfı belirlenmeli ve bu sınıfa uygun en az çimento (ç) dozajı, en düşük karakteristik basınç dayanımı ( $f_{ck}$ ) ve en büyük s/ç oranı gibi parametreler belirlenmelidir.



28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak hava sürüklenmemiş beton için TS 802 (2009)'de belirtilen grafiğe göre C30/37 betonu için s/ç oranı aşağıdaki önerilen eşitliğe göre tanımlanmıştır (Bakınız Şekil 3.3.) .

$$s/\text{ç} = -0,38\ln(f_{ck}) + 1,830 \quad r^2=1 \quad \text{eşitliğinden s/ç oranı } \mathbf{0,46} \text{ dır.}$$

Yüksek dayanıma sahip olan C70/85 betonu için deneme karışımlarından elde edilen verilere göre s/ç oranı **0,293** olarak belirlenmiştir.

#### 4.5.5. Su miktarının (s) seçilmesi

Beton yapımı için gerekli karma suyu miktarı (s), doygun agreganın yüzeysel nem suyu ve ilave olarak verilecek suyun toplamıdır. Bu toplam su miktarı, çimento miktarı ile büyük ölçüde bağlantılı olmayıp betonun kıvamı, agreganın tane dağılımı, tane şekli, yüzey alanı, çok ince agreganın ve karışıma girecek havanın miktarı ile ilişkili olup taze ve sertleşmiş betonda aranan işlenebilme özelliği ve dayanıklılık özelliklerini sağlayacak en az miktar olarak seçilir. Betonun karışım suyu miktarı, kıvama, agrega en büyük tane büyüklüğüne ve betonun kimyasal katkı ve hava sürüklenmiş olup olmadığına göre değişir.

Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı TS 802 (2009)'de belirtilen grafiğe göre aşağıda eşitlik önerilmiş ve Akçay deresi (Atabey)'den elde edilen kum-çakıl agregası kullanılarak elde edilen betonun su içeriği (s)

$$s = -36,6\ln(D_{max}) + 309,9 \quad r^2=1 \quad \text{eşitliğinden } \mathbf{196,11 \text{ kg/m}^3} \text{ olarak bulunmuştur (Bakınız Şekil 3.4).}$$

Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı TS 802 (2009)'de belirtilen grafiğe göre aşağıda eşitlik önerilmiş ve kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, tefri-fonolit, trakibazalt, dolomit agregası kullanılarak elde edilen betonun s içeriği;

$s = -31,9 \ln(D_{\max}) + 313,2$   $r^2=1$  eşitliğinden **214,02 kg/m<sup>3</sup>** olarak bulunmuştur (Bakınız Şekil 3.5).

#### 4.5.6. Hava miktarının seçilmesi

Betonun toplam hava içeriği, agrega en büyük tane büyüklüğüne iklim şartlarına ve uygun olarak seçilmelidir. TS 802 (2009)'de belirtilen grafiğe göre hava sürüklenmemiş beton için Dmax 22,4 olan agregaların uygun hava içerikleri aşağıdaki öngörülen eşitlikten hesaplanmıştır (Bakınız Şekil 3.6).

$Hava \text{ İçeriği} = -1,21 \ln(22,4) + 5,611$  Dmax'ı 22,4 mm olan hava sürüklenmemiş betonun hava içeriği **%1,85'**dir.

#### 4.5.7. Kıvamın seçilmesi

Betonun su içeriğine ve kullanılan kimyasal katkılara bağlı olarak belirlenen kıvam sınıfları TS EN 206-1 (2014) standardına uygun olmalıdır. Kendiliğinden yerleşen beton ve çok yüksek akışkan betonlar hariç, beton kıvamı TS EN 12350-2 (2010)'ye göre belirlenmeli ve randımanlı döküm ve homojen bir yapı oluşmasını sağlayacak en düşük değerde olmalıdır.

Genellikle taze beton için çökme değerleri projede betonun döküleceği inşaat tekniğine ve yapı tipine göre önceden belirlenmektedir. Ancak, betonun yerleştirilme şartlarına göre kıvam gerektiğinde artırılabilir veya azaltılabilir. Beton teknolojisindeki ilerlemeler, betonda kimyasal katkı kullanımının oldukça yaygınlaşmış olması, betonun pompalar vasıtasıyla dökülmesi ve yerleştirilmesi nedeniyle aynı s/ç oranı veya daha düşük s/ç oranları ile ayrılmayan, kohezif ve aşırı terleme yapmayan beton imal etmek yoluyla çökme değerleri istenilen düzeylere getirilebilir. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme (slump) değerleri TS 802 (2009)'de belirtilmiştir (Çizelge 4.56).

Çizelge 4.56. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme (slump) değerleri (TS 802, 2009).

Yapı elemanı	Çökme (mm)	
	En az	En fazla
Betonarme temel duvarları ve ayaklar	30	80
Donatısız beton temeller, kesonlar ve altyapı duvarları	30	80

Çizelge 4.56'nın devamı		
Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yanve kemer betonları	50	100
50 100 Döşeme betonları	30	80
Tünel taban kaplama betonları	20	50
Baraj kütle betonu	20	50

#### 4.5.8. Beton karışım hesabının yapılması

İstenen kıvam, işlenebilme, kohezyon, dayanım, dayanıklılık, hacim sabitliği ve aranan diğer özelliklere sahip en ekonomik betonu elde edebilmek amacıyla gerekli çimento, agrega, su, hava ve gerektiğinde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin miktarlarını belirlemek için hesaplamalar yapılmalıdır (TS 802, 2009).

1 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. Beton karışım oranlarının tayini hacim esasına göre yapılmalıdır (TS 802, 2009).

$$\frac{\zeta}{\rho_{\zeta}} + \frac{p}{\rho_p} + \frac{k}{\rho_k} + W + \frac{W_a}{\rho_a} + 10xA = 1000\text{dm}^3$$

Burada;

$\zeta$ : Karışıma girecek çimentonun kütlesi (kg) ,

$p$ : Karışımda çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzolan) miktarı (kg) ,

$k$ : Karışımda kullanılacak kimyasal katkı miktarı (kg) ,

$\rho_{\zeta}$ : Çimentonun yoğunluğu ( kg/dm<sup>3</sup> ) ,

$\rho_p$ : Mineral katkı (puzolan) malzemenin yoğunluğu (kg/dm<sup>3</sup>) ,

$\rho_k$ : Kimyasal katkının yoğunluğu (kg/dm<sup>3</sup>) ,

$W$ : Karışıma girecek suyun hacmi (dm<sup>3</sup>) ,

$W_a$ : Karışıma girecek agreganın miktarı (kg) ,

$\rho_a$ : Agreganın ortalama özkütlesi (g/cm<sup>3</sup>) veya (kg/dm<sup>3</sup>) ,

$A$ : Betondaki toplam hava miktarı (%)

Yukarıdaki belirtilen formüle göre kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, kum-çakıl, dolomit, tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarından elde edilecek C30/37 betonlarının karışım tasarımları Çizelge 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, kum-çakıl, dolomit, tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarından elde edilecek C30/37 betonlarının karışım tasarımları

Kireçtaşı Agregaları Beton karışım Tasarımı (C30/37)														
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni		Elek Açıklıkları (mm)										
		Kireçtaşı		22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Göлтаş			100	79	56	54	34	17	10	5	5	3	0
Dmax.	22,4			Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Karışım giren malzeme miktarı				Karışım Özellikleri										
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru tane yoğunluğu		Hacim (dm <sup>3</sup> )		Miktar (kg)		s/ç oranı		0,46				
Karışım suyu	1	-		214,02		214,02		Toplam agrega kütlesi (kg)		1629,60				
Çimento	3,12	-		149,12		465,26		Agrega Karışım Oranları (%)						
İri agrega	2,67	2,616		266,06		696,00		İri agrega		42,71				
İnce agrega		2,631		21,24		55,90		Kırma kum		3,43				
Kırma kum		2,651		331,08		877,70		İnce agrega		53,86				
Hava				18,5										
Toplam				1000,03		2308,88								
Rekristalize kireçtaşı Agregaları Beton karışım Tasarımı (C30/37)														
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni		Elek Açıklıkları (mm)										
		Rekristalize kireçtaşı		22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Gümüşgün			100	87	49	47	36	24	16	11	7	5	0
Dmax.	22,4			Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Karışım giren malzeme miktarı				Karışım Özellikleri										
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık		Hacim (dm <sup>3</sup> )		Miktar (kg)		s/ç oranı		0,46				
Karışım suyu	1	-		214,02		214,02		Toplam agrega kütlesi (kg)		1632,73				
Çimento	3,12	-		149,12		465,22		Agrega Karışım Oranları (%)						
İri agrega	2,69	2,612		318,23		831,22		İri agrega		50,91				
İnce agrega		2,684		35,77		96		İnce agrega		5,88				
Kırma kum		2,668		264,43		705,50		Kırma kum		43,21				
Hava				18,50		-								
Toplam				1000,07		2312,01								

Çizelge 4.57'nin devamı													
Kum-Çakıl Agregaları Beton karışım Tasarımı (C30/37)													
Üretim bilgileri			Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Kum-Çakıl	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Atabey (Akçay Deresi)		100	96	63	47	29	19	13	9	6	4	0
Dmax.	22,4		Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Karışıma giren malzeme miktarı							Karışım Özellikleri						
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)		s/ç oranı		0,46					
Karışım suyu	1	-	196,11	196,11		Toplam agrega kütlesi (kg)		1721,72					
Çimento	3,12	-	136,64	426,33		Agrega Karışım Oranları (%)							
İri agreg	2,68	2,629	194,88	512,33		İri agreg		29,76					
İnce agreg		2,656	220,64	586,02		İnce agreg		34,04					
Kırma kum		2,671	233,39	623,37		Kırma kum		36,21					
Hava			18,50	-									
Toplam			1000,16	2344,16									
Dolomit Agregaları Beton karışım Tasarımı (C30/37)													
Üretim bilgileri			Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Dolomit	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Büyükhaçlar		100	80	49	41	34	23	15	9	6	4	0
Dmax.	22,4		Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Karışıma giren malzeme miktarı							Karışım Özellikleri						
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)		s/ç oranı		0,46					
Karışım suyu	1	-	214,02	214,02		Toplam agreg		1724,52					
Çimento	3,12	-	149,12	465,26		Agrega Karışım Oranları (%)							
İri agreg	2,80	2,784	178,83	497,87		İri agreg		28,87					
İnce agreg		2,788	188,84	526,50		İnce agreg		30,53					
Kırma kum		2,793	250,68	700,16		Kırma kum		40,60					
Hava			18,50	-									
Toplam			1000,00	2403,80									
Tefri-fonolit Agregaları Beton karışım Tasarımı (C30/37)													
Üretim bilgileri			Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Tefri-fonolit	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan

<b>Agrega Yeri</b>	Direkli köyü	100	89	62	50	34	21	14	10	7	5	0	
Çizelge 4.57'nin devamı													
<b>Dmax.</b>	22,4	<b>Karışım Suyu</b>						<b>Şebeke Suyu</b>					
<b>Karışıma giren malzeme miktarı</b>									<b>Karışım Özellikleri</b>				
	<b>Özkütle (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık</b>	<b>Hacim (dm<sup>3</sup>)</b>	<b>Miktar (kg)</b>	<b>s/ç oranı</b>		0,46						
<b>Karışım suyu</b>	1	-	214,02	214,02	<b>Toplam agrega kütlesi (kg)</b>		1549,54						
<b>Çimento</b>	3,12	-	149,12	465,26	<b>Agrega Karışım Oranları (%)</b>								
<b>İri agrega</b>	2,62	2,420	95,34	230,73	<b>İri agrega</b>		14,89						
<b>İnce agrega</b>		2,469	232,65	574,42	<b>İnce agrega</b>		37,07						
<b>Kırma kum</b>		2,561	290,67	744,40	<b>Kırma kum</b>		48,04						
<b>Hava</b>			18,50	-									
<b>Toplam</b>			<b>1000,30</b>	<b>2228,82</b>									
<b>Trakibazalt Agregaları Beton Karışım Tasarımı (C30/37)</b>													
<b>Üretim bilgileri</b>						<b>Agrega Granülometrisi</b>							
<b>Çimento türü</b>	CEM I 42.5 R	<b>Agrega kökeni</b>	<b>Elek Açıklıkları (mm)</b>										
		<b>TRAKİBAZALT</b>	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
<b>Agrega Yeri</b>	Kayıköy (Gökçe Tepe)		100	79	57	46	27	16	10	6	3	2	0
<b>Dmax.</b>	22,4	<b>Karışım Suyu</b>						<b>Şebeke Suyu</b>					
<b>Karışıma giren malzeme miktarı</b>									<b>Karışım Özellikleri</b>				
	<b>Özkütle (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Doygun yüzeyi tane yoğunluğu</b>	<b>Hacim (dm<sup>3</sup>)</b>	<b>Miktar (kg)</b>	<b>s/ç oranı</b>		0,46						
<b>Karışım suyu</b>	1	-	214,02	214,02	<b>Toplam agrega kütlesi (kg)</b>		1813,37						
<b>Çimento</b>	3,12	-	149,12	465,26	<b>Agrega Karışım Oranları (%)</b>								
<b>İri agrega</b>	2,97	2,917	153,55	447,90	<b>İri agrega</b>		24,70						
<b>İnce agrega</b>		2,931	183,56	538,03	<b>İnce agrega</b>		29,67						
<b>Kırma kum</b>		2,942	281,28	827,44	<b>Kırma kum</b>		45,63						
<b>Hava</b>			18,50	-									
<b>Toplam</b>			<b>1000,01</b>	<b>2492,65</b>									

Kireçtaşı, Rekrystalize kireçtaşı, kum-çakıl, dolomit, tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarından elde edilecek C70/85 betonlarının karışım tasarımları Çizelge 4.58'de verilmiştir.



Çizelge 4.58. Kireçtaşı, Rekrystalize kireçtaşı, kum-çakıl, dolomit, tefri-fonolit ve trakibazalt agregalarından elde edilecek C70/85 betonlarının karışım tasarımları

Kireçtaşı Agregaları Beton karışım Tasarımı (C70/85)													
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi									
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Kireçtaşı	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Göлтаş		100	79	56	54	34	17	10	5	5	3	0
Dmax.	22,4		Karışım Suyu						Şebeke Suyu				
Mineral Katkı	Silis Dumanı		Kimyasal Katkı						Glenium SKY 608				
Karışıma giren malzeme miktarı							Karışım Özellikleri						
	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	s/ç oranı		0,293						
Karışım suyu	1		159	159	Toplam agrega kütlesi (kg)		1581,58						
Çimento	3,12		158,12	493,33	Agrega Karışım Oranları (%)								
İri agrega	2,67	2,616	258,21	675,47	İri agrega	42,71							
İnce agrega		2,631	20,63	54,29	İnce agrega	3,43							
Kırma kum		2,651	321,32	851,83	Kırma kum	53,86							
Hava			18,50										
Kimyasal Katkı	1,09		41,82	45,58									
Mineral Katkı	2,2		22,42	49,33									
Toplam			1000,02	2328,83									
Rekrystalize kireçtaşı Agregaları Beton karışım Tasarımı (C70/85)													
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi									
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Rekrystalize kireçtaşı	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Gümüştün		100	87	49	47	36	24	16	11	7	5	0
Dmax.	22,4		Karışım Suyu						Şebeke Suyu				
Mineral Katkı	Silis Dumanı		Kimyasal Katkı						Glenium SKY 608				
Karışıma giren malzeme miktarı							Karışım Özellikleri						
	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	s/ç oranı		0,293						
Karışım suyu	1		159	159	Toplam agrega kütlesi (kg)		1583,35						
Çimento türü	3,12		158,12	493,33	Agrega Karışım Oranları (%)								
İri agrega	2,69	2,612	308,63	806,15	İri agrega	50,91							
İnce agrega		2,684	35,14	93,05	İnce agrega	5,88							
Kırma kum		2,668	256,43	684,15	Kırma kum	43,21							
Hava			18,50										
Kimyasal Katkı	1,09		41,82	45,58									
Mineral Katkı	2,2		22,42	49,33									

Çizelge 4.58'in devamı													
Toplam				1000,06		2330,60							
Dolomit Agregaları Beton karışım Tasarımı (C70/85)													
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi									
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Dolomit	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Büyükhacılar		100	80	49	41	34	23	15	9	6	4	0
Dmax.	22,4		Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Mineral Katkı	Silis Dumanı		Kimyasal Katkı					Glenium SKY 608					
Karışıma giren malzeme miktarı								Karışım Özellikleri					
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	s/ç oranı			0,293					
Karışım suyu	1	-	159	159	Toplam agrega kütlesi (kg)			1673,71					
Çimento	3,12	-	158,12	493,33	Agrega Karışım Oranları (%)								
İri agreg	2,80	2,784	173,58	483,25	İri agreg			40,60					
İnce agreg		2,788	183,28	511,00	İnce agreg			30,53					
Kırma kum		2,793	243,27	679,46	Kırma kum			28,87					
Hava			18,50	-									
Kimyasal Katkı	1,09	-	41,82	45,58									
Mineral Katkı	2,2	-	22,42	49,33									
Toplam			1000	2420,95									
Kum-Çakıl Agregaları Beton karışım Tasarımı (C70/85)													
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi									
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni	Elek Açıklıkları (mm)										
		Kum-çakıl	22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Atabey (Akçay Deresi)		100	96	63	47	29	19	13	9	6	4	0
Dmax.	22,4		Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Mineral Katkı	Silis Dumanı		Kimyasal Katkı					Glenium SKY 608					
Karışıma giren malzeme miktarı								Karışım Özellikleri					
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun yüzeyi kuru birim ağırlık	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	s/ç oranı			0,293					
Karışım suyu	1	-	159	159	Toplam agrega kütlesi (kg)			1592,72					
Çimento	3,12	-	158,12	493,33	Agrega Karışım Oranları (%)								
İri agreg	2,68	2,629	180,28	473,95	İri agreg			29,76					
İnce agreg		2,656	204,11	542,11	İnce agreg			34,04					
Kırma kum		2,671	215,90	576,67	Kırma kum			36,21					
Hava			18,50	-									
Kimyasal Katkı	1,09	-	41,82	45,58									
Mineral Katkı	2,2	-	22,42	49,33									
Toplam			1000,14	2339,97									

Çizelge 4.58'in devamı

Tefri-fonolit Agregaları Beton karışım Tasarımı (C70/85)														
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni		Elek Açıklıkları (mm)										
		Tefri-fonolit		22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Direkli köyü			100	89	62	50	34	21	14	10	7	5	0
Dmax.	22,4			Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Mineral Katkı	Silis Dumanı			Kimyasal Katkı					Glenium SKY 608					
Karışıma giren malzeme miktarı							Karışım Özellikleri							
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doğgun yüzeyi kuru birim ağırlık		Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	s/ç oranı		0,293						
Karışım suyu	1	-		158,12	493,33	Toplam agrega kütlesi (kg)		1503,89						
Çimento	3,12	-		159	159	Agrega Karışım Oranları (%)								
İri agrega	2,62	2,420		92,51	223,87	İri agrega		14,89						
İnce agrega		2,469		225,81	557,52	İnce agrega		37,07						
Kırma kum		2,561		282,11	722,50	Kırma kum		48,04						
Hava														
Kimyasal Katkı	1,09			41,82	45,58									
Mineral Katkı	2,2			22,42	49,33									
Toplam				1000,29	2251,13									
Trakibazalt Agregaları Beton karışım Tasarımı (C70/85)														
Üretim bilgileri				Agrega Granülometrisi										
Çimento türü	CEM I 42.5 R	Agrega kökeni		Elek Açıklıkları (mm)										
		Trakibazalt		22,4	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,150	0,063	Pan
Agrega Yeri	Kayıköy (Gökçe Tepe)			100	79	57	46	27	16	10	6	3	2	0
Dmax.	22,4			Karışım Suyu					Şebeke Suyu					
Mineral Katkı	Silis Dumanı			Kimyasal Katkı					Glenium SKY 608					
Karışıma giren malzeme miktarı							Karışım Özellikleri							
Çimento	Özkütle (gr/cm <sup>3</sup> )	Doğgun yüzeyi kuru birim ağırlık		Hacim (dm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	s/ç oranı		0,293						
Karışım suyu	1	-		159	159	Toplam agrega kütlesi (kg)		1759,94						
Çimento	3,12	-		158,12	493,33	Agrega Karışım Oranları (%)								
İri agrega	2,97	2,917		149,02	434,68	İri agrega		24,70						
İnce agrega		2,931		178,15	522,15	İnce agrega		29,67						
Kırma kum		2,942		272,98	803,11	Kırma kum		45,63						
Hava	18,50													
Kimyasal Katkı	1,09	-		41,82	45,58									
Mineral Katkı	2,2	-		22,42	49,33									
Toplam				1000,01	2507,19									

#### 4.6. Taze beton

Taze beton, karıştırma işlemi tamamlandıktan seçilen metotla taşınabilir, yerleştirilebilir sıkıştırılabilir ve yüzeyi düzeltilebilir beton olarak tanımlanabilir (Şekil 4.104).



Şekil 4.104. Taze betonun mikserde karıştırılması ve kalıplara yerleştirilmiş taze beton

Betonun kullanım amacına göre yapılacak olan işlemler sırasında agregayla çimento harcı arasında ayrışma olmaması gerekir Bununla birlikte işlemler sırasında geçen süre boyunca özelliklerini kaybetmemesi gerekir. Betonun sertleşmesi sırasında buharlaşmayla birlikte veya yerleştirme ve sıkıştırma sırasında taze betonda terleme oldukça az olmalıdır ve segregasyon olmamalıdır. Çalışma kapsamında hazırlanan her agregaya (6 farklı agregaya) için farklı 2 beton sınıfında (C30/37-C70/85) 12 karışım hazırlanmış ve her karışımdan dinamik elastisite modülü-Poisson oranı, su emme miktarı ve basınç dayanımlarının (3., 7. ve 28. günlük) belirlenmesi için 150x150x150mm boyutunda 24 tane küp numune, eğilme dayanımı için 150x150x600mm boyutunda 3 tane prizma numune, yarmada çekme dayanımı için 150x300mm boyutunda 3 tane silindirik numune hazırlanmıştır (Şekil 4.104).

##### 4.6.1. Taze betonun yoğunluğu

Sıkıştırılmış taze betonun yoğunluğu TS EN 12350-6 (2010)'ya göre yapılmıştır. Standartta göre taze beton örnekleri hacmi belli bir kap en kesit alanına düzgün

bir şekilde dağıtılarak 3 tabaka halinde ve her tabakada, sıkıştırma çubuğu ile en az 25 kez şişlenerek ve beton içerisindeki hapsolmuş havanın tahliyesi sağlanarak taze betonun yoğunluğu belirlenmiştir (Şekil 4.104).



Şekil 4.105. Taze betonun yoğunluğunun belirlenmesi

TS EN 12350-6 (2010) standardında belirtilen hesaplamalara göre C30/37 sınıfında hazırlanan kireçtaşı (KÇT<sub>30</sub>), rekrystalize kireçtaşı (RKÇT<sub>30</sub>), kum-çakıl (KÇ<sub>30</sub>), dolomit (DO<sub>30</sub>), tefri-fonolit (TF<sub>30</sub>), trakibazalt (TB<sub>30</sub>), beton yoğunlukları ile C70/80 sınıfında hazırlanan kireçtaşı (KÇT<sub>70</sub>), rekrystalize kireçtaşı (RKÇT<sub>70</sub>) kum-çakıl C70/85 (KÇ<sub>70</sub>), dolomit (DO<sub>70</sub>), tefri-fonolit (TF<sub>70</sub>), trakibazalt (TB<sub>70</sub>) beton yoğunlukları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.59’da verilmiştir.

Çizelge 4.59. C30/37 ve C70/85 taze beton yoğunluğu (D) ve relatif verim (R<sub>ver</sub>)

C30/37 Betonu							
Beton Türü	Hesaplanmış Teorik Beton			Taze Beton			Relatif Verim
	Ağırlık (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Beton Yoğunluğu kg/m <sup>3</sup>	Ağırlık (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Beton Yoğunluğu kg/m <sup>3</sup>	
KÇT <sub>30</sub>	2308,88	1000,03	<b>2308,811</b>	6877	2980	<b>2307,718</b>	<b>1,000</b>
RKÇT <sub>30</sub>	2312,01	1000,07	<b>2311,848</b>	6885	2980	<b>2310,403</b>	<b>1,001</b>
KÇ <sub>30</sub>	2344,16	1000,16	<b>2343,785</b>	6981	2980	<b>2342,617</b>	<b>1,000</b>
DO <sub>30</sub>	2403,8	1000	<b>2403,8</b>	7182	2980	<b>2410,067</b>	<b>0,997</b>
TF <sub>30</sub>	2228,82	1000,3	<b>2228,152</b>	6633	2980	<b>2225,839</b>	<b>1,001</b>
TB <sub>30</sub>	2492,65	1000,01	<b>2492,625</b>	7445	2980	<b>2498,322</b>	<b>0,998</b>

Çizelge 4.59'un devamı							
C70/85 Betonu							
Beton Türü	Hesaplanmış Teorik Beton			Taze Beton			Relatif Verim
	Ağırlık (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Beton Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	Ağırlık (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Beton Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	
KÇT <sub>70</sub>	2328,83	1000,02	2328,783	6947	2980	2331,208	0,999
RKÇT <sub>70</sub>	2330,6	1000,06	2330,46	6954	2980	2333,557	0,999
KÇ <sub>70</sub>	2339,97	1000,14	2339,642	6985	2980	2343,96	0,998
DO <sub>70</sub>	2420,95	1000	2420,95	7253	2980	2433,893	0,995
TF <sub>70</sub>	2251,13	1000,29	2250,477	6705	2980	2250	1,000
TB <sub>70</sub>	2507,19	1000,01	2507,165	7512	2980	2520,805	0,995

Çizelge 4.59'da görüldüğü gibi trakibazalt ve dolomit agregası kullanılarak üretilmiş betonların taze beton yoğunlukları diğerlerine göre daha yüksektir. En düşük taze beton yoğunluğu tefri-fonolit agregasından üretilmiş taze betona aittir. Beton içerisine giren agregaların özkütlesinin yüksek olması, üretilen betonların yoğunluklarının yüksek olmasına neden olmaktadır.

Tez kapsamında üretilmiş betonların teorik beton yoğunluğuna göre relatif verimleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.59'a göre relatif verimi 1'den düşük olan taze betonlarda istenilen beton hacminden daha az üretildiğini göstermektedir. C30/37 betonlarında ve C70/85 betonlarına özkütlesi fazla olan dolomit ve trakibazalt agregalı betonların relatif verimlerinin diğer agregalı betonlara göre düşük olduğu ve buna göre hesaplanan beton hacminden daha az hacimde beton elde edildiği görülmüştür.

#### 4.6.2. Hava içeriği

Betonda hava içeriği, betondaki kapalı agrega boşlukları haricinde mevcut hava hacminin beton hacmine oranıdır. Betona girecek malzeme miktarları hesaplanırken hava miktarı %1,8 olarak belirlenmiştir. Elde edilen taze betona göre hava içeriği hesaplanmıştır. Taze betona göre hesaplanan hava miktarı Çizelge 4.60'da verilmiştir.

Çizelge 4.60. Taze betona göre hesaplanan hava miktarı

C30/37 Betonu						
Taze Beton Özellikleri	KÇT <sub>30</sub>	RKÇT <sub>30</sub>	KÇ <sub>30</sub>	DO <sub>30</sub>	TF <sub>30</sub>	TB <sub>30</sub>
Teorik Beton Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	2308,811	2311,848	2343,785	2403,80	2228,152	2492,625



Çizelge 4.60'ın devamı						
<b>Taze Beton Yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2307,718	2310,403	2342,617	2410,067	2225,839	2498,322
<b>Relatif Verim</b>	1,000	1,001	1,001	0,997	1,001	0,998
<b>Hesaplanan Beton Hacmi (Hava Hariç) (dm<sup>3</sup>)</b>	981,53	981,58	981,66	981,5	981,8	981,51
<b>Taze Beton Yoğunluğu (Hava hariç) (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2352,33	2355,42	2387,96	2449,11	2270,14	2539,61
<b>Gerçek Hacim (dm<sup>3</sup>)</b>	1000,50	1000,70	1000,66	997,40	1001,34	997,73
<b>Hesaplanan Hava Miktarı (%)</b>	<b>1,90</b>	<b>1,91</b>	<b>1,90</b>	<b>1,59</b>	<b>1,95</b>	<b>1,63</b>
<b>C70/85 Betonu</b>						
<b>Taze Beton Özellikleri</b>	<b>KÇT<sub>70</sub></b>	<b>RKÇT<sub>70</sub></b>	<b>KÇ<sub>70</sub></b>	<b>DO<sub>70</sub></b>	<b>TF<sub>70</sub></b>	<b>TB<sub>70</sub></b>
<b>Teorik Beton Yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2328,783	2330,46	2339,642	2420,95	2250,477	2507,165
<b>Taze Beton Yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2331,208	2333,557	2343,96	2433,893	2250	2520,805
<b>Relatif Verim</b>	0,999	0,999	0,998	0,995	1,000	0,995
<b>Hesaplanan Beton Hacmi (Hava Hariç) (dm<sup>3</sup>)</b>	981,52	981,56	981,64	981,5	981,79	981,51
<b>Taze Beton Yoğunluğu (Hava hariç) (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2372,68	2374,38	2383,74	2466,58	2292,88	2554,42
<b>Gerçek Hacim (dm<sup>3</sup>)</b>	998,98	998,73	998,30	994,68	1000,50	994,60
<b>Hesaplanan Hava Miktarı (%)</b>	<b>1,75</b>	<b>1,72</b>	<b>1,67</b>	<b>1,33</b>	<b>1,87</b>	<b>1,32</b>

#### 4.6.3. Çökme (Slump)

Çökme deneyi taze betonun işlenebilirlik derecesini ve beton içindeki karma suyu miktarının bir göstergesidir. Genellikle çökme değeri, işlenebilirlik ve su miktarıyla doğru orantılı, basınç dayanımıyla ters orantılıdır. Betonun işlenebilirliğinin kolaylığı için pompalı dökümlerde çökme değeri 14 ila 16 cm arasında olmalıdır.

Betonun işlenebilirliği için bu çökme miktarı elde edilirken projede belirtilen (istenilen) beton dayanımının düşük olmamasına dikkat edilmelidir. Günümüzde beton karışımlarında kullanılan akışkanlaştırıcılar su/çimento oranını sabit tutarak basınç dayanımı düşürmeden betonun işlenebilirliğini artırmaktadır. TS EN 12350-2 (2010)'e göre C30/37 ve C70/85 taze betonların çökme miktarları belirlenmiştir (Şekil 4.106).



Şekil 4.106.Taze betonda çökme miktarının ölçülmesi

Tezin konusunu oluşturan agregaları kullanılarak üretilmiş beton sınıflarına ait ölçülen çökme miktarları Çizelge 4.61’de verilmiştir.

Çizelge 4.61. Beton sınıflarına ait ölçülen çökme miktarları

<b>C30/37 Betonu</b>		<b>C70/85 betonu</b>	
<b>Beton Türü</b>	<b>Çökme Miktarları (mm)</b>	<b>Beton Türü</b>	<b>Çökme Miktarları (mm)</b>
<b>KÇT<sub>30</sub></b>	130	<b>KÇT<sub>70</sub></b>	110
<b>RKÇT<sub>30</sub></b>	130	<b>RKÇT<sub>70</sub></b>	110
<b>KÇ<sub>30</sub></b>	150	<b>KÇ<sub>70</sub></b>	130
<b>DO<sub>30</sub></b>	140	<b>DO<sub>70</sub></b>	120
<b>TF<sub>30</sub></b>	100	<b>TF<sub>70</sub></b>	90
<b>TB<sub>30</sub></b>	110	<b>TB<sub>70</sub></b>	100

Hazırlanan beton karışımlarında C30/37 betonları için çökme miktarları 15 ile 10 cm arasındadır.

Çizelge 4.62’de TS EN 206-1 (2014)’e göre çökme sınıfları verilmiştir. Buna göre C30/37 betonlarından KÇT<sub>30</sub>, RKÇT<sub>30</sub>, KÇ<sub>30</sub>, DO<sub>30</sub>, TF<sub>30</sub> ve TB<sub>30</sub> betonları S3 sınıfında C70/85 betonlarından KÇT<sub>70</sub>, RKÇT<sub>70</sub>, KÇ<sub>70</sub>, DO<sub>70</sub> ve TB<sub>70</sub> betonları S3 sınıfında ve TF<sub>70</sub> ise S2 sınıfında yer almaktadır. Elde edilen taze betonların çökme miktarlarına göre (<13cm), KÇ<sub>30</sub> ve DO<sub>30</sub> betonları diğer betonlara göre akıcı özelliktedir.

Çizelge 4.62. Çökme Sınıfları (TS EN 206-1, 2002)

SINIF	ÇÖKME (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	≥220

Süper akışkanlaştırıcı katkı ve silis dumanı kullanılarak hazırlanan C70/85 betonlarında ise çökme miktarı ise 13-9 cm arasındadır. Kum-çakıl agregası kullanılarak yapılan her iki beton sınıfında çökme miktarının diğer agregalarla üretilmiş beton sınıflarına göre daha yüksek çökme miktarına sahiptir. Bunun sebebinin doğaltaş olması ve tanelerinin diğer agregalara göre daha yuvarlaklaşmış olmasıdır.

#### 4.6.4. Sıkışma sınıfları

Betonun sıkışabilirlik derecesi de betonun işlenebilirliği hakkında bilgi vermektedir. TS EN 206-1 (2014)'de sıkışma derecesi sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.63).

Çizelge 4.63. Sıkışabilme derecesine göre sıkışma sınıfları (TS EN 206-1, 2014)

Sınıf	Sıkışabilme Derecesi
C0	≥ 1,46
C1	1,45-1,26
C2	1,25-1,11
C3	1,10-1,04

Hazırlanan beton örneklerinin sıkışabilme dereceleri Çizelge 4.64'de verilmiştir. Buna göre hazırlanan betonların sıkışabilirlik değerleri hesaplanmıştır.

Beton örnekleri TS EN 206-1 (2014) göre dolomit, kum-çakıl ve trakibazalttan üretilmiş betonlar C3 sınıfında, kireçtaşı, rekrystalize kireçtaşı ve tefri-fonolit agregalardan üretilmiş betonlar ise C2 sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.64. Beton örneklerine ait sıkışabilme dereceleri

C30/37 Betonu		C70/85 Betonu	
Beton Türü	Sıkışabilme derecesi (cm)	Beton Türü	Sıkışabilme derecesi (cm)
KÇT <sub>30</sub>	1,10	KÇT <sub>70</sub>	1,09
REKÇT <sub>30</sub>	1,13	RKÇT <sub>70</sub>	1,11
KÇ <sub>30</sub>	1,07	KÇ <sub>70</sub>	1,05
DO <sub>30</sub>	1,05	DO <sub>70</sub>	1,02
TF <sub>30</sub>	1,15	TF <sub>70</sub>	1,13
TB <sub>30</sub>	1,09	TB <sub>70</sub>	1,08

#### 4.7. Sertleşmiş beton

Priz süresini tamamlayan beton kalıplardan çıkarıldıktan oluşabilecek su kaybını engellemek ve hidrasyon reaksiyonlarının uygun şekilde ve zamanında gerçekleşmesini sağlamak amacıyla uygun şartlarda  $20\pm 2$  °C sıcaklıkta  $\geq 95$  nem altında küre tabi tutulmalıdır (Şekil 4.107).



Şekil 4.107. Sertleşmiş beton küre

TS EN 206-1 (2014)'e göre sertleşmiş beton belirli bir seviyede dayanım kazanmış beton olarak tanımlanmaktadır. Sertleşmiş beton projede veya hedeflenen beton dayanımından daha az dayanıma sahip olmamalıdır. Servis ömrü boyunca dayanıklı ve durabilitesi yüksek olmalıdır.

#### 4.7.1. Yoğunluk

TS EN 12390-7 (2010) standardına göre sertleşmiş beton örneklerinin yoğunlukları belirlenmiştir. Bu standarda göre suya doygun durumdaki 28 günlük C30/37 beton örneklerinin yoğunlukları belirlenmiştir (Çizelge 4.65).

TS 206-1'e (2002) göre normal betonun etüv kurusu yoğunluğu 2000-2600 kg/m<sup>3</sup>'dür. Bu tanıma göre çalışma kapsamında hazırlanan C30/37 sertleşmiş beton örnekleri, yoğunlukları bakımından normal beton sınıfında yer almaktadır. Çizelge 4.65'e göre trakibazalt agregasıyla yapılan TB<sub>30</sub> betonunun yoğunluğu diğer agregalı betonlara göre daha yüksektir (2447 kg/m<sup>3</sup>).

Sedimanter kayaç sınıfında yer alan dolomit agregalı betonların yoğunluğu (DO<sub>30</sub>) çalışmada kullanılan kireçtaşı rekristalize kireçtaşına ve kum-çakıl agregalı betonlarının (KÇT<sub>30</sub>, RKÇT<sub>30</sub>, KÇ<sub>30</sub>) yoğunluklarına göre daha yüksektir (2385 kg/m<sup>3</sup>).

Çizelge 4.65. C30/37 sınıfına ait sertleşmiş beton örneklerinin yoğunlukları

28 Günlük				
Beton Türü	Kütle (kg)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (Kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
KÇT <sub>30</sub>	7,45	3262,50	2283,52	2258
KÇT <sub>30</sub>	7,45	3330,00	2237,24	
KÇT <sub>30</sub>	7,38	3375,00	2186,67	
KÇT <sub>30</sub>	7,50	3363,75	2229,65	
KÇT <sub>30</sub>	7,45	3262,50	2283,52	
KÇT <sub>30</sub>	7,60	3263,40	2328,86	
RKÇT <sub>30</sub>	7,50	3307,50	2267,57	2295
RKÇT <sub>30</sub>	7,65	3262,50	2344,83	
RKÇT <sub>30</sub>	7,60	3330,00	2282,28	
RKÇT <sub>30</sub>	7,55	3352,50	2252,05	
RKÇT <sub>30</sub>	7,65	3330,15	2297,19	
RKÇT <sub>30</sub>	7,70	3307,80	2327,83	
KÇ <sub>30</sub>	8,02	3375,00	2376,30	2329
KÇ <sub>30</sub>	7,55	3352,50	2252,05	
KÇ <sub>30</sub>	7,50	3307,50	2267,57	
KÇ <sub>30</sub>	7,60	3285,00	2313,55	
KÇ <sub>30</sub>	8,04	3375,00	2382,22	
KÇ <sub>30</sub>	8,05	3375,00	2385,19	

Çizelge 4.65'in devamı				
<b>DO<sub>30</sub></b>	7,95	3375,00	2355,56	<b>2385</b>
<b>DO<sub>30</sub></b>	7,95	3375,00	2355,56	
<b>DO<sub>30</sub></b>	7,85	3330,00	2357,36	
<b>DO<sub>30</sub></b>	8,10	3363,75	2408,03	
<b>DO<sub>30</sub></b>	8,05	3352,50	2401,19	
<b>DO<sub>30</sub></b>	8,05	3307,80	2433,64	
<b>TF<sub>30</sub></b>	7,35	3375,00	2177,78	<b>2187</b>
<b>TF<sub>30</sub></b>	7,25	3330,00	2177,18	
<b>TF<sub>30</sub></b>	7,30	3330,00	2192,19	
<b>TF<sub>30</sub></b>	7,30	3375,00	2162,96	
<b>TF<sub>30</sub></b>	7,30	3285,00	2222,22	
<b>TF<sub>30</sub></b>	7,40	3375,00	2192,59	
<b>TB<sub>30</sub></b>	8,08	3285,00	2459,67	<b>2447</b>
<b>TB<sub>30</sub></b>	8,20	3352,50	2445,94	
<b>TB<sub>30</sub></b>	8,25	3352,50	2460,85	
<b>TB<sub>30</sub></b>	8,03	3330,00	2411,41	
<b>TB<sub>30</sub></b>	8,20	3330,15	2462,35	
<b>TB<sub>30</sub></b>	8,25	3375,00	2444,44	

Suya doygun durumdaki 28 günlük C70/85 beton örneklerinin yoğunlukları belirlenmiştir (Çizelge 4.66). Çizelge 4.66'ya göre trakibazalt agregasıyla yapılan TB<sub>70</sub> betonunun yoğunluğu diğer agregalı betonlara göre daha yüksektir (yaklaşık 2500 kg/m<sup>3</sup>).

Sedimanter kayaç sınıfında yer alan dolomit agregalı betonların yoğunluğu (DO<sub>70</sub>) çalışmada kullanılan kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve kum-çakıl agregalı betonlarının (KÇT<sub>70</sub>, RKÇT<sub>70</sub>, KÇ<sub>70</sub>) yoğunluklarına göre daha yüksektir (2422 kg/m<sup>3</sup>).

Tefri-fonolit agregalı betonun (TF<sub>70</sub>) yoğunluğu en düşüktür (2222 kg/m<sup>3</sup>). TS 206-1'deki (2002) tanımlamaya göre çalışma kapsamında hazırlanan C70/85 sertleşmiş beton örnekleri, yoğunlukları bakımından normal beton (2000-2600 kg/m<sup>3</sup>) sınıfında yer almaktadır.



Çizelge 4.66. C70/85 sınıfına ait sertleşmiş beton örneklerinin yoğunlukları

28 Günlük				
Beton Türü	Ağırlık (kg)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (kg/m <sup>3</sup> )
KÇT <sub>70</sub>	7,80	3375	2311,11	2309
KÇT <sub>70</sub>	7,80	3375	2311,11	
KÇT <sub>70</sub>	7,75	3352,5	2311,71	
KÇT <sub>70</sub>	7,70	3352,5	2296,79	
KÇT <sub>70</sub>	7,80	3375	2311,11	
KÇT <sub>70</sub>	7,80	3375	2311,11	
RKÇT <sub>70</sub>	7,85	3375	2325,93	2314
RKÇT <sub>70</sub>	7,75	3375	2296,30	
RKÇT <sub>70</sub>	7,85	3375	2325,93	
RKÇT <sub>70</sub>	7,90	3375	2340,74	
RKÇT <sub>70</sub>	7,80	3375	2311,11	
RKÇT <sub>70</sub>	7,70	3375	2281,48	
KÇ <sub>70</sub>	7,75	3368,25	2300,90	2331
KÇ <sub>70</sub>	7,70	3352,5	2296,79	
KÇ <sub>70</sub>	7,90	3375	2340,74	
KÇ <sub>70</sub>	7,93	3375	2349,63	
KÇ <sub>70</sub>	7,93	3375	2349,63	
KÇ <sub>70</sub>	7,92	3375	2346,67	
DO <sub>70</sub>	8,35	3375	2474,07	2422
DO <sub>70</sub>	8,25	3375	2444,44	
DO <sub>70</sub>	8,00	3363,75	2378,30	
DO <sub>70</sub>	8,00	3368,25	2375,12	
DO <sub>70</sub>	8,10	3372,75	2401,60	
DO <sub>70</sub>	8,30	3375	2459,26	
TF <sub>70</sub>	7,55	3375	2237,04	2222
TF <sub>70</sub>	7,55	3375	2237,04	
TF <sub>70</sub>	7,58	3375	2245,93	
TF <sub>70</sub>	7,45	3370,5	2210,35	
TF <sub>70</sub>	7,40	3363,75	2199,93	
TF <sub>70</sub>	7,35	3341,25	2199,78	
TB <sub>70</sub>	8,35	3352,5	2490,68	2500
TB <sub>70</sub>	8,45	3375	2503,70	
TB <sub>70</sub>	8,45	3375	2503,70	
TB <sub>70</sub>	8,45	3375	2503,70	
TB <sub>70</sub>	8,40s	3352,5	2505,59	
TB <sub>70</sub>	8,35	3352,5	2490,68	

#### 4.7.2. Basınç Dayanımı

Betonun basınç dayanımı, eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için göstereceği dirençtir. Yapılması düşünülen tüm betonarme yapıların tasarımında betonun basınç dayanımı kullanılır. Basınç dayanımının bilinmesi betonun eğilme dayanımı, yarmada çekme dayanımı gibi diğer dayanım büyüklükleri ve betonun diğer özellikleri (su emme, porozite vb.) hakkında fikir verebilir. Kısacası betonun basınç dayanımı, betonun diğer özellikleri ile paralellik gösterir.

Su/çimento oranı, çimentonun cinsi-dozağı, yoğurma suyu, betonun doluluk oranı, kür koşulları ve agreganın özellikleri basınç dayanımını etkiler.

Avrupa ve diğer ülkelerde kullanılan basınç dayanımı 3 sınıfa ayrılmıştır:

Düşük dayanımlı betonlar: Dayanım sınıfı 20 MPa'dan küçük

Orta dayanımlı betonlar: Dayanım sınıfı 20-40 MPa

Yüksek dayanımlı betonlar: Dayanım sınıfı 40 MPa'dan yüksek (Mehta ve Monteiro, 2005).

ABD'deki Stratejik Otoyol Araştırma Programına göre yüksek dayanımlı beton, aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (SHRP-C/FR-91-103, 1991):

Yüksek performanslı beton aşağıdaki özelliklerden birine sahip olmalıdır:

- 4 saatlik basınç dayanımı  $\geq 17,5$  MPa ise çok erken dayanımlı beton,
- 24 saatlik basınç dayanımı  $\geq 35$  MPa ise çok yüksek erken dayanımlı beton
- 28 günlük basınç dayanımı  $\geq 70$  MPa ise çok yüksek dayanımlı betondur.

TS EN 206-1 (2014)'e göre normal dayanımlı beton basınç dayanım sınıfı C50/60'dan düşük olan normal veya ağır betondur. Yüksek dayanımlı beton ise, basınç dayanım sınıfı C50/60'dan daha yüksek olan normal beton veya ağır beton olarak tanımlanmıştır. Çizelge 4.67'de Normal veya ağır betona göre basınç dayanımı sınıfları (TS EN 206-1, 2014) verilmiştir.

Çizelge 4.67. Normal veya ağır betona göre basınç dayanımı

Basınç Dayanım Sınıfı	En düşük Karakteristik Silindir Dayanımı $f_{ck,sil}$ , N/mm <sup>2</sup>	En düşük Karakteristik Küp Dayanımı $f_{ck,sil}$ , N/mm <sup>2</sup>
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Çalışmada agregalardan üretilen betonların basınç dayanımları TS EN 12390-3 (2010)'e göre Isparta Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü Beton Laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 4.108). Basınç dayanımı sırasında gözlenen kırılma şekilleri TS EN 12390-3 (2010)'e uygundur.



Şekil 4.108. Basınç dayanım testi ve basınç deneyi sonrası beton numunesi

C30/37 sınıfına ait betonların 3., 7. ve 28.gün dayanımları 6'şar adet numune üzerinde yapılan basınç deneyi sonrası ortalama basınç dayanımları belirlenmiştir. Çizelge 4.68'de agrega türüne göre C30/37 betonların basınç dayanım değerleri verilmiştir. Çizelge 4.68'e göre 28 günlük ortalama basınç dayanımı en yüksek TB<sub>30</sub> 55,29 MPa, DO<sub>30</sub> 52,24 MPa'dır. En düşük TF<sub>30</sub> 41,58 MPa'dır. KÇT<sub>30</sub> 44,26 MPa, RKÇT<sub>30</sub> 47,02 MPa, KÇ<sub>30</sub> 49,23 MPa, 28 günlük basınç

dayanımlarıdır. TS 802 (2009)'ye göre C30/37 sınıfında hazırlanan betonlardan KÇT<sub>30</sub> ve TF<sub>30</sub> C30/37 beton dayanım sınıfında, RÇT<sub>30</sub>, KÇ<sub>30</sub> C35/45 beton dayanım sınıfında, TB<sub>30</sub> ve DO<sub>30</sub> C40/50 basınç dayanım sınıfındadır.

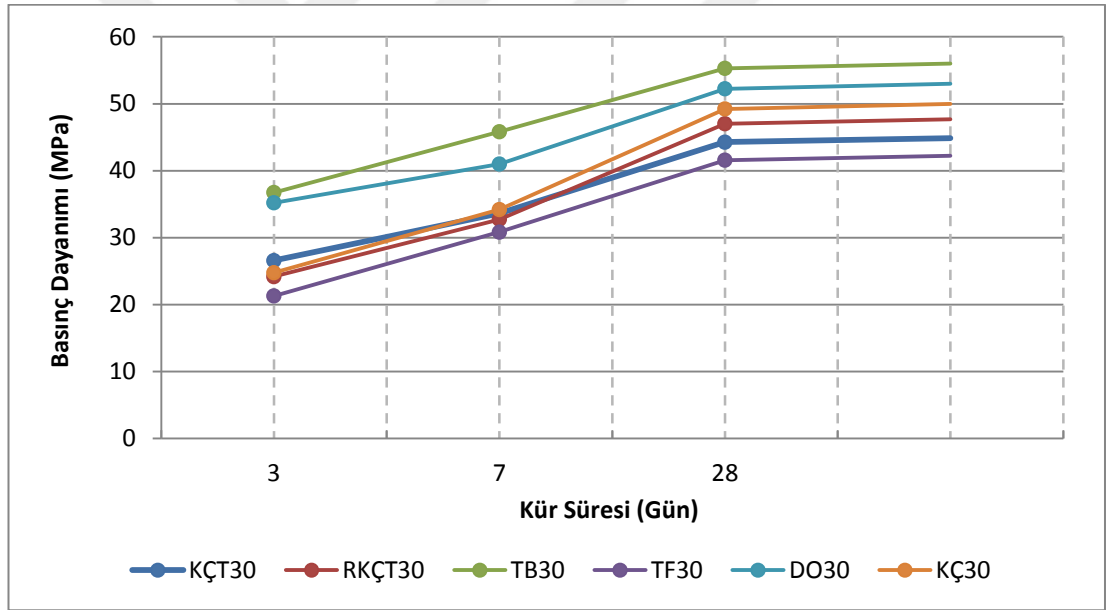
Çizelge 4.68. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C30/37 sınıfına ait betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları

Beton Türü	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü	3 günlük Basınç Day. (MPa)	Yoğunluk (kg/cm <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü	7 günlük Basınç Day (MPa)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü	28 günlük Basınç Day. (MPa)
KÇT <sub>30</sub>	2312	585,30	26,01	2309	757,90	33,68	2284	1008,00	44,80
KÇT <sub>30</sub>	2319	611,30	27,17	2243	694,10	30,85	2237	989,00	43,96
KÇT <sub>30</sub>	2303	605,80	26,92	2264	775,00	34,44	2187	967,60	43,00
KÇT <sub>30</sub>	2231	571,50	25,40	2276	775,20	34,45	2230	1006,00	44,71
KÇT <sub>30</sub>	2314	608,30	27,04	2267	762,10	33,87	2284	995,00	44,22
KÇT <sub>30</sub>	2305	605,30	26,90	2297	778,00	34,58	2329	1010,00	44,89
<b>Ortalama</b>	<b>2297</b>		<b>26,57</b>	<b>2276</b>		<b>33,65</b>	<b>2258</b>		<b>44,26</b>
RKÇT <sub>30</sub>	2344	556,70	24,74	2142	697,10	30,98	2268	1029,00	45,73
RKÇT <sub>30</sub>	2296	530,50	23,58	2267	709,30	31,52	2345	1067,50	47,44
RKÇT <sub>30</sub>	2307	550,60	24,47	2320	770,70	34,25	2282	1053,00	46,80
RKÇT <sub>30</sub>	2333	540,00	24,00	2346	766,70	34,08	2282	1074,20	47,74
RKÇT <sub>30</sub>	2213	541,20	24,05	2438	770,00	34,22	2267	1045,00	46,44
RKÇT <sub>30</sub>	2338	545,80	24,26	2276	705,60	31,36	2328	1079,00	47,96
<b>Ortalama</b>	<b>2305</b>		<b>24,18</b>	<b>2298</b>		<b>32,74</b>	<b>2295</b>		<b>47,02</b>
TB <sub>30</sub>	2563	845,00	37,56	2474	1040,50	46,24	2460	1245,00	55,33
TB <sub>30</sub>	2452	823,00	36,58	2439	1025,60	45,58	2395	1232,70	54,79
TB <sub>30</sub>	2483	830,00	36,89	2481	1034,80	45,99	2461	1254,20	55,74
TB <sub>30</sub>	2474	820,00	36,44	2445	1023,00	45,47	2465	1241,50	55,18
TB <sub>30</sub>	2459	818,00	36,36	2462	1040,00	46,22	2462	1243,20	55,25
TB <sub>30</sub>	2489	825,00	36,67	2466	1022,00	45,42	2444	1248,10	55,47
<b>Ortalama</b>	<b>2487</b>		<b>36,75</b>	<b>2461</b>		<b>45,82</b>	<b>2448</b>		<b>55,29</b>
TF <sub>30</sub>	2314	490,47	21,80	2279	795,10	35,34	2178	937,90	41,68
TF <sub>30</sub>	2100	452,20	20,10	2131	629,10	27,96	2177	918,20	40,81
TF <sub>30</sub>	2175	477,30	21,21	2246	798,10	35,47	2192	930,10	41,34
TF <sub>30</sub>	2223	497,50	22,11	2207	630,20	28,01	2163	947,30	42,10
TF <sub>30</sub>	2193	489,00	21,73	2207	700,00	31,11	2222	946,10	42,05
TF <sub>30</sub>	2267	469,10	20,85	2150	609,20	27,08	2193	933,80	41,50
<b>Ortalama</b>	<b>2212</b>		<b>21,30</b>	<b>2204</b>		<b>30,83</b>	<b>2187</b>		<b>41,58</b>
DO <sub>30</sub>	2427	826,20	36,72	2403	1020,10	45,34	2326	1113,30	49,48
DO <sub>30</sub>	2406	803,25	35,70	2456	1091,00	48,49	2356	1137,30	50,55
DO <sub>30</sub>	2379	816,75	36,30	2323	1038,80	46,17	2387	1188,60	52,83
DO <sub>30</sub>	2373	744,75	33,10	2385	1035,70	46,03	2408	1203,10	53,47
DO <sub>30</sub>	2406	802,00	35,64	2382	1038,20	46,14	2401	1205,50	53,58
DO <sub>30</sub>	2379	800,00	35,56	2391	1036,90	46,08	2434	1204,90	53,55
<b>Ortalama</b>	<b>2395</b>		<b>35,50</b>	<b>2390</b>		<b>46,38</b>	<b>2385</b>		<b>52,24</b>
KÇ <sub>30</sub>	2341	683,20	30,36	2344	699,94	31,11	2222	1100,80	48,92

Çizelge 4.68'in devamı

KÇ <sub>30</sub>	2224	672,50	29,89	2338	672,50	29,89	2252	1110,00	49,33
KÇ <sub>30</sub>	2326	666,20	29,61	2317	666,20	29,61	2425	1109,50	49,31
KÇ <sub>30</sub>	2350	615,20	27,34	2329	615,20	27,34	2314	1105,60	49,14
KÇ <sub>30</sub>	2347	687,40	30,55	2367	687,40	30,55	2382	1112,40	49,44
KÇ <sub>30</sub>	2455	692,30	30,77	2328	692,30	30,77	2385	1107,90	49,24
<b>Ortalama</b>	<b>2340</b>		<b>29,75</b>	<b>2337</b>		<b>29,88</b>	<b>2330</b>		<b>49,23</b>

Şekil 4.109'da agregadan üretilen C30/37 betonlarının kür sürelerine göre ortalama basınç dayanımları verilmiştir. Şekil 4.109'a göre C30/37 betonlarından DO<sub>30</sub> ve TB<sub>30</sub> 'un 3 günlük dayanımları diğer beton türlerinden daha fazladır. C30/37 betonlarından dayanımı yüksek olan TB<sub>30</sub> ve DO<sub>30</sub> betonun 28 günlük dayanımının %80'den fazlasını 7 gün dayanımlarında sağlamışlardır. 28 günlük dayanımlarının KÇT<sub>30</sub> %76'sını, RKÇT<sub>30</sub> %70'ni, TF<sub>30</sub> %74'nü, KÇ<sub>30</sub> %61'ni 7 günlük basınç dayanımlarında sağlamıştır.



Şekil 4.109. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C30/37 sınıfına ait betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları

Farklı agrega türleriyle üretilmiş C70/85 beton sınıfındaki betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları Çizelge 4.69'da verilmiştir. Çizelge 4.69'a göre 28 günlük basınç dayanımları RKÇT<sub>70</sub> 87,70 MPa, KÇT<sub>70</sub> 86,23 MPa, DO<sub>70</sub> 100,11 MPa, KÇ<sub>70</sub> 89,41 MPa, TB<sub>70</sub> 108,57, TF<sub>70</sub> 69,71 MPa'dır. 28 günlük beton basınç dayanımlarına göre TB<sub>70</sub> en yüksek dayanıma sahiptir. TB<sub>70</sub> TS EN 206-1 (2014)' de belirtilen en yüksek beton dayanım sınıfında (C90/105)

yeralmaktadır. DO<sub>70</sub>, C80/95 beton dayanım sınıfında, REKÇT<sub>70</sub>, KÇ<sub>70</sub> ve KÇT<sub>70</sub> C70/85 beton dayanım sınıfında, TF<sub>70</sub> C55/67 beton dayanım sınıfındadır.

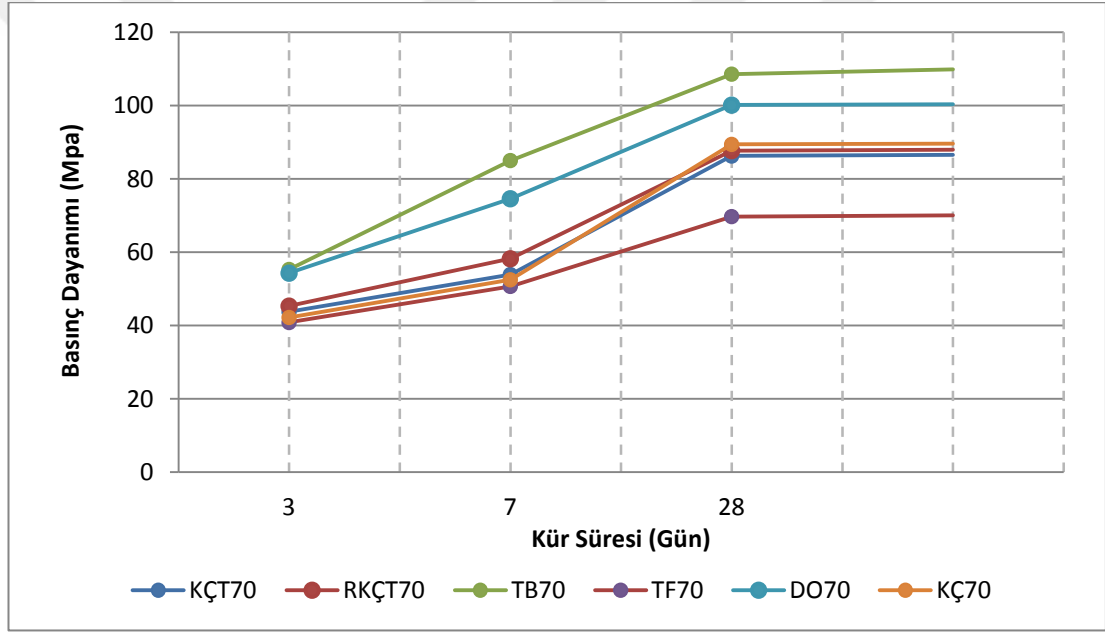
Çizelge 4.69. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C70/85 sınıfına ait betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları (f)

Beton Türü	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü	3 günlük Basınç Day. (MPa)	Yoğunluk (kg/cm <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü	7 günlük Basınç Day (MPa)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü	28 günlük Basınç Day. (MPa)
RKÇT <sub>70</sub>	2353	1230,20	54,68	2354	1243,20	55,25	2296	1959,30	87,08
RKÇT <sub>70</sub>	2267	1200,00	53,33	2351	1215,90	54,04	2326	1970,67	87,54
RKÇT <sub>70</sub>	2284	1224,30	54,41	2267	1214,40	53,97	2326	1967,70	87,45
RKÇT <sub>70</sub>	2308	1228,70	54,61	2267	1205,00	53,56	2341	1992,50	88,56
RKÇT <sub>70</sub>	2368	1230,00	54,67	2299	1217,00	54,09	2311	1978,30	87,92
RKÇT <sub>70</sub>	2342	1229,00	54,62	2352	1256,00	55,82	2281	1970,50	87,58
<b>Ortalama</b>	<b>2320</b>		<b>54,39</b>	<b>2315</b>		<b>54,46</b>	<b>2314</b>		<b>87,70</b>
KÇT <sub>70</sub>	2326	1178,00	52,36	2335	1212,10	53,87	2311	1964,03	87,29
KÇT <sub>70</sub>	2299	1168,60	51,94	2264	1209,20	53,74	2311	1896,40	84,28
KÇT <sub>70</sub>	2338	1175,30	52,24	2311	1210,60	53,80	2312	1855,88	82,48
KÇT <sub>70</sub>	2311	1168,00	51,91	2349	1212,60	53,89	2297	1980,40	88,02
KÇT <sub>70</sub>	2338	1190,00	52,89	2367	1223,80	54,39	2311	1975,20	87,79
KÇT <sub>70</sub>	2333	1172,70	52,12	2267	1209,50	53,76	2311	1968,90	87,51
<b>Ortalama</b>	<b>2324</b>		<b>52,24</b>	<b>2315</b>		<b>53,91</b>	<b>2309</b>		<b>86,23</b>
DO <sub>70</sub>	2447	1234,40	54,86	2575	1804,20	80,19	2474	2327,00	103,42
DO <sub>70</sub>	2426	1226,90	54,53	2382	1646,60	73,18	2444	2274,00	101,07
DO <sub>70</sub>	2423	1216,40	54,06	2364	1567,40	69,66	2378	2194,12	97,52
DO <sub>70</sub>	2422	1212,00	53,87	2385	1616,20	71,83	2375	2156,30	95,84
DO <sub>70</sub>	2433	1227,40	54,55	2376	1646,90	73,20	2402	2271,50	100,96
DO <sub>70</sub>	2394	1210,20	53,79	2450	1787,00	79,42	2459	2292,00	101,87
<b>Ortalama</b>	<b>2424</b>		<b>54,28</b>	<b>2422</b>		<b>74,58</b>	<b>2422</b>		<b>100,11</b>
KÇ <sub>70</sub>	2341	1185,10	52,67	2349	1122,17	49,87	2301	1930,25	85,79
KÇ <sub>70</sub>	2345	1165,30	51,79	2358	1216,30	54,06	2365	2188,88	97,28
KÇ <sub>70</sub>	2335	1173,40	52,15	2321	1207,80	53,68	2341	2030,53	90,25
KÇ <sub>70</sub>	2353	1193,90	53,06	2329	1207,00	53,64	2281	1982,26	88,10
KÇ <sub>70</sub>	2324	1159,70	51,54	2311	1130,20	50,23	2350	1997,30	88,77
KÇ <sub>70</sub>	2314	1176,30	52,28	2314	1200,20	53,34	2347	1941,00	86,27
<b>Ortalama</b>	<b>2335</b>		<b>52,25</b>	<b>2330</b>		<b>52,47</b>	<b>2331</b>		<b>89,41</b>
TB <sub>70</sub>	2516	1237,50	55,00	2510	2119,30	94,19	2503	2310,10	102,67
TB <sub>70</sub>	2512	1225,60	54,47	2509	2137,10	94,98	2510	2537,90	112,80
TB <sub>70</sub>	2506	1223,10	54,36	2514	2152,70	95,68	2507	2424,20	107,74
TB <sub>70</sub>	2521	1267,30	56,32	2502	2041,90	90,75	2504	2428,80	107,95
TB <sub>70</sub>	2498	1265,90	56,26	2495	2042,50	90,78	2512	2520,30	112,01
TB <sub>70</sub>	2510	1245,80	55,37	2515	2113,80	93,95	2500	2435,30	108,24
<b>Ortalama</b>	<b>2510</b>		<b>55,30</b>	<b>2507</b>		<b>93,39</b>	<b>2506</b>		<b>108,57</b>
TF <sub>70</sub>	2261	956,10	42,49	2242	1143,20	50,81	2237	1574,00	69,96
TF <sub>70</sub>	2207	965,80	42,92	2229	1124,90	50,00	2193	1531,00	68,04
TF <sub>70</sub>	2222	862,90	38,35	2215	1135,40	50,46	2246	1578,50	70,16



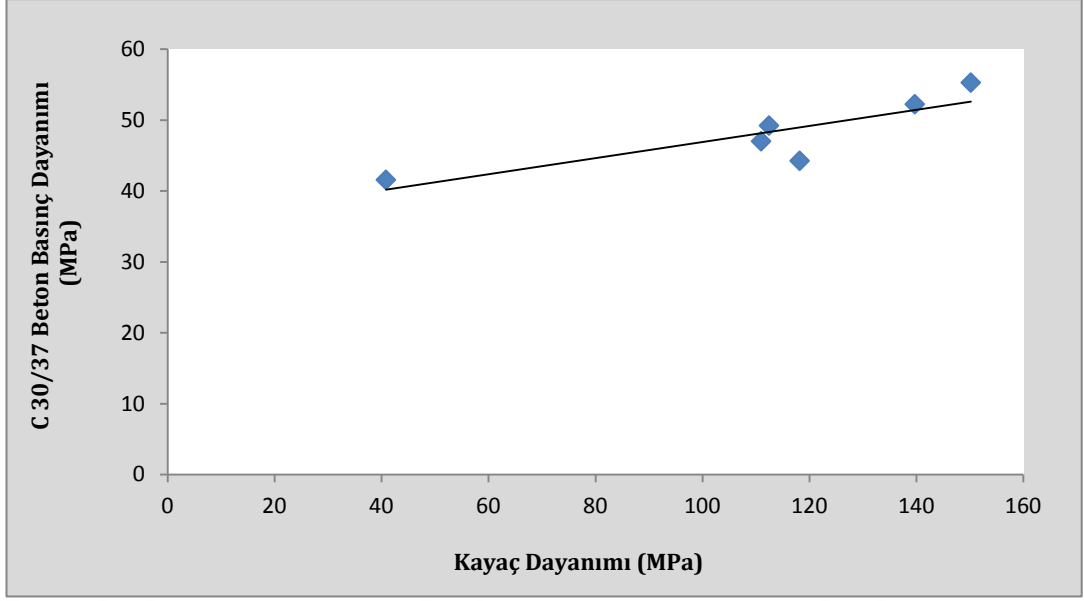
Çizelge 4.69'un devamı									
TF <sub>70</sub>	2249	972,20	43,21	2213	1134,70	50,43	2240	1589,70	70,65
TF <sub>70</sub>	2231	878,18	39,03	2234	1141,80	50,75	2200	1556,30	69,17
TF <sub>70</sub>	2225	875,40	38,91	2253	1161,50	51,62	2200	1581,80	70,30
<b>Ortalama</b>	<b>2233</b>		<b>40,82</b>	<b>2231</b>		<b>50,68</b>	<b>2219</b>		<b>69,71</b>

Şekil 4.110'da agregadan üretilen C70/85 betolarının kür sürelerine göre ortalama basınç dayanımları verilmiştir. Şekil 4.110'a göre C70/85 betonlarından DO<sub>70</sub> ve TB<sub>70</sub> 'un 3 günlük dayanımları diğer beton türlerinden daha fazladır. 28 günlük dayanımlarının KÇT<sub>70</sub> %62'sini, RKÇT<sub>70</sub> %62'sini, DO<sub>70</sub> %75'ini, TF<sub>70</sub> %73'ünü, KÇ<sub>70</sub> %59'nu, TB<sub>70</sub> %86'sını 7 günlük basınç dayanımlarında sağlamıştır.



Şekil 4.110. Farklı agrega türleriyle üretilmiş C70/85 sınıfına ait betonların 3-7-28 günlük ortalama basınç dayanımları

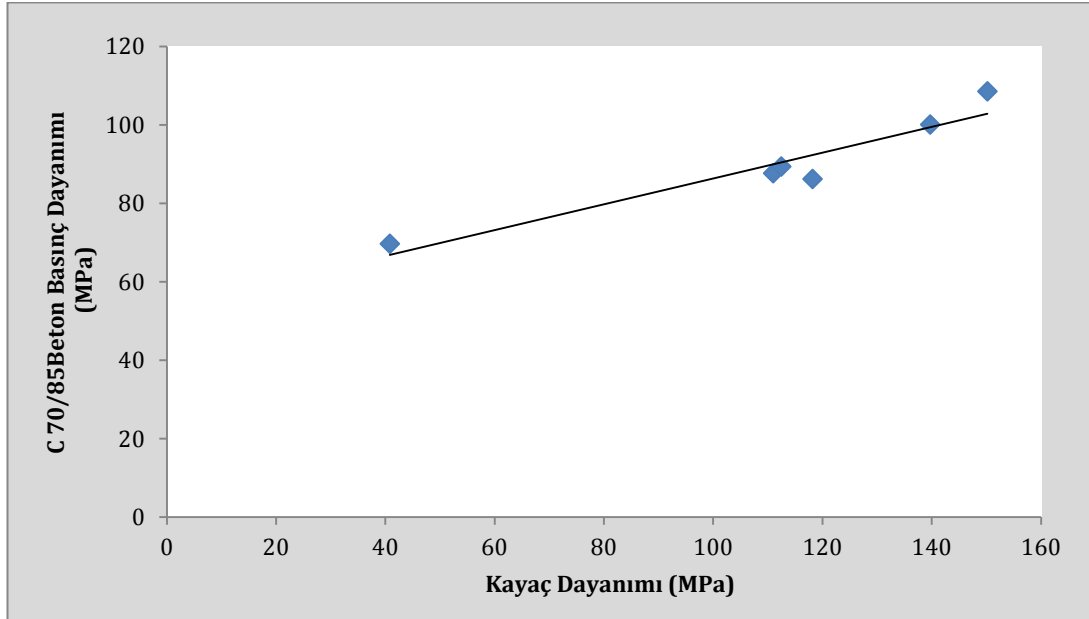
Betonun basınç dayanımı-kayaç dayanımı arasındaki ilişki, (en yüksek regresyon katsayısı için) doğrusal bir fonksiyonla tanımlanabilir. Deneylerden ve hesaplamalardan elde edilen verilerin istatistiksel analizlerine dayanılarak, C30/37 betonları için Şekil 4.111'de regresyon katsayısı 0,73 olan fonksiyon tanımlanmıştır (Şekil 4.111).



Şekil 4.111. C30/37 beton dayanımı( $f_c$ )-kayaç dayanımı (R) arasındaki ilişki

$$f_c = 0,1134(R) + 35,566 \quad r^2=0,734 \quad (4.7)$$

C70/85 betonları için ise Şekil 112'de regresyon katsayısı 0,904'dur. C70/85 betonlarında regresyon katsayısının C30/37 betonuna göre yüksek olması ve 1'e yaklaşması yüksek dayanımlı betonların basınç dayanımında agrega dayanımının, çimento hamurunun dayanımından daha etkili olduğu söylenebilir (Şekil 4.112).



Şekil 4.112. Kayaç dayanımı (R)-C70/85 beton dayanımı ( $f_c$ ) arasındaki ilişki

$$f_c = 0,329(R) + 53,421 \quad r^2=0,904 \quad (4.8)$$

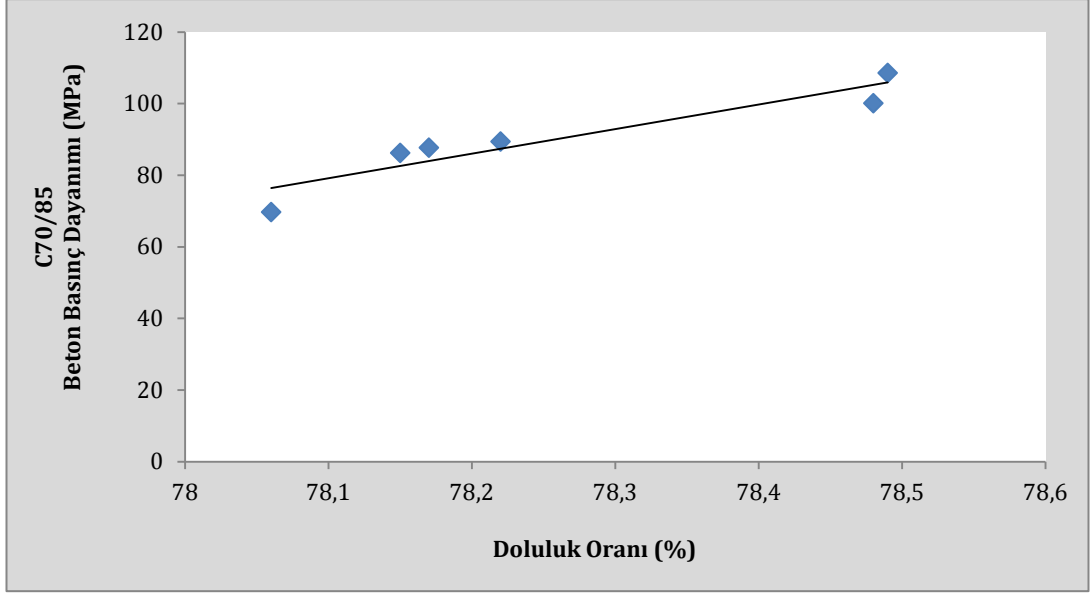
#### 4.7.3. Betonun doluluk oranı (D)

Doluluk oranı, 1m<sup>3</sup> beton bileşimine giren katı malzemelerin hacminin toplam hacme oranı olarak tanımlanır. Çalışma kapsamında hazırlanan betonların doluluk ve boşluk oranları Çizelge 4.70’de verilmiştir. Betonun basınç mukavemetini ve geçirimsizliğini en fazla doluluk özelliği etkilemektedir. Doluluk oranı yüksek betonların basınç mukavemetleri de aynı oranda yüksek olmaktadır.

Çizelge 4.70. Betonların doluluk ve boşluk oranları

	V <sub>agr</sub> (dm <sup>3</sup> )	V <sub>çim</sub> (dm <sup>3</sup> )	V <sub>beton</sub> (dm <sup>3</sup> )	Doluluk (%)	Beton Basınç Dayanımı (MPa)	V <sub>su</sub> (dm <sup>3</sup> )	V <sub>hava</sub> (dm <sup>3</sup> )	V <sub>beton</sub> (dm <sup>3</sup> )	Boşluk (%)
KÇT <sub>30</sub>	618,42	149,11	1000,50	<b>76,71</b>	44,26	214,02	19,00	1000,50	<b>23,29</b>
RKÇT <sub>30</sub>	618,46	149,11	1000,70	<b>76,70</b>	47,02	214,02	19,10	1000,14	<b>23,31</b>
KÇ <sub>30</sub>	649,08	136,57	1000,66	<b>78,50</b>	49,23	196,11	19,00	1000,72	<b>21,50</b>
DO <sub>30</sub>	618,39	149,11	997,40	<b>76,95</b>	52,24	214,02	15,90	997,42	<b>23,05</b>
TF <sub>30</sub>	618,70	149,11	1001,34	<b>76,68</b>	41,58	214,02	19,50	1001,35	<b>23,32</b>
TB <sub>30</sub>	618,40	149,11	997,73	<b>76,93</b>	55,29	214,02	16,30	997,75	<b>23,08</b>
Çizelge 4.70’in devamı									
KÇT <sub>70</sub>	600,16	180,54	998,98	<b>78,15</b>	81,41	200,82	17,50	998,98	<b>21,85</b>
RÇT <sub>70</sub>	600,20	180,54	998,73	<b>78,17</b>	87,10	200,82	17,20	998,73	<b>21,83</b>
KÇ <sub>70</sub>	600,29	180,54	998,30	<b>78,22</b>	83,84	200,82	16,70	998,30	<b>21,79</b>
Çizelge 4.70’in devamı									
DO <sub>70</sub>	600,13	180,54	994,68	<b>78,48</b>	100,11	200,82	13,30	994,68	<b>21,53</b>
TF <sub>70</sub>	600,43	180,54	1000,50	<b>78,06</b>	77,71	200,82	18,70	1000,50	<b>21,94</b>
TB <sub>70</sub>	600,15	180,54	994,60	<b>78,49</b>	123,24	200,82	13,20	994,60	<b>21,52</b>
V <sub>agr</sub> : Agregat hacmi, dm <sup>3</sup> V <sub>çim</sub> : Çimento hacmi, dm <sup>3</sup> V <sub>beton</sub> : Toplam beton hacmi, dm <sup>3</sup> V <sub>su</sub> : Su hacmi, dm <sup>3</sup> V <sub>hava</sub> : Hava hacmi, dm <sup>3</sup>									

Çalışma kapsamında hazırlanan C30/37 ve C70/85 betonları için basınç dayanımı-doluluk oranı (%) arasındaki ilişki bir bağıntıyla tanımlanmaya çalışılmıştır. Fakat C30/37 betonlarının doluluk oranı ile basınç dayanımları arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bununla birlikte C70/85 sınıfı betonlarının doluluk oranı ve basınç dayanımları arasında regresyon katsayısı 0,875 olan doğrusal bir bağıntı vardır (Şekil 4.113).



Şekil 4.113. C70/85 beton basınç dayanımı( $f_c$ )-doluluk oranı (D) (%)

$$f_c = 68,65 (D) - 5282,4 \quad r^2=0,875 \quad (4.9)$$

#### 4.7.4. Eğilme dayanımı

150\*150\*600mm boyutundaki prizma beton örnekleri TS EN 12390-5 ( 2010) standardına uygun olarak deneye tabi tutulmuştur (yükleme hızı 0,06 MPa) (Şekil 4.114). Hazırlanan beton örneklerinin eğilme dayanımı tayini Isparta Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'nün beton laboratuvarında yapılmıştır. TS EN 12390-5 (2010) standardında belirtilen hesaplamalara göre sertleşmiş beton numunelerinin eğilme dayanımları tayin edilmiştir.



Şekil 4.114. 150\*150\*600 mm boyutundaki prizma beton örnekleri ve beton örneklerinin eğilme dayanımı tayini

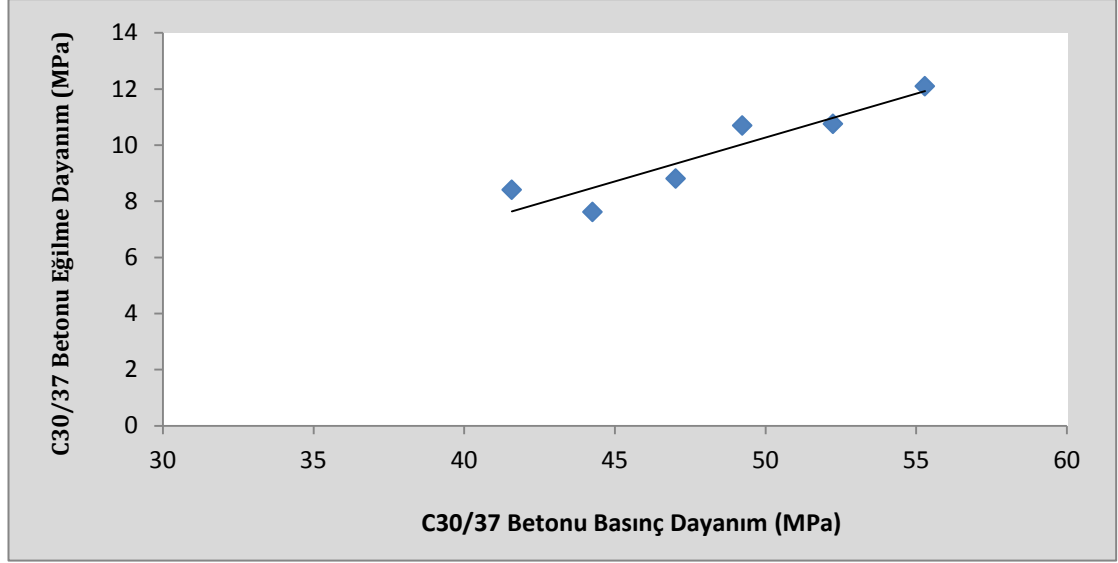
Çizelge 4.71'de C30/37 beton örneklerine ait birim ağırlık ve eğilme dayanımı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.71. C30/37 beton örneklerinin birim ağırlık ve eğilme dayanımı değerleri

Beton Türü	Kütle(kg)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (kg/cm <sup>3</sup> )	Ortalama (kg/cm <sup>3</sup> )	Eğilme Yüklü (N)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Ortalama Eğilme Dayanımı (MPa)
KÇ <sub>30</sub>	31,65	13478	2348,36	<b>2327,41</b>	54800	11,00	<b>10,7</b>
KÇ <sub>30</sub>	31,30	13433	2330,17		53600	10,70	
KÇ <sub>30</sub>	31,10	13500	2303,70		52110	10,40	
RKÇT <sub>30</sub>	30,70	13410	2289,34	<b>2293,98</b>	43200	8,60	<b>8,81</b>
RKÇT <sub>30</sub>	31,00	13500	2296,30		44000	8,80	
RKÇT <sub>30</sub>	31,00	13500	2296,30		44980	9,00	
KÇT <sub>30</sub>	30,80	13500	2281,48	<b>2264,20</b>	38770	7,80	<b>7,62</b>
KÇT <sub>30</sub>	30,80	13500	2281,48		38100	7,60	
KÇT <sub>30</sub>	30,10	13500	2229,63		37490	7,50	
DO <sub>30</sub>	32,20	13500	2385,19	<b>2382,72</b>	53850	10,80	<b>10,76</b>
DO <sub>30</sub>	32,20	13500	2385,19		54850	11,00	
DO <sub>30</sub>	32,10	13500	2377,78		52680	10,50	
TF <sub>30</sub>	29,75	13500	2203,70	<b>2188,89</b>	42087	8,4	<b>8,41</b>
TF <sub>30</sub>	29,10	13500	2155,56		40120	8,0	
TF <sub>30</sub>	29,80	13500	2207,41		44005	8,8	
TB <sub>30</sub>	32,90	13500	2437,04	<b>2441,98</b>	59150	11,8	<b>12,10</b>
TB <sub>30</sub>	32,90	13500	2437,04		60150	12,0	
TB <sub>30</sub>	33,10	13500	2451,85		62270	12,5	

Beton örneklerinin eğilme dayanım değerleri ile basınç dayanım değerinin doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. C30/37 sınıfı olarak hazırlanan betonlardan en yüksek basınç dayanım değerine sahip olan TB<sub>30</sub> beton örneklerinin eğilme dayanımlarının da yüksek olduğu gözlenmiştir (12,10 MPa). En düşük dayanıma sahip olan terfi-fonolit ve kireçtaşı agregalı C30/37 beton örneklerinin en düşük eğilme dayanımına sahip olduğu söylenebilir. Şekil 4.123'de C30/37 beton sınıfına ait eğilme dayanım değerleri basınç dayanım değerlerinin ilişkisi gösterilmiştir. Regresyon katsayısı 0,855'dir (Şekil 4.115).

$$f_{ck} = 0,3124(f_c) - 5,346 \quad r^2=0,855 \quad (4.10)$$



Şekil 4.115. C30/37 sınıfına ait beton örneklerinin eğilme dayanımı ( $f_{cf}$ )-basınç dayanımı ( $f$ )

C70/85 beton örneklerine ait birim ağırlık ve eğilme dayanımı değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.72).

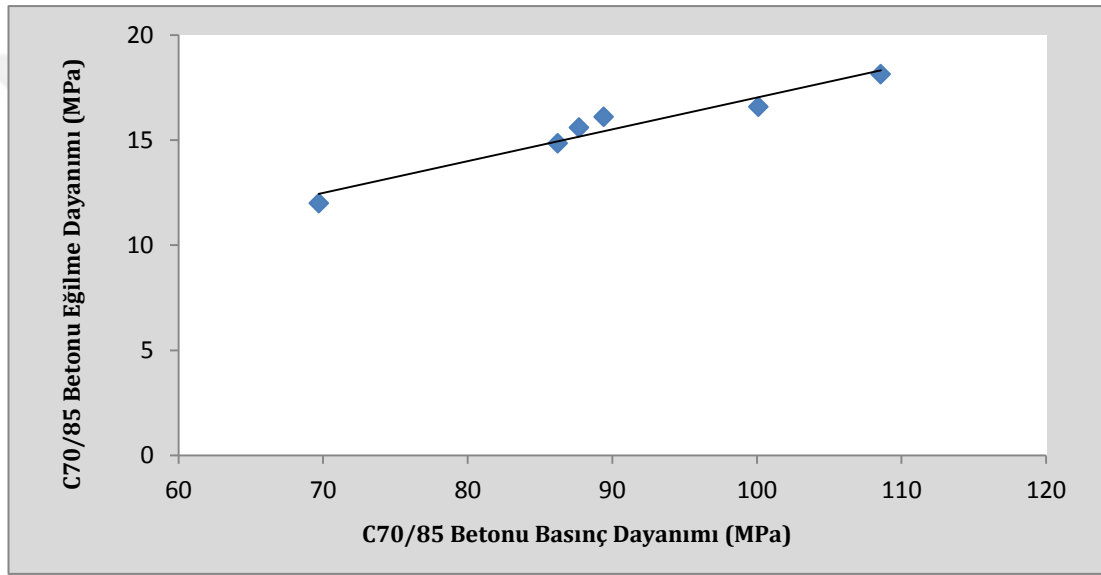
Çizelge 4.72. C70/85 beton örneklerine ait birim ağırlık ve eğilme dayanımı değerleri verilmiştir.

Beton Türü	Kütle (kg)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (kg/cm <sup>3</sup> )	Ortalama (kg/cm <sup>3</sup> )	Eğilme Yüğü (N)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Ortalama Eğilme Dayanımı (MPa)
KÇ <sub>70</sub>	31,70	13500	2348,15	2334,57	79670	15,9	16,12
KÇ <sub>70</sub>	31,25	13500	2314,81		83860	16,8	
KÇ <sub>70</sub>	31,60	13500	2340,74		78200	15,6	
RKÇT <sub>70</sub>	31,20	13500	2311,11	2308,64	78280	15,7	15,61
RKÇT <sub>70</sub>	31,25	13500	2314,81		78700	15,7	
RKÇT <sub>70</sub>	31,05	13500	2300,00		77120	15,4	
KÇT <sub>70</sub>	31,35	13500	2322,22		74250	14,90	14,86
KÇT <sub>70</sub>	31,00	13500	2296,30		73980	14,80	
KÇT <sub>70</sub>	31,30	13500	2318,52		74600	14,90	
DO <sub>70</sub>	32,70	13500	2422,22	2429,63	81350	16,3	16,60
DO <sub>70</sub>	32,85	13500	2433,33		84970	17,0	
DO <sub>70</sub>	32,85	13500	2433,33		82680	16,5	
TF <sub>70</sub>	29,90	13500	2214,81	2224,69	59970	12,00	12,01
TF <sub>70</sub>	30,10	13500	2229,63		60010	12,00	
TF <sub>70</sub>	30,10	13500	2229,63		60170	12,00	
TB <sub>70</sub>	33,90	13500	2511,11	2496,30	92800	18,6	18,15
TB <sub>70</sub>	33,60	13500	2488,89		89850	18,0	
TB <sub>70</sub>	33,60	13500	2488,89		89600	17,9	



C70/85 sınıfı olarak hazırlanan betonlardan en yüksek basınç dayanım değerine sahip olan trakibazaltlı beton örneklerinin ortalama eğilme dayanımlarının da yüksek olduğu gözlenmiştir (18,15 MPa). En düşük dayanıma sahip olan terfi-fonolit ve kireçtaşının agregalı C70/85 beton örneklerinin en düşük eğilme dayanımına (12,01 MPa ve 14,86 MPa) sahip olduğu söylenebilir. Çalışma kapsamında hazırlanan C70/85 betonları için basınç dayanımı-eğilme dayanımı arasındaki ilişki doğrusal bir bağıntıyla tanımlanmıştır. C70/85 betonun regresyon katsayısı 0,948'dir (Şekil 4.116).

$$f_{cf} = 0,1513(f) + 1,8996 \quad r^2 \quad (4.11)$$



Şekil 4.116. C70/85 sınıfına ait hazırlanan beton örneklerinin ortalama eğilme dayanım (ED) değerlerinin karşılaştırması

#### 4.7.5. Yarmada çekme dayanımı

Yükleme doğrultusuna dik doğrultuda oluşan çekme kuvveti sonucunda, numunede oluşan çekme gerilmesi parçalanmaya yol açar. Betonda tahribata sebep olur. Tezin konusunu oluşturan agregalar kullanılarak hazırlanan 150\*300 mm boyutundaki TS 12390-1 (2002) standardına uygun beton örnekleri 28 gün uygun kür şartlarında tutulmuştur. 28 günlük beton örnekleri Göltaş A.Ş hazır beton laboratuvarında TS EN 12390-6 (2002) standardına uygun olarak uygun olarak deneye tabi tutulmuştur (yükleme hızı 0,06 MPa) (Şekil 4.117). TS EN 12390-6 (2002) standardında belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

C30/37 ve C70/85 beton örneklerinin yarmada çekme dayanımları Çizelge 4.73 ve 4.74’de verilmiştir.



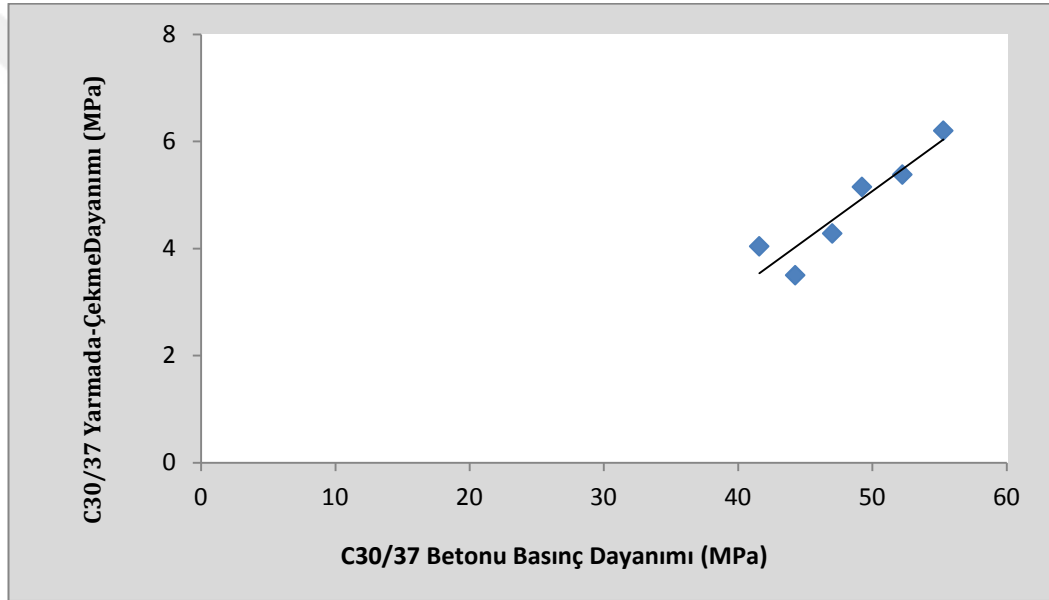
Şekil 4.117. Yarmada-çekme deneyi ve beton örneği yarmada çekme deneyi sonrası

Çizelge 4.73. C30/37 beton örneklerinin yarmada çekme dayanımları

Beton Türü	Kütle(kg)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü (N)	Yarmada-Çekme Dayanımı (MPa)	Ortalama Yarmada-Çekme Dayanımı (MPa)
KÇ <sub>30</sub>	12350	5301	387825	5,49	5,15
KÇ <sub>30</sub>	12320	5301	339364	4,80	
KÇ <sub>30</sub>	12330	5301	365851	5,18	
RKÇT <sub>30</sub>	12190	5301	306709	4,34	4,28
RKÇT <sub>30</sub>	12150	5301	300486	4,25	
RKÇT <sub>30</sub>	12130	5301	299794	4,24	
Çizelge 4.73’ün devamı					
KÇT <sub>30</sub>	11970	5301	233870	3,31	3,50
KÇT <sub>30</sub>	12000	5301	253687	3,59	
KÇT <sub>30</sub>	12120	5301	254790	3,60	
DO <sub>30</sub>	12650	5301	366427	5,18	5,38
DO <sub>30</sub>	12780	5301	395958	5,60	
DO <sub>30</sub>	12720	5301	378541	5,36	
TF <sub>30</sub>	11450	5301	279756	3,96	4,04
TF <sub>30</sub>	11590	5301	287380	4,07	
TF <sub>30</sub>	11680	5301	289199	4,09	
TB <sub>30</sub>	12150	5301	423000	5,98	6,20
TB <sub>30</sub>	12990	5301	464300	6,57	
TB <sub>30</sub>	12450	5301	428030	6,06	

En yüksek yarmada çekme dayanımı trakibazalt agregasıyla hazırlanan C30/37 betonunda görülmüştür. Dolomit agregasıyla hazırlanan C30/37 betonun yarmada çekme dayanımı 5,38 MPa'dır. Kum-çakıl C30/37'nin yarmada çekme dayanımı 5,15 MPa'dır. En düşük yarmada çekme dayanımına sahip olan terfi-fonolit agregasıyla hazırlanmış olan C30/37 betonudur (4,04 MPa).

C30/37 beton sınıfına ait hazırlanan betonların basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımları arasındaki ilişki irdelendiğinde regresyon katsayısı yüksek ( $r^2=0,863$ ) olan doğrusal bir bağıntıyla tanımlanabileceği ortaya konmaya çalışılmıştır (Şekil 4.118).



Şekil 4.118. C30/37 beton örneklerin yarmada çekme dayanımı( $f_{ct}$ )-basınç dayanımı ( $f_c$ ) ilişkisi

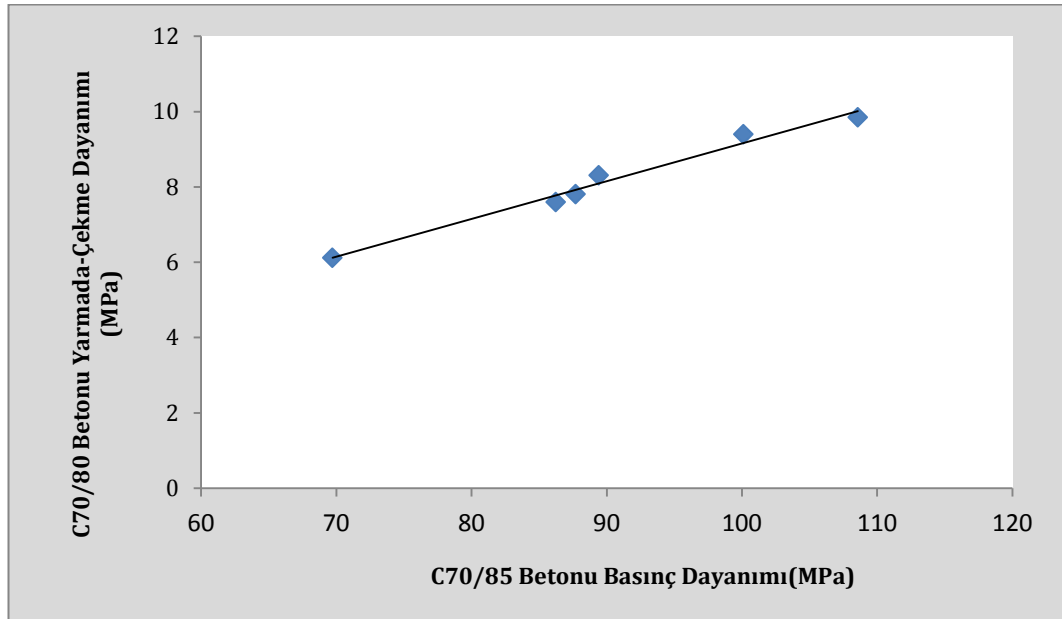
$$f_{ct} = 0,1824f_c - 4,0464 \quad r^2=0,863 \quad (4.12)$$

Çizelge 4.74. C70/85 beton örneklerinin yarmada çekme dayanımları

Beton Türü	Ağırlık (kg)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yenilme Yüğü (N)	Yarmada-Çekme Dayanımı (MPa)	Ortalama Yarmada-Çekme Dayanımı (MPa)
KÇ <sub>70</sub>	12505	5301	590653	8,36	8,31
KÇ <sub>70</sub>	12610	5301	607666	8,60	
KÇ <sub>70</sub>	12360	5301	564388	7,98	
RKÇT <sub>70</sub>	12290	5301	578650	8,19	7,81
RKÇT <sub>70</sub>	12240	5301	530250	7,50	
RKÇT <sub>70</sub>	12270	5301	548120	7,75	

Çizelge 4.74'ün devamı					
KÇT <sub>70</sub>	12500	5301	555809	7,86	7,60
KÇT <sub>70</sub>	12450	5301	539814	7,64	
KÇT <sub>70</sub>	12240	5301	515894	7,30	
DO <sub>70</sub>	12850	5301	694172	9,82	9,40
DO <sub>70</sub>	12770	5301	666937	9,44	
DO <sub>70</sub>	12700	5301	631855	8,94	
TF <sub>70</sub>	11650	5301	404915	5,73	6,12
TF <sub>70</sub>	11780	5301	450886	6,38	
TF <sub>70</sub>	11700	5301	441080	6,24	
TB <sub>70</sub>	13400	5301	713209	10,09	9,85
TB <sub>70</sub>	13275	5301	675060	9,55	
TB <sub>70</sub>	13325	5301	701078	9,92	

En yüksek yarmada çekme dayanımı trakibazalt agregasıyla hazırlanan C70/85 betonunda görülmüştür (9,85 MPa). Dolomit agregasıyla hazırlanan C30/37 betonun yarmada çekme dayanımı 9,40 MPa'dır. Rekrystalize kireçtaşıyla hazırlanmış olan C70/85 betonunu yarmada çekme dayanımı 7,81 MPa'dır. En düşük yarmada çekme dayanımına sahip olan terfi-fonolit agregasıyla hazırlanmış olan C70/85 betonudur. (6,12 MPa). C70/85 betonlarının yarmada-çekme dayanımı-basınç dayanımı ilişkisi irdelendiğinde C30/37 betonlarındaki regresyon katsayısından daha yüksek ( $r^2=0,981$ ) doğrusal bir fonksiyonla tanımlanabileceği görülmüştür (Şekil 4.119).



Şekil 4.119. C70/85 beton örneklerin yarmada çekme dayanımı( $f_{ct}$ )-basınç dayanımı ( $f_c$ ) ilişkisi

$$f_{ct} = 0,1003(f_c) - 0,8772 \quad r^2=0,981 \quad (4.12)$$

Isparta yöresi farklı kökenli beton agregalarıyla hazırlanmış olan beton örneklerinin 28 günlük yarmada-çekme dayanım değerleri artışının 28 günlük beton dayanım artışıyla doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. Hazırlanan beton sınıflarında (C30/37 ve C70/85) basınç dayanım değerlerinin yüksek olduğu beton örneklerinin yarmada-çekme dayanım değerlerinin de yüksek olduğu gözlenmiştir.

#### 4.7.6. Dinamik elastisite modülü ve Poison Oranı (Ultrases yöntemiyle)

Ultrasonik test yönteminde (ASTM C 597, 1994) standardına uygun, ultrasonik test aygıtının kullanılması ile herhangi bir beton bloğun bir yüzüne ultrasonik puls (nabız atışı gibi ritmik ses üstü vuruşlar) uygulanarak, betonun içerisinde basınç dalgaları yaratılmaktadır. Betonun içerisinde ilerleyen ses üstü dalgalar, beton bloğun diğer yüzeyinden geri alınmaktadır. Ultrasonik test aygıtı, ses üstü dalganın, betona gönderildiği yüzey ile geri alındığı yüzey arasındaki bir uzaklığı ne kadar zaman süresinde geçtiğini ölçmektedir. Hesaplanan ses üstü dalga hızı ile betonun basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişki yaklaşık olarak elde edilmektedir (Erdoğan 2003). Tez kapsamında hazırlanan beton numuneleri üzerinde ultrasonik test cihazıyla boyuna  $V_p$ , veya enine  $V_s$  dalga gönderilmiştir (Şekil 4.120).



Şekil 4.120. Ultrasonik test aygıtıyla beton numunelerinin ultrases hızlarının ölçülmesi

Gönderilen dalgaların hızlarının ve geçtiği sürelerinin ölçülmesiyle yayıldığı ortamın yani beton numunelerinin (C30/37-C70/85) dinamik elastisite modülü ve Poisson oranı hesaplanmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.75’de C 30/37 beton numunelerine ait Vp-Vs dalga hızları ve buna bağlı olarak dinamik elastisite modülleri ve Poisson oranları verilmiştir.

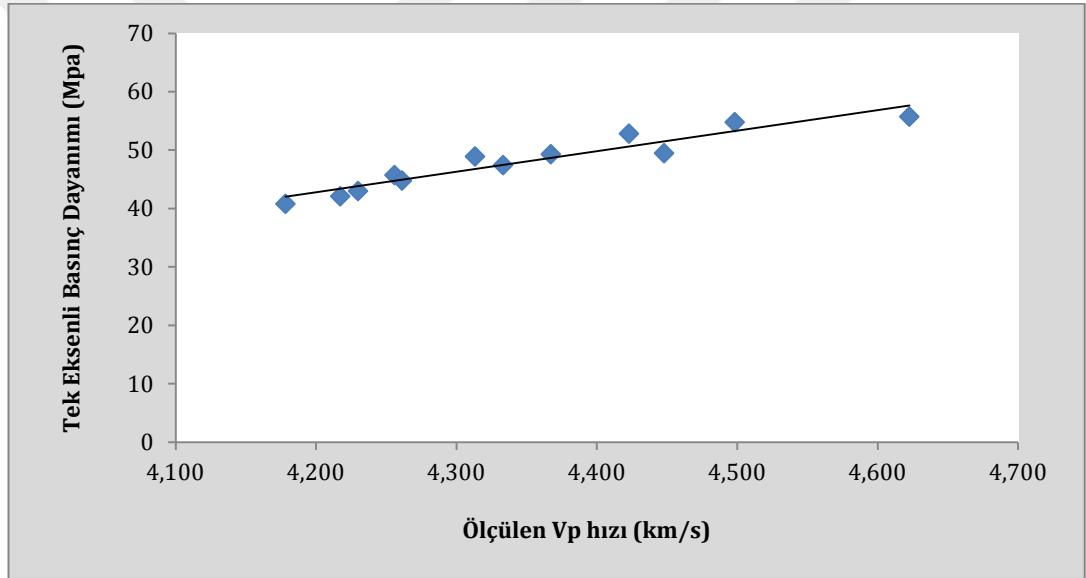
Çizelge 4.75. C30/37 Beton numunelerinin Vp-Vs dalga hızları, dinamik elastisite modülleri ve Poisson oranları (PO)

Beton Türü		P Hızı km/s	S Hızı km/s	E (Gpa)	Ort. E (GPa)	PO	Ort. PO	Basınç Dayanımı (MPa)
KÇT <sub>30</sub>	1	4,278	2,502	60	60	0,240	0,243	44,80
	2	4,291	2,483	61		0,248		
	3	4,215	2,466	59		0,240		
	1	4,225	2,446	59	59	0,248	0,241	43
	2	4,264	2,481	60		0,244		
	3	4,201	2,487	58		0,230		
RKÇT <sub>30</sub>	1	4,273	2,531	60	62	0,230	0,233	47,44
	2	4,355	2,609	63		0,220		
	3	4,372	2,528	63		0,249		
	1	4,280	2,507	60	60	0,239	0,230	45,73
	2	4,223	2,516	59		0,225		
	3	4,265	2,540	60		0,225		
TB <sub>30</sub>	1	4,593	2,750	70		0,220	0,206	55,74
	2	4,619	2,796	70		0,211		
	3	4,656	2,888	72		0,187		
	1	4,563	2,733	69	67	0,220	0,206	54,79
	2	4,497	2,763	67		0,197		
	3	4,435	2,716	65		0,200		
TF <sub>30</sub>	1	4,161	2,382	57	58	0,256	0,253	40,81
	2	4,196	2,401	58		0,257		
	3	4,178	2,421	58		0,247		
	1	4,221	2,445	59	59	0,248	0,249	42,1
	2	4,194	2,430	58		0,247		
	3	4,237	2,436	59		0,253		
DO <sub>30</sub>	1	4,413	2,661	64	65	0,214	0,213	52,83
	2	4,455	2,694	65		0,212		
	3	4,401	2,661	64		0,212		
	1	4,418	2,664	64	65	0,214	0,215	49,48
	2	4,410	2,682	64		0,207		
	3	4,516	2,689	67		0,225		



Çizelge 4.75'in devamı								
KÇ <sub>30</sub>	1	4,292	2,521	61	61	0,237	0,209	48,92
	2	4,324	2,609	62		0,214		
	3	4,326	2,662	62		0,195		
	1	4,337	2,580	62	63	0,226	0,209	49,31
	2	4,342	2,622	62		0,213		
	3	4,423	2,650	65		0,220		

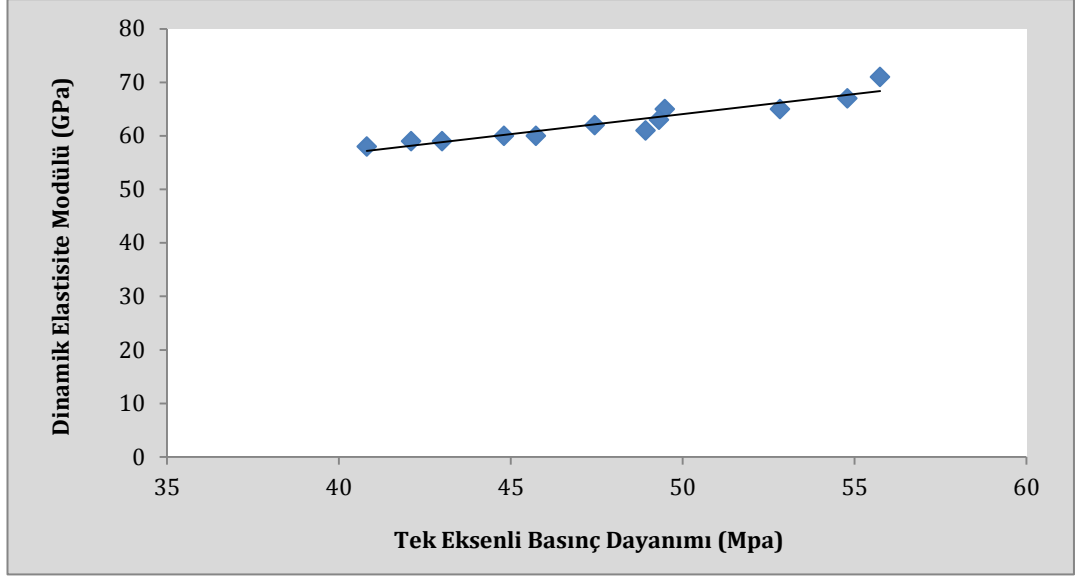
Çalışmada, elde edilen C30/37 beton numuneleri üzerinde yapılan deneylerden elde edilen veriler ile regresyon analizleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.121, Şekil 4.122'de verilmiştir. Tek eksenli basınç değeri ile boyuna dalga hızları arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.121).



Şekil 4.121. Ölçülen Vp hızlarının (Vp) C30/37 beton örneklerinin basınç dayanımları (fc) ile arasındaki ilişki

$$f_c = 35,171(V_p) - 104,93 \quad r^2 = 0,905 \quad (4.13)$$

Dalga hızları yardımıyla hesaplanan dinamik elastisite modülü ile tek eksenli basınç direnci arasında Regresyon katsayısı 0,890 olan bağıntı bulunmaktadır (Şekil 4.122).



Şekil 4.122. C30/37 betonuna ait dinamik elastisite modülü ( $E_d$ ) ile basınç dayanımı ( $f_c$ ) arasındaki ilişki

$$E_d = 0,74,98(f_c) + 26,576 \quad r^2=0,890 \quad (4.14)$$

Çalışmada, elde edilen C70/85 beton numuneleri üzerinde yapılan deneylerden elde edilen veriler Çizelge 4.76'da verilmiştir.

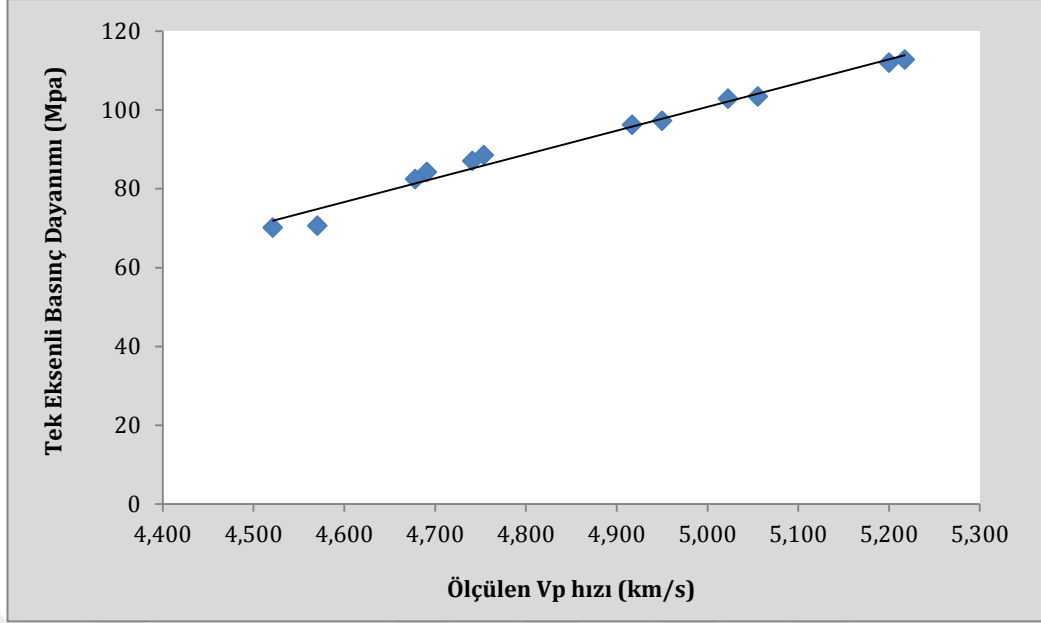
C70/85 betonlarına ait elde edilen bulgular arasında regresyon analizleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.123, Şekil 4.124'de verilmiştir.

Çizelge 4.76. C70/85 beton numunelerinin  $V_p$  -  $V_s$  dalga hızları, dinamik elastisite modülleri ve Poisson oranları

Beton Türü		P Hızı km/s	S Hızı km/s	$E_d$ (Gpa)	Ort. E (GPa)	PO	Ort. PO	Basınç Dayanımı (MPa)	
RKÇT <sub>70</sub>	1	4,791	2,821	76	75	0,235	0,225	88,560	
	2	4,770	2,832	75		0,228			
	3	4,700	2,843	73		0,212			
	1	4,742	2,847	74	74	0,218	0,220		
	2	4,724	2,830	74		0,220			
	3	4,757	2,848	75		0,221			
KÇT <sub>70</sub>	1	4,653	2,693	71	72	0,248	0,233	84,280	
	2	4,687	2,712	72		0,248			
	3	4,694	2,866	73		0,203			
	1	4,659	2,773	72	73	0,226	0,231		82,480
	2	4,676	2,783	72		0,226			
	3	4,739	2,762	74		0,243			

Çizelge 4.76'ın devamı								
<b>TB<sub>70</sub></b>	1	5,241	3,285	91	<b>90</b>	0,177	0,188	<b>112,8</b>
	2	5,187	3,206	89		0,191		
	3	5,224	3,206	90		0,198		
	1	5,169	3,192	88	<b>89</b>	0,192	0,197	
	2	5,247	3,191	91		0,207		
	3	5,184	3,200	89		0,192		
<b>TF<sub>70</sub></b>	1	4,672	2,772	72	<b>71</b>	0,228	0,238	<b>70,650</b>
	2	4,627	2,677	71		0,248		
	3	4,612	2,712	70		0,236		
	1	4,545	2,627	68	<b>70</b>	0,249	0,245	
	2	4,623	2,645	71		0,257		
	3	4,696	2,784	73		0,229		
<b>DO<sub>70</sub></b>	1	5,021	3,097	83	<b>84</b>	0,193	0,203	<b>103,420</b>
	2	5,075	3,061	85		0,214		
	3	5,071	3,099	85		0,202		
	1	5,055	3,028	84	<b>83</b>	0,220	0,202	
	2	5,004	3,094	83		0,190		
	3	5,009	3,081	83		0,196		
<b>KÇ<sub>70</sub></b>	1	4,951	3,013	81	<b>80</b>	0,206	0,214	<b>96,250</b>
	2	4,900	2,901	79		0,230		
	3	4,900	2,984	79		0,205		
	1	4,981	3,075	82	<b>81</b>	0,192	0,211	
	2	4,889	2,949	79		0,214		
	3	4,980	2,965	82		0,226		

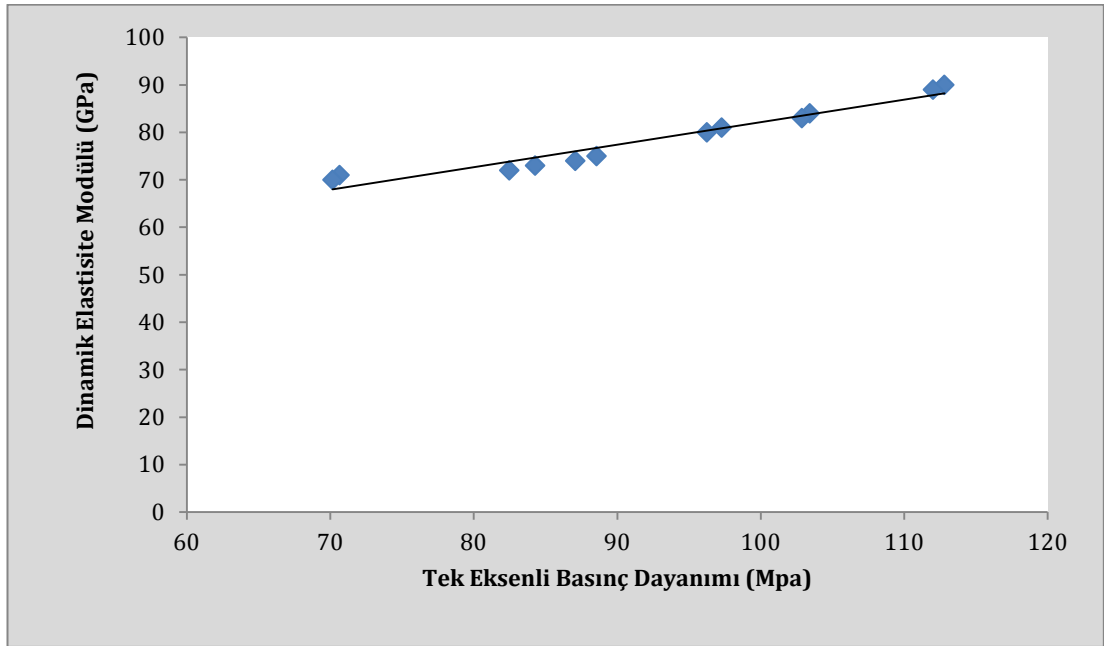
C70/85 betonlarının basınç dayanımları ve bu betonlara ait elde edilen  $V_p$  hızı (km/sn) Şekil 4.124'de verilmiştir. Deneylerden elde edilen iki verinin arasında basit regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre C70/85 betonları için regresyon değeri 0,982 olan fonksiyonel bağlantı elde edilmiştir (Şekil 4.123).



Şekil 4.123. Ölçülen Vp hızlarının (Vp) C70/87 beton örneklerinin basınç dayanımları (f<sub>c</sub>) ile arasındaki ilişki

$$f_c = 60,359 (V_p) - 201,01 \quad r^2=0,982 \quad (4.15)$$

C70/85 betonuna ait dinamik elastisite modülü ile basınç dayanımı arasındaki ilişki Şekil 4.124'de verilmektedir. Regresyon analizinde lineer bağıntı gözlenmektedir (r<sup>2</sup>=0,944).



Şekil 4.124. C70/85 betonuna ait dinamik elastisite modülü(E<sub>d</sub>) ile basınç dayanımı (f<sub>c</sub>) arasındaki ilişki

$$E_d = 0,4743(f_c) + 34,717 \quad r^2=0,944 \quad (4.16)$$

Elde edilen verilerde beton numunelerinin Vp hızlarının betonlara ait tek eksenli basınç dayanımlarıyla, dinamik elastisite modüleriyle yakından ilişkisi olduğu gözlenmiştir.



## 5. SONUÇLAR

Tez kapsamında incelenen 6 farklı agrega ocağının, daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak, ayrıntılı jeolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla, inceleme alanının da içerisinde bulunduğu 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları, enine kesitleri hazırlanmıştır ve görünür rezervleri ortaya konmuştur.

Yapılan jeolojik çalışmalar sonucunda tez kapsamında değerlendirilen Isparta yöresinde bulunan sedimanter kökenli agregalardan kireçtaşı agregasının Folk (1962)'ye göre pelmikritik veya biyomikritik kireçtaşı olan Üst Kretase (Senomaniyen-Turoniyen) yaşlı Söbüdağ kireçtaşı'dan, rekristalize kireçtaşının şeker dokulu sparitik rekristalize kireçtaşlarından oluşmuş Üst Triyas-Jura yaşlı Domuzdağı kireçtaş'larından, Dolomit agregasının dolomitik kireçtaşlarından oluşan Triyas yaşlı Kuyubaşı dolomitlerinden, Kum-çakıl agregasının Kuvaterner yaşlı Atabey konglomerası'ndan, elde edildiği belirlenmiştir. Mağmatik kökenli olan tefri-fonolit ve trakibazalt agregasının Pliyosen yaşlı alkalen bileşimli Gölcük volkanitleri'nden elde edilmiştir.

Özkütlesi diğer agregalara yüksek olan trakibazalt ve dolomit kayaçlarının tek eksenli basınç dayanımlarının ve eğilme dayanımlarının yüksek olduğu gözlenmiştir.

İri agregaların su emme oranları irdelendiğinde en yüksek su emme miktarına tefri-fonolit agregası sahiptir. Agregaların açık gözeneklilik oranları ile su emme oranları arasında fonksiyonel bir ilişki vardır ( $r^2$  değeri=1). Bununla birlikte Tefri-fonolit ve rekristalize kireçtaşına ait kapalı gözenek oranları diğer kullanılan agregalara göre daha yüksektir. Kireçtaşının kapalı gözenek oranının rekristalize kireçtaşına göre düşük olmasından dolayı kireçtaşının su emme oranı rekristalize kireçtaşının su emme miktarına göre daha yüksektir.

Agregaların donma-çözülme sonrası kütlece kaybı (%) < 1'dir. TS 706 EN 12620+A1 (2009)'ye göre F<sub>1</sub> kategorisinde yer almaktadır.



ASTM C-40-97 (1998)'ye göre yapılan agregaların organik madde içeriği tayini testine göre agregaların organik madde içeriğinin betonda kullanımlarını etkileyecek miktarda olmadıkları sonucuna varılmıştır.

Agregaların yassılık indeksi tayini BS 812 (1990) standardına göre yapılmıştır. Agregaların yassılık indeksi sonuçlarına bakıldığında standartta belirtilen değerden (en fazla % 40) düşüktür. Agregalar içerisinde yassılık indeksi yüksek olan kayalar trakibazalt ve tefri-fonolittir. Kırma-eleme tesislerindeki kırıcıların, kayacın sertliğine göre seçilmesi kayaların yassılık indekslerinin daha düşük olmasına sebep olacaktır.

ASTM C 131-89 (2002)'da belirtilen kriterlere göre agregaların parçalanma dirençleri değerlendirildiğinde, agregalar parçalanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bununla birlikte aşınmaya karşıda (Mikro-deval) oldukça dayanıklıdır. Parçalanma sonrası kütle kaybı ve aşınma sonrası kütle kaybı arasında  $r^2$ -değeri oldukça yüksek bir korelasyon vardır ( $r$  değeri 0,94).

Alkali silika reaksiyonu tez kapsamında kullanılan tefri-fonolit, trakibazalt, kum-çakıl agregası için ASTM C 1260 (2007)'a göre yapılmıştır. Bu agregalardan kum-çakıl agregasının reaktif olduğu söylenebilir.

Asitte çözünebilen en yüksek sülfat muhtevası değerleri için TS EN 1744-1 kategoriler asitte çözünebilen sülfat içeriği değerinin sahip olduğu kategori olan  $AS_{0,2}$  (%0,2)'den daha düşüktür.

C30/37 betonu için su/çimento oranı 0,46'dır. C30/37 beton sınıfında Trakibazalt ve dolomit agregası kullanılarak üretilmiş betonların taze beton yoğunlukları diğerlerine göre daha yüksektir. En düşük taze beton yoğunluğu tefri-fonolit agregasından üretilmiş taze betona aittir. Beton içerisine giren agregaların özkütlesinin yüksek olması, üretilen betonların yoğunluklarıyla doğru orantılıdır.

C30/37 sınıfına ait 28 günlük ortalama basınç dayanımı en yüksek  $TB_{30}$  55,29 MPa,  $DO_{30}$  52,24 MPa'dır. En düşük  $TF_{30}$  41,58 MPa'dır. C30/37 beton sınıfında

hazırlana betonların eğilme ve yarmada çekme dayanımlarının basınç dayanımları ile doğru orantı olarak arttığı gözlenmiştir.

C70/85 betonu için su/çimento oranı 0,30'dur. 28 günlük beton basınç dayanımlarına göre TB<sub>70</sub> en yüksek dayanıma sahiptir. TS EN 206-1 (2014)'ye göre TB<sub>70</sub> ve DO<sub>70</sub> C80/95 beton dayanım sınıfında, RKÇT<sub>70</sub>, KÇ<sub>70</sub> ve KÇT<sub>70</sub> C70/85 beton dayanım sınıfında, TF<sub>70</sub> C55/67 beton dayanım sınıfındadır.

(SHRP-C/FR-91-103, 1991)'e göre 28 günlük basınç dayanımı  $\geq 70$  MPa ise çok yüksek dayanımlı beton olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre TB<sub>70</sub>, DO<sub>70</sub>, RKÇT<sub>70</sub>, KÇ<sub>70</sub> ve KÇT<sub>70</sub> betonları yüksek dayanımlı betonlardır. Yüksek dayanımlı betonlarda agrega dayanımının önemli olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada en yüksek beton dayanımlarını trakibazalt ve dolomit agregaları vermektedir. Bu agregaların özkütlelerinin ve dayanımlarının diğer agregalardan fazla olması beton dayanımlarının da yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Ayrıca kayaçların parçalanma ve aşınma dirençleri göz önüne alındığında trakibazalt ve dolomit agregası ile yapılan yüksek dayanımlı betonların karayolu, hava alanı, pist betonu, kaldırım taşı üretimi gibi aşınma dayanımının önemli olduğu yerlerde kullanılması daha uygundur.

Kent mobilyalarında kullanılacak betonların, karbonatlaşma ve korozyonun etkisini azaltabilmek için, C 50 sınıfından büyük ve su/çimento oranının 0.40'dan küçük olması gerekmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada elde edilen yüksek dayanımlı betonlar karışımları kent mobilyası olarak tasarlanacak yapılara ışık tutabilir.

Donma-çözülme dayanımı açısından trakibazalt ve dolomit agregasının donma çözölmeleri düşüktür. Bunu yanında su emme miktarları da düşüktür. Dolayısıyla batıdan doğuya doğru karasal iklimin şiddeti artan ve gündüz ve yaz ile kış arasındaki sıcaklık farkı fazla olan ülkemizde donma-çözülmesi düşük agregaların beton yapımında kullanılması beton ömrünün uzun olması bakımından önemlidir.

Zararlı kimyasal madde içeren ortamlarda ( $SO_3$ ,  $HNO_3$ ,  $CO_2$ , vb. ), volkanik kökenli agregalar ile yapılan betonların durabilite özellikleri daha iyidir. Bununla birlikte sülfata dayanıklı çimento (SDÇ), süper sülfat çimentosu (SSÇ) gibi özel çimentoların kullanılmasında betonların durabilitesini artırır.

Bu tez çalışmasında incelenen tefri-fonolit, trakiandezit ve kum, çakıl gibi Alkali silika reaksiyonu (ASR) bakımından ikincil kuvars içerebilecek agregaların ASR testleri mutlaka yapılmalıdır. Potansiyel zararlı veya zararlı çıkan agregalar, beton yapımında yüksek alkali içeren çimentolar ile birlikte kullanılırken önlem alınmalıdır (mikro silika, silis dumanı, F sınıfı uçucu kül kullanımı gibi).

Elde edilen verilerde beton numunelerinin  $V_p$  hızlarının betonlara ait tek eksenli basınç dayanımlarıyla, dinamik elastisite modülleriyle yakından ilişkisi olduğu gözlenmiştir. C30/37 betonları için  $V_p$  hızlarının 4,100-4,600 km/s arasında C70/87 betonları için 5,200-5,600 km/s arasında değiştiği söylenebilir.

Yapılan çalışmalar sonucu; Isparta yöresinde incelenen 6 farklı agrega ocağının normal dayanımlı beton ve yüksek dayanımlı betonlar için uygun olduğu ve bu ocaklardan alınan agregalar ile normal ve yüksek dayanımlı beton üretilebileceği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, A., 1980. Eğirdir Gölü Güneyinde Çandır (Sütçüler-Isparta) Yöresindeki Batı Torosların Jeolojisi. TJK Bülteni, 23 (1), 1-9, Ankara.
- Alp S., 2004. Kum, kil ve taş ocakları sektör raporu. İstanbul Ticaret Odası Bülteni, İstanbul-2004,
- Al-Oraimi S. K., Taha R. A., Hassan H., 2006. The Effect of Aggregate Mineralogy on the Strength of High Performance Concrete. Construction and Building Materials Journal, JCBM, Elsevier, Vol. 20, PP 499-503.
- Arıoğlu E., Acar E., Manzak O., Dondurmacı A., Girgin C., 1999, Kırmataşın Mühendislik Büyüklüklerinin Beton Karışım Tasarımına Etkileri.2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99, İstanbul-1999, Isbn B.16.0.Kgm.0.63.00.03/6o6.1 S. 229-240
- ASTM C 33-81, 1986, Standard specifications for concrete aggregates, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 597, 1994d. Standart Test Method For Pulse Velocity Throught Concrete Annual Book of ASTM Standarts.
- ASTM C 1260-07, 2007. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-bar method). Annual book of ASTM standards, Philadelphia, USA.
- ASTM C 40-97, 1998, Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 40-97, 04.01, 22-23.
- ASTM C 131-89 Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregates by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. Annual Book of ASTM Standards USA.
- Aşık, A., 1992, Gümüşgün-Gönen-Atabey (Isparta) Dolayının Jeolojisi, Akdeniz. Üniversitesi Fen Bil. Ens. Yük. Lis. Tezi 470, Harita (Yayınlanmış), ISPARTA.
- Beshr H, Almusallam AA, Maslehuddin M., 2003. Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete, Constr.Build.Mater.17(2): 97-103.
- Bharatkumar B., Narayanan H., R., Raghuprasad B. K., Ramachandramurthy D. S., 2001. Mix proportioning of high performance concrete Cement and Concrete Composites Volume 23, Issue 1, February 2001, Pages 71-80

- Blumenthal, M., 1963. Le système structural du Taurus Sud-Anatolien: in Livre à la mémoire du Professeur P. Fallot. Mém. hs. sér. Soc. Géol. France, 2, 611-622 s., Paris.
- Boggs S. J., 1987. Principals of sedimentology and Stratigraphy. Merill Publ. Co.
- BS 812, 1990. Testing Aggregate Methods For Determination of Particle Size And Shape, Elongation Index of Coarse Aggregates, British Standarts And BSI Publications, pp12.
- Çağlayan M., Haberveren S., İpekoğlu B., Kurşun İ. (1999). Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş "İston". 2 Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99 s. 69-81, Tstanbul.
- Çomak, B., Kadayıfçı, A., Morova N., 2010. Isparta Yöresinde Çıkarılan Bazı Agregaların Mühendislik Özellikleri ve Betonda Kullanımının Araştırılması Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14-3, 279-284, Isparta.
- Davraz M., Gündüz L., Şapçı N. & Başpınar E., 2007. Isparta civarı volkanik kayaların mühendislik özellikleri ve taşıyıcı beton üretiminde kullanılabilirliği. 6. Uluslar arası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 01-03 Şubat, s172-184, İzmir.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966, Classification and indeks properties of intact rock, Tech. Report AFWLTR-65-116, AF Special Weapons Center, Kirkland Air Force Base, New Mexico.
- Dilek, Y., Rowland, J., 1993. Evolution of conjugate passive magrin pairs in Mesozoic southern Turkey. Tectonics,12, 954-970. Eyüdoğan, H., Burka, A.,1997. The 1 October 1995 Dinar Earthquake, SW Turkey. Terra. Nova 8, 479-485.
- Donza H., Cabrera O. Irassar E. F., 2002. High-strength concrete with different fine aggregate Cement and Concrete Research Volume 32, Issue 11, November 2002, Pages 1755-1761
- Dumont, J.F., Kerey, E., 1975, Eğirdir Gölü Güneyinin Temel Jeolojik Etüdü: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18/2, 169-174
- Dunham, R. J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According To Depositional Texture. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1, 108-121.
- Dunn, J.R., 1991, Geology and Exploration, Chapter 4, in The Aggregate Handbook: National Stone Association, Washington, D.C., pp. 3-1-3-81.
- El-Ariss, B., 2006. Effect of reducing coarse aggregates on concrete strength. Journal of Construction and Building Materials, Volume 20, Issue 3, Pages 149-157.

- Erdoğan Y.,T., 2003. Beton, Metu Pres, Ankara, s. 478-512
- Folk, R.L., 1962. Petrology of Sedimentary Rocks: The University of Texas, Hemphill's, 1-170.
- 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.
- Glover, C., Robertson, A.H.F., 1998. Neogen intersection of the Aegean and Cyprus arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. Tectonophysics 298: 103-132.
- Görmüş, M., Karaman, M. E., 1992. Facies Changes And New Stratigraphicalpaleontological Data İn The Cretaceous-Tertiary Boundary Around Söbüdağ (Çünür-Isparta). Geosound, Ç. Üniv. 21, 43-47, Adana.
- Görmüş, M., Özkul, M., 1995. Gönen-Atabey (Isparta) ve Ağlasun (Burdur) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi. SDÜ Fen Bil. Ens. Derg., 1, 43-64, Isparta.
- Gutnic 1977. Geologie du Taurus Pisidien au nord d'Isparta, Turkie. Principal Resultats, Extraits Des Notes De. M. Gutnic Entre 1964 Et 1971 Par O. Monod, Université Du Paris – Sud Orsay, 130 P.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., Dumont, J.F., 1979. Geologie Des Taurides Occidentales (Turquie). Memories Société Géologique De France 137, 1-112.
- Günay, Y., Bölükbaşı, A.S. ve Yoldemir, O., 1982, Beydağlarının Stratigrafisi Ve Yapısı: Türkiye Altıncı Petrol Kong. Tebl., Nisan-1982, Ankara 91-101.
- Hobbs, D. W., 1988. Alkali-Silica Reaction in Concrete. Thomas Telford Ltd., London, England.
- Irvine, T. N., Baragar, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can.J. Earth. Sei. 8, 523-548.
- Juteau, T., 1975, Les Ophiolites Des Nappes d'Antalya (Taurides occidentails, Turquie) These, Sc., Nancy Mem. 32, 692 p.
- Karaman, M. E., Meriç, E. ve Tansel. İ., 1988, Çünür (Isparta) Dolaylarında Kretase-Tersiyer Geçişi: Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fakültesi Dergisi, Sayı 3, s 80, Isparta
- Karaman, M. E., Meriç, E., ve Tansel, İ., 1989. Gönen-Atabey Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. Cum. Üniv. Müh. Fak. Derg., Sivas.

- Karaman, M. E., 1990. Isparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri. TJK Bülteni, 33, 57-67, Ankara.
- Karaman, M. E., 1994. Isparta-Burdur Arasının Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri. TJK Bülteni, 37 (2), 119-134, Ankara.
- Karaman, M. E., 2000. Tectono-Stratigraphic Outline of the Burdur-Isparta Area (Western Taurides, Turkey). Türkiye Jeoloji Bülteni, 43, 2, 71-81, Ankara.
- Kazancı, N. ve Karaman, M. E., 1988. Gölcük (Isparta) Pliyosen Volkanoklastiklerinin Sedimanter Özellikleri ve Depolanma Mekanizmaları. Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg., 4, 16-35, Isparta.
- Ketin, İ., 1966. Tectonic Units of Anatolia. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, No: 66, 35 p., Ankara.
- Koçyiğit, A., 1980. Hoyran Gölü Yöresinin (Afyon-Isparta) Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri. Ankara Üniv. Fen Fak. Genel Jeo. Kür. Doç. Tezi, 172s. (Yayınlanmamış), Ankara.
- Koçyiğit, A., 1983. Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) Dolayının Tektoniği. Türkiye Jeo. Kur. Bült. 26, 1-10 s.
- Koçyiğit, A., 1984a. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. Türkiye Jeo. Kur. Bült. 27, 1-15 s.
- Koçyiğit, A., 1984b. Tectono-Stratigraphic Characteristics Of Hoyran Lake Region (Isparta Bend). In: Geology Of The Taurus Belt Proceed. Int. Symp. (Tekeli, O., Ve Göncüoğlu, M. C. Eds.), 53-68, Ankara.
- Le Bas MJ, Le Maitre RW., 1986. Streckeisen A., Zanettin B., A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on Total Alkali-Silica Diagram". Journal of Petrology, 27, 745-750.
- Lefevre, R., 1967. Un Nouvel Element De La Geologie Du Taurus Lycien: Les Nappes D' Antalya (Turquie): C.R. Ac. Sci, 263, 1365-1368.
- Marek, C. R. 1991. Basic properties of aggregate; *in* Barksdale, R. D. (ed.), The aggregate handbook: National Stone Association, Washington, D.C., pp. 3-1-3-81.
- Mcnally G.H.,1998. Soil and Rock Construction Materials. First Published, E and FN Spon, London and New York, p: 403.
- Mehta, P. K., Monteiro P. J. M., 2005. Concrete Microstructure, Properties, and Materials Third Edition 659 pages McGraw-Hill Education,UK.
- Mindess, S., Young, J.F.,1981. Concrete, Prentice-Hall, Inc., New Jersey..



- Neville, A.M. 1981. Properties of Concrete. Longman Scientific, New York, 843 pp.
- Özgül, N., 1976, Torosların Bazı Temel Jeolojik Özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 19/1, 65-67.
- Özgül, N., Bölükbaşı, S., Alkan, H., Korucu, M., 1991a, Kırdag- Barla Dağları- Davras Dağı Yöresinin Jeolojisi: TPOA Rap. 3149, Ankara (Yayımlanmamış).
- Özgüner, A.M., 1980, Burdur Gölü Civarı Yeni Kükürt Zuhurları Prospeksiyon ve Etüdlere Ön Raporu: MTA Rap., 6776 (Yayımlanmamış), Ankara.
- Özturan T., Çeçen, C., 1997. Effect of aggregate Type on the Mechanical Properties of concretes with different strenghts, Cement and concrete Research, 27 No: 2, p.165-170
- Öztürk M., Akakın T., Uçar S. 2003, ,Hazır Beton Sektöründe Agregas Kullanımı Türkiye Hazır Beton Birliği Teknik Çalışma Grubu III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 3-4 Aralık /Istanbul 5 Sayfa)
- Platevoite, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., Poisson, A., Elitok, Ö., Özgür, N., Yağmurlu, F. ve Yılmaz, K., 2008. Pleistocene eruptive chronology of the Gölcük volcano, Isparta Angle, Turkey. Quaternaire (baskıda).
- Poisson, A., 1977, Recherches Geologiques Dans Les Taurides Occidentales (Turquie): These, Univ., Paris-Sud, Orsay, 795p.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J.F. ve Uysal, Ş., (1984). The Isparta Angle: A Mesozoic Paleorift in the Western Taurides. Geology of the Taurus Belt (eds., Tekeli, O., and Göncüoğlu, M.C.). International Symposium. 11-26 s.,Ankara/Turkey.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M. and Şentürk, M., 2003. New Insights on The Tectonic Setting And Evolution Around The Apex of The Isparta Angle (SW Turkey): Geol. J. 38: 257-282
- Postacıoğlu, B. 1987. Beton (Agregalar, Beton) Cilt II. Teknik Kitaplar Yayın Evi, İstanbul, 403.
- Robertson, A.H.F., Woodcock N.H., 1984. The SW segment of the Antalya complex, Turkey as a Mesozoic-Tertiary Tethyan continental magrin. In the Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Dixon JF, Robertson AHF(eds). Special Publications 17. Geological Society: London; 251-271.
- Sariiz, K., 1985. Keçiborlu Kükürt Yataklarının Oluşumu ve Yörenin Jeolojisi. Anadolu Üniv. Yayın., 91, Doktora Tezi, Eskişehir.

- SHRP-C/FR-91-103, 1991. High Performance Concretes, a State of the Art Report. Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington DC, 1991
- Semiz B., Özpınar Y., Dönmez H., 2005. Denizli Volkanitlerinin Özellikleri ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliği. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 11 Sayı: 1 Sayfa:63-70.
- Şenel, M.; Kengil, R.; Ünverdi, M.; Gözler, M.Z. ve Serdaroğlu, M., 1981. Teke Toroslar güneydoğusunun jeolojisi: MTA Derg., 95-96., 13-43.
- Şenel, M., 1984. Discussion of the Antalya nappes. In Geology of Taurus belt (edited by O. Tekeli, M.C. Göncüoğlu), roceedings, 41-51.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A.S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A. Z., Uğuz, M.F., Korucu, M., Özgül, N., 1992. Eğirdir-Yenişarbademli Gebiz Ve Geriş-Köprülü (Isparta-Antalya) Arasında Kalan Alanların Jeolojisi: MTA Rap. No: 9390, TPAO Rap. No: 3132, 559s, Ankara (Yayımlanmamış).
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, M., H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M.F., Bölükbaşı, A. S., Korucu, M. Ve Özgül, N., 1996. Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar): MTA Derg. 118, 111-160.
- Şenel, M., 1997. 1:250 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta Paftası. MTA Yayınları No:4, 47 S., Ankara.
- Şengör, A. M. C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Konferans dizisi, 40 s.
- Şimşek O., 2004. Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yay. San. ve Tic. A.S, Ankara.
- Tasong W. A., Lynsdale C. J. Cripps J. C., 1998. Aggregate-cement paste interface: Part II. Influence of aggregate physical properties Cement and Concrete Research Volume 28, No10, pp 1453-1465.
- Tasong W. A., Lynsdale C. J., Cripps J. C., 1999. Aggregate-cement paste interface: Part I. Influence of aggregate geochemistry Cement and Concrete Research Volume 29, Issue 7, Pages 1019-1025.
- Torgal F. Pacheco-, J.P. Castro-Gomes, Lopes S.M.R., 2002. Experimental Study of Concrete Durability Parameters produced with Different Types of aggregates Congress on Housing Housing Construction – An Interdisciplinary Task September 9-13, , Coimbra, Portugal Eds.: Oktay Ural, Vitor Abrantes, António Tadeu
- Tosun, K., Yazıcı, H., Yiğiter, H. ve Baradan, B. 2003. Uçucu kül içeren çimento

harçlarının sülfat dayanıklılığının incelenmesi. 5. Ulusal Beton Kongresi. Bildiriler Kitabı. Ala\_ Matbaası.

- TS 2941, 1978. Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi İle Tayini Türk Standardları Enstitüsü Ankara
- TS EN 206-1, 2014. Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 197-1, 2011. Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 932-1, 1997. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler-Kısım 1 Numune Alma Metotları. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1097-2, 2010. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini için Metotlar. Ankara
- TS EN 1097-1, 2011. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro-Deval) Türk Standardları Enstitüsü Ankara
- TS EN 933-2, 1996. Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Kısım 2: Tane Boyutu Dağılımı Tayini-Deney Eleklere, Elek Göz Açıklıklarını Anma Büyüklükleri. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 10088 EN 932-3, 1997. Agregaların Genel Özellikleri için Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama için İşlem ve Terminoloji. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 3530 EN 933-1, 1999. Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1097-3, 1999. Agregaların Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini Türk Standardları Enstitüsü Ankara
- TS EN 1926, 2013. Doğal Taşlar - Deney Metotları - Basınç Dayanımı Tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1367-1, 2009. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Donmaya ve çözülmeye karşı direncin tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1097-6, 2013. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.

- TS EN 12350-1, 2010. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 1: Numune Alma. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12350-2, 2010. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp). Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12350-4, 2010. Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 4: Sıkıştırılabilirlik Derecesi. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12350-6, 2010. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12390-1, 2013. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12390-2, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12390-5, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12390-6, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12390-7, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1936, 2010. Doğal Taşlar-Deney yöntemleri - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 12372, 2013. Doğal taşlar-Deney yöntemleri-Sabit moment altında eğilme dayanımının tayini. Türk Standardları Enstitüsü Ankara
- TS EN 1744-1, 2010. Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler- Bölüm1:Kimyasal analiz. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 802, 2009. Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 706 EN 12620+A1 (2009). Beton Agregaları. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara
- TS 1114 EN 13055-1, 2004. Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için. Türk Standardları Enstitüsü Ankara

- TS EN 12390-3, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini Türk Standardları Enstitüsü Ankara
- Venuat, M., 1983. "Du Beton Mousse au Beton de Polymeres", Cah., Tech., du Bafiment, No:52, Mai, Paris.
- Yağmurlu, F., 1994. Isparta güneyinde yeralan Tersiyer yaşlı türbitidik birimlerin fasiyes özellikleri: Geosound-Yerbilimleri Dergisi, s.24, 17-28, Adana.
- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y. ve Ergün, M., 1997. Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey. The Journal of Geology. 105, 717-728 s.
- Yağmurlu, F., Karagüzel, R., ve Taşdelen, S., 1994. Göлтаş çimento fabrikası ve çevresinin temel jeolojik özellikleri ve hammadde potansiyeli : S.D.Ü Müh. Mim. Fak. Döner Sermaye projesi.
- Yağmurlu, F., Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun güncel tektonik yapısı. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 02-03 Haziran 2005, 55-61, İstanbul.
- Yalçınkaya, S., Ergin, A., Taner, K., Afşar, Ö. P., Dalkılıç, H. Ve Özgönül, E., 1986, Batı Toroslar'ın jeolojisi: MTA Rap. 7898, Ankara (yayımlanmamış).
- Yalçınkaya, S., 1989, Isparta-Ağlasun (Burdur) dolayının jeolojisi: İ. Ü. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, 175s.
- Yıldırım, M., Yılmaz, I., 2002. Yıldız Irmağı Çökellerinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri-A Yer Bilimleri C. 19 s.2.
- Yıldız, A., Toker, V., 1991. Çünür köyü yöresindeki (Isparta kuzeyi) Üst Kretase-Eosen yapılı birimlerin planktik foraminiferler ile biyostratigrafik incelemesi. TJK Bült., 34(2), 43-58, Ankara.
- Waldron, J.W.F., 1982. Antalya Karmaşığı kuzeydoğu uzanımının Isparta bölgesindeki stratigrafisi ve sedimenter evrimi: MTA Derg. 97-98, 1-20.
- Wang, J., Zhou Z., 2010 Production of Concrete Aggregates with High Strength by Using the Wastes, Advanced Materials Research Vols., 163-167, 1651-1654.
- Wu K., Chen B. Yao W. ZhangD. 2001. Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of high-performance concrete Cement and Concrete Research Volume 31, Issue 10, October 2001, Pages 1421-1425

Wu, Y., Parker, F. and Kandhal, K. 2004. Aggregate Toughness/Abrasion Resistance and Durability/Soundness Tests Related to Asphalt Concrete Performance in Pavements. NCAT Report 98-4. National Center for Asphalt Technology. Auburn, Alabama.

<http://www.gravelbc.ca/aggregate/whereisaggregateused.html> (The Aggregate Producers Association of British Columbia) (13/12/2013).

[http://www.kirec.org/image/file/YUFCevreSunum\\_03haz09.ppt](http://www.kirec.org/image/file/YUFCevreSunum_03haz09.ppt) (13/12/2013).

<http://www.dicle.edu.tr/a/idrisb/webtr/Yapi%20Mlz/YM-4-Agregalar.pdf> (13/12/2013).



## **ÖZGEÇMİŞ**

**Adı Soyadı :**Ebru BAŞPINAR TUNCAY

**Doğum Yeri ve Yılı:** UŞAK/1980

**Medeni Hali :**Evli

**Yabancı Dili :**İngilizce

**Eğitim Durumu :**

**Lise :**Süper Gazi Lisesi (Isparta)-1998

**Lisans :**Süleyman Demirel Üniversitesi Müh-Mim Fak. Jeoloji Müh. Bölümü (Isparta)-2002

**Yüksek Lisans :**Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı

**Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:**

1. Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Arş ve Uygulama Merkezi (Isparta)-2005-2012
2. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloj Mühendisliği Bölümü (Isparta)-2012-...

**Yayınları (SCI ve diğer makaleler)**

• **Ulusal Toplantıda Sunularak Tam Metin Olarak Yayımlanan Bildiri**

1. Gündüz L., Ulusoy, M., Başpınar, E., Orta Anadolu Volkanik Kayaç Oluşumlarının Doğal Kaplama ve Yapı Taşı Olarak Teknik Değerlendirmesi,



MERSEM'2006, Türkiye V. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu, 2-3 Mart, Afyon, 2006, s251-267.

2. Gündüz L., Şapcı N., Başpınar E., "Türkiye Bims (Pomza) Kaynaklarının İnşaat Sektöründe Doğal Yapı Agregası Olarak Kullanımı", Mühendislik Jeolojisinde Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu, 25-27 Mayıs 2006, Denizli, s377-386.

3. Başpınar E., Gündüz L., "İnşaat Endüstrisinde Kullanılan Pomza Agregalarının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri", 4. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 1-2 Aralık 2006, İstanbul, s85-92

4. Başpınar,E., Kuşçu, M., 2007 "Karaçayır (Uşak) Kaolen Yatağının Mineralojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması:XIII. Ulusal Kil 2007 Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 95-109, Isparta

5. Davraz, M., Başpınar, E., Ceylan, H., "Agregalarda Porozite Hesabının Mantığı" 6. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 06-07 Ekim 2011, Sivas, s-149-156.

• **Uluslararası Toplantıda Sunularak Tam Metin Olarak Yayımlanan Bildiri**

1. Davraz M., Gündüz L., Şapcı N., Başpınar E., Isparta Civarı Volkanik Kayaçların Mühendislik Özellikleri ve Taşıyıcı Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, 6. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 01-03 Şubat 2007, s172-185.

2. Davraz, M., Gündüz, L., Başpınar, E., 2009. A different product in thermal insulation; lightweight aggregated foam plaster, International Symposium on Engineering and Architectural Sciences of Balkan, Caucasus and Turkic Republics, Suleyman Demirel University, October 22-24, 2009, Isparta, Turkey, 299-304

• **Hakemli Dergilerde Yayımlanan Teknik Not, Editöre Mektup, Tartışma, Vaka Takdimi Ve Özet Türünden Yayınlar Dışındaki Makale**

1. Gündüz L., Şapcı N., Başpınar E., "Türkiye Bims (Pomza) Kaynaklarının İnşaat Sektöründe Doğal Yapı Agregası Olarak Kullanımı", Mühendislik Jeolojisi Bülteni Sayı: 22 (31-45)

2. Davraz, M., Gündüz, L., Başpınar, E., 2011. Lightweight Aggregated Foam Plaster for Thermal Insulation in Buildings, SDÜ Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,Cilt:1 Sayı:3 s.150-155.

3. Bayrakçı, H., Davraz, M., Başpınar, E., 2011. Yeni nesil ısı yalıtım malzemesi: Vakum Yalıtım Paneli, SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, 1-1

4. Davraz, M., Başpınar, E., 2011. Agregada Porozitesinin Hafif Betonların Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi. SDÜ Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi
5. Davraz, M., Başpınar, E., Ceylan, H., 2011.Yapı Denetim Kurumları Öncesi Isparta ve Yakın Civarındaki Hazır Beton Kalitesi SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, 1-12

**Diğer Bilimsel Dergilerde Yayımlanan Teknik Not, Editöre Mektup, Tartışma, Vaka Takdimi Ve Özet Türünden Yayınlar Dışındaki Makale**

Karaçayır (Uşak) Kaolen Yatağı Kaolen Üretim Yöntemi SDUGEO e-dergi, vol., sayfa:, 2011.

- **Yüksek Lisans Tezi**

Karaçayır-Eğlence (Uşak) Kaolen Yataklarının Jeolojik Jeokimyasal özellikleri ve oluşum koşullarının Araştırılması

**Ulusal Kuruluşlarca Desteklenen Proje Görev Alma**

1. Kuşcu,M.,2004, Karaçayır-Eğlence(Uşak) Kaolen Yataklarının Jeolojik Jeokimyasal özellikleri ve oluşum koşullarının Araştırılması:SDÜ BAP Yönetim Birimi, Proje No,911-YL-04 -(Tamamlandı) Araştırmacı.
2. "Yüksek Isı Yalıtım Performanslı ve Ekonomik "Vakum Yalıtım Panelleri (VYP) Üretilmesi İçin Alternatif Çekirdek Malzemelerinin Araştırılması"-TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Projesi-109 M 407, Bursiyer, (2009-2010) (Tamamlandı).
3. Bor Katkılı Portland Çimentosu ile Üretilen Betonların Mühendislik Özelliklerinin, Avantaj ve Dezavantajlarının ve Optimum Uygulama Alanlarının Belirlenmesi, SDÜ BAP, Proje no: 2573-M-10 (Devam Ediyor) Araştırmacı.
4. Atık Andezit Tozlarının Beton ve Beton Ürünlerinde Mikrofiller Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, SDÜ BAP, Proje No: 2603-M-10(Devam Ediyor) Araştırmacı.
5. Isparta Yöresinde Yeralan Kaya Birimlerinden Elde Edilen Agregaların Beton Performansına Etkisi, SDÜ BAP, Proje No: 1806-D-09 (Devam Ediyor) Araştırmacı.