



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

**ISPARTA GELİNCİK POMZA
YATAKLARININ JEOLJİSİ,
FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Emre AKSOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

**AĞUSTOS-2010
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Emre AKSOY tarafından hazırlanan “İsparta Gelincik Pomza Yataklarının Jeolojisi, Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması 16/08/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN

.....

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN

.....

Üye

Prof. Dr. Veysel ZEDEF

.....

Üye

Doç. Dr. Kerim KOÇAK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr.

FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Emre AKSOY

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ISPARTA GELİNCİK POMZA YATAKLARININ JEOLJİSİ, FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Emre AKSOY

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Adnan DÖYEN

2010, 98 Sayfa

Jüri

Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN

Prof. Dr. Veysel ZEDEF

Doç. Dr. Kerim KOÇAK

Pomza taşının kullanımı inşaat sektörü başta olmak üzere farklı endüstri alanlarında giderek artan bir eğilim sergilemektedir. Ancak pomzanın gerek fiziksel, gerek kimyasal ve gerekse yapısal oluşum şekillerine bağlı olarak, kullanımı değişik alanlar gerektirebilmektedir. Bu tezde Gelincik pomzasının oluşumuna değinildikten sonra sahadan alınan pomza numunelerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için elek analizi, özgül ağırlık ve su emme (İnce asidik pomza: 2,309 gr/cm³-%29,38, orta asidik pomza: 2,120 gr/cm³- %33,52, iri asidik pomza: 1,858 gr/cm³-%36,11), rutubet testi (%27,74), kızdırma kaybı (%2,98), çözünmeyen kalıntı testi (%82,42), puzolonik aktivite testi (28 günlük 19,8 N/mm² dayanım), kimyasal bileşimi belirlemek için XRF analizi ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için farklı oranlarda pomza agregası ve değişik oranlarda dere kumu kullanılarak 5 adet beton numunesi hazırlanmış, bunların dayanım özellikleri incelenmiştir. Değişik beton tasarımları değerlendirildiğinde %40 dere kumu, 450 kg çimento, 187 kg su ve çimentonun %1,5'i kadar kimyasal katkı kullanılarak hazırlanan betonun yoğunluğu 1841,05 kg/m³, tek eksenli basınç değeri (28 günlük 28,3 N/mm²) açısından en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pomza, Fiziksel Özellikleri, Mekanik Özellikleri, Isparta, Gelincik

ABSTRACT

MS THESIS

GEOLOGY OF THE ISPARTA'S GELİNCİK PUMICE FIELDS AND SEARCHING PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

EMRE AKSOY

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOLOGICAL ENGINEERING**

**Advisor: Asst.Prof.Dr Adnan DÖYEN
2010, 98 Pages**

**Jury
Asst.Prof.Dr. Adnan DÖYEN
Prof.Dr. Veysel ZEDEF
Assoc.Prof.Dr. Kerim KOÇAK**

The usage of the pumice stone is especially construction sector and different industrial fields which exhibit rising tendency. However, whether pumice stone is physical or chemical or structural generation formul's usage can require different fields. In that thesis, just after mention about Gelincik pumice creation, the received pumice samples which is sieve analysis, specific weight, and water absorption (thin acidic pump: 2,309 gr/cm³-%29,38, middle acidic pump: 2,120 gr/cm³-%33,52, huge acidic pump: 1,858 gr/cm³-%36,11), moisture test (%27,74), lost of heating (%2,98), insoluble remnant test (%82,42), puzolonik activity test 28 days 19,8 N/mm² strength) so as to state the phsical features, and XRF analyis so as to state chemical composition, apart from this there are 5 item concrete sample with pumice agrage in diffrent ratio and river sand in different ratio so as to state mechanical features and it is examined the strength features. When evaluated the different concrete design, river sand of 40%, 450 kg cement, 187 kg water, and concrete intensiveness with using chemical contribution 1,5% of cement is that 1841,05 kg/m³, single axes pressure value is that (28 days 28,3 N/mm²) is given the best result in terms of it.

Keywords: Pumice, physical properties, mechanical properties, Isparta, Gelincik

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez, “ Gelincik (Isparta) bölgesi pomza yataklarının jeolojisi, fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması” ile ilgilidir. Bu çalışma, bölgede bulunan birimlerin litolojik özellikleri, birbiriyle ilişkileri, pomza yataklarının jeolojik konumu, mineralojik özellikleri, rezervi, kalitesi, oluşum koşulları, kökeni, pomza madeninin dünyadaki yeri, kullanım alanları ve özellikle çimento ve beton sanayisinde olmak üzere başlıca inşaat sektöründe kullanımı ve ekonomik potansiyelinin kapsamlı bir şekilde ortaya konması açısından önem kazanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda tez 7 bölümden oluşmaktadır.

Emre AKSOY
KONYA-2010

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam sırasında yardımlarını ve hoşgörüsünü esirgemeyen danışman hocam *Sn. Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN*' e teşekkür ederim.

Ayrıca tüm yüksek lisans eğitimimin süresince hem maddi hem manevi desteklerini esirgemeyen AS Grubu Yönetim Kurulu Başkanı *Sn. Ümit SAK*' a ve AS Çimento San. A.Ş. kalite kontrol laboratuvarı çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca beni bugünlere getiren, tüm eğitimim süresince desteklerini ve fedakârlıklarını esirgemeyen aileme ve eşim *Funda AKSOY*' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı	2
1.3. Araştırma Yöntemleri	3
1.4. Morfoloji	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Pomza ve Hafif Beton ile İlgili Önceki Çalışmalar	4
2.2. Isparta Bölgesinin Genel Jeolojisi İle İlgili Önceki Çalışmalar	5
3. ISPARTA VE GELİNCİK BÖLGESİ'NİN GENEL JEOLJİSİ	7
3.1. Alüvyon (Qal)	9
3.2. Gölcük Formasyonu (plg)	9
3.2.1. Volkanik kayalar (plgv)	11
3.2.2. Piroklastik kayalar (plgt)	12
3.2.3. Gölcük volkanitlerinin oluşumu	16
3.3. Gönen Çakıltısı (Tmg)	19
3.4. Kızılkırma Formasyonu (Tpk)	19
3.5. Akdağ Kireçtaşı (JKa)	20
4. POMZA.....	22
4.1. Pomzanın Oluşumu	24
4.2. Pomzanın Kullanım Alanları	24
4.2.1. İnşaat sektöründe	25
4.2.2. Tekstil sektöründe	26
4.2.3. Tarım sektöründe	27
4.2.4. Kimya sektöründe	28
4.2.5. Diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda	28
4.3. Hafif Beton Olarak Pomza	29
4.3.1. Hafif Beton Olarak Pomzanın Önemi	29

4.3.2.	Hafif agregalı betonlar	31
4.4.	Pomza Agregalı Betonların Özellikleri.....	32
4.5.	Pomza Karışımları TSE Standartları.....	33
4.6.	Dünya’ daki Pomza Rezervleri	37
4.7.	Türkiye’ deki Pomza Rezervleri	38
4.8.	Gelincik Pomza Sahası ve Ocağı	39
4.8.1.	Gelincik pomza sahasının jeolojik ve madencilik açısından irdelenmesi 39	
4.8.2.	Mineralojik analizleri.....	41
4.8.3.	Gelincik pomza ocağı işletmesi ve hammaddelerin işlenmesi	42
5.	MATERYAL VE METOT.....	47
5.1.	Materyal	47
5.1.1.	Agrega.....	47
5.1.2.	Karışım suyu	48
5.1.3.	Çimento.....	48
5.1.4.	Katkı.....	49
5.1.5.	Betonun tanımı ve genel bilgiler.....	49
5.2.	Metot.....	51
5.2.1.	Pomza numunesi üzerinde yapılan test ve analizler	51
5.2.2.	Pomza katkılı beton numunesi üzerinde yapılan testler.....	59
6.	ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	62
6.1.	Pomza Numunesi Üzerinde Yapılan Testler ve Analizler;	63
6.1.1.	Eleak analizi	63
6.1.2.	Özgöl ağırlık ve su emme	64
6.1.3.	Rutubet testi	65
6.1.4.	Kızdırma Kaybı.....	66
6.1.5.	Çözünmeyen Kalıntı Testi	66
6.1.6.	Puzolonik aktivite testi.....	66
6.1.7.	XRF analizi	67
6.2.	Hazırlanan Beton Tasarımları	68
6.2.1.	T1 beton tasarımı	68
6.2.2.	T2 beton tasarımı	71
6.2.3.	T3 beton tasarımı	72
6.2.4.	T4 beton tasarımı	74
6.2.5.	T5 beton tasarımı	76
6.3.	Tasarımlardan Alınan Numunelerin Basınç Değerleri	78
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
	KAYNAKLAR	83
	EKLER	86
	ÖZGEÇMİŞ	87

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 3.1.	Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	8
Şekil 3.2.	Gölcük formasyonunun genel görünümü.....	10
Şekil 3.3.	Gelincik bölgesinde gözlenen pomza düzeyleri.....	15
Şekil 3.4.	Gölcük volkanizmasının ve pomza oluşumunun evrimini gösteren şematik kesitler (Kuşçu, 1990).....	18
Şekil 4.1.	Bazik Pomzanın Genel Görünümü.....	23
Şekil 4.2.	Asidik Pomzanın Genel Görünümü.....	23
Şekil 4.3.	Gelincik pomza ocağından bir görünüm.....	39
Şekil 4.4.	Gelincik ocağı gri renkli tekstil pomzası seviyesi.....	40
Şekil 4.5.	Gelincik ocağı pomza örnekleri volkanik cam içerisinde biyotit ve feldspat kristallerinin ince kesit görünümleri.....	41
Şekil 4.6.	Gelincik pomza ocağı genel işletme planı.....	42
Şekil 4.7.	Gelincik pomza sahası ön eleme tesisi	44
Şekil 4.8.	Tekstil ve konsantre pomza üretim akış diyagramı.....	44
Şekil 5.1.	Elek seti ve tek kefeli hassas terazi.....	52
Şekil 5.2.	Multipiknometre.....	53
Şekil 5.3.	Etüv ve desikatör.....	54
Şekil 5.4.	Fırın.....	55
Şekil 5.5.	Çözünmeyen kalıntı analiz seti.....	56
Şekil 5.6.	XRF Cihazı.....	58
Şekil 5.7.	TS EN 206-1' e göre Dmax 16' nın maksimum ve minimum şartname aralığı grafiği.....	59
Şekil 5.8.	Tek eksenli basınç makinesi ve beton tasarımı numuneleri.....	61
Şekil 6.1.	T1 Beton Tasarım Agregası Oran Şartname Grafiği.....	69
Şekil 6.2.	T1 Tasarımının Karışım Sonrası Görünümü.....	69
Şekil 6.3.	T2 beton tasarım agregası oran şartname grafiği.....	71
Şekil 6.4.	T3 beton tasarım agregası oran şartname grafiği.....	73
Şekil 6.5.	T4 beton tasarım agregası oran şartname grafiği.....	75
Şekil 6.6.	T5 beton tasarım agregası oran şartname grafiği.....	77
Şekil 6.7.	Dayanım değerlendirme grafiği.....	79

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1.	Asidik pomza ile bazik pomzanın kimyasal bileşimi.....	23
Çizelge 4.2.	Dünya pomza rezervleri.....	37
Çizelge 4.3.	Türkiye pomza madeni rezerv dağılımı.....	38
Çizelge 4.4.	Gelincik ocağından üretilen tüvenan cevherin ürün dağılımı.....	45
Çizelge 5.1.	Betonların yoğunluklarına göre sınıflandırılması.....	50
Çizelge 5.2.	Betonların dayanımlarına göre sınıflandırılması.....	51
Çizelge 5.3.	Puzolonik aktivite testi için gerekli malzeme miktarları.....	57
Çizelge 6.1.	İnce malzeme elek analizi sonuçları.....	63
Çizelge 6.2.	Orta incelikteki malzeme elek analiz sonuçları.....	63
Çizelge 6.3.	İri malzeme elek analizi sonuçları.....	64
Çizelge 6.4.	Dere kumu elek analiz sonuçları.....	64
Çizelge 6.5.	Asidik pomza ve dere kumunun su emmesi ve özgül ağırlıkları.....	65
Çizelge 6.6.	Rutubet testi sonuçları.....	65
Çizelge 6.7.	Kızdırma kaybı test sonuçları.....	66
Çizelge 6.8.	Çözünmeyen kalıntı testi sonuçları.....	66
Çizelge 6.9.	Puzolonik aktivite testi sonuçları.....	67
Çizelge 6.10.	Gelincik sahasından alınan pomza numunelerinin XRF analizi sonuçları.....	67
Çizelge 6.11.	T1 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları.....	70
Çizelge 6.12.	T2 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları.....	72
Çizelge 6.13.	T3 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları.....	74
Çizelge 6.14.	T4 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları.....	76
Çizelge 6.15.	T5 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları.....	78
Çizelge 6.16.	Basınç dayanım test sonuçları.....	78
Çizelge 6.17.	Hafif beton için basınç dayanım sınıfı.....	79
Çizelge 6.18.	Tasarımların beton sınıfları, değerleri ve sınıfların min. Değerleri.....	80

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez, “ Gelincik (Isparta) bölgesi pomza yataklarının jeolojisi, fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması” ile ilgilidir. Bu çalışma, bölgede bulunan birimlerin litolojik özellikleri, birbiriyle ilişkileri, pomza yataklarının jeolojik konumu, mineralojik özellikleri, rezervi, kalitesi, oluşum koşulları, kökeni, pomza madeninin dünyadaki yeri, kullanım alanları ve özellikle çimento ve beton sanayisinde olmak üzere başlıca inşaat sektöründe kullanımı ve ekonomik potansiyelinin kapsamlı bir şekilde ortaya konması açısından önem kazanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda tez 7 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde çalışma sahasının yeri hakkında bilgi verilmiş ve daha bölgeyle ilgili daha önceki çalışmalar belirtilmiştir. İkinci bölümde daha önceki çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde çalışma alanı ve çevresinin bölgesel jeolojisi, stratigrafisi anlatılmıştır. Dördüncü bölüm pomzanın tanımı, oluşumu, kullanım alanları, Dünya ve Türkiye’ deki rezervi, tezin ana temasını oluşturan Gelincik Pomza sahasının özellikleri ayrıntılı bir şekilde işlenmiştir. Beşinci bölümde materyal ve metot ayrıntılı olarak verilmiştir. Altıncı bölümde elde edilen araştırma sonuçlarına değinilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

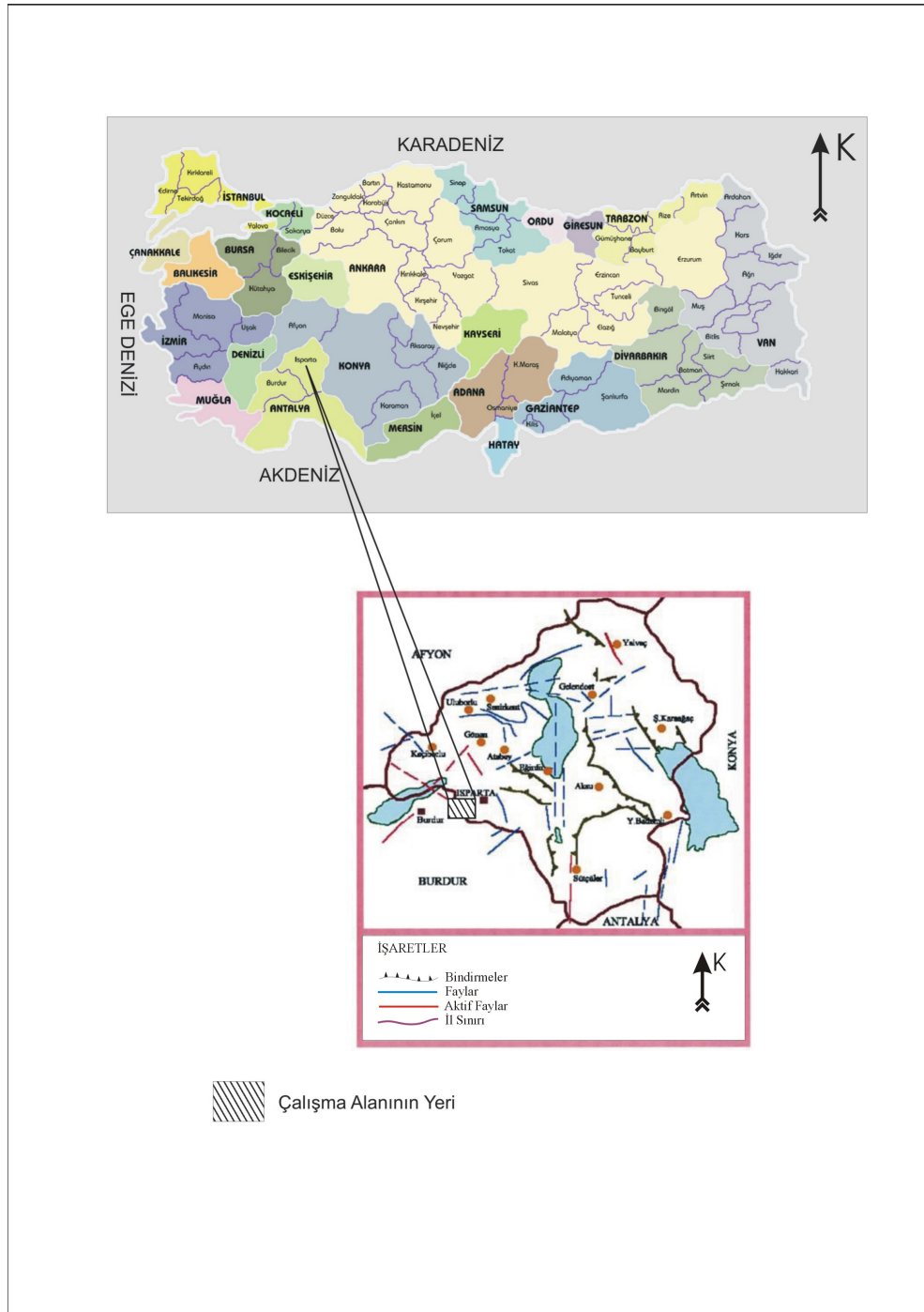
1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı Isparta’da ocağı bulunan ve çok geniş bir alanda kullanıma sahip olan pomza madeninin ve ocağının özelliklerinin belirlenmesi, bu ocaktan çıkan pomzanın kimyasal, fiziksel, mekaniksel analizlerinin yapılması ve bu analizlere dayanılarak, pomzanın diğer kullanım alanları dışında özellikle çimento ve hafif beton sanayisinde kullanımına katkıda bulunabilmek amacıyla yapılmıştır.

Çalışmada pomza madeni ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmaların derlenmesi, eksik olan çalışmaların tamamlanması, yapılmamış çalışmaların ve analizlerin yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada hedef alınan Isparta-Gelincik pomza sahasının jeolojik konumu, mühendislik özelliklerinin tanımlanması ve yine ileride yapılacak çalışmalar içinde bir veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir.

1.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı

Çalışma alanı Güney Batı Anadolu’ da, Isparta ilinin 9 km güney batısında bulunan Gelincik Köyü ve çevresini içine almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı ulaşım yolu ve çevresinin büyük bir kısmı asfalt olup, ulaşım her mevsim mümkündür.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

1.3. Araştırma Yöntemleri

Bölgede çeşitli zamanlarda yapılan çalışmalar literatür bazında değerlendirildikten sonra arazi çalışmalarına bağlanmıştır. Bölgedeki birimlerin dokanak sınırlarını belirlemek için çalışma alanını da içine alan 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanmıştır (Ek 1). Araziden toplanan pomza örneklerinin bileşimlerinin % olarak ifadesi amacıyla XRF analizlerinin yapılması, çeşitli fiziksel analizlerle pomzanın özelliklerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca elenmiş pomza numunelerinin imento ve değişik katkılarla karıştırılmasıyla yeni beton numunelerinin hazırlanması ve bu beton numunelerinin üzerinde yapılan basınç testleriyle numunenin 2, 7, 28 günlük dayanımlarının belirlenmesi sağlanmıştır.

1.4. Morfoloji

Çalışma alanı Isparta ilinin yaklaşık 9 km güney batısında bulunmaktadır (şekil 1.1). İnceleme alanında ortalama yükseklik yaklaşık 1400 m. civarındadır. Genel olarak topografya çok engebeli olup, sarp tepeler bölgeye hâkimdir ve bu tepelerin oluşmasında bölgede gelişen volkanizma faaliyetlerinin etkisi olmuştur.

Bölgedeki başlıca yükseklikler Kirazlı Tepe (1653 m.), Ulukız Tepe (1545 m.), Pilav Tepe (1551 m.), Karaman Tepe (1763 m.), Tokat Tepe (1841 m.), Hisar Tepe (1530 m.), Tekke Tepe, Kara Tepe (1757 m.), Taşağıl Tepe, Akdağ Tepe (2212 m.)' dir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Pomza ve Hafif Beton ile İlgili Önceki Çalışmalar

Davraz ve Gündüz, 1998; Pomza madenini genel olarak tanımlamakta ve pomzanın Türkiye açısından önemini vurgulamaktadırlar. Ayrıca pomzanın tekstil, tarım, kimya ve endüstri alanında, özellikle de inşaat sektörünün farklı alanlarında kullanımına yönelik çok sayıda çalışma yapmışlardır.

Davraz, 2006; Isparta civarı volkanik kayaçların mühendislik özellikleri ve taşıyıcı beton üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, Isparta il merkezi güneybatısından başlayıp güneydoğusuna kadar uzanan ve kuzeyinde de gözlenen volkanik oluşumlardan (Gölcük Volkanitleri); Minasın Mevkii (andezit ocakları), Kayıköy ve Gönen ilçesi civarındaki volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanından alınan örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış, yöredeki volkanik kayaçların beton sektöründe agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneysel veriler ışığında, kireçtaşı agregasına göre trakiandezit ve trakibazalt agregaların betonda üretiminde % 62-79 oranında dayanım artışı sağladığı belirlenmiştir.

Dinçer ve Çağatay, 2004; Bu çalışmada, normal agreganın ve normal iri agreganın yerine %0, %25, %50, %75, %100 oranlarında pomza agrega kullanılarak taşıyıcı hafif betonların mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Khandaker ve Hossain, 2002; Hafif beton üretiminde kaba agrega olarak ve çimentonun yerine pomzanın kullanılabilirliği üzerine araştırmalar yapmışlardır. Araştırmada çimentonun yerine % 0–25 arasında öğütülmüş pomza ve kaba agreganın yerine hacimce % 0 – 100 arasında pomza agrega kullanılarak pomzanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Test sonuçları çimentonun yerine % 15' e kadar öğütülmüş pomza kullanılarak yapılan betonların kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur.

Yazıcıoğlu ve Demirel, 2006; Puzolanik katkı maddesi olarak kullanılan Elazığ yöresi pomzasının ilerleyen kür yaşlarında betonun basınç dayanımına etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında Elazığ yöresi pomzasını, hidratasyon reaksiyonu yapabilmesi için çimento inceliğinde öğütülüp, ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında çimento ile yer değiştirilerek yeni karışımlar oluşturmuşlardır. Ayrıca silis dumanının basınç dayanımına yaptığı katkıyı gözleyebilmek için kontrol betonu hariç

tüm serilere, %10 silis dumanı ilave edilerek ikinci bir seri daha hazırlanmış, pomzanın basınç dayanımına etkisinin kür yaşlarına bağlı olarak değişimini tespit etmek için numunelerin 3, 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerleri kaydetmişlerdir. Çalışma sonucunda, pomzanın %20 oranına kadar çimento ile ağırlıkça yer değiştirmesi ile, çimento miktarındaki azalmadan dolayı numunelerin basınç dayanımlarının kontrol betonuna göre daha düşük çıktığı görülmüştür.

2.2. Isparta Bölgesinin Genel Jeolojisi İle İlgili Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı Türkiye'nin güney batısında, "Göller Bölgesi" diye adlandırılan alanda bulunmaktadır. Karmaşık jeolojik özelliğe sahip olan bu bölgede birçok yerli ve yabancı bilim adamı tarafından değişik amaçlarla yapılan çalışmalar, bu çalışmanın amacı doğrultusunda aşağıda özetlenmiştir.

Poisson, 1977; Batı Torosların jeolojisiyle ilgili çalışmalar yaparak bölgede üç ana yapı ayırmıştır. Bunlar Triyas - Pliyosen aralığındaki kayaları kapsayan Beydağları otoktonu, Maestrihtiyen -Daniyen'de yerleşmiş Antalya napları ve Langiyen'de yerleşmiş Lisiyen Naplarıdır. Antalya napları alttan üste doğru Peridotit napları, Kocadağ masifi, Kargı, Ispartaçay ve Çaltepe üniteleri olarak ayırt etmiştir. Likya (Lisiyen) Naplarını ise alttan üste doğru Yavuz, Domuzdağ, Gülbahar ve Gümüşlü üniteleri olarak ayırtlamıştır.

Gutnic vd., 1979; Batı Torosların jeolojisini inceleyen Fransız çalışma grubu Isparta bölgesinde temelde alt otokton adı altında Davrazdağ, Erenler Tepe Formasyonunun üzerinde Çamlıdere olistrosromunun geldiğini belirtmişlerdir. Kretase sonunda Antalya napları Ispartaçay ünitesinin allokton olarak bölgeye yerleştiğini vurgulamışlardır.

Yalçınkaya vd., 1986; Batı Torosların jeolojisi ile ilgili yaptıkları çalışmada, bölgedeki birimleri allokton ve otokton olarak tanımlamışlardır. Isparta Büklümünü'de kapsayan çalışma alanında yüzeyleyen kaya birimlerini arasındaki stratigrafik ve yapısal ilişkileri araştırarak, değişik zamanlarda bölgeye allokton kütlelerin yayılımlarını haritalamışlardır. Araştırmacılar, Antalya napları olarak bilinen allokton kaya birimlerinin platformda yer yer çökelen rift çökelleri ve otokton olduğunu, bunların platform çökelleri ile yanal ve düşey yönde geçişli olduğunu savunurlar. Allokton varsaydıkları birimlerin ofiyolitlerle birlikte İzmir - Ankara zonundan kaynaklandığını,

Üst Kretase - Paleosen'de Menderes Masifi güneyine, Üst Paleosen - Alt Eosen'de Anadolu – Torid Platformu güneyine yerleştiğini vurgularlar.

Kazancı ve Karaman, 1988; Bu araştırmada Gölcük volkanoklastik istifinin fasiyes özellikleri ve bunların depolanma mekanizmaları tartışılmıştır ve volkanizma tipi hakkında sonuca varılmaya çalışılmıştır. Yöredeki tortulları meydana getiren volkanik patlama ve püskürmelerin karasal bir volkanizmanın ürünü olduğu belirlenmiştir. Volkanizmanın merkezi Gölcük Gölü kabul edilmiştir.

Kuşçu, 1990; Isparta- Gölcük yöresi ile ilgili yaptığı çalışmada bu çevrede temeli Triyas- Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşları ve Burdigaliyen yaşlı filiş fasiyesindeki birimlerin oluşturduğunu belirtmiştir. Ayrıca yörede lav, dayk ve piroklastikler halinde irinleri bulunan volkanizma andezitik ve traki- andezitik karakterde olduğunu ortaya koymuş ve Pliyosen yaşlı olduğu düşünülen volkanizma etkinliğini birçok farklı safhada sürdürdüğünü belirtmiştir.

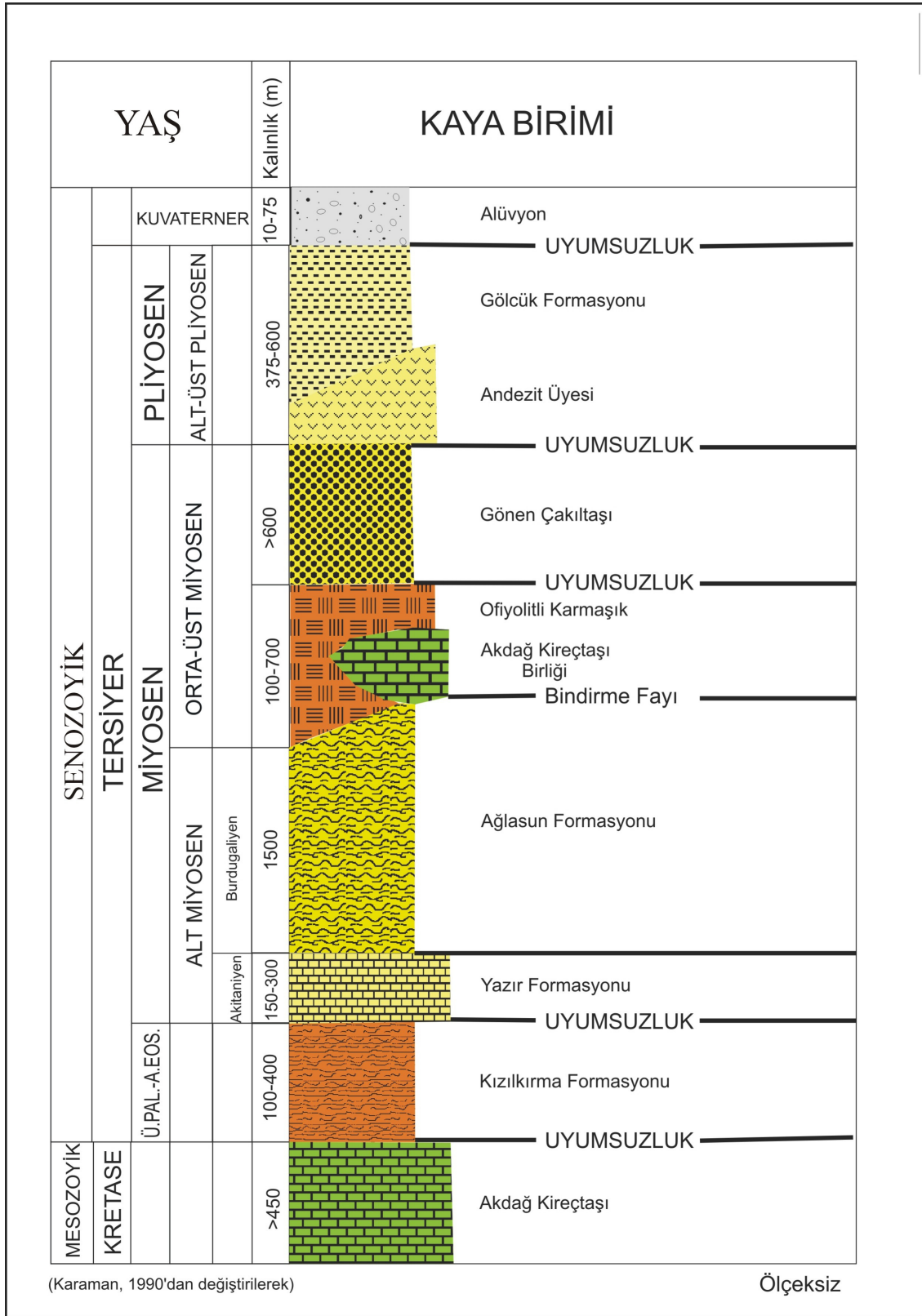
Mutlutürk vd., 2003; Isparta ovası ile ilgili yaptıkları çalışmada, bu güne kadar alüvyon olarak haritalanan alanların gerçekte alüvyon olmadığını, Isparta Ovasının büyük bir bölümünün volkanik kökenli zeminlerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Özgül vd., 1991; Göller Bölgesi yada Isparta Büklümü adlarıyla bilinen Orta ve Batı Torosların birleştiği bölgeyi bir bütün olarak ele alarak bölgenin tektonostratigrafik birliklerini araştırmışlardır. Çalışmalarında bu bölgenin stratigrafik ve yapısal özellikleri açısından birbirinden farklı kaya topluluklarını kapsadığını, ortaya koymuşlardır.

3. ISPARTA VE GELİNCİK BÖLGESİ'NİN GENEL JEOLojİSİ

Isparta Güneyi'ndeki kaya birimleri otokton ve allokton konumlu olmak üzere başlıca iki ana grupta toplanır. Otokton konumlu kayaçların en yaşlısını harita alanı dışında kalan Kretase yaşlı Erenler kireçtaşı birimi oluşturur. Allokton konumlu kayaçların ise en eskisini Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşı oluşturur (Şekil 3.1). Bölgedeki Tersiyer yaşlı çökeller, Paleosen-Eosen yaşlı Kızılkırma formasyonu ile başlar. Egemen kaya türünü kilaşı, türbiditik kumtaşı, killi kireçtaşı, şeyl ve çakıltaşılarının oluşturduğu bu birim, Akdağ kireçtaşı üzerinde uyumsuzdur. Daha üstte ise, Akitaniyen (Alt Miyosen) yaşlı Yazır formasyonunun resifal kireçtaşları yer alır. Düzgün ve sürekli yayılımı nedeniyle bölgedeki Miyosen başlangıcı için bir kılavuz seviye niteliğindeki bu resifal kireçtaşları uyumlu olarak daha üstte, Burdigaliyen (Alt Miyosen) yaşlı Ağlasun formasyonunun çökeliminden sonra bölgedeki en önemli tektonik olay gelişir. Yöredeki allokton konumlu kayaçları temsil eden Triyas- Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşı birliği ile ofiyolitli karmaşık, batı/güneybatıdan hareketle bindirmeli bir dokanak boyunca Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonunu üstler. Bu büyük bindirmenin etkisi sonucu bölgede şiddetli kıvrımlanmalar, faylanmalar türünden önemli deformasyonlar gelişir. Literatürde "Lisiyen" napları olarak bilinen bu büyük bindirme olayını takip eden dağoluşumu ve kırılanma evresinden arta kalan irili ufaklı çakıllar, post-orojenik nitelikli ve molas tipindeki kalın Orta-Üst Miyosen yaşlı Gönen çakıltaşılarını oluşturur. Böylece Gönen çakıltaşıları hem kendisinden önceki kaya birimlerini, hem de muhtemelen Orta Miyosen'de gelişen bindirme dokanağını örter. Sıkışma tektonik rejimi sonundaki kısa bir geçiş dönemini yansıtan bu molas tipi çakıltaşı çökeliminden sonra, bölgede volkanizma olayları etkinliğini sürdürmeye ve bölgesel tektonikte çekme gerilmeleri etken olmaya başlar (Karaman,1988). 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 malzemeler yayılır. Daha üstte ise, Kuvaterner yaşlı gevşek tutturulmuş kil, kum, çakıl depolarından oluşan genç alüvyonlar yer alır (Karaman, 1988). Bölgenin genel stratigrafik kesiti Şekil 3.1' de verilmiştir. Yine çalışma alanını ve çevresini içine alan dokanakların ve birimlerin

ayrıntılı olarak görülebildiği “ 1/ 25.000 ölçekli Genel Jeoloji Haritası” Ek 1’ de verilmiştir.



Şekil 3.1. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

3.1. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında, oluşumlarını günümüzde de sürdürere gelen ve çok dar alanlar kaplayan, Kuvaterner yaşlı çökel birimleri bulunur. Bunların birikim alanları ve geometrileri, tümü ile güncel morfolojinin denetimi altındadır. Yersel alanlarda, bölgenin Kuvaterner tektoniğini yansıtmaları açısından anlam taşırlar. İnceleme alanında Kuvaterner, Pliyosen–Kuvaterner geçiş aralığını yansıtan Gönen çakıltası, traverten, eski alüvyon (teras-taraça), yamaç molozu ve alüvyonlarla temsil olunur (Yalçınkaya, 1989).

3.2. Gölcük Formasyonu (plg)

Gölcük Formasyonu birimi adını Isparta İlinin 8 km kadar güneyinde bulunan Gölcük volkan gölünden almıştır. Formasyonu oluşturan kaya birimleri volkanik kökenli kayalardan oluşmaktadır. Bunlar eski bir krateri temsil eden günümüz Gölcük volkan gölü çevresinde dairesel bir yayılıma sahip olup, bu kesimlerde kalınlığı ve yaygınlığı artar. Birim başlıca Gölcük gölü çevresinde olmak üzere Kirazlı tepe, Karaman tepe, Pürenlioğlu, Ulukız tepe, Gelincik köyü civarı, Isparta batısı ile güneyinde geniş bir alanda yüzeyleme vermektedir (Ek 1). Maar tipi bir volkanizma etkinliği sonucu, çevreye yayılarak bu formasyonu oluşturan kayalar, genel olarak farklı litolojik özellikleri ile birbirlerinden ayrılan iki ayrı volkanik evrede meydana gelmişlerdir. Bunlar erken ve geç volkanik evrelerdir (Karaman, 1988). Birimin yaşı Pliyosen olarak tanımlanmıştır.

Formasyonun egemen kaya türünü volkano-tortul nitelikli tuf, tüfit, pomza seviyeleri ile andezitik-trakitik özellikli lavlar oluşturur. Andezit-trakit lavları bu formasyonun bir üyesi olarak ayırtlanmış ve aşağıda ayrıntılı olarak değinilmiştir. Son derece hafif gereçlerden oluşmuş tuf, tüfit seviyeleri saha gözlemlerinde kirli beyaz, açık kahve ve grinin tonları arasında renkler göstermekte olup, bunlar volkanik kökenli kil, killi silt, kum ve çakıl ile yer yer blok boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır. Çoğu zaman yatay veya yataya yakın konumlu ve iyi katmanlanma gösterirler. Tüfitlerin son derece gevşek tutturulmuş olması, kolay dağılan özellikler sunması ve bölgedeki çeşitli fiziksel etkilerin sonucu, formasyonun yüzeylendiği alanlarda son derece derin ve dar vadiler ile uçları Gölcük ana volkan kraterinde toplanan birçok ırsal dentritik drenaj ağları gelişmiştir. Formasyonu oluşturan tuf ve tüfitler tabandan

tavana doğru farklı litolojik ve sedimantolojik özellikler gösterirler. Genel olarak alt seviyelerde nispeten daha sıkı dokulu ve sertleşmiş tüfitler yer alır. Bunlar muhtemelen sıcak olan volkanik malzemenin üst üste yığılması ve ani soğuması sonucu meydana gelmişlerdir. Yatay konumlu bu sert ve sıkı dokulu tüfit düzeyleri topografyada belirgin ve dik şevler oluştururlar. Bunları üste doğru gevşek tutturulmuş tüfitler ile pomza seviyeleri izler. İçerisinde çapraz tabakalanma, oygu ve dolgu izleri, yük kalıpları, merceklenme gibi çökelme koşullarını yansıtan bir çok sedimanter yapılar içeren gevşek tüfit düzeyleri, bölgede en yaygın ve kalın olarak izlenen volkanoklastik düzeylerdir (Kazancı ve Karaman, 1988).

Formasyonun genellikle orta ve üst kesimlerinde yer alan pomza düzeyleri, volkano-tortul birim içerisinde tipik bir kılavuz seviye özelliğindedir. Geniş alanlarda yanal süreklilik gösteren pomza düzeyleri genel olarak 3-10 m kalınlıklıdır (Karaman, 1988).



Şekil 3.2. Gölcük formasyonunun genel görünümü

3.2.1. Volkanik kayaçlar (plgv)

3.2.1.1.Andezit:

Andezitler araştırma yapılan alan içerisinde diğer volkanik kayaçlara göre daha fazla yayılım gösterirler. Arazi gözlemlerine göre bu kayaçlar Traki-andezitlerden göreceli olarak, daha yaşlıdır (Kuşçu, 1990).

Andezitler incelenen alan içerisinde Gölcük Kalderasının kenarlarındaki falezlerde Hisar Tepe ve eteklerinde, Milas mevki dolaylarında ve harita alanı, yakınlarında Kara Tepe ve Yakaören Köyü civarında yüzeylenmektedirler (Ek 1). Bu kayaçlar makroskobik olarak gri, koyu gri renklidirler, taze yüzeyler de yine koyu gri renklidir. Matriks içerisinde, en fazla 4 mm boyuta ulaşan, siyah piroksen çubukları gözlenir. Kayaç sert ve sıkı dokuludur. Mikroskobik incelemeler sonucunda kayacın mikrolit ve kristalitlerden oluşmuş bir hamur içerdiği gözlenmiştir. Hamur içerisinde ise feldspat (albit, oligoklas), ojit biyotit ve hornblend fenokristalleri ile tali mineral olarak apatit, sfen, ve oldukça fazla oranda opak, mineral izlenmiştir. Yer yer akma dokusu da saptanmıştır (Kuşçu, 1990).

Sahanın çeşitli kesimlerinde andezitik kayaçların farklı mineralojik bileşime sahip oldukları ve böylece piroksen andezit, biyotit andezit, amfibol andezit olarak çeşitlere, ayrılabilceği belirlenmiştir. Mikroskop çalışmalarında piroksen andezitlerin apatitçe zenginliği, dikkati çeken önemli bir özelliktir. Isparta yöresi içme sularında normalden çok fazla, oranda bulunan florürün bu kayaçların içerdiği apatit minerallerinden kaynaklanmış olabileceği, düşünülebilir (Kuşçu, 1990).

3.2.1.2.Traki-andezit :

Traki-andezitik kayaçlar çalışılan alanın çeşitli kesimlerinde yüzeylenmekte olup daha çok kaldera içinde genç koniler biçiminde (Pilav Tepe), Hisar Tepe'nin güneyinde ve batısında dayklar halinde gözlenirler. Ayrıca Yakaören dolayların da mostra vermektedirler (Ek 1).

Gölcük Kalderası içerisinde bulunan genç volkan konilerinde gri renkli ve ince dokulu olan bu kayaçlar, genelde iri sanidin kristallerinin oluşturduğu, porfiritik doku ve ferromagnezyum minerallerinin, bozuşması sonucu demir oksitlerden ileri gelen kırmızımsı, kahverengi görünüm ile karakteristiktirler. Mikroskobik incelemelerde

kayacın albit, oligoklas, sanidin, ojit, biyotit ve hornblend fenokristallerinden oluştuğu ayrıca da tali olarak sfen ve opak mineraller içerdiği gözlenir. Tüm bu, mineraller cam ve mikrolitlerden oluşmuş bir hamur içerisinde bulunurlar. Traki-andezitleri de mineralojik bileşimlerine göre amfibollü ve piroksenli traki- andezitler olarak, ayırmak mümkündür (Kuşçu, 1990).

3.2.2. Piroklastik kayaçlar (plgt)

Bu birim inceleme alanı içinde ve dışında oldukça kalın bir istiflenme ile kilometre karelerce yayılır. Birim Volkanik breş ve agromera, volkano-tortul birim, pomza ve tuf olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır (Ek 1).

3.2.2.1.Volkanik Breş ve Aglomeralar

Araştırma alanı içerisinde Yakaören dolaylarında, Yakaören-Gelincik yolu üzerinde ve Gölcük Gölü' nün doğu kenarında, gözlenir (Ek 1). Aglomeralar yukarıda sayılan kesimlerde andezit, traki andezit ile temele ait diğer tortul kayaçların çakıl ve bloklarını içerir. Çakıl ve bloklar volkanik kökenli ince taneli bir matriks ile çimentolanmışlardır. Ayrıca, Gölcük Gölü doğusu ve Isparta Çayı içerisinde lav ile çimentolanmış volkanik breşlerde dar alanlarda mostra verirler. Aglomeralar sarı, açık gri, sarımsı kahve renklerde olup Yer yer peri bacaları oluşturabilmektedir. Volkanik breşler ise koyu gri, siyaha yakın renktedir. Volkanik breş ve aglomeralar yörede diğer tüm piroklastiklerin tabanında izlenirler (Kuşçu, 1990).

3.2.2.2.Alt Volkano-Tortul Birim

Alt Volkano-tortul birimi tuf, tüfit, lapilli, pomza, kum ve andezitik blok malzemesinden ibaret düzeyler oluşturur. Ekonomik pomza seviyesi altında bulunması bakımından Alt volkano-tortul birim adı verilmiştir. Bu birim inceleme alanının hemen hemen tümünde yaygın bir şekilde, izlenmektedir. Alt volkano-tortul birim, genellikle gri, açık gri renklidir. Çoğunlukla gevşek dolgulu katmansı düzeylerden oluşmuştur. Katmanlar yer yer derecelenme, çapraz katmanlanma, yük kalıplan gibi sedimanter yapılar ile karakteristiktir. Alt volkano-tortul birimin kalınlığı 300 m kadardır. Birim içerisinde, tabandan tavana doğru, volkanik kayaç bloklarından oluşmuş 6 ayrı düzey

saptanmıştır. Kalınlıkları 2 ile 6 m arasında değişen bu düzeylerden tabana yakın bulunan iki tanesinde hamur demir oksitçe de zengindir. Bu durum söz konusu blok düzeylerin kahverengi görülmesine neden olmuştur. Alt volkano tortul birim, tuf, tüfit, pomza, lapilli, kum, blok ve çakıl karışımının düzensiz istiflenmesini de sunmaktadır. Alt volkano tortul birimin tabanından itibaren pomzalar çeşitli düzeylerde, çeşitli boyut ve oranlarda izlenmeye başlanır ve alt volkano-tortul birimin en üst düzeylerine kadar hemen her kesimin de bulunur. Pomza taşları kimi zaman, 40 ile 80 cm kalınlıkta temiz düzeyler oluştururken kimi zaman da. tüfitlerin ve diğer gevşek dokulu kum ve çakıl düzeylerinin arasında seyrek veya sık saçılmış şekilde dağılmışlardır (Kuşçu, 1990).

Alt volkano-tortul birimi oluşturan litolojiler renk, doku ve yayılımları ile birbirine çok benzerler, tekrarlanırlar veya birbirlerine geçişler gösterirler. Bununla beraber Alt volkano-tortul birim içerisinde andezitik sert tuf olarak adlandırılan bir kayacın oluşturduğu düzey kendine has özellikleriyle göze çarpar. Andezitik sert tüflerin inceleme alanı içerisinde, en güzel görüldüğü alan, Dere Mahallesinin güneyinde bulunan Isparta Çay'ının batı yamaçlarıdır. Bu kesimde sert tüflerin uyumlu olarak yaklaşık 6 km kadar sürekliliği vardır. Altında ve üstünde bulunan düzeylerin çok daha gevşek dokulu olması nedeniyle, sert tüfler aşınmadan, korunmuş sert çıkıntılar halinde izlenirler. Bu kayalar mahalli olarak köyke ismiyle bilinir ve yapı taşı olarak birçok cami ve tarihi binada kullanılmıştır. Kolay işlenebilir bir taş görünümü veren sert tuf, topografik olarak sarımsı kahve, koyu gri renklidir. Taze yüzeylerin de gri, sarımsı açık gri renklidir (Kuşçu, 1990).

Makroskobik olarak içerisinde pomza çakıl ve blokları izlenir. Alt volkano-tortul birim içerisinde yer alan andezitik sert tüfitin kalınlığı yaklaşık birkaç m ile 50 m arasında değişir. Andezitik sert tüfitin mikroskobik incelemesi ile kayacın, biyotit ojit, plajioklas, opak mineralli kristal tuf yapısı gösteren, ve submikroskopik matriks içeren, ve yer yer de litik andezit parçalarının bulundurduğu saptanmıştır. Alt volkano-tortul birim araştırılan alanının çeşitli kesimlerinde ve yakın çevresinde farklı formasyonlar üzerine aşıl uyumsuz olarak konumlanmıştır. Örneğin çalışma alanının batısında Miyosen yaşlı filiş yine batı ve kuzeyinde Akdağ kireçtaşları üzerine gelmektedir (Kuşçu, 1990).

Alt volkano-tortul birim Gölcük krater gölü yakınlarında ince katmanlanmalı tuf, tüfit düzeyleri ile sahanın diğer kesimlerinde ise kalın, katmansız tuf düzeyleri ile biter. Alt. volkano-tortul birim üzerine ise aşıl uyumsuz, olarak ya bloklu pomza ya da ekonomik pomza. düzeyleri gelmektedir (Kuşçu, 1990).

3.2.2.3. Pomza düzeyleri

Pomza düzeyleri alttan üste doğru Alt volkano-tortul birim içerisindeki ince pomza seviyeleri ve çakılları, bloklu pomza, ekonomik pomza ile üst volkano-tortul birim içindeki ince pomza bantları ve çakıllarından ibarettir.

Bunlardan bloklu, pomza ve ekonomik pomza düzeyleri kalınlıkları ve yayılımları nedeniyle önem taşıdıkları için aşağıda geniş bir biçimde yer verilmiştir.

Bloklu pomza katmanı inceleme alanının çoğu kesiminde izlenir, içerisinde çok fazla oranda andezitik çakıl ve blokları içermesi nedeniyle bloklu pomza olarak isimlendirilmiştir. Genellikle altere olmuş sarımsı kahve ve kırmızı renkli volkanik çakıl ve bloklar içermesi nedeniyle bu düzey alacalı, rengi ile karakteristiktir. Gevşek dokulu bloklu pomza düzeylerinin tabanında kahverengi kül, silt, kum karışımı gevşek dokulu bir düzey bulunur. Üst kesimlerine doğru ise tuf, kum, lapilli ardalınmasına geçer (Kuşçu, 1990).

Bloklu pomza Alt volkano-tortul birim üzerinde genellikle açısız, uyumsuz konumda iken üzerine gelen ekonomik pomza düzeyi, de bloklu pomza ile açısız uyumsuz konumda bulunur. Bloklu pomza düzeyleri ekonomik pomza düzeylerinin, tüketilmesinden sonra potansiyel bir rezerv olarak düşünülebilir (Kuşçu, 1990).

Ekonomik pomza, ekonomik açıdan en önemli pomza düzeyi olarak tespit edilmiş olup araştırmaların, üzerinde yoğunlaştırıldığı pomzalardır. İnceleme alanı içerisinde yaygın ve düzenli bir şekilde bulunur. Ekonomik pomza düzeyi çeşitli boyutlardaki bol gözenekli, piroklastik materyalin, gevşek bir yapıda yığılmasından oluşmuştur. Ekonomik pomza düzeylerini rengi açık gri ile gri renk tonları arasında değişir. Ekonomik pomza düzeyleri içerisinde pomza taşlarının yanı sıra piroksenli andezit, diyorit, mikrodiorit, diyorit porfir derinlerde skarn zonunda olduğu düşünülen granat, piroksenli kayaç çakıl ve blokları da bulunur, Bunlarla birlikte alterasyon sonucu demir oksitlerce boyanmış kırmızı, kahverengi renkli andezitik kayaç parçaları da başlıca, bulunan bileşenlerdendir (Kuşçu, 1990).

Ekonomik pomza düzeyinin kalınlığı 2 m ile 15 m arasında değişir. Gölçük kalderasından uzaklaştıkça ekonomik pomza düzeylerinin kalınlıklarında, içerdikleri yabancı kayaç, blok ve çakıllarında azalma ile tane boyutlarında küçülmenin olduğu, saptanmıştır. Bu durum patlayıcı volkanizmadan kaynaklanan pomzalar ve onlarla birlikte bulunan diğer kayaçların iri ve ağır tanelerinin bacaya yakın diğer tanelerinin ise boyutlarına ve ağırlıklarına bağlı olarak havada sınıflanarak yerleştikleri şeklinde

açıklanabilir. Ekonomik pomza düzeylerinin altında kalınlığı en fazla 1 m' ye ulaşan sarı, sarımsı, kahve renkli toprağımsı bir tuf düzeyi bulunmaktadır. Gerek bloklu, pomzaların, gerekse ekonomik pomzaların tabanındaki oksidasyona uğramış kahve renkli düzeyler belli zamanlarda karasal ortamda bu topraklaşmanın olduğunu işaret etmektedir. Ekonomik pomza düzeyleri Bloklu pomza veya. Alt volkano-tortul birim üzerine genellikle açıl uyumsuz şekilde otururken üzerindeki üst volkano-tortul birim ile uyumludur.

Gölcük pomza taşlarının bulundukları düzeyler serisinde trakiandezitik kayaç bulunmaması ve onların mineral parajenezleri ile trakiandezitik kayaçlara benzemesi nedeniyle pomzaların trakiandezitik volkanizmaya bağlı oldukları belirlenmiştir (Kuşçu, 1990).



Şekil 3.3. Gelincik bölgesinde gözlenen pomza düzeyleri

3.2.2.4. Üst volkano-tortul birim

Araştırılan sahanın geniş bir bölümünde izlenen bu birimi genellikle açık gri, gri renkli tuf, tüfit, kum, lapilli ve bloklu düzeyler oluşturur. Bu düzeyler gevşek yapılıdır. Birimin kalınlığı 30-50 m arasındadır. Yer yer çapraz katmanlanmalar nodüllü, fıstık

yapılı düzeyler içermesi birimin karakteristik özellikleridir, Üst volkano- tortul birim, tabanda, ekonomik pomza düzeyi ile uyumludur. Üzerinde ise yer yer Kuvaterner alüvyonlar bulunur (Kuşçu, 1990).

3.2.3. Gölcük volkanitlerinin oluşumu

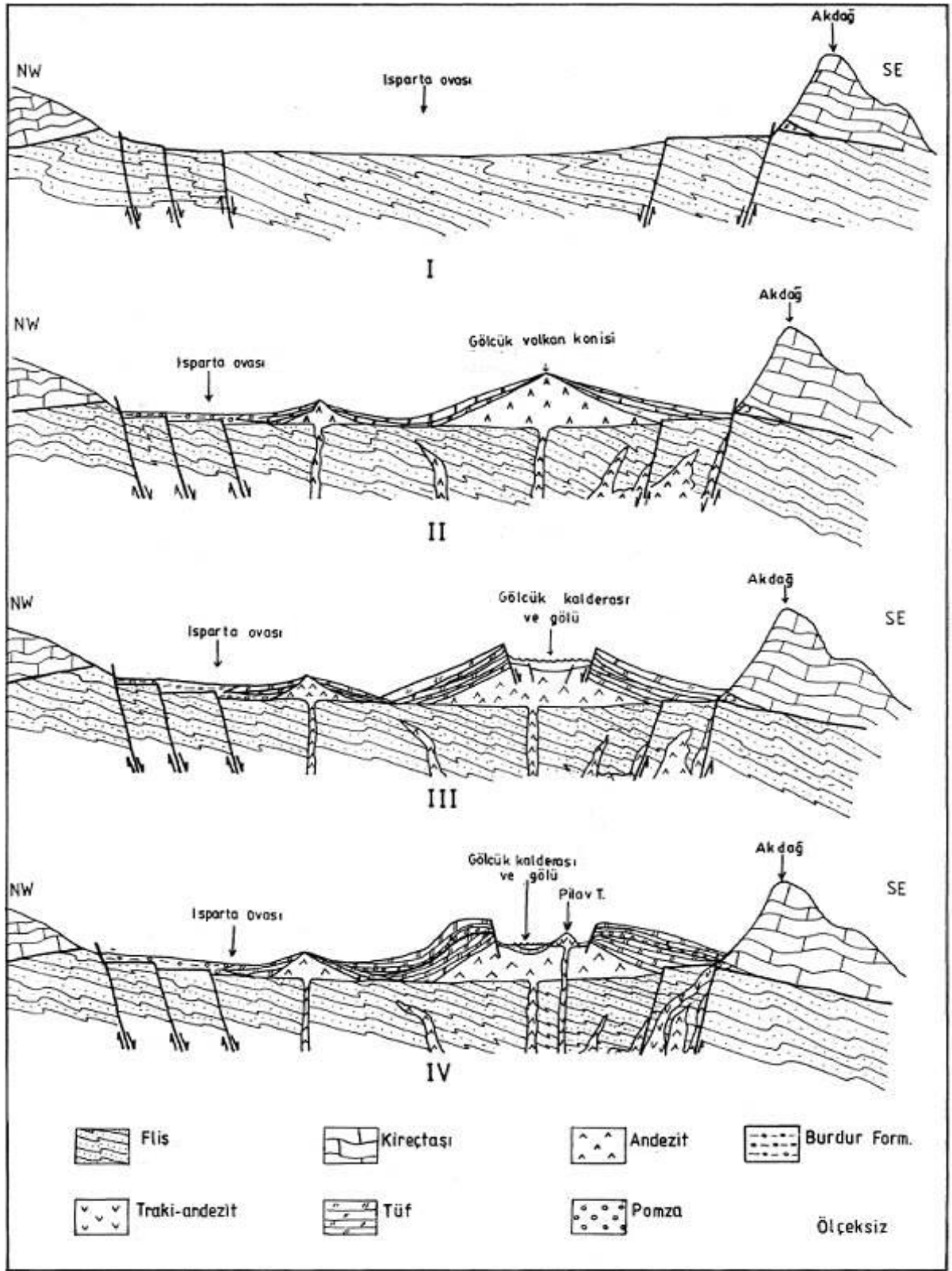
Gölcük, volkanitleri Toros kuşağında yer alan seriler üzerine yerleşmişlerdir. Araştırma alanında, volkanitlerin kestiği, ve piroklastik kayaçları uyumsuz olarak örttüğü en genç birim Burdigaliyen yaşlı denizel fliş fasiyesindeki çökellerdir. Isparta'nın, güneyinden Keçiborlu'ya kadar uzanan bir zon üzerinde çeşitli kesimlerde Güney'den Kuzey'e doğru Direkli köyü civarı, Karadağ, Hisar tepe, Gölcük Kalderası, Çünür köyü, Yakaören köyü dolaylarında Tilkidüzü Tepe, Yumru Tepe, Arapkızı Tepe ve Keçiborlu'da volkan konileri, domlar ve dayklar tali bacalar şeklinde bir volkanizma Pliyosen devrinde kendini göstermiştir. Isparta ve yakın dolaylarında volkanizma çok safhalı bir patlama ve püskürmeyle gelişmiş, bunun sonucu olarak aynı volkanizmaya bağlı farklı mineraloji, doku ve renkte volkanik kayaç toplulukları ile piroklastik kayaçlar oluşmuştur (Kuşçu, 1990).

Andezit ve trakiandezitik bileşimli kayaç topluluklarının egemen, olduğu bu volkanizma yörede, en az 7-8 kez patlamalı faaliyet göstermiştir. Yörede gelişen, volkanizma faaliyetlerinin arazi gözlemlerine, dayanılarak, aşağıdaki sıraya uygun bir tarzda geliştiği açıklanabilir;

- 1- Üst Miyosen ve sonrası Pliyosen devrinde bölge grabenleşmiştir. (Şekil 3.4.-I).
- 2- Graben çanaklarında, göl ortamında oluşan, kil, marn ve kireçtaşları çökelmiştir (Burdur Formasyonu). Oluşan derin faylar boyunca andezitik karakterli volkanizmaya bağlı lavlar yüzeye çıkmış başlıca, volkan konileri oluşmuştur (Şekil 3.4.-II).
- 3- Gölcük volkan konisi yeni bir patlama ile parçalanmış ve merkezi kesimin çökmesi ile kaldera oluşmuştur ve gölü meydana getirmiştir (Şekil 3.4.-III).
- 4- Andezitik volkanizmayı takiben, nispeten daha ağıdalı viskos bir magmadan, itibaren tirakiandezitik karakterli bir volkanizma faaliyet göstermiştir. Krater gölünde toplanan suyun derinlere sızması ve buhar fazına, geçmesiyle birlikte magma odasında ve kanallarda bir iç basınç meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra göldeki su ise merkezi baca üzerinde bir hidrostatik basınç uygulamıştır. Baca içerisinde veya magma odasında biriken lavlar ve gazlar dışbasıncı yenerek

patlamalı volkanizmayla piroklastikleri ve ilk pomzalı düzeyleri oluşturmuştur. Bu patlamaların zaman içerisinde en az. 7-8 kez yinelenmesiyle Alt pomza, Bloklı pomza ve Ekonomik pomza düzeyleri ile birlikte, diğler piroklastik materyaller yığılmıştır. Aynı zamanda kaldera içerisinde yeni genç trakiandezit volkan konileri de gelişmiştir (Pilav Tepe) (Şekil 3.4.-IV). Kaldera ve onu çevreleyen piroklastik malzemeler Gölcük yöresinin maar' a benzeyen bir görünüm almasına yol açmıştır. Ancak kalderanın iç cephesinde yer alan andezitlerin varlığı nedeniyle bu sistemin klasik maar tanımına tam olarak uyduğu söylenemez.

- 5- Patlamalarla kaldera içerisindeki göl suları kaldera kenarlarının üzerinden ve belli kanallar boyunca çevreye taşmış ve beraberinde sürüklediği piroklastik materyalin çapraz katmanlamalı çökmesini sağlamıştır. Bu taşmalar kalderayı kuzeybatı ve güneydoğu, kenarlarından yarmış ve buna bağlı olarak Gölcük boğazı ve Milas dereleri oluşmuştur.
- 6- Volkanizmanın sönmesi ve aşınma, taşınma işlevlerinin başlamasıyla topografya bugünkü şeklini almıştır (Kuşçu, 1990).



Şekil 3.4. Gölçük volkanizmasının ve pomza oluşumunun evrimini gösteren şematik kesitler (Kuşçu, 1990).

3.3. Gönen Çakıltası (Tmg)

Birimin adı özelliklerinin en iyi gözlemlendiği ve en yaygın yüzeylendiği yer olan inceleme alanı dışındaki Gönen'den alınmıştır. Birim başlıca Gelincik köyünün güneyinde Bayramkaya ve Kırtepe civarında az bir alanda yüzeylenme verir (Ek 1). Birim egemen olarak kötü boylanmalı çakıltaları ile temsil edilmektedir. Çoğunlukla kirli sarı, açık yeşil ve gri renklere sahip olan çakıltaları uzaktan masif görünümeleri ile kireçtaşları ile karıştırılabilmektedir. Yer yer düzenli katmanlanmaya sahip çakıltaları içerisinde ince tabakalar ve merceklenmeler halinde kumlu ve marnlı seviyeler de yer alır. Çoğunlukla ortakalın katmanlı olan çakıltalarının katman kalınlıkları 50 cm ile 2 m arasında değişir. Kötü boylanmalı çakıltaları, bölgenin temelini teşkil eden Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile ofiyolitli karmaşığa ait serpantin, gabro, diyabaz, çört, radyolarit tanelerinin kumlu, killi ve yer yer kireçli bir bağlayıcı madde ile tutturulmasından oluşmuşlardır. Çakıllar sıklıkla iyi yuvarlanmış ve birbirlerine iyi bağlanmış olup, çakıl boyutları ortalama 1- 5 cm arasında değişmektedir. Harita alanında (Ek 1) birim, Paleosen-Eosen yaşlı Kızılkırma formasyonu, stratigrafik olarak ise ofiyolitli karmaşık üzerinde uyumsuzdur. Üstünde ise uyumsuz olarak Pliyosen yaşlı Gölcük formasyonu yer alır (Şekil 3.1).

Birimin yaşı, önceki araştırmacılar tarafından farklı şekilde değerlendirilmiştir. (Bunlardan Gutnic (1977), çakıltalarının yaşını Oligosen; Yalçınkaya ve diğ. (1986) ise Orta-Üst Miyosen olarak vermişlerdir. Yörenin tektono-morfolojik yapısını önemli ölçüde değiştiren Akdağ kireçtaşı birliğinin, Alt Miyosen yaşlı birimlere bindirmesi göz önüne alınacak olursa, bu bindirme ve dağ oluşumunu takip eden kırılma evresinden sonra bu çakıltalarının meydana gelmiş olabileceğini düşünerek, Gönen çakıltalarının yaşı Orta-Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir (Karaman, 1988).

3.4. Kızılkırma Formasyonu (Tpk)

Kızılkırma Formasyonu, adını harita alanı dışında kalan ve Isparta' nın kuzeybatısında bulunan Kızılkırma tepesinden almıştır. Birim başlıca Gelincik Köyünün güneyinde olmak üzere çok az bir alanda yüzeylenme verir (Ek 1).

Birim egemen olarak açık kırmızı, yeşilimsi ve kirli gri renkli denizel şeyl, kiltaşı, çamurtaşı, türbiditik kumtaşı, killi kireçtaşı düzeyleri ile bunlarla ara katkılı çakıltası ve dentritik kireçtaşı seviyelerinden oluşur. Alt kesimlerdeki şeyl, çamurtaşı ve

killi kireçtaşları laminalı, kolay kırılğan ve dağılğan bir yapı sunarlar. Şeyller ile arakatlı olan kilce zengin kireçtaşları ince kesitlerinde pelajik foraminiferli ve biyomikrit karakterlidir. Daha üstlere doğru genellikle iri kum tane boyutunda kalın bir türbiditik seri yer alır. Açık yeşilimsi çakıltası, kumtaşı ve dentritik kireçtaşları ortakalın katmanlı bir yapı sunar. Bunlar ofiyolitli karmaşıktan türemiş bol kırıntı gereci içerir. Çakıllarda küresellik son derece iyi bir gelişim göstermiş olup, çakıl boyutları 5 mm ile 30 cm arasında değişir. Yörede etkili olan tektonizma koşullarından fazlaca etkilenmiş olan birim bol kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır (Karaman, 1990).

Kızılkırma formasyonu alt dokanağında, ofiyolitli karmaşığı uyumsuz olarak üstler (Gelincik köyü güneyi), ancak bazı kesimlerde (Sivri tepe güneyi) ofiyolitli karmaşık, yeniden devrilerek kendisinden kırıntı gereci almış Kızılkırma formasyonuna tektonik olarak bindirir. Harita alanında birim yaygın olarak üst kesimlerinde Orta-Üst Miyosen yaşlı Gönen çakıltaları ile uyumsuz olarak örtülüdür. Kızılkırma formasyonunun değişik seviyelerinden derlenen örneklerde; bentik foraminiferlerden *Alveolina* (*Glomalveolina*) sp., *Nummulites* sp., *Assilina* sp., *Miscellanea* cf. *primitive* Rahaghi, *Keramosphaera* sp., *Rotalia* sp., *Kathina* sp., *Planorbulina cretae* (Marsson), *Discocyclina* sp., *Asterigerina* sp., *Textulariidae*; planktik foraminiferlerden *Glabigerina triloculinoides* Plummer, *Morozovella aragonensis* (Nuttall), *M* cf. *formosa formosa* (Bolli), *M. formosa gracilis* (Bolli), *M. lensiformis* (Subbotina), *Acarinina soldadoensis* (Brönnimann), *A.* cf. *mckannai* (White), *A. bullbrooki* (Bolli), *Globorotalia* sp., *Truncorotaloides* sp., *Planorotaloides* sp. ve alglerden *Distichoplax biserialis* (Pfender), ile *Ethelia alba* (Pfender) saptanarak adı geçen formasyonun yaşı Paleosen-Eosen (muhtemelen Üst Paleosen-alt Eosen) olarak belirlenmiştir (Karaman, 1990).

3.5. Akdağ Kireçtaşı (JKa)

Akdağ Kireçtaşı Birliği, adını harita alanının orta kesimlerindeki Akdağ mevkiinden almıştır. Bölgenin en yüksek dağlık kesimlerini oluşturur ve başlıca Akdağ tepe, Karagüney tepe, Taşlıbelen tepe, Aydoğdu tepe ve civarında geniş bir alanda yüzeyleme verir (Ek 1). Kalın ve monoton bir kireçtaşı istifi ile temsil edilmekte olan birim, arazi yüzeyinde gri, taze kırılmış yüzeylerde ise açık krem ve beyaz renklerde izlenir. Literatürde lisiyen napları olarak (Poisson ve diğ., 1984) bilinen bu kireçtaşı birliği muhtemelen Orta Miyosen’ de gerçekleşen sıkışma tektoniği sonucu (Karaman, 1990), batı/güneybatıdan inceleme alanına taşınmışlardır. Alt Miyosen yaşlı birimleri

üstleyen bu büyük bindirme olayı sonucu, bölgenin yapısı önemli ölçüde değişmiş, bol kıvrımlı, bindirmeli ve kırıklı bir yapı kazanılmıştır. Birliği oluşturan kireçtaşları üst düzeylere doğru büyük ölçüde mikritik- sparitik dokulu, alt kesimlerde ise genel olarak kristalize bir yapıya sahiptir. Kuvvetli deformasyona bağlı olarak gelişen ezilme, makaslama ve breş zonları birim içerisinde yaygın olarak izlenir. Kireçtaşlarının harita yorumuna dayalı görünür kalınlığı 500 m den fazladır (Karaman, 1990).

Akdağ kireçtaşı birliği yörede allohton konumlu olup, harita alanında Burdigaliyen (Alt Miyosen) yaşlı Ağlasun formasyonunun şeyl arakatkılı kumtaşlarını bindirmeli bir dokanak boyunca üstler. Bu ilişki Ağlasun kuzeyinde Sagalassus harabeleri civarında açık ve belirgin bir şekilde izlenir. Akdağ kireçtaşı birliğinin üst dokanağında ise Orta-Üst Miyosen yaşlı post-orojenik nitelikli Gönen çakıltaşları uyumsuz olarak bulunur.

Kireçtaşlarının değişik seviyelerinden alınan örneklerde birimin değişik yaş konakları içerdiği belirlenmiştir. Bunlardan Gölcük gölü güneyi ile Akdağ tepe civarından alınan örneklerde *Ophthalmidiinae* (Nubeculariidae), *Protopeneroplis striata* (Weynschenk), *Trocholina* sp., *Thaumatoporella* sp., cf. *Kurniba* sp., *Textulariidae*, *Miliolidae*, fosilleri ile Gastropod kavkı kesitleri saptanmış olup, bu seviyelerin yaşı Jura (Dogger- Malm) olarak belirlenmiştir. Ayrıca aynı kireçtaşlarının başka seviyelerinden alınan örneklerde saptanan *Thaumatoporella pavovesiculifera* (Raineri) fosili ise Jura- Kretase yaşına işaret etmektedir. Yukarıdaki bilgiler ışığında Akdağ kireçtaşı birliğinin yaşının Jura-Kretase olabileceği düşünülmektedir (Karaman, 1988).

4. POMZA

Pomza veya Ponza ismi aslen İtalyanca’ dan gelmektedir. Değişik dillerde farklı olarak adlandırılır. Fransızca’ da Ponce, İngilizce’ de orta taneli olanlara Pumice, ince taneli olanlara Pumicite denir. Almanca’ da iri taneli olanlara Bimsstein, küçük taneli olanlara Bims adı verilmektedir. Türkçe’ de ise sünger taşı, nasır taşı, topuk taşı gibi adlarla bilinmektedir.

M.Ö. 1. Yüzyıl’ da Vitruvio’ ya ait mimari yapılarda görülen pomza, Vitruvio’ da “sudan hafif” ve “yüzücü” olarak tanımlanır. Ayrıca Vitruvio’ lular pomzanın suyu emmediğini ve hijyenik olduğunu da belirtir. Pomza taşı eski Romalılar zamanında termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Bu döneme ait en önemli yapılar Roma Pantheonu ve İstanbul’ daki Ayasofya Kilisesi’ dir. Almanya ise 1800’ lü yıllarda, Rhinenland şehrinde kullanılmaya başlanılsa da, Avrupa genelinde yakın döneme kadar pomza taşına önem gösterilmemiştir. ABD de ise pomza taşının kullanılması 18.yüzyılın ortalarında inşa edilmiş olan California’ daki yapılarda görülür (Gündüz ve diğ., 1998).

Pomza; boşluklu, süngerimsi yapıda olan, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal bir etkene karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terketmesi sonucu yapısında makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız ve oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Gözenekler arası genelde bağlantısız boşluklu olduğundan hafif, suda uzun süre yüzebilen, permabilitesi düşük ve ızalasyonu (ısı - ses yalıtımı) oldukça yüksektir. Sertliği Mohs skalasına göre 5-6’dır. Kimyasal olarak % 75’ e varan silis içeriği bulunabilmektedir (Gündüz ve diğ., 1998).

Kayacın içerdiği SiO_2 oranı, kayaca abrasif özellik kazandırmaktadır. Bu yüzden çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergilemektedir. Al_2O_3 bileşimi ise ateş ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na_2O ve K_2O tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir.

Pomza volkanik bir kayac türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuştur. Volkanik bir cam yapısındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan asidik Pomza, beyaz, kirli renkte olanıdır. Kimyasal bileşiminde; Silisyum, Alüminyum, Potasyum ve Sodyum ihtiva eder ve bu bileşimler nedeniyle açık renkli görünüm sergiler. Bazik Pomza ise yabancıların Scoria dedikleri

Türkçedeki Bazaltik Pomza olarak bilinen kahverengimsi siyahımsı renkteki Pomza türüdür.

Asidik ve bazik özellikler taşıyan pomzaların tipik kimyasal bileşimleri çizelge 4.1 de verilmiştir (Gündüz ve diğ., 1998a).

Çizelge 4.1. Asidik Pomza ile Bazik Pomzanın Kimyasal Bileşimi (Gündüz ve diğ.,1998).

Bileşim	Asidik Pomza	Bazaltik Pomza
SiO ₂	70	45
AlO ₃	14	21
Fe ₂ O ₃	2,5	7
CaO	0,9	11
MgO	0,6	7
Na ₂ O+K ₂ O	9	8
A.K.	3	1



Şekil 4.1. Bazik Pomzanın Genel Görünümü (www.isbasbims.com.tr)



Şekil 4.2. Asidik Pomzanın Genel Görünümü (www.isbasbims.com.tr)

4.1. Pomzanın Oluşumu

Asidik mağma bazik mağmaya nazaran daha vizkozdur ve yüksek silis içerir. Bazik mağmanın sıvı olduğu sıcaklıklarda asidik mağma katı halde bulunur. Bu nedenle volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda mağma akışı da durarak asidik kayaç kütleleri oluşur. Basıncın artması ile asidik malzeme ile birlikte mağmadaki erimiş gazlar büyük patlamalar şeklinde bacadan püskürmeye başlar. Ani basınç serbestleşmesi, ani genişlemeleri meydana gelir. Bu esnada bünyedeki uçucu bileşenlerin ani olarak kaçmasına neden olur. Uçucuları takiben, arkada kalan erimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğurlar. Böylelikle pomza oluşur. Burada pomza oluşumunu kontrol eden faktörler;

- Püskürme süresi
- Ara süreleri
- Mağmanın ısısı
- Mağmadaki erimiş gaz miktarı
- Püsküren malzemenin soğuma zamanıdır (Gündüz ve diğ., 1998).

Bu oluşan pomza parçaları, volkan bacalarının yakınından itibaren uzaklara doğru hava akımının etkisiyle, eski yüzey şekline uygun olarak depolanır. Bu durumdaki pomza yatakları oluşmuş olup, bu yataklar zamanla akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda depolanabilirler. Bu şekilde oluşan yataklar içinde % 1-3 oranında andezit, traki-andezit, bazalt, obsidyen gibi volkanik kayaç parçaları bulunur. İkincil durumda oluşan pomza yataklarında ise, yabancı maddeler daha fazla olabilmektedir (Gündüz ve diğ., 1998).

4.2. Pomzanın Kullanım Alanları

Pomzanın kimyasal içeriğindeki element ve bileşiklerin oranlarının farklılık göstermesi kullanım yerlerine göre diğer pomza örneklerine göre fazladan uygunluk sağlayabilir. Örneğin pomzanın içerdiği SiO_2 oranı kayaca aşındırma özelliği kazandırmaktadır ki bu özellik tekstil sektöründe (kot taşlama işinde) pomza kullanımı konusunda önemlidir. Yine pomzanın içeriğinde bulunan Al_2O_3 bileşimi ateşe ve ısıya

yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na_2O ve K_2O tekstil sanayisinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir.

Günümüzde pomzanın kullanım alanları çok geniş olmakla birlikte en çok inşaat sektörünün değişik alanlarında kullanılır. Pomza kullanıldıkları yerlere göre 5 ayrı grupta değerlendirilebilir. Bunlar;

- İnşaat sektöründe
- Tekstil sektöründe
- Tarım sektöründe
- Kimya sektöründe
- Diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda

4.2.1. İnşaat sektöründe

Pomza, ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayinde kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen pomzanın %80'i iç piyasada çimento içerisinde katkı olarak ve inşaat endüstrisinde hafif beton agregası olarak tüketilmektedir. Pomza, perlitin kullanıldığı alanların, genellikle tümünde kullanılmaktadır. Perlit gibi genleştirmek için enerji ve yatırım gerektirmediğinden inşaat sektöründe son yıllarda kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Pomza normal kum ve çakılın 1/3 - 2/3 'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum pomza ile yapılan betonlarda da görülür. Pomza betonu normal betondan hafif olması sebebiyle zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca zemin mekaniği açısından, temele iletilen yükler dikkate alındığında % 17 civarında inşaat demirinden tasarruf sağlar. Pomzanın ısı iletkenlik katsayısı dikkate alındığında, normal betondan 6 kat daha fazla izolasyon sağladığı tespit edilmiştir. Bu özelliğinden dolayı yaşam ve iş mekânlarında kullanımı ile büyük çapta enerji tasarrufu sağlamaktadır. Pomza, her geçen gün yeni bir kullanım alanı bulunan bir hammaddedir. Pumisit adı verilen ve bazen de volkan külü, volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli olanları çimentoda katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Pumisite bu alanda kullanım imkanı veren özelliği, onun yüksek puzzolanik aktivitesinden kaynaklanmasındır (Gündüz ve diğ., 1998).

Pomza, ülkemizde ve pek çok Avrupa ülkesinde yaygın olarak hafif yapı elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Hafif tuğlalar, bloklar, paneller ve diğer kullanım

şekilleri inşaatla kullanılan harç ve inşaat demirinden tasarruf sağladığı gibi, inşaatlarda önemli oranda ısı ve ses izolasyonu sağlamaktadır. Ayrıca yangına dayanıklılık açısından da normal betona kıyasla %20 ye varan oranda daha emniyetli olduğu kabul edilmektedir. Bunun yanında hafif yapı elemanı nakliyesi daha kolaydır. Pomzalı betonun normal betona kıyasla önemli bir avantajı da deprem yüklerine karşı daha elastik davranış gösterebilmesidir. Ayrıca pomzalı beton ve yapı elemanları dondan etkilenmemektedir (Gündüz ve diğ., 1998).

4.2.2. Tekstil sektöründe

Ülkemiz için pomzanın kullanım alanlarından birisi de tekstil sektörüdür. Bu sektörde kullanılacak pomzanın normal özelliklerinin dışında bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri de titizlikle aranmaktadır. Tekstil sektöründe kullanılan pomza daha çok bluejean gibi pamuklu giyeceklerin ağartılması ve yumuşatılması amacına yöneliktir. Kumaşta sadece yumuşatma isteniyor ise su + pomza kullanılır ve bu işleme taş yıkama (stone wash) denir. Giysinin hem yumuşatılması hem de ağartılması isteniyor ise kazana su ve kimyasal madde emdirilmiş pomza konularak yapılır. Bu işleme de kar yıkama adı verilmektedir. Bu iki işlemin dışında yalnızca istenilen bölgeleri ağartan kumlama (sand blasting) işlemi vardır. Yıkama işleminde bir parça blue jean için 0,5 – 1 kg. pomza tüketilmektedir.

Bu sektörde kullanılacak pomzanın tekstil kalitesi denen özellikleri taşıması gerekir. Tekstil sektöründe kullanılan pomza da normal özelliklerin yanında ilave olarak aranılan özellikler şunlardır (Gündüz ve diğ.,1998):

- Minerolojik yapısında pomzadan sert mineral olmamalıdır (Kumaşı çizmemelidir),
- Pomza orta sertlikte olmalı, kırılmadan ezilmeli,
- Yabancı maddelerden arındırılmış olmalı (demir oksit, sodyum oksit ve potasyum oksit miktarları kumaşı boyamayacak şekilde olmalı)
- Kuru, gözenekli ve yuvarlatılmış olmalı,
- Kullanılan taş kalitesi değişmemeli, homojen olmalı,
- Genelde 30 x 40 x 50 mm ebadında olmalı,
- Rengi beyaz olmalı, suda belirli bir süre yüzebilmeli ve kırılmamalı,
- Su emme miktarı tekstil kalitesi için ideal olmalıdır.

4.2.3. Tarım sektöründe

Pomza gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çare olarak başvurulacak seçeneklerden bir tanesidir. Bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını temin ettiğinden, kuraklığa çare olarak kısmi bir çözüm getirirse de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bugün su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan, Kuveyt gibi ülkeler, iklimin sıcak olması ve sulama suyunun da aşırı buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilebilmesi için pomza kullanarak belli önlemler almıştır. Toprağın altına belirli bir derinlikte ve belirli bir kalınlıkta pomza serilerek (yastıklama) ve bu seviyenin altından su vererek, bitkilerin ihtiyacı olan suyun direkt olarak köklere ulaşması sağlanmakta ve buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilmektedir (Reyhanoğlu, 1988). Toprağın su tutma özelliğinin iyileştirilmesi (hidrokültür) özellikle su problemi olan bölgeler için çok önemlidir. Perlit 760-1200°C arasında, kil 1200°C de genişletilerek tarımda kullanılmaya uygun hidrokültür hammaddesi haline dönüştürülmektedir. Pomza ise doğal halde bir hidrokültür hammaddesi olduğundan maliyeti genişletilmiş perlit ve kile kıyasla çok daha düşüktür. Son yıllarda bu konuda bazı Avrupa ülkeleri (Hollanda, İsveç vb.) ve Japonya bu tip araştırmaları kapsamlı bir şekilde yürüten ülkelerin başında gelip bu ülkelerde topraksız veya çok az toprakla ve çok az su ile bitki yetiştirilmektedir. Ülkemizde bu alandaki çalışmalar henüz deneme safhasındadır.

Pomza, tarımda hem ucuz hem de özellikleri açısından bitkiler için önemli bir hammadde durumundadır. Tuttuğu, suyu/nemi içinde bulunduğu ortama göre ayarlayarak gerektiğinde bitkiye verebilen pomzanın bu alanda kullanılabilmesi için, bazı özelliklerinin uygun olup olmadığının (su tutma faktörü, besin emme özelliği, gözenek durumu, granüllerin görünür yoğunluğu vb.) analizi gerekmektedir. Bu analizlere geçilmeden önce tane boyutu açısından uygun ve aynı özelliklerde yeterli rezerve sahip, değişmeyen kalitede pomza kullanım gerekliliği açısından önemlidir. Öte yandan sıvı gübre kullanımı söz konusu olduğunda, pomza gübre kaybını minimuma indirdiği gibi, yeraltı su kaynaklarının kirlenmesinin de önüne geçmektedir. Ayrıca tarımda pomza kullanımının aşağıda belirtilen yönlerde yararları da bulunmaktadır (Gündüz ve diğ., 1998).

- Toprakta mükemmel havalandırma sağlar,
- Tekrar tekrar kullanılabilir,
- Zamanla Çekmez ve topraklanmaz,

- Besin ayarlaması kontrolü kolaydır,
- Mantar, böcek gibi zararlı unsurları barındırmaz,
- Çürümez,
- Kötü kokular üretmez

4.2.4. Kimya sektöründe

Günümüzde pomza aşağıda sunulan kimya endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır;

- Tarım ilaçları ve kibrit sanayinde taşıyıcı olarak,
- Gübre sanayinde gübrenin topaklaşmasının önlenmesinde antikek maddesi olarak,
- Diş macunlarında ve dişçilikte parlatma keki ve tozu olarak,
- Birçok sektörde absorban malzeme olarak,
- Temizlik ve deterjan sanayinde katkı malzemesi olarak,
- Özel tip boyalarda (akustik ve yalıtımlı boyalarda, pürüzlü duvar kaplamalarında, trafik boyalarında, kaymaz tip boyalarda, katkı malzemesi olarak (Reyhanoğlu, 1988) kullanılmaktadır.

4.2.5. Diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda

- Kuyumculuk, metal, cam ve plastik sanayinde abrazif (aşındırıcı),
- TV tüpleri, elektronik devre ve çiplerin üretiminde hassas temizleme maddesi,
- Yol tutucu-kaymaz tip oto lastikleri üretiminde katkı,
- Asfalt kaplamalarda (özellikle sıcak iklimli bölgelerde) yüzeye bitüm kusmayı engelleyici katkı maddesi,
- Karayollarında buzlanmaları kontrol altına almada ve dolgu malzemesi olarak,
- Dekoratif ve yalıtımlı, hafif tavan kaplama malzemelerinin imalinde
- Elektronik sanayisinde devre plaketlerini temizlemede,
- Mobilya sanayisinde cilalama, piyano anahtarı ve resim çerçevesine motif verme gibi pek çok sektörde kullanım imkanı bulmaktadır. Ayrıca yine;
- Yiyecekleri hijyenik ortamda koruma amaçlı geçirgen film üretiminde,
- Hijyenik ortamda yiyecek saklama kabı imalinde,

- Polimer dolgulu fast-food paketlenme malzemesi imalinde,
- Silikondioksit imalinde,
- Zeolitlerin hidrotermal sentezinde,
- Tarihi eserlerin dış yüzeylerinin püskürtme metodu ile temizlenmesinde,
- Gaz geçişli ve sıvı tutucu agregaların imalinde,
- Hafif termoplastik reçine esaslı kalıpların yapımında,
- Empresyon edici materyal imalinde,
- Pomza ile agarose jelinden DNA' ın geri kazanımında,
- Granül olarak nem emici ve geri verici malzeme olarak,
- Granül veya monolitik formlarda silikon kaplama imalinde,
- Konsolidasyona müsait inşaat alanlarının zeminlerinin iyileştirilmesi ve su drenajında,
- Protein emici materyal imalinde,
- Yazıcı mürekkebi imalinde,
- PVC kaplamada dolgu materyali olarak,
- Uzay teknolojisinde yüksek ısıya dayanıklı seramik ve kabin camı imalinde,
- Otomobil endüstrisinde ısı ve ses yalıtımında dolgu malzemesi olarak kullanım alanları araştırılmaktadır (Davraz, 2001).

4.3. Hafif Beton Olarak Pomza

Hafif malzemelerin, ucuz olması, teknoloji ithali ve büyük yatırımlar gerektirmeleri, başta ısı yalıtımından sağlayacağı enerji tasarrufu olmak üzere işçilik, demir ve kereste tasarrufu vb. bu konuda önemli avantajlar olarak gösterilmektedir. Pomza agregalı hafif betonlar, bugünkü modern yapı endüstrisinde, istenen az ağırlık yanında ısı direnci, ses absorpsiyonu ve yangına karşı direnci gibi en iyi özelliklere sahiptirler.

4.3.1. Hafif Beton Olarak Pomzanın Önemi

Yapılan araştırmalarda normal beton yerine pomza agregalı hafif beton kullanılmasının başlıca sebepleri arasında, hafiflikleri nedeniyle kesitlerin küçülmesi ve dolayısıyla donatı ve malzeme ekonomisi sağlanması yer almaktadır. Ayrıca,

kullanılabilir mekânların artması, ısı ve ses yalıtımı için ikinci bir malzeme kullanımına ihtiyaç göstermemesi, donma çözülme ve ateşe dayanımlarının yüksek olması ve depreme dayanıklı olmaları gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler.

Hafif yapı elemanlarının boyutuna göre TS 3234' te pomza taşı en büyük tane boyutunun 20 mm, 12,5 mm veya 10 mm olması gerektiği öngörülmüştür. Gevşek birim hacim ağırlığı TS 1114 standardına göre hafif agregada 1100 kg/m³ ü geçmemelidir. TS 3234' e göre bims betonda pomza için kuru gevşek birim hacim ağırlığı karışık agregada 600 kg/m³ olmalıdır. Kil topakları TS 707' ye göre kuru agrega ağırlığının %2' sini geçmemelidir. Yanıcı madde oranı TS 1114' e göre hafif agregada %5' i geçmemelidir. Sülfat miktarı TS 1114' e göre hafif agregada, kuru agrega ağırlığının %1,5' ni geçmemelidir. Özgül ağırlığı farklı çıkabilir. Su emme; pomzanın 10 dk.' da, 1 saatte emebileceği suyun %90' ını emdiğini belirtmektedir. Pomza, normal ticari aralık olarak, kaba metalleri bitirmek için -6 mesh, (ince) iyi bir parlaklık için -200 mesh'tir (Gündüz ve diğ., 1998).

Puzzolanik maddelerin çimento içerisinde katkı olarak kullanılması ekonomik olmasının yanı sıra, aşağıda belirtilen avantajları da sağlamaktadır;

- 1- Çimento hidratasyonu sırasında puzzolanik malzemelerin reaksiyonu ile kireç serbest kalmaktadır. Puzzolanik maddeler içinde bulunan amorf silikat kireç $[Ca(OH)_2]$ ile birleşerek çimento yapıcı malzemeleri oluşturmaktadır. Yani puzzolanlar kalsiyum hidroksiti bağlayıcı görev yaparlar. Kalsiyum hidroksit miktarı az çimentolar deniz yapılarında kullanılmamalıdır (Akman, 1994).
- 2- Puzzolanik katkı oranı arttıkça korozyona karşı dayanım artmakta, korozyon miktarı azalmaktadır (Binici ve diğ., 2003).
- 3- Puzzolanlı çimentolar kimyasal etkilere karşı daha yüksek dayanım gösterirler. Puzzolanların katkı oranı arttıkça sülfata karşı dayanım artar (Binici ve Çağatay, 2003).
- 4- Puzzolanik malzemeler betonun ömrünü ve dayanımını artırır, ısı iletkenliğini düşürür.
- 5- Ayrıca pomza; çimento ihracatında Avrupa standartları konusunda çok önemli ve aranılan bir kriter olan Cr^{+6} değerini düşürmesi yönünden yüksek önem arz etmektedir. Cr^{+6} miktarının yaşanan ortamda fazla olması çeşitli kanser hastalıklarına neden olmaktadır.

4.3.2. Hafif agregalı betonlar

Kum ve çakıl agregaları ile yapılmış normal betonların birim hacim ağırlıkları $2000\text{--}2600\text{ kg/m}^3$ civarındadır. Beton yapımında kullanılan kum, çakıl veya çimentonun bir kısmı beton yapısında hava boşlukları meydana getirdiği için geleneksel agregalar yerine hafif ve çok hafif agregalar kullanıldığında betonun hacim ağırlığı azaltılabilmektedir. Bu yolla üretilen kuru birim hacim ağırlığı 2000 kg/m^3 'den düşük olan betonlar, hafif beton olarak adlandırılmaktadır. Kuru birim hacim ağırlığı 800 kg/m^3 'den düşük betonların yapım yöntemleri, kullanım koşulları ve alanları farklı olduğundan, çok hafif betonlar olarak adlandırılmak yerinde olacaktır. Hafif agreganın tarifini yapmak gerekirse, hafif agregası (beton için), su, çimento ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak hafif beton imalinde kullanılan, gevşek birim ağırlığının en büyük değeri 1200 kg/m^3 ü aşmayan, kırılmış veya kırılmamış gözenekli inorganik agregadır (TS 1114, 1986). Normal ağırlıklı beton; maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, kolay işlenebilme özelliği ve monolitik yapısı gibi özelliklerinden dolayı, diğer yapı malzemelerine göre daha fazla kullanılmaktadır. Ancak bu betondan inşa edilen yapı elemanlarının birim ağırlıklarının fazla olması istenmeyen bir durumdur (Gündüz ve diğ., 1998). Bu elemanlar kendi öz ağırlıklarını taşıyabilmek için oldukça fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle, normal betonda kullanılan tabii agregası yerine boşluklu hafif malzemenin kullanımı ile daha hafif beton üretimi yoluna gidilmiş ve bu konuda önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Hafif beton üretiminde doğal hafif ve suni hafif agregalar olmak üzere iki tip agregası kullanılmaktadır.

Doğal hafif agregası; meydana gelişleri sırasında gözenekli bir yapı kazanmış bulunan, tuf, bims (pomza), sünger taşı, lav cürufu, diatomit v.b. agregalardır.

Suni hafif agregası; yüksek fırın cürufu, kil, uçucu kül, kuvarsit, genleştirilmiş perlit, obsidiyen, açılmış vermikülit, genleştirilmiş şist, genişletilmiş arduvaz v.b. agregalardır (Gündüz ve diğ., 1998).

Ancak suni agreganın inşaat sektöründe üreticilerinin azlığı nedeniyle temin edilmesi oldukça zordur. Hafif agregadan üretilen betonun, düşük yoğunluğu, ısı yalıtımı, yangına karşı dayanımı, ısı şoku dayanımı ve deformasyonla ilgili özellikleri önemli avantajları olmaktadır. Hafif agregalar, tane büyüklüğü dağılımına göre; ince agregası, iri agregası, karışık agregası olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (TS 1114, 1986);

- Yalıtım betonlarında 400 kg/m^3
- Ortalama mukavemetli betonlarda $400\text{ kg/m}^3 - 650\text{ kg/m}^3$

- Taşıyıcı betonlarda 650 kg/m^3

4.4. Pomza Agregalı Betonların Özellikleri

Kullanım amacına göre pomza agregalı hafif betonun birim ağırlığı önemli derecede farklılıklar gösterir. Yapı taşıyıcı panolarında bu ağırlık $1-1,2 \text{ t/m}^3$ olabilir. Bu betonun dayanımı $10-15 \text{ N/mm}^2$ civarındadır. Kullanımının en önemli yararı ısı iletkenliğinin düşük ($0,3 \text{ kcal m/saat}^\circ\text{C}$) olmasıdır. Normal betonarme yapılarda bu betonun birim hacim ağırlığı, $1,50 \text{ t/m}^3$ mertebesinde dir. Dayanımları ise 30 N/mm^2 'ye ulaşabilir. $1,7 -1,9 \text{ t/m}^3$ ve dayanımları 50 N/mm^2 'ye ulaşan hafif betonlarda yapmak mümkündür.

Pomza agregalı betonların çekme dayanımları yaklaşık olarak normal betonun çekme dayanımına yakın değerlerdedir. Ancak bu dayanım değerinin, kuru havalarda önemli derecede azaldığı gözlenmektedir. Ani elastisite modülü yaklaşık olarak normal betonunkinin yarısı kadardır. Bu da hafif beton kirişlerin normal beton kirişlere göre çok daha fazla sehim yapacağını gösterir (Gündüz ve diğ., 1998).

Pomza agregalı betonların sıcaklık genleşme katsayısı yaklaşık olarak normal betonunkinden %25 daha düşüktür. Dolayısıyla da pomza agregalı hafif betonlar sıcaklık değişimine karşı daha dayanıklıdır. Bu da önemli derecede farklı sıcaklıkların etkisinde kalacak olan hiperstatik yapılarda hafif beton kullanımının yararlı olacağını gösterir. Isı iletkenliği, birim hacim ağırlığa ve su içeriğine göre değişmekle beraber, bu iletkenlik normal betonunkinden çok düşük değerlerdedir. Pomza, normal beton agregalarına göre daha fazla şekil değiştirmeye yatkın olduğundan, rötrenin etkisiyle çatlama ihtimali normal betona göre daha azdır. Pomza agregalı betonların sünme şekil değiştirmesi, normal betona göre yaklaşık %40 daha büyüktür. Pomza agregalı betonların ısı iletkenlikleri ve genleşme katsayıları küçük olduğundan, bu betonların yangına karşı dayanımları normal betona göre daha yüksektir (Gündüz ve diğ., 1998).

Pomza agregalı betonlar önemli miktarlarda su emmesine rağmen donmaya karşı dayanımı yüksektir. Zira suya doymun olmayan çok sayıda gözeneğe sahip olmasından dolayı zarar görmeden buzlanma genleşmesine imkan vermektedir. Bu tür betonlar, ısı iletkenlikleri düşük olduğundan, kışın beton dökümü içinde uygundur. Çünkü çimento prizinden doğan ısıyı normal betona göre daha uzun süre muhafaza eder.

Donatı beton kenetlenmesi (aderans) bakımından ise; kenetlenme konusunda CBE düşey konumdaki donatı çubukları için normal betondaki kenetlenme boyunu,

yatay konumdaki donatı çubukları içinse aderansı geliştirilmiş donatılarla, kenetlenme boyuna 1,5 katını kullanmayı önermektedir. Aderanstaki bu azalma, beton dökümünde boşluk oluşma ihtimalinin normal betona göre daha büyük olmasından meydana gelmektedir. Pomza agregalı hafif betonun aşınma dayanımı normal betona göre çok daha fazladır (Gündüz ve diğ., 1998).

Pomza agregalı hafif betonun korozyona karşı dayanımı en az normal betonunki kadardır. Bu betonun özellikle deniz suyuna karşı da dayanımı çok yüksektir. Bu nedenle, sahil beldelerinde yer alan inşaat sektöründe giderek artan bir talep bulunmaktadır.

Dinamik etkiler altındaki davranışı açısından ele alındığında ise; pomza agregalı betonlarda dalga yayılma hızı normal betonunkinden yaklaşık %25 daha küçüktür. Titreşimleri daha az iletir. Şok etkilerini daha iyi absorbe eder. Titreşim amortisman katsayısı da daha iyidir (Gündüz ve diğ., 1998).

4.5. Pomza Karışımları TSE Standartları

Pomza taşı agregası yaklaşık %70 boşluk içermektedir. Doğada incesi irisinden daha fazladır. Yarı hafif beton üretiminde incenin hafif agregası olması demektir. Fazla boşluklu bu doğal hafif agregası, normal agregası yanında boşluk gibi düşünülebilir. Hafif agregalı (pomza kullanımında) betonda istenen agregası şartları şu şekilde özetlenebilmektedir:

Zararlı Maddeler: Sülfat miktarı (SO_3) cinsinden tayin yapıldığında bulunan değer, ağırlıkça %1' den çok olmamalıdır. Hafif agregada humus ve benzeri organik maddeler ince dağılmış halde iken betonun sertleşmesine zararlı olabilirler. Bu bakımdan TS 3673'e uygun deney yapıldığında, koyu sarı, kahverengi ve benzeri koyu renkler meydana gelmemelidir (TS 1114, 1986).

Kil Topakları: Agregadaki kil topakları kuru agregası ağırlığının %2' sini geçmemelidir (TS 707, 1980).

Tane Biçimi ve Yüzey Yapısı: Değişik yerlerde elde edilen bims agregaları tane biçimi ve yüzey yapısı bakımından oldukça farklıdır. Bims agregalarının tane biçimi ve yüzey yapısı karışım içinde ince ve iri agregası miktarlarını, betonun işlenebilirliğini, ince agregası/iri agregası oranını, su ve çimento miktarını etkiler (TS 3234, 1978).

Su Emme ve Nem Yüzdesi: Bims agregalarının 24 saatlik su emme yüzdesi ince agregada %20, iri agregada %30 civarındadır. Bu değerler agreganın sağlandığı yere,

granülometresine, tane biçimi ve yüzey yapısına göre değişir. Normal depolama şartlarındaki nem yüzdesi genellikle su emme kapasitesinin 2/3 ' ünü geçmez (TS 3234, 1978).

Yanıcı Madde: Agregada yanıcı madde oranı %5' i geçmemelidir (TS 1114, 1986).

Maksimum Tane Çapı: Bims beton agregalarında tane çapı 20 mm' den büyük olmamalı, yerine göre 12,5 mm veya 10 mm' lik maksimum tane çaplı karışımlar tercih edilmelidir (TS 3234, 1978). Deney numunelerinde kullanılan esas boyut “d”, verilen boyutların $\pm\%$ 10 sınırı içinde olmalıdır. Numunelerin her biçimi için alınacak esas boyut “d”, beton agregasının en büyük tane büyüklüğünün en az 4 katı olarak seçilmelidir (TS 5929, 1988). Dolayısıyla en büyük agrega tane büyüklüğü beton karışımındaki agreganın en az %90' ının geçeceği en küçük kare delikli elek göz açıklığı olarak kabul edilir (TS 3068, 1999). Küp deney numunelerinde esas alınacak boyutlar (d mm) 100-150- 200-250-300' dür. Biçim toleransı olarak, küpün yükleme uygulanacak yüzlerinin düzgünlük toleransı 0,0005 d olmalıdır. Küpün bitişik yüzeyleri arasındaki ile üst ve alt yüzeyleri arasındaki açı $90^\circ \pm 0,5^\circ$ olmalıdır. Küp kalıplarda, kenar uzunluklarındaki toleranslar 150 mm boyutlarına kadar $\pm 1,5$ mm olmalıdır (TS 5929, 1988). Kalıplar çelik, dökme demir veya hidrolik çimentolarla reaksiyona girmeyen uygun bir malzemeden yapılmalıdır. Kalıplar birden fazla parça halinde (taban levhası, kenarlar gibi) imal edilmişse, bu parçaların sıkıca birleştirilmesinin sağlayacak bir kelepçe sistemi bulunmalıdır. Kalıpların iç yüzeyleri pürüzsüz ve kaygan olmalıdır. Kullanılmadan önce bu yüzeyler madeni bir yağ ile hafifçe yağlanmalı ve varsa parçaların birleşme yerleri kalın gres, parafin gibi bir madde sürülerek su geçirmez hale getirilmelidir (TS 3114, 1978). Deney presi, kırılma yükünün en az %1 'ini gösterecek hassasiyette bulunmalıdır (TS 3114, 1990). Yükleme hızı $0,5-2 \text{ kgf/cm}^2/\text{s}$ olmalıdır (TS 3289, 1979). Kalibrasyon için yeterli tertibata sahip olmalı ve yükleme plakalarının temas yüzeyleri makine ile düzgünleştirilmiş olmalıdır. Düzgünlük toleransı, küpün bir kenarının veya silindirin çapının her 100 mm' si için 0,02 mm olmalıdır. Yükleme plakalarının boyutları, küp deney numunelerinin bir kenarından, bu kenarın yaklaşık %3' ü kadar daha büyük, kalınlığı da en az 25 mm olmalıdır (TS 3114, 1990). Laboratuarlarda kova, kürek, mala, kepçe, master, sıyırma çubuğu ve levhası, cetvel, lastik eldiven ve metal karıştırma kaparı gibi aletler bulundurulmalıdır.

Kullanılacak terazi veya baskül, tartılan ağırlığın %0,3' ü duyarlığında olmalı, bu aletlerin kalibrasyonu zaman zaman kontrol edilmelidir. Genel olarak bir terazi veya

baskülde tartılacak en küçük ağırlık aletin kapasitesinin %10' undan daha küçük olmamalıdır (TS 3068, 1999). Ayrıca kullanılacak aletler arasında bir kumpasın da bulunması gereklidir. Numune miktarı, bims betondan alınan numune alınan her harmandan en az dört adet basınç dayanım deneyi numunesi hazırlanabilecek miktarda olmalıdır (TS 3234, 1978). Beton malzemesinin hazırlanmasında sıcaklık, beton harmanının karılmasından hemen önce malzemenin homojen olarak ayrı sıcaklıkta (tercihen 20-25°C) bulunması sağlanmalıdır. Çimento ise; kullanılmadan önce iyice karıştırılarak homojenliği sağlanmalı ve göz açıklığı 1 mm olan kare delikli elekten elenmelidir. Elek üzerinde kalan çimento topakları deneylerde kullanılmamalıdır. Betonun el ile kırılması işleminde çimento, ince agrega ve varsa suda erimeyen toz katkı maddesi ile birlikte tamamen ve su ilave edilmeden karıştırılır. İri agrega harmana katılır ve taneleri harman içinde düzgün olarak dağılıncaya kadar su ilave edilmeden karıştırılır. Karma suyu ve varsa suda eritilmiş katkı maddesi harmana katılır ve harman istenilen kıvamda, homojen bir beton elde edilinceye kadar karılır. Karma süresi 5 dakikadan az olmamalıdır. İstenilen beton kıvamını elde etmek için su miktarının araştırıldığı deneme harmanları, karma süresinin gereğinden fazla uzadığı hallerde, numunelerin hazırlanmasında kullanılmaz. Bu gibi durumlarda belirlenen gerekli su miktarı ile yeni bir beton harman hazırlanır. Karma işlemi tamamlandıktan sonra kalıplara doldurulur (TS 3068, 1999). Su miktarının saptanmasında çeşitli agregalarda yaklaşık 5 cm çökme verecek kıvamda 1 m³ beton için gerekli net su miktarı 180 kg ile 270 kg arasında değişir. Ancak karışım hesabı 10 dakikalık özgül ağırlık faktörleri kullanılarak yapılmalıdır. Beklenen kaybı karşılamaya gerekli su miktarı hakkında bir fikir edinmek için karışım orantılı, daha uzun bir süre su emdirmeye tekabül eden özgül ağırlık faktörleri ile ikinci bir defa hesaplanmalıdır. İnce agreganın toplam agregaya oranında meydana gelen her %1 'lik artış (veya düşüş) için 1 m³' deki su miktarı yaklaşık 1,5 kg, çimento dozu da %1 kadar arttırılır (veya eksiltir).

Çökmedeki her 2,5 cm' lik artış (veya düşüş) için her m³' te su miktarı ortalama 6 kg ve çimento dozu da %3 arttırılır (veya eksiltir). Çökme değerinin 7,5 cm' den küçük olması halinde, bir miktar daha fazla su ve buna bağlı olarak da bir miktar daha fazla çimentoya gerek duyulur (TS 2511, 1977). Kalıplara doldurma işlemi, en az iki tabaka halinde olmalıdır. Kalıplar sıkıştırılıp doldurulduktan sonra üst yüzü tesviye edilir (TS 3234, 1978). Kalıplara doldurulan beton yüzeyi düzlenip perdahlanır. Bu amaçla, kalıp üst yüzeyinden taşan beton şişleme çubuğu veya mala ile sıyrılır, düzlenen yüzey mala veya master ile perdahlanır. Bu işlemler en kısa zamanda ve en pratik bir şekilde

tamamlanmalıdır. Elde edilen numune yüzeyi kalıp kenarlarıyla aynı seviyede olmalı, yüzeyde kalabilecek girinti veya çıkıntılarının boyutları 3 mm' yi geçmemelidir. Küp numuneler için başlık yapılmayabilir (TS 3068, 1999). Buharlaşmayı önlemek için kalıp üstü düzgün bir kapakla kapatılmalı veya kür odası varsa oraya taşınmalıdır. Kalıplar, numunenin bozulma tehlikesi ortadan kalkmadan sökülmemeli ancak bekleme süresi dökümden sonra 7 günü geçmemelidir. Numuneler hazırlanmalarından itibaren en erken 20 saat ve en geç 48 saat sonra kalıplardan çıkarılmalıdır (TS 3068, 1978). Numuneler dökümden sonra ki ilk 24 saat $21^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de tutulmalıdır, 24 ± 2 saatten sonra rutubetli ortamda ve $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depo edilmeli, akan suya maruz bırakılmamalı ve doygün kireçli su kullanılmadıkça su içinde tutulmamalıdır. Bu şekilde 7 günü tamamlayan numuneler 18 gün süre ile $21^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de sıcaklık ve %50 bağıl nemli ortamda tutulmalı ve sonra 3 gün süre ile $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de sıcaklığa ayarlı bir etüvde kurutulmalıdır (TS 3234, 1978). Basınç dayanımı, belirli boyutlardaki pomza karışım numunelerinin belirli ve farklı doğrultularda etkiyen gerilmeler karşısında davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç karakteristiğidir. Pomza karışımlarının basınç dayanım değeri için yapılacak deneylerde yukarıdaki paragraflarda belirlenen TSE standartlarındaki numune boyutları kullanılmaktadır. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi için TSE standartları ve ISRM standartlarında, kenarları yaklaşık 100 mm olan küp deney numunelerinin kullanımı önerilmiştir. Deneylerde her kür süresi için en az üç adet deney numunesi olmalıdır. Deney numunesinin kütlelerinin tayini için; nemli bir ortamda veya su içerisinde bırakılmış numuneleri tartmadan önce üzerlerindeki artık su silinmelidir. Bütün deney numunelerinin kütlelerinin $\pm 0,25\%$ hassasiyetle tayin edilmesi gerekir. Numunelerin her durumu ile ilgili not alınmalıdır. Birim hacim kütleleri, bu numunelerin birim hacim ağırlığı kütlelerinin, belirlenmiş boyutlardan hesaplanan hacme bölmek suretiyle yapılır (TS 3114, 1978). Deney numuneleri kür odasından (uygun sudan) çıkarıldıktan ve yukarıdaki işlemler yapıldıktan sonra deneye başlanır. Deney presinin çelik yükleme plakaları (blokları) ve bunlarla temas edecek numune yüzeyleri iyice temizlenir. Silindir numunelerinin alt yüzü, küp deney numunelerinin dönme yönüne dik yüzeylerinden biri alt plaka üzerine yerleştirilir. Yükleme sabit bir hızla ve darbe tesiri yapmayacak tarzda, deney numunesi kırılınca kadar devam edilir. Düşük mukavemetli betonlar için düşük yükleme oranları, yüksek mukavemetli betonlar için ise daha yüksek yükleme oranları seçilmelidir. Numune kırılana kadar yükün uygulanmasına devam edilmeli ve maksimum yük tespit edilmelidir (TS 3114, 1990).

4.6. Dünya’ daki Pomza Rezervleri

Dünya pomza rezervlerinin 18 milyar ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu rezervin ülkelere göre dağılımı aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Dünya pomza rezervleri (DPT, 1996).

Bulunduğu Yer		Milyon Ton	Yüzde Payı
Kuzey Amerika	A.B.D.	11.500	% 66,7
	Diğerleri	500	
	TOPLAM	12.000	
Güney Amerika	Şili	60	% 0,3
	Diğerleri	20	
	TOPLAM	80	
İzlanda	Dominik	25	% 0,3
	Guadelauphe	15	
	Guatemala	25	
	Diğerleri	15	
	TOPLAM	80	
Avrupa	Yunanistan	500	% 30
	İtalya	2000	
	Türkiye	2836	
	TOPLAM	5336	
	Okyanus	500	% 2,7
	DÜNYA TOPLAMI	17.996	% 100

Çizelge 4.2’ deki veriler ışığında dünyadaki pomza rezervlerinin büyük bir kısmına ABD’ nin sahip olduğu görülmektedir. Türkiye ise Avrupa ülkeleri arasında en yüksek rezerve sahip olup, dünyada ise Amerika’ dan sonra ikinci en büyük rezerve sahip olan ülke konumundadır. Özellikle Avrupa’ da rezervlerin azalmaya başlaması ve Almanya gibi sektörde öncü kuruluşların rezervlerinin tükenmesiyle Türkiye’ nin pomza sektöründeki önemi her geçen gün artmaktadır.

4.7. Türkiye’ deki Pomza Rezervleri

Türkiye pomza rezervleri bakımından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Araştırılmış alanlarda yaklaşık 3 milyar metreküp pomza rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Bu rezervin illere göre dağılımı aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Türkiye pomza madeni rezerv dağılımı (DPT, 1996)

Yeri	Rezerv Miktarı (m ³)	Rezerv Katagorisi
Bitlis- Tatvan	1.100.000.000	A+B
Kayseri- Talas- Tomarza	725.000.000	A+B
Nevşehir- Avanos- Ürgüp	400.412.834	A+B+C
Bitlis- Ahlat	210.000.000	A+B
Van- Erciş- Kocapınar	154.625.000	A+B
Isparta- Gölçük	92.300.000	A+B
Kayseri- Develi	58.500.000	A
Derin Kuyu	48.660.500	A+B
Kars- Iğdır	40.156.250	B
Isparta- Karakaya	38.550.000	A+B
Isparta- Gelincik	33.000.000	A+B
Ağrı- Doğubayezit	26.875.000	B
Kayseri- Gömeç	13.250.000	A+B
Kars- Diğer	11.718.750	B
Ankara- Gündül- Tekköy	8.070.000	A+B+C
Van- Mollakasım	5.950.000	A+B
Kars- Sarıkamış	1.875.000	A+B
TOPLAM	2.968.943.334	

A: Görünür Rezerv, B: Muhtemel Rezerv, C: Mümkün Rezerv

4.8. Gelincik Pomza Sahası ve Ocağı



Şekil 4.3. Gelincik pomza ocağından bir görünüm

4.8.1. Gelincik pomza sahasının jeolojik ve madencilik açısından irdelenmesi

Gelincik sahasında yer alan pomza, diğer yörelere göre doku, renk ve birim hacim ağırlık yönünden farklılık gösterir. Yöredeki pomza yatakları, Pliyosende volkanik aktivite olarak Gölcük volkanik faaliyetlerine bağlı piroklastik kayaçların havadan yığılma mekanizması ile çökmesi şeklinde gerçekleşmiştir. Yörenin yüksek kesimlerinde tuf + piroklastik kayaçları içeren formasyonlarının üzerinde, çok lokal bir alanda 50–100 cm. kalınlığında inşaat kalitesinde pomza (gri) gözenlenmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Gelincik ocağı gri renkli tekstil pomzası seviyesi

Bölgede tekstil kalitesi arz edebilecek pomza sıklıkla tuf içerisinde yer almaktadır. Tüfler Yakaören köyünden Gelincik köyüne kadar kalın bir tabaka haline yayılmıştır. Katman Isparta–Gelincik-Burdur karayolu boyunca sol ve sağ kesimde rahatça izlenebilmektedir. Ancak, birim Yakaören-Gelincik hattı boyunca homojen bir yapı arz etmemektedir. Yakaören köyü girişinden itibaren katman sıkı tuf halinde olup bol traki-andezit blok ve lapillileri içermektedir. Katmanın üst taraflarına doğru tüfler göreceli bir şekilde gevşemekte, nispeten bloklar da azalma gözlemlenmektedir. Tuf katmanları yol boyunca yer yer traki-andezit daykları ile kesilmiş olup süreklilik göstermemektedir. Isparta - Gelincik - Burdur karayolunun Yakaören-Gölcük ve Gelincik-Burdur yol ayrımından sonraki 6.-7. km.lerde yolun sağ ve sol tarafındaki tuf tepelerinde tekstil pomzası kalitesi arz edebilecek pomza seviyeleri bulunmaktadır.

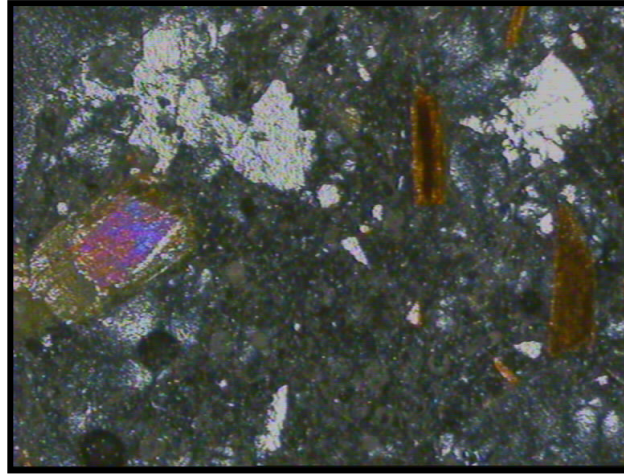
Geçmişte Yumru Tepe civarındaki formasyonların üst seviyeleri iptidai bir biçimde Mayaş A.Ş. tarafından kısmen işletilmiştir. Tuf içerisinde insan gücü marifeti ile kazılan pomza el ile seçilerek torbalanmış ve katırlar ile tepeden karayoluna indirilmiştir. Yörede portatif olarak kurulan iptidai bir tromel elek ile yıkanan pomzalar daha sonra fabrikaya getirilerek stoklanmıştır. Halen bu alanda işletilebilecek tuf + pomzanın (görünür) rezervi 2.500.000 m³ civarındadır (Gündüz v.d., 1998).

4.8.2. Mineralojik analizleri

Gelincik sahasından alınan numunenin ince kesiti polarizan mikroskop ile incelenmiş olup şu özellikler saptanmıştır:

İncelenen numunelerin bütünü volkanik camdan oluşmuş olup yoğun gaz boşlukludur. Volkanik cam içerisinde gelişmiş feldspat (oligoklas, andezin, sanidin), biyotit, piroksen (Mohs’a göre 6,5 –7 sertlikte bir mineral olmasından dolayı pomzanın sertlik homojenitesini kısmen bozmaktadır) hornblend ve opak mineraller gözlenmiştir.

Gelincik sahası örneklerinde gözlenen başlıca minerallerden feldspat (oligoklas, sanidin, andezin) karlspat ve albit ikizi minerallerinin öz şekilli ve yarı öz şekilli olduğu tespit edilmiştir. Biyotit (potasyum – demir oksit içeren bir mineral olması dolayısıyla, kayaç içerisinde fazla miktarda bulunması tekstil sektörü açısından istenen bir durum değildir) incelenen örneklerde feldspatlardan sonra en çok bulunan mineral olup, levhamsı ve çubuksu kristaller halinde gözlenmiştir (Şekil 4.5).



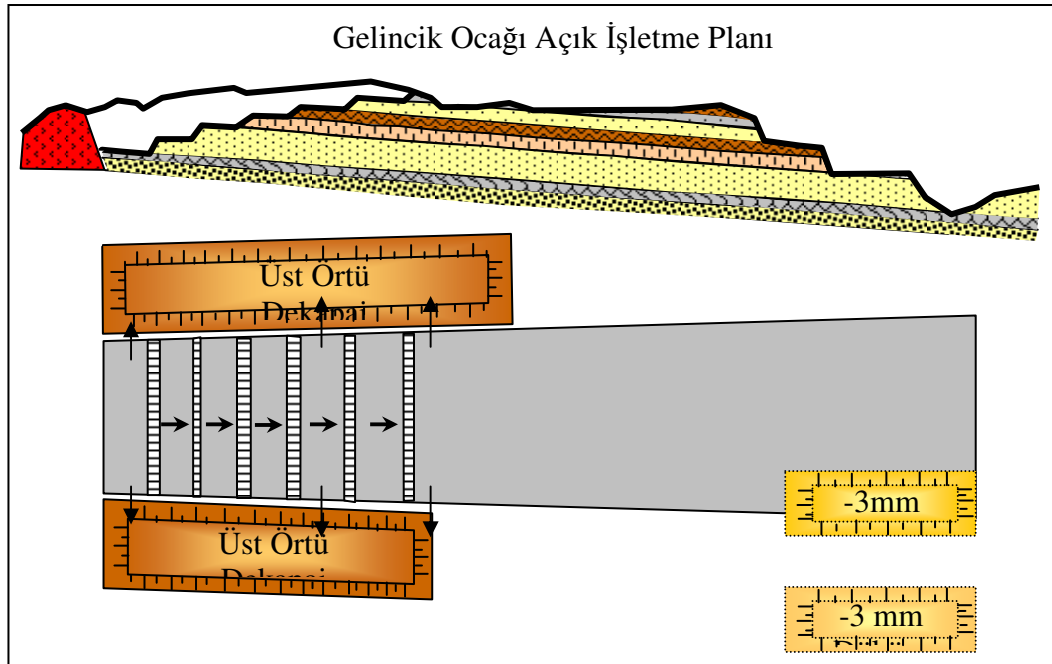
Şekil 4.5. Gelincik ocağı pomza örnekleri volkanik cam içerisinde biyotit ve feldspat kristallerinin ince kesit görünüşleri (Çift Nikol)

Yörenin muhtelif kesimlerinde tekstil kalitesi arz edebilecek ve işletilebilecek farklı pomza seviyeleri de mevcuttur. Ancak bu alanların pek çok kesimi “Orman Gençleştirme Sahası, 2B statüsündeki araziler ve özel mülkler” kapsamında olması dolayısıyla, iş makinesi ile arama faaliyetlerinde bulunulamamıştır. Ruhsat sahibi firma tarafından, bu arazilerde planlanacak arama faaliyetleri ile ilgili izinlerin yetkili kurum ya da mülk sahiplerinden alınabilmesi halinde, yürütülecek prospeksiyonlar sonucunda

ekonomiklik arz edebilecek pomzalı tuf ve pomza rezervinin artması beklenmektedir (Davraz,1998).

4.8.3. Gelincik pomza ocağı işletmesi ve hammaddelerin işlenmesi

2004 yılı sonlarına doğru faaliyete geçirilen Gelincik Pomza Ocağında üretim açık işletme olarak sürdürülmektedir (Şekil 4.6). Üst örtüsü (dekapaj) dozer ile kaldırılan ve ripierlenerek gevşetilen pomzalı katmanlar, 5-10 m lik kademe yüksekliğine sahip basamaklar oluşturmak suretiyle lastik tekerli/paletli yükleyiciler ile kazılarak kamyonlara yüklenmekte ve tüvanan malzeme ocak alanındaki eleme tesisine beslenmektedir.



Şekil 4.6. Gelincik pomza ocağı genel işletme planı (Davraz v.d.,1997' den değiştirilerek).

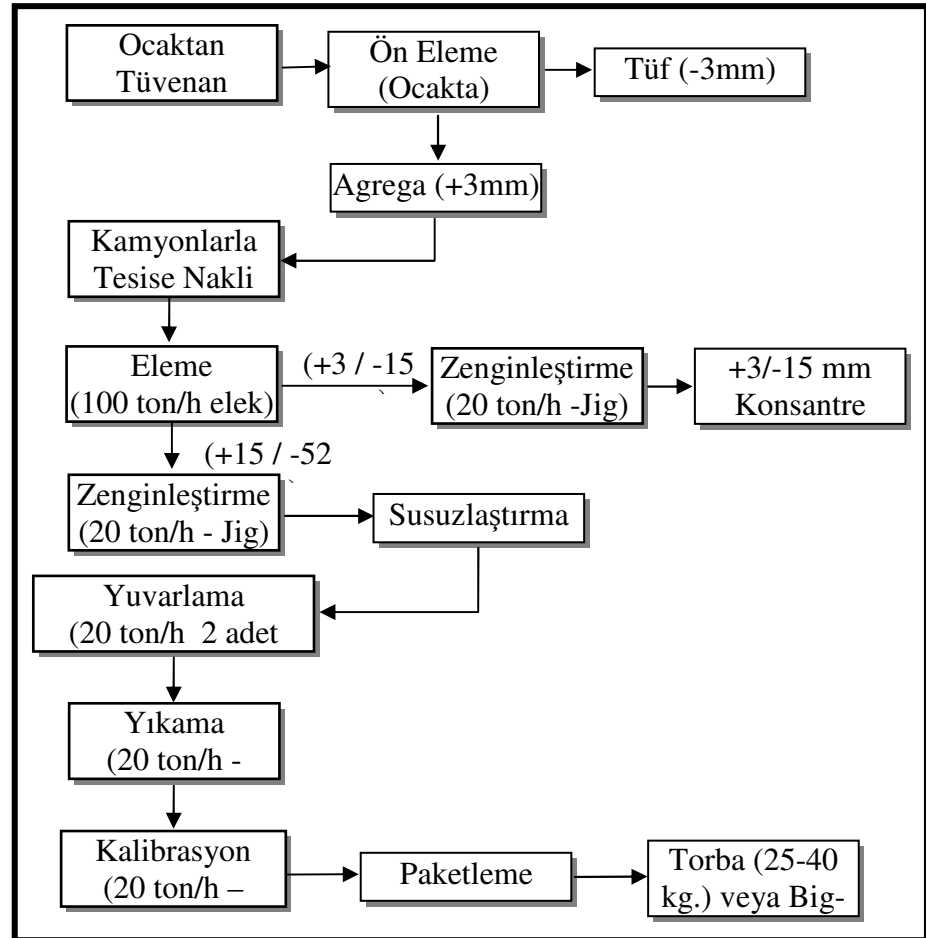
Eleme işlemi sonrası elde edilen pomza nihai ürün haline gelinceye kadar sırasıyla şu işlemlerden geçmektedir (Davraz v.d., 1997' den değiştirilerek) (Şekil 4.8).

- + 3mm agrega kamyonlar ile zenginleştirme tesisine nakledilmektedir.
- Zenginleştirme tesise nakledilen tüvenan agrega, bunkere beslenerek primer elekte elenmekte ve toprak, tuf, silt, kum gibi ince malzemeler ile agrega ayrıştırılmaktadır. Elenen ince malzeme (tuf+pümisit) puzolan hammadde olarak bir döküm alanına nakledilmekte ve buradan sevkiyatı yapılmaktadır.

- Agrega niteliğindeki (+3/-15 mm) malzeme ise elek çıkışından sonra konsantre pomza jigine beslenmektedir. Jig de gang (andezit parçaları vs.) gibi ağır materyallerden zenginleştirilen pomza, yüzeyine yapışık, gözeneklerdeki tuf, toprak, kil, silt gibi istenmeyen malzemelerden de arındırılmaktadır.
- Tekstil pomzası niteliğindeki taşlar (>15mm) ise tekstil pomzası jigine beslenerek (andezit parçaları vs.) gibi ağır materyallerden zenginleştirilmekte ve aynı zamanda pomza yüzeyine yapışık, gözeneklerdeki tuf, toprak, kil, silt gibi istenmeyen materyallerden temizlenmektedir.
- Jig sonrası susuzlaştırılma eleğinde, tekstil amaçlı pomzanın bünyesine almış olduğu suyun serbest kısmı, titreşimle giderilerek, ürün ıslak pomzadan (%35–40 oranında su), rutubetli pomza (%15–25 civarı rutubet) aşamasına getirilmekte ve bu safhadan sonra pomza yuvarlanmak üzere, otojen olarak çalışan, 2 adet yuvarlama tamburuna beslenmektedir.
- Yuvarlanmış pomza bir bant yardımıyla önce yıkama eleğine beslenerek yüzeyine yapışan ince partiküllerden arındırılmakta ve daha sonra tromel eleğe beslenerek kalibrasyonu yapılmaktadır (-15, +15/-25 mm. , +25/-30 mm , +30/-50 mm vs.).
- Bu aşamadan sonra % 30 civarında rutubet içeren, yuvarlatılmış “tekstil pomzası” ebadına göre bunkerlere stoklanmaktadır.
- Nihai ürün 25-40kg’lık çuvalara torbalanarak stok alanına depolanmaktadır.
- Konsantre pomza jiginde gangından ayrıştırılan saf pomza ise bir elek vasıtasıyla önce eleme işlemine tabi tutulmakta, daha sonra +3/-7 mm ve +7/-15 mm ebat gruplarında bunkerlere alınmaktadır. Daha sonra bunkerlerde biriken malzeme kamyonlar vasıtasıyla dökme olarak stok alanına sevk edilmektedir.



Şekil 4.7. Gelincik pomza sahası ön eleme tesisi



Şekil 4.8. Tekstil ve konsantre pomza üretim akış diyagramı

Agrega içerisinde ağırlıkça %10-12 arasında değişen oranda yabancı taş (traki-andezit parçaları) ve kirlilik bulunmaktadır. Gang 2005 yılı ortalarında ISBAŞ A.Ş. bünyesinde faaliyete geçirilen zenginleştirme tesisinde pomza içerisinden uzaklaştırılmaktadır. Bu duruma göre ortalama tüvenan malzeme içerisindeki (ağırlıkça ortalama %8) gangin uzaklaştırılması ve bu esnada (zenginleştirme sürecinde) pomza yüzeyindeki (toprak, kil, silt, tuf, organik materyaller vs.) kirliliklerin de (ağırlıkça ortalama %3) arıtılması hususu dikkate alınarak, elde edilen son ürünün ağırlıkça dağılımı Çizelge 4.4’ de verilen biçimde yeniden hesaplanmıştır (Gündüz v.d.,1998).

Son duruma göre Gelincik Ocağından üretilen 1 ton tüvenan malzeme (tuf + pomza) içerisinden son ürün olarak; 89,90 kg muhtelif boyutta tekstil pomzası, 110,70 kg konsantre hafif agregası, 683,00 kg tuf (puzolan malzeme) türü ürün ve atık madde olarak 87,60 kg yabancı taş, 28,8 kg kil-silt elde edilebilir.

Çizelge 4.4. Gelincik Ocağından üretilen tüvenan cevherin ürün dağılımı (Davraz v.d., 1997).

Grup	Tane Boyutu (mm)	% Oran	Miktar (kg)
> 11 mm	> 50 mm	0.30	3.0
	30-50 mm	1.71	17.1
	25-30 mm	1.22	12.2
	15-25 mm	5.76	57.6
Toplam tekstil amaçlı ürün		8.99	89.9
> 11 mm	11-15 mm	0.14	14
7-11 mm	7-11 mm	1.61	16.1
3-7 mm	3-7 mm	9.32	93.2
Agrega amaçlı ürün		11.07	110.70
Tuf	0-3 mm	68.30	683.0
Çimento katkı ürünü (Puzolan)		68.30	683.0
Andezit agregası	> 3 mm	8.76	87.6
Yabancı Taş		8.76	87.6
Kirlilik		2.88	28.8
TOPLAM		100.00	1000.0

ISBAŞ A.Ş. tarafından Karakaya pomzası ile üretilen ÇB 19 tipi bimsblok kuru ağırlığı 12 - 12,5 kg gelirken Gelincik pomza agregası ile üretilen aynı tip blok kuru ağırlığı 10-10,5 kg düşmüştür. Gelincik pomzası ile blok ağırlığında %15'e varan bir hafifleme sağlanmıştır (Gündüz v.d., 1997). Zenginleşmemiş +3/-11 mm Gelincik pomzasının birim hacim ağırlığı ortalama 550 kg/m³ iken, bu agreganın % 30 oranında gang da içermektedir.

5. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde pomzanın fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve mekanik özelliklerinin saptanması için hazırlanacak olan beton numunelerinde kullanılan malzemeler ve uygulanan metotlar hakkında bilgi verilmiştir.

5.1. Materyal

Betonu oluşturan maddeler; çimento, su, agrega ve katkılarıdır. Bu kısımda beton ve beton agregası olarak kullanılan asidik pomza hakkında bilgi verilmiştir. Tezde kullanılan malzemelerin özelliklerine değinilmiştir.

5.1.1. Agrega

Beton üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerin genel adı agregadır. Beton içinde hacimsel olarak %60-75 civarında yer işgal eden agrega önemli bir bileşendir. Agregalar tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum. gibi) ve kaba (çakıl, kırmataş gibi) agregalar olarak ikiye ayrılır. Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır:

- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür gibi)
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir.

Agreganın kirli (kil, silt, mil, toz) olması aderansı olumsuz etkilemekte, ayrıca bu küçük taneler su ihtiyacını da arttırmaktadır. Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir. Betonda kullanılacak agregalar TS 706' ya uygun olmalıdır (www.thbb.org).

Agrega olarak Isparta' nın Gelincik Köyü dolaylarında yüzeyleyen asidik pomza numuneleri kullanılmıştır.

5.1.2. Karışım suyu

Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi vardır:

- 1- Kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmek,
- 2- Çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlenin sertleşmesini sağlamak.

Kıvam m³' e giren su miktarına bağlıdır. Beton mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. Genel olarak içilebilir nitelik taşıyan bütün sular betonda kullanıma uygundur. Ancak, betonda kullanılacak suyun içilebilir özellikte olması şart değildir. Bir takım ön deneyler yapılmak kaydıyla, içilemeyen sularla gayet kaliteli beton üretilebilir. Bununla birlikte karışım suyu içinde bulunabilecek tuz, asit, yağ, şeker, lağım ve endüstriyel atıklar gibi bazı maddeler betonda istenmeyen etkiler yaratabilir. Betonun bünyesinde çimento ile reaksiyona girmeyen fazla suyun bıraktığı boşluklar yalnız dayanımı düşürmekle kalmamaktadır. Boşluklardan içeri giren zararlı unsurlar (klor, sülfat vb. zararlı etkenler) beton ve donatıya zarar vermekte ve betonun ömrünü kısaltmaktadır (www.thbb.org).

5.1.3. Çimento

Çimento su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonu ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır (TS EN 196-2). Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve / veya kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400-1500°C' de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne "klinker" denir. Portland çimentosu klinkerinin (TS 3441) bir miktar alçı taşı ile birlikte öğütülmesi sonucunda elde edilen hidrolik bağlayıcılardır. PÇ 32,5, PÇ 42,5 ve PÇ 52,5 şeklinde sınıflandırılmaktadır. PÇ ibaresi portland çimentosunun simgesi olup, 32,5, 42,5 ve 52,5 rakamları 28 günde istenen minimum mukavemet değerini göstermektedir. Tasarımlarda As Çimento PÇ 42.5 R kullanılmıştır.

5.1.4. Katkı

Betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce az miktarda ilave edilen maddelere katkı adı verilir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkıları olarak ikiye ayırmak mümkündür (www.thbb.org).

5.1.4.1. Kimyasal katkıları

Su Azaltıcılar (Akışkanlaştırıcılar) betonda aynı kıvamın veya işlenebilirliğin daha az su ile elde edilmesini sağlarlar. Taze betonda kullanılan su miktarı azaldıkça betonun dayanımı artar. Azalttığı su miktarı ile orantılı olarak normal, süper ve hiper olarak ayrılırlar (www.thbb.org). Tasarımda YKS RHB 1000 hiper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal; erken ve nihai mukavemet, elastisite modülü, çeliğe aderans, büzülme, sünme ve agresif kimyasallara dayanıklılık gibi betonun özelliklerini geliştiren, yaklaşık % 13 su kesme özelliğe, yoğunluğu 20 °C' de 1,2-1,22 gr/cm³ arasında, %0,1' den az klor, alkali içeriği %5' den az ve kahverengi rengindedir. Kimyasal içeriği Naftalin sülfonat esaslıdır. Sarfiyatı da çimentonun %1-2 oranında kullanılır (Katkı sistemleri ürün el kitabı).

5.1.4.2. Mineral katkıları

Çimento gibi öğütölmüş toz halde silolarda depolanan cüruf , uçucu kül , silis dumanı, taş unu vb. çeşitli maddelere mineral katkı adı verilir. Mineral katkıları tek başına iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımazlar fakat birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yaparlar, dolayısıyla çimento ekonomisi sağlarlar. Mineral katkılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanılır (www.thbb.org).

5.1.5. Betonun tanımı ve genel bilgiler

Beton, çimento, su, agrega ve kimyasal veya mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, şekil verilebilen, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir. Betonun mutlak hacmini yaklaşık % 70-75 oranında agrega (kum, çakıl, mıcır, pomza), yaklaşık % 8-15 oranında çimento, yaklaşık % 15-20 oranında su oluşturur.

Gerektiğinde, çimento ağırlığının % 5' inden fazla olmamak kaydıyla, katkı malzemesi ilave edilebilir. Beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm' yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm' yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığındır. Agregata tane boyutu dağılımının belli bir beton sınıfı için çimento dozajını etkilediği bilinmektedir (Atış, 2000). Agregata tane dağılımı incelidikçe agregata özgül yüzeyi artacak ve karıştırma sırasında karışım suyunun bir miktarı agregata yüzeyinin ıslatılmasında kullanılarak sabit işlenebilirliği sağlamak için su miktarını arttırmak gerekecektir. Bunun yanı sıra dayanımı sağlamak için mümkün oldukça S/Ç oranı sabit tutularak çimento miktarı da arttırılacaktır

Betonlar birim ağırlıklarına göre (Çizelge 5.1) ve dayanımlarına göre (Çizelge 5.2) üçe ayrılırlar;

Çizelge 5.1. Betonların Yoğunluklarına Göre Sınıflandırılması (TS EN 206-1)

Yoğunluklarına Göre Beton Sınıfı	Yoğunluk	Kullanım Amacı
Hafif Betonlar	800-2000 kg/m ³	Yalıtım amaçlı olarak veya dayanım-ağırlık oranı yüksek olması koşulunda kullanılır
Normal Betonlar	2000-2600 kg/m ³	Taşıyıcı amaçlara en çok kullanılan beton türüdür.
Ağır Betonlar	> 2600 kg/m ³	Yüksek mukavemetli betonlardır ve genellikle köprü, baraj gibi yapılarda kullanılır.

Çizelge 5.2. Betonların dayanımlarına göre sınıflandırılması (TS EN 206-1)

Dayanımlarına Göre Beton Sınıfı	Basınç Dayanımları
Düşük Dayanımlı Betonlar	200 kg/cm ² ' nin altında basınç dayanımı olan betonlardır.
Normal Dayanımlı Betonlar	200-400 kg/cm ² ' lik basınç dayanımına sahip olan betonlardır.
Yüksek Dayanımlı Betonlar	400 kg/cm ² ' den fazla basınç dayanımına sahip olan betonlardır.

5.2. Metot

Ocaktan direk alınan pomza agregası herhangi bir eleme işlemine tabi tutulmadan önce alınmış ve tane boyutlarını belirlemek için ilk önce numuneye elek analizi uygulanmıştır. Agregaların özgül ağırlığı, su emmesi, rutubeti, çözünmeyen kalıntısını, kimyasal bileşimini belirlemek için gerekli testler ve analizler yapılmıştır. Daha sonra yine Isparta Gelincik ocağından alınan pomza numunelerinden farklı oranlarda kullanılarak hazırlanan beton numuneleri üzerinde 2, 7, 28 günlük basınç dayanımı değerleri ve priz süresi tayini gibi özelliklerin değişimleri incelenmiştir.

5.2.1. Pomza numunesi üzerinde yapılan test ve analizler

5.2.1.1.Elek analizi

Agrega yığınının farklı noktalarından alınan numune agregası iyice karıştırılarak homojen duruma getirilir. Agregası yığınının deney numunesi etüvde 105 °C (±5 C) sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur (W_o). Değişmez ağırlık, belirli bir sıcaklıkta bekletilen agreganın 2 saat ara ile yapılan ardışık tartımında % 0,5 den fazla ağırlık değişmesi olmayan ağırlığıdır. Deney elekleri aşağıdan yukarıya doğru göz açıklıkları giderek büyüyecek şekilde üst üste yerleştirilerek elek sarsma cihazına konur. Tartılan malzeme en üst elekten boşaltılarak yeterli bir süre sarsılarak eleme işlemi sürdürülür.

Sarsma işlemi bitince, üst elekten başlayarak elek üzerinde kalan malzemeleri yığışımli olarak en küçük boyutlu eleğe kadar tartılır (W_n). Hesaplama, elek analizi deneyi sonunda eleklerin üstünde kalan malzeme oranı, bütün deney numunesi ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanır. Sonuçlar ilgili formlara işlenir. Elek analizi deneyi tablosundaki toplam kalan yüzdeleri toplanarak, 100'e bölünerek incelik modülü bulunup, Elek Analizi Sonuç Formuna ve ilgili elek analizi grafiklerine kaydedilir.

Kullanılan alet ve cihazlar; elek seti ve tek kefeli hassas terazidir.



Şekil 5.1. Elek seti ve tek kefeli hassas terazi

5.2.1.2.Özgöl ağırlık ve su emme

Pomza tanelerinin bu karakteristikleri, genel olarak tanelerin tamamen kurumuş halde bulunmasıyla belirlenmektedir. Bu kurutma işlemi genellikle 105 °C lik etüvde kurutularak yapılmaktadır.

Özgöl ağırlık, pomza tanelerinin işgal ettiği gerçek birim hacimdeki ağırlık değeri olarak tanımlanabilmektedir. Özgöl ağırlık tayini için TS 3526'da belirtilen 150-170 gr numune alınarak 0,2 mm açıklığı olan elekten geçecek şekilde öğütülür ve bünyesinde nem kalmayacak şekilde 24 saat süreyle 105 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulur. Sonrasında oda sıcaklığına gelene kadar bir desikatörde soğutulur. Sonra 0,1 gr hassasiyetindeki teraziyle tartılarak değeri kaydedilir. Analizlerde mevcut numunelerin özgül ağırlıklarının belirlenmesinde; platin kabın içerisine konulan numune taneler arasında boşluk kalmayacak şekilde helyum gazı ile doldurularak helyum gazının yoğunluk farkı hesabına dayanarak ölçüm alınır. Bu analiz için AS Çimento San. A.Ş. laboratuvarlarındaki piknometre cihazı kullanılarak özgül ağırlık tayini yapılmıştır.

Su emme, pomza tanelerinin bünyesine su alarak gerçek özgül ağırlığında artış göstermesidir. Bunun için TS 3526 Standardında belirlenen miktardaki numune, su dolu bir kabın içerisinde yıkanarak 105 °C sıcaklıktaki etüv içerisinde, 24 saat bekletilerek kurutulur ve ağırlığı, 0,1 gr hassasiyetindeki bir terazide tartılır (b_1). Tartılan numuneler bir kaba konularak 20 °C'deki saf su ile üzeri doldurulur. Düz bir yüzey üzerinde hafif vurularak ve aynı zamanda döndürülerek hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. 24 saat saf su içerisinde bekletilen pomza numuneleri kaptan alınarak 0,1 gr hassasiyetindeki terazide tekrar tartılır (b_2). Pomzanın su emme oranının değeri (m) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$m = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \times 100 \quad (5.1)$$

Burada;

b_1 : Numunenin etüvde kurutulmuş ağırlığı, gr.

b_2 : Numunenin doymuş kuru yüzey ağırlığı, gr.



Şekil 5.2. Multipiknometre

5.2.1.3. Rutubet testi

Darası belli olan kaba 100 gr ($\pm 0,05$ gr) numune konulur (m_1). Numune 105 °C lik etüvde 2 saat bekletilir. 2 saat sonra etüvden çıkarılan numune desikatörde soğumaya bırakılır. Daha sonra desikatörden alınan numune 30 dakika süreyle 105 °C lik etüve tekrar konulur ve 30 dakikalık 105 °C lik etüve koyma işlemi numunenin ağırlığı bir önceki işleme göre sabit kalana kadar devam eder. Sabit tartım (m_2) alındıktan sonra hesaplamaya geçilir.

$$Rutubet = (m_1 - m_2) \times 100 \quad (5.2)$$



Şekil 5.3. Etüv ve desikatör

5.2.1.4. Kızdırma kaybı

Kızdırma kaybı oksitleyici ortamda (havada) tayin edilir. Ortamda (975 ± 25) °C.' lik fırında da kızdırılarak karbondioksit ve su uçurulur sonrasında mevcut oksitlenebilen elementler oksitlenir.

Önceden sabit tartımı alınmış kroze (m_1), ($1 \pm 0,05$) gr öğütülmüş pomza (m_2) tartılır. Ağzı kapatılmış kroze (975 ± 25) °C da kontrollü elektrikli fırına konur, 15 dakika kızdırıldıktan sonra kapağı çıkarılıp kroze 10 dakika daha fırında tutulur. Kroze desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur, tartılır (m_3). Daha sonra hesaplamaya geçilir (TSE 196-2).

$$\text{Kızdırma Kaybı} = [(m_1 - m_2) / m_3] \times 100 \quad (5.3)$$

Burada;

m_1 : Kroze ağırlığı ,gr

m_2 : Başlangıçtaki numunenin ağırlığı, gr

m_3 : Numune Ağırlığı, gr



Şekil 5.4. Fırın

5.2.1.5.Çözünmeyen kalıntı testi

Bu metot, pomzanın seyreltik hidroklorik asit çözeltisi ile muamele edilerek ve çözünebilir silisyumdioksitin mümkün olduğunca çökmesini önleyerek çözünmeyen kalıntının tayin edildiği klasik bir metottur.

Bu işlemle elde edilen kalıntı, kaynar sodyum karbonat çözeltisi ile muamele edilerek eser miktarda çökmüş olabilecek silisyum dioksit tekrar çözündürülür. Kalıntı yakma işleminden sonra gravimetrik olarak tayin edilir.

250 ml.' lik behere tartılan ($1 \pm 0,05$) gr pomzaya (m_2) 90 ml su ilave edilir ve karışım kuvvetle karıştırılırken 10 ml derişik hidroklorik asit ilave edilir. Çözelti yavaşça ısıtılır ve numune ucu yassı bir bagetle pomzanın bozunup çözünmesi tamamlanıncaya kadar ezilerek parçalanır. Sonra çözelti kaynama noktasının hemen altındaki sıcaklıkta 15 dakika dinlendirilir. Kalıntı orta gözenekli bir süzgeç kâğıdından süzülür ve hemen hemen kaynar haldeki su ile yıkanır. Süzgeç kâğıdı ve muhtevası

tekrar reaksiyon beherine aktarılır ve 100 mL sodyum karbonat çözeltisi eklenir. 15 dakika kaynatılır. Orta gözenekli süzgeç kâğıdından süzülür sonra 4 kez (1 + 19). luk sıcak hidroklorik asit çözeltisi ile pH < 2 değeri sağlanana kadar ve son olarak en az 10 kez hemen hemen kaynar su ile gümüş nitrat deneyine göre Cl⁻ iyonundan arınıncaya kadar yıkanır. Ağırlığı sabit olan kroze (m_1) kalan miktar konulur; (975 ± 25) °C de yakılır, sonra sabit kütlesi alınır (m_3). Genellikle, sabit kütle elde etmek için 30 dakikalık yakma periyodu yeterlidir. Daha sonra hesaplamaya geçilir (TSE 196-2).

$$\text{Çözünmeyen Kalıntı Oranı} = [(m_3 - m_1) / m_2] \times 100 \quad (5.4)$$

Burada; m_1 : Kroze ağırlığı, gr

m_2 : Numune ağırlığı, gr

m_3 : Kızdırma işleminden sonraki ağırlık, gr



Şekil 5.5. Çözünmeyen kalıntı analiz seti

5.2.1.6. Puzolonik aktivite testi

Pomza, yüksek oranlı ve amorf yapıdaki silis içeriği sebebiyle puzolan özellik gösteren bir maddedir. Pomzanın bünyesinde bulunan silisin, çimentonun özelliklerini bozucu etkiye sahip ve çimento eldesi esnasında sertleşen bir alkali olan Ca(OH)₂ ile reaksiyona girmesi sonucunda, kalsiyum silikat yada bir başka deyişle çimento özellikli malzeme oluşmaktadır (Hossain v.d., 2003). Bu analizde çimento kullanılmadan, pomzanın diğer

meteryallerle birleşip çimento etkisi gösterebilme özelliği araştırılmıştır. Pozolonik aktivite testi pomza numunesinin kireç, standart kum ve su ile karıştırıldıktan sonra 2, 7, 28 gün bekletilip, günü gelen numuneler AS Çimento San. A.Ş. laboratuvarındaki *Atom Teknik* marka otomatik ölçüm yapabilen beton basınç dayanım presinde (Tek eksenli Basınç Makinesi) TS EN 12390-3'e göre 3 kN/sn yükleme hızı uygulanarak dayanımları kaydedilmiştir. Pozolonik aktivite testi yapılırken aşağıda belirtilen miktarlarda malzeme kullanılır (AS Çimento Laboratuvar talimatnamesi, 2005).

Çizelge 5.3. Pozolonik aktivite testi için gerekli malzeme miktarları

Pomza miktarı (gr)			Sönmüş Kireç, m_1 (gr)	Standart Kum, (gr)	Su, (gr)
90 mikron elek altı	90 mikron elek üstü	200 mikron elek üstü			
457	40	3	150	1350	325

$$\text{Pomza miktarı} = (2 \times m_1 \times \rho_{\text{pomza}}) / \rho_{\text{sönmüş kireç}} \quad (5.5)$$

Burada;

ρ_{pomza} = Pomza özgül ağırlığı

$\rho_{\text{sönmüş kireç}}$ = Sönmüş kireç özgül ağırlığı

m_1 = Sönmüş kireç ağırlığı

$$\text{Su miktarı} = 0,5 \times (m_1 + m_2) \quad (5.6)$$

Burada;

m_1 = Sönmüş kireç ağırlığı

m_2 = Pomza miktarı

5.2.1.7.XRF Analizi

Önce XRF cihazı gözündeki numuneyi, cihaz içine alarak yüksek vakum ortamı oluşturup, kendi eksenini etrafında hızla döndürür. X-Ray tüpünden numune yüzeyine x-ışını gönderilir. Numune yüzeyine gönderilen ışınların büyük bir kısmı yüzeyden belli açılarda tekrar yansır. Goniometre; numune yüzeyinden yansımayıp absorplanan ve yansıyan ışınları tespit ederek bilgileri dedektöre gönderir. Dedektör de bu bilgileri sayısal değerlere çevirip, bilgisayar ekranına gönderir.

Temel olarak eğer atom üzerine yüksek enerjili bir X-ışını fotonu düşürülecek olursa atomdan elektronlar kopartılacaktır. Bu koşulda atomun yörüngelerinde bir yada daha fazla elektron boşlukları oluşacak ve kararsız olan atom dış yörüngelerdeki elektronların boşlukları doldurması ile kararlı duruma gelecektir. Fakat her bir elektron boşluğu doldurmada atom orbital enerji farkı ile orantılı bir foton yayınlıyacaktır. Bu karakteristik foton enerjiler algılanarak kimyasal kompozisyon nitel ve nicel olarak XR cihazı tarafından hesaplanıp, kaydedilecektir. Bu şekilde kimyasal bileşimi öğrenilmek istenen bir numunenin XRF cihazına konulmasıyla kimyasal bileşimi belirlenecektir.



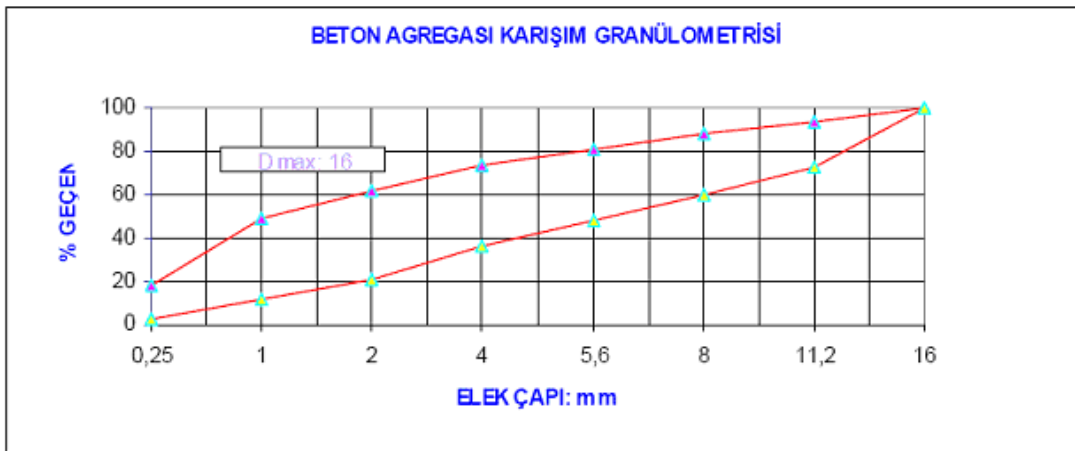
Şekil 5.6. XRF Cihazı

5.2.2. Pomza katkılı beton numunesi üzerinde yapılan testler

5.2.2.1. Agrega karışım grafiği

Bir beton tasarımında yol gösterecek olan bu grafik malzeme boyutlarına göre değişiklik göstermektedir. TS EN 206-1' de her boyuttaki malzeme için kriterler verilmiştir. Beton tasarımında kullanılan asidik pomzanın 0-16 mm arasında değişkenlik göstermesinden dolayı Dmax yani en büyük tane çapı 16 mm olarak hesaplanarak agrega karışım grafiği çizilmiştir (Şekil 5,7).

Malzemeler	% Geçen	Elekler							
		0,25	1	2	4	5,6	8	11,2	16
Dere Kumu		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
İnce Asidik Pomza		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Orta Asidik Pomza		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
İri Asidik Pomza		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Karışım	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Şartname Max.		18,0	49,0	62,0	74,0	81,0	88,0	94,0	100,0
Şartname Min.		3,0	12,0	21,0	36,0	48,0	60,0	73,0	100,0



Şekil 5.7. TS EN 206-1' e göre Dmax 16' nın maksimum ve minimum şartname aralığı grafiği

TS EN 206-1 bu şekilde 16 mm boyutundaki agregalar için her eleğin yüzde olarak maksimum ve minimum geçenlerine göre aralık vermiştir. Bu tabloda agrega oranları yüzde olarak girildiği zaman tablo agregaların her elekteki geçen yüzdeleri, girilen yüzde kadarını karışım haznesinde topluyor ve bu değerlerin TS EN 206-1 en büyük ve en küçük şartname değerlerinin arasında kalması gerekir. Eğer bu şartname aralığında kalırsa betonun pompalanabilirliği uygun olarak tanımlanır.

5.2.2.2.Agrega yüzde hesaplaması

Bir tasarımda beton karışımı 1 m^3 üstünden hesaplanarak yapılır. 1 m^3 hacimsel olarak 1000 dm^3 ile ifade edilirse 1 m^3 içinde çimento, su, kül, hava toplamından kalan miktar kadar agrega eklenir. Ağırlığın özgül ağırlığa bölümü ile hacim bulunur. Çimentonun özgül ağırlığı $3,15\text{ gr/cm}^3$, külün özgül ağırlığı $2,2\text{ gr/cm}^3$ ve suyun özgül ağırlığı 1 gr/cm^3 olduğuna göre her birinin ağırlığının özgül ağırlığına bölümünün sonucunda toplamını, yani hacim toplamı 1000 dm^3 ’ ten çıkarıldığında kalan agrega hacmini verir. Bulunan agrega hacim değerleri agregalar arasında pay edilir. Çalışmaya başlamak için malzemelerin ağırlık değerlerine ihtiyaç duyulduğundan bu hacim değerleri tekrar özgül ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıkları bulunur. Çimentonun, külün, havanın ve suyun özgül ağırlıkları As Çimento fabrikasında helyum gazı yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

5.2.2.3.Pomza katkısı ile hazırlanan beton tasarımları

Hazırlanacak olan betonda kullanılan pomza miktarlarının ve inceliklerinin değiştirilmesiyle, farklı dayanıma sahip olan beton numunelerinin oluşturulması planlanmıştır. Bunun için farklı oran ve incelikte 5 değişik beton tasarımı hazırlanarak bunlar üzerinde 2, 7, 28 günlük basınç dayanım testleri yapılmıştır.

5.2.2.4.Basınç dayanımı deneyi

Basınç dayanımı deneyi; 3’ er adet $150\times 150\times 150\text{ mm}$ boyutundaki numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanımı deneyi TS EN 12390-3’ e göre yapılmıştır. Belirlenen beton yaşlarına (2, 7, 28 gün) ulaşan numuneler 3000 kN yükleme kapasitesine sahip AS Çimento San. A.Ş. Laboratuvarındaki tek eksenli

otomatik kontrollü preste kırılarak dayanım değerleri bulunur. Basınç dayanımı deneyi sonucunda elde edilen veriler ışığında grafik ve şekiller elde edilmiştir.



Şekil 5.8. Tek eksenli basınç makinesi ve beton tasarımı numuneleri

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Isparta- Gelincik bölgesinde yüzeylenen asidik pomza agregalarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesi için hazırlanacak olan beton numuneleri yapımında kullanılabilirliği üzerine yapılan bu çalışmada, ilk olarak bölgeden alınan agreganın fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Bu değerlerin ışığında standartlara uygun değişik oranlarda agrega kullanılarak beş farklı beton tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımlardan elde edilen numuneler üzerinde 2, 7 ve 28 günlük basma dayanım değerlerindeki değişimler incelenmiştir.

Tasarım, betonu oluşturan materyallerin bir araya getirilmesi ile istenilen kıvam, dayanım ve çalışabilirlik kıstaslarının sağlanması amacıyla yapılan beton karışım çalışmasıdır. Bu maddeler belirli oranlarda ve homojen olarak karıştırıldığı zaman kalıplara dökülebilir ve kolayca şeklini alabilirler. Çimentonun su ile kimyasal bileşime girmesi sonucu belli bir zaman içinde bu bileşim kimyasal tepkimeye girer ve mukavemet kazanır.

Tasarım çalışmasına başlamadan önce hazırlanacak betonun ne tür özelliklere sahip olması gerektiği planlanmalıdır. Agregada olarak asidik pomza kullanılan betonun hafif olması sağlanmalıdır. İnşaat mühendislerinin statik projeleri C 20, C 25 ve C 30 mukavemete sahip betonlara göre projelendirdiğini düşünerek hazırlanacak hafif betonun en az çimento miktarı ile yine en az C 20 vermesi amaçlanmaktadır. Beton tarifine uyan bir beton tasarımının su/çimento ve diğer malzemeleriyle küçük oynamalar yaparak üst sınıf veya alt sınıf beton elde etmek mümkündür. Betonların 1 dm³ de kuru yoğunlukları çizelge 5.1' de sınıflandırılmıştır. Yine betonlar basma dayanımlarına göre 3' e ayrılmaktadır. (Çizelge 5.2).

Deneysel olarak kullanacağımız 1 m³ beton için çimento ve agrega oranlarımızı belirledikten sonra laboratuvar ortamında 25 dm³ e küçültülerek çalışma yapılmıştır. Öncelikle üç farklı boyuttaki asidik pomza malzemesinin boyutları (elek analizi), özgül ağırlıkları, su emme değerleri, kızdırma kaybı ve çözünmeyen kalıntı değerleri tespit edilmiştir.

6.1. Pomza Numunesi Üzerinde Yapılan Testler ve Analizler;

6.1.1. Elek analizi

Gelincik sahasından alınan malzemenin elek analizi sonuçlarına göre; ince olarak adlandırılacak malzemenin elek analizi sonuçlarına göre % 2,84' ü 4 mm, % 46,35' i 2 mm, % 38,53' ü 1 mm, %11,42'si 0,25 mm, %0,86' sı ise 0,25 mm elekten geçen elek altı malzeme olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6.1). Buda bize bu malzemenin 0-4 mm arasında olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6.1. İnce Malzeme Elek Analizi Sonuçları

İnce Asidik Pomza Numunesi Toplam Malzeme Miktarı 3135 gr					
Elek Açıklığı	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (gr)	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (%)	Kümülatif Kalan (gr)	Kümülatif % Kalan	Kümülatif % Geçen
4 mm	89	2,84	89	2,84	97,16
2 mm	1453	46,35	1542	49,19	50,81
1 mm	1208	38,53	2750	87,72	12,28
0,25 mm	358	11,42	3108	99,14	0,86
0 mm	27	0,86	3135	100,00	0,00

Orta tip malzeme ise % 11,66' sı 8 mm, % 33,55' i 5,6 mm, % 42,80' i 4 mm, % 10,57' si 2 mm, % 1,41' i 2 mm elekten geçen elek altı malzeme tespit edilmiştir (Çizelge 5.2). Bu malzeme ise 4-8 mm olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 6.2. Orta incelikteki malzeme elek analiz sonuçları

Orta Asidik Pomza Numunesi Toplam Malzeme Miktarı 3395 gr					
Elek Açıklığı	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (gr)	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (%)	Kümülatif Kalan (gr)	Kümülatif % Kalan	Kümülatif % Geçen
8 mm	396	11,66	396	11,66	88,34
5,6 mm	1139	33,55	1535	45,21	54,79
4 mm	1453	42,80	2988	88,01	11,99
2 mm	359	10,57	3347	98,59	1,41
2 mm altı	48	1,41	3395	100,00	0,00

İri malzemeler ise % 10' u 16 mm, % 80' i 11,2 mm, % 8 8 mm, % 1,5' i 8 mm elekten geçen elek altı malzeme olarak saptanmıştır (Çizelge 6.3). İri asidik pomzalar ise 8- 16 mm olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 6.3. İri malzeme elek analizi sonuçları

İri Asidik Pomza Numunesi Toplam Malzeme Miktarı 3215 gr					
Elek Açıklığı	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (gr)	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (%)	Kümülatif Kalan (gr)	Kümülatif % Kalan	Kümülatif % Geçen
16 mm	310	9,64	310	9,64	90,36
11,2 mm	2568	79,88	2878	89,52	10,48
8 mm	295	9,18	3173	98,69	1,31
8 mm altı	42	1,31	3215	100,00	0,00

Yine hazırlanacak olan beton tasarımında kullanılacak olan dere kumunun % 8,6'sı 0,25 mm elekten geçmiş ve elek altı malzeme olarak işlem yapılmıştır (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4. Dere Kumu Elek Analiz Sonuçları

Dere Kumu Toplam Malzeme Miktarı 3340 gr					
Elek Açıklığı	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (gr)	Her Elekte Kalan Mlz. Mik. (%)	Kümülatif Kalan (gr)	Kümülatif % Kalan	Kümülatif % Geçen
2 mm	267	7,99	267	7,99	92,01
1 mm	268	8,02	535	16,02	83,98
0,25 mm	2518	75,39	3053	91,41	8,59
0 mm	287	8,59	3340	100,00	0,00

6.1.2. Özgül ağırlık ve su emme

Agregalar üzerinde ikinci deney ise tasarımı hazırlarken agrega ağırlığını bulmada ihtiyaç duyacağımız özgül ağırlıkları ve su/çimento oranı tespiti için su emme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonucunda dere kumu su emmesi % 1,54 özgül ağırlığı 2,633, ince asidik pomza su emme değeri %29,38, özgül ağırlığı %2,309, orta

asidik pomza su emme değeri %32,52, özgül ağırlığı 2,120, iri asidik pomza su emme değeri % 36.11 özgül ağırlığı 1,858 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6.5.).

Çizelge 6.5. Asidik pomza ve dere kumunun su emmesi ve özgül ağırlıkları

	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza
Su Emme (%)	1,54	29,38	33,52	36,11
Özgül Ağırlık (gr/cm³)	2,633	2,309	2,120	1,858

Burada asidik pomzanın tane boyu büyüdükçe su emmesinin azalması özgül ağırlığının ise artması gerekirdi. Fakat asidik pomzanın gözenekli olmasından dolayı su emmesi tane boyu arttıkça yüksek çıkmıştır, özgül ağırlığı da düşük çıkmıştır.

6.1.3. Rutubet testi

Çizelge 6.6. Rutubet testi sonuçları

Kabın Darası (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Toplam Ağırlık, m_1 (gr)	2 Saat Etüv Sonrası Ağırlık (gr)	30 dk Etüv Sonrası Ağırlık, (gr) (1)	30 dk Etüv Sonrası Ağırlık, (gr) (2)	30 dk Etüv Sonrası Ağırlık, m_2 (gr)
85,69	100	185,69	158,03	157,96	157,95	157,95

Denklem 5.2 ‘ye göre rutubet oranı;

$$\text{Rutubet} = (m_1 - m_2) \times 100$$

$$= (185,69 - 157,95) \times 100$$

$$= \% 27,74$$

6.1.4. Kızdırma Kaybı

Çizelge 6.7. Kızdırma kaybı test sonuçları

Kroze Ağırlığı (gr)	Numune Ağırlığı, m_3 (gr)	Toplam Ağırlık, m_1 (gr)	Etüv Sonrası Ağırlık, m_2 (gr)
20,4160	1,0036	21,4196	21,3897

Denklem 5.3'e göre kızdırma kaybı;

$$\begin{aligned}
 \text{Kızdırma Kaybı} &= [(m_1 - m_2) / m_3] \times 100 \\
 &= [(21,4196 - 21,3897) / 1,0036] \times 100 \\
 &= \% 2,98
 \end{aligned}$$

6.1.5. Çözünmeyen Kalıntı Testi

Çizelge 6.8. Çözünmeyen kalıntı testi sonuçları

Kroze Ağırlığı, m_1 (gr)	Numune Ağırlığı, m_2 (gr)	Toplam Ağırlık, (gr)	Fırın Sonrası Ağırlık, m_3 (gr)
20,8480	1,00	21,8480	21,6722

Denklem 5.4'e göre;

$$\begin{aligned}
 \text{Çözünmeyen kalıntı oranı} &= [(m_3 - m_1) / m_2] \times 100 \\
 &= [(21,6722 - 20,8480) / 1,00] \times 100 \\
 &= \% 82,42
 \end{aligned}$$

6.1.6. Puzolonik aktivite testi

Puzolonik aktivite testi ve sonuçlarının değerlendirilmesine ilişkin, Isparta Gelincik bölgesinde alınan çimento kullanılmadan sadece pomza, kireç ve su

karışımlarından elde edilen beton numunesine ait 2, 7, 28 günlük dayanım değerleri aşağıda verilmiştir. Isparta- Gelincik bölgesinden alınarak hazırlanan pomzalı beton numunesinde hiç çimento kullanılmamasına rağmen TS EN 206-1 standartına göre C20 beton sınıfına yakın bir değerde dayanım sağlanmıştır. Bu da pomzanın çimento gibi katılaşılarak dayanım sağladığını bize göstermektedir.

Çizelge 6.9. Puzolonik aktivite testi sonuçları

Pomza ile Hazırlanan Beton Numunesi Puzolonik Aktivitesi	
2 gün	8,3 N/mm ²
7 gün	14,8 N/mm ²
28 gün	19,8 N/mm ²

6.1.7. XRF analizi

Gelincik sahasının 8 farklı noktasından alınan pomza numunelerinin XRF cihazında yapılan kimyasal bileşim analizleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6.10. Gelincik Sahasından Alınan Pomza Numunelerinin XRF Analizi Sonuçları

	Num. 1	Num. 2	Num. 3	Num.4	Num. 5	Num. 6	Num. 7	Num. 8
SiO ₂	63,91	64,70	61,30	60,40	60,50	65,82	65,93	62,65
Ti	0,57	0,58	0,56	0,58	0,41	0,55	0,54	0,59
Al ₂ O ₃	14,82	15,03	16,56	15,27	17,15	14,65	15,40	15,79
Fe ₂ O ₃	3,19	3,19	3,56	3,41	3,38	3,42	3,17	0,37
CaO	7,77	7,68	7,42	9,03	4,68	8,05	7,80	8,52
MgO ₃	2,18	2,21	2,33	2,46	2,09	2,56	1,98	2,32
SO ₃	0,03	0,01	0,02	0,10	0,16	0,03	0,01	0,12
Na ₂ O	3,25	3,29	3,19	3,25	4,30	3,16	3,43	3,37
K ₂ O	0,90	0,91	0,91	1,05	2,12	0,92	0,95	1,01
Toplam	96,62	97,60	95,85	95,52	94,79	99,16	99,21	94,73

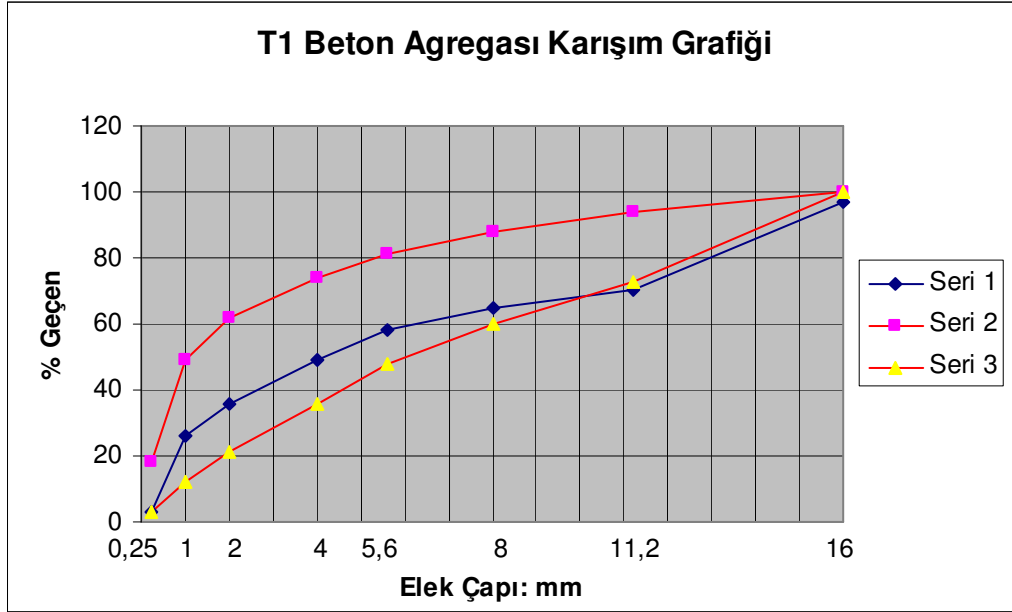
6.2. Hazırlanan Beton Tasarımları

Bu çalışmada; farklı agregası (asidik pomza ve dere kumu) oranları, çimento, kül, kimyasal katkı ve su / çimento oranları kullanılarak T1, T2, T3, T4, T5 olmak üzere 5 adet tasarım yapılmıştır.

6.2.1. T1 beton tasarımı

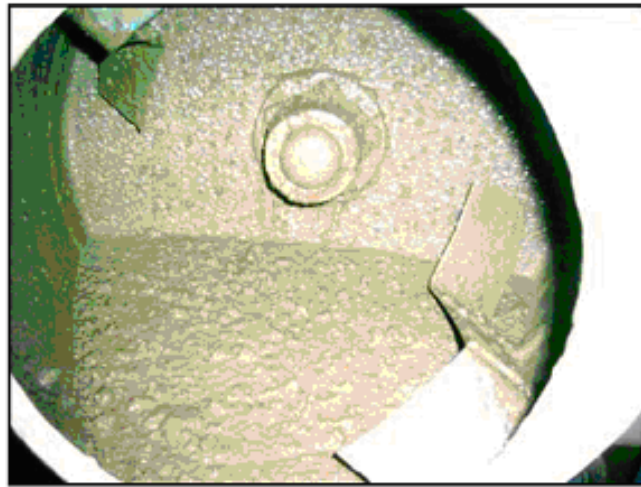
İlk tasarıma, elek analizleri dikkate alınarak TS EN 206-1' deki D max 16' ya göre karışım oranları belirlenmiştir. Buna göre 2 mm elekten elenmiş dere kumu %27 oranında, ince asidik pomza (0-4 mm) %20 oranında, orta asidik pomza (4-8 mm) % 20 oranında ve iri asidik pomza (8-16 mm) % 33 oranında kullanılmıştır (Şekil 6.1).

Malzemeler	% Eklen.	Elekler							
		0,25	1	2	4	5,6	8	11,2	16
Dere Kumu	0,27	8,59	83,98	92,01	100	100	100	100	100
		2,32	22,68	24,84	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00
İnce Asidik Pomza	0,2	0,86	12,28	50,81	97,16	100	100	100	100
		0,17	2,46	10,16	19,43	20,00	20,00	20,00	20,00
Orta Asidik Pomza	0,2	1,41	1,41	1,41	11,99	54,79	88,34	100	100
		0,28	0,28	0,28	2,40	10,96	17,67	20,00	20,00
İri Asidik Pomza	0,33	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	10,48	90,36
		0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	3,46	29,82
Karışım	1	3,21	25,85	35,72	49,26	58,39	65,10	70,46	96,82
Şartname Max.		18	49	62	74	81	88	94	100
Şartname Min.		3	12	21	36	48	60	73	100



Şekil 6.1. T1 Beton Tasarım Agregası Oran Şartname Grafiği

TS EN 206-1 standardına göre, normal çakıldaşı ile hazırlanan betonlarda C25 mukavemetinde 1 m^3 beton oluşturabilmek için %1 kimyasal katkı kullanarak 280 kg Cem I 42,5 çimento yeterli olacaktır. Ancak kullanacak olduğumuz pomzanın boşluklu yapısı ve ince agregası oranının fazla olmasından dolayı özgül yüzeyin artacağı düşünüldüğü için normal çakıldaşı ile yapılan betona göre yüksek oranda çimento kullanılması gerekir. Bunun için ilk tasarımda C 25 sınıfında dayanım elde edebilmek için 300 kg çimento kullanılmış ve çimento miktarının % 1'i kadar kimyasal katkı kullanılarak S/Ç oranının aşağı çekilmesi sağlanmıştır.



Şekil 6.2. T1 Tasarımının Karışım Sonrası Görünümü

Tasarımda agrega ve su miktarları belirlendikten sonra, karışıma girecek malzemenin, bünyesinde bulundurduğu sudan dolayı düzeltilmiş tartım miktarları tekrar belirlenmiştir.

Düzeltilmiş tartımlarla başlangıç tartımları arasındaki fark sadece agregaların su emmesinden kaynaklanmıştır. Karışım içindeki suyun agregalar tarafından bünyesine çekilerek (su emmesi kadar) karışımda az su bulunmasını agregaların su emme miktarları kadar karışıma su vererek dengelenmiştir. Buda agreganın ağırlığı ile su emmesinin çarpımının 100' e bölünmesi sonucu o agreganın ne kadar su emeceğini göstermektedir. Her agrega için aynı işlem yapıp toplam su emmeler tasarımın başlangıç suyuna eklenmiştir. Agregaların düzeltilmiş tartımlarının, agregaların tasarım başlangıç tartımlarına göre değişmesi ise; her agreganın başlangıç değerinden o agreganın emeceği su miktarı çıkartılarak hesaplanmıştır. Bu işlem tüm tasarımlarda uygulanmıştır. Tasarımın priz sürelerinin belirlenmesi için 1 numune ve mukavemet değerlerini öğrenmek için 3 adet 150x150x150 mm ebadında küp numune alınmıştır. Beton hafif beton sınıfına girmiştir.

T1 beton tasarımı içinde 1 m³ de bulunan agrega, çimento, su ve katkıların düzeltilmiş tartıları ve ilk tartıları aşağıda verilmiştir (Çizelge 6.11).

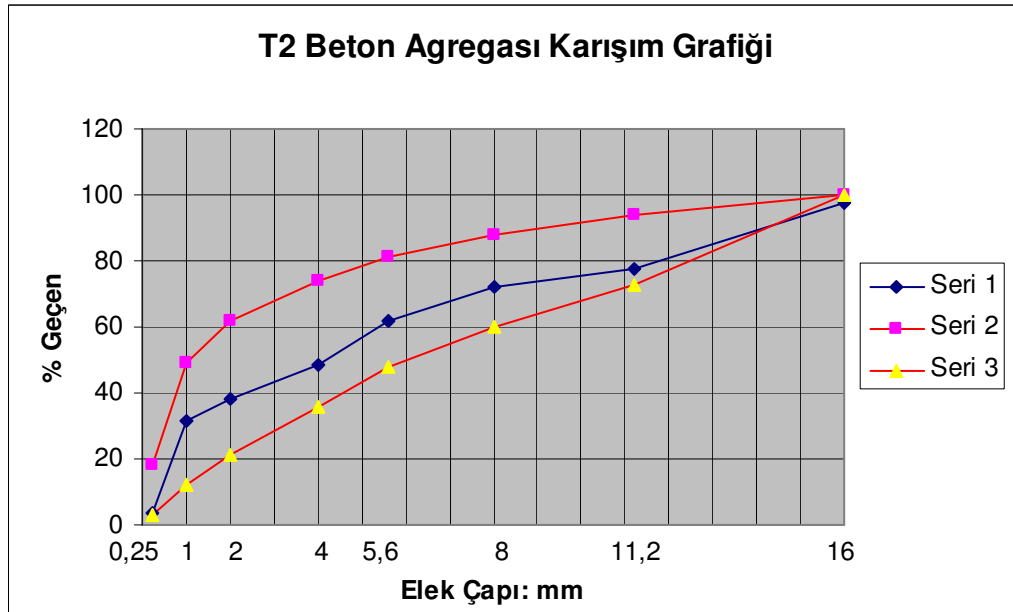
Çizelge 6.11. T1 Karışımının Başlangıç ve Düzeltilmiş Tartıları

1 m³ Düzeltilmiş Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- kg	Toplam Ağırlık
300	182,6	347	257,50	347	257,50	%1-3 kg	1694,6
1 m³ Başlangıç Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- gr	Toplam Ağırlık
300	107	367,5	272,5	367,5	272,5	%1-3 kg	1690

6.2.2. T2 beton tasarımı

T2 tasarımında %35 dere kumu, %10 ince asidik pomza, %30 orta asidik pomza ve % 25 oranında iri asidik pomza kullanılmıştır (Şekil 6.3.).

Malzemeler	% Eklen.	Elekler							
		0,25	1	2	4	5,6	8	11,2	16
Dere Kumu	0,35	8,59	83,98	92,01	100	100	100	100	100
		3,01	29,39	32,20	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
İnce Asidik Pomza	0,1	0,86	12,28	50,81	97,16	100	100	100	100
		0,09	1,23	5,08	9,72	10,00	10,00	10,00	10,00
Orta Asidik Pomza	0,3	1,41	1,41	1,41	11,99	54,79	88,34	100	100
		0,42	0,42	0,42	3,60	16,44	26,50	30,00	30,00
İri Asidik Pomza	0,25	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	10,48	90,36
		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	2,62	22,59
Karışım	1	3,84	31,37	38,03	48,64	61,76	71,83	77,62	97,59
Şartname Max.		18	49	62	74	81	88	94	100
Şartname Min.		3	12	21	36	48	60	73	100



Şekil 6.3. T2 beton tasarım agregası karışım oran şartname grafiği

Bu tasarımda T1 tasarımı dikkate alınarak dere kumu ve çimento miktarları artırılarak kullanılmıştır. T1 tasarımında 300 kg kullanılan çimento T2 tasarımında %16,6 oranında artırılarak 350 kg'a çıkarılmıştır.

Başlangıçta S/Ç oranı, T1 tasarımıyla aynı tutulmuş, ancak su miktarı beton oluşturmaya yetersiz gelince ekleme yapılmıştır. Tasarımda düzeltmeden sonra kullanılan su miktarı azda olsa filtre ederek suyu kusmuştur (karışımındaki suyun taze beton yüzeyine çıkması). Tasarımın priz sürelerinin belirlenmesi için 1 numune ve mukavemet değerlerini öğrenmek için 3 adet 150x150x150 mm ebadında küp numune alınmıştır. Hazırlanan beton hafif beton sınıfına girmiştir.

T2 beton tasarımı içinde 1 m³ de bulunan agrega, çimento, su ve katkıların düzeltilmiş tartıları ve ilk tartıları aşağıda verilmiştir (Çizelge 6.12.).

Çizelge 6.12. T2 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları

1 m³ Düzeltilmiş Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- kg	Toplam Ağırlık
350	242	449	138,4	394,2	300,5	%1-3,5 kg	1877,6
1 m³ Başlangıç Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- gr	Toplam Ağırlık
350	126	489,5	150	429	329,5	%1-3,5 kg	1877,5

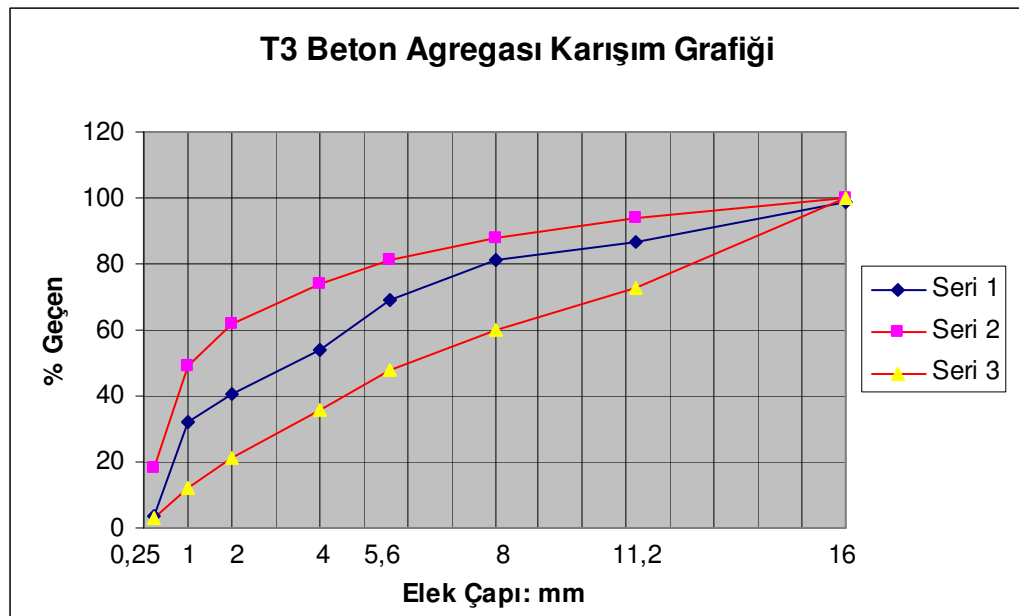
6.2.3. T3 beton tasarımı

Tasarımda %35 oranında dere kumu, %15 oranında ince asidik pomza, % 35 oranında orta asidik pomza, %15 oranında ince asidik pomza kullanılmıştır (Şekil 6.4).

Tasarımda T2 tasarımına göre dere kumu sabit tutulmuştur. Karışımındaki boşlukları minimuma indirmek ve homojen bir karışım elde edebilmek için, iri asidik pomza %10 azaltılarak ince ve orta asidik pomzaya %5 er ilave edilmiştir. Dayanımın artırılması için çimento miktarı artırılarak 400 kg a çıkarılmıştır. Kusmayı engellemek

için su miktarı çimento oranına göre % 3 geri çekilmiştir, kimyasal katkı ise diğer tasarımlarda olduğu gibi çimento miktarının %1'i oranında kullanılmıştır. Tasarımın priz sürelerinin belirlenmesi için 1 numune ve mukavemet değerlerini öğrenmek için 3 adet 150 x 150 x 150 mm ebadında küp numune alınmıştır. Hazırlanan beton hafif beton sınıfına girmiştir.

Malzemeler	% Eklen.	Elekler							
		0,25	1	2	4	5,6	8	11,2	16
Dere Kumu	0,35	8,59	83,98	92,01	100	100	100	100	100
		3,01	29,39	32,20	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
İnce Asidik Pomza	0,15	0,86	12,28	50,81	97,16	100	100	100	100
		0,13	1,84	7,62	14,57	15,00	15,00	15,00	15,00
Orta Asidik Pomza	0,35	1,41	1,41	1,41	11,99	54,79	88,34	100	100
		0,49	0,49	0,49	4,20	19,18	30,92	35,00	35,00
İri Asidik Pomza	0,15	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	10,48	90,36
		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,57	13,55
Karışım	1	3,83	31,93	40,51	53,97	69,37	81,11	86,57	98,55
Şartname Max.		18	49	62	74	81	88	94	100
Şartname Min.		3	12	21	36	48	60	73	100



Şekil 6.4. T3 beton tasarım agregası oran şartname grafiği

Karışımın düzeltilmiş ve ilk tartımları çizelge 6.13’de verilmiştir.

Çizelge 6.13. T3 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları

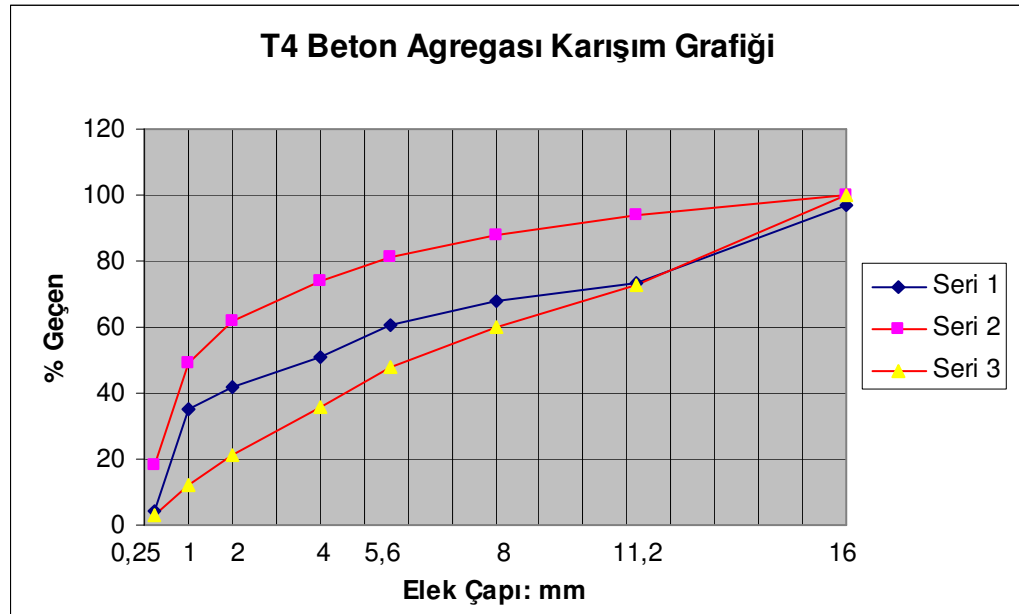
1 m³ Düzeltilmiş Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- kg	Toplam Ağırlık
400	278,5	418,6	179,4	418,6	179,4	%1-4 kg	1878,5
1 m³ Başlangıç Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- gr	Toplam Ağırlık
400	264	423,5	181,5	423,5	181,5	%1-4 kg	1878

6.2.4. T4 beton tasarımı

Tasarımda %40 Dere Kumu, %8 İnce asidik pomza, %22 oranında orta asidik pomza, %30 oranında iri asidik pomza kullanılmıştır (Şekil 6.5).

Tasarımda T3 tasarımını iyileştirmek için asidik pomza oranı %7 ve orta asidik pomza oranı %13 azaltılarak dere kumu ve iri asidik pomzaya ilave edilmiştir. Çimento oranı sabit tutularak sadece agraga boyutlarında değişiklik yapılarak beton dayanımının artırılması planlanmıştır. Yine tasarımda çimento miktarının %1 i kadar kimyasal katkı kullanılmıştır. Su miktarı ilk etapta T3 tasarımıyla aynı tutulmuştur.

Malzemeler	% Eklen.	Elekler							
		0.25	1	2	4	5.6	8	11.2	16
Dere Kumu	0.4	8.59	83.98	92.01	100	100	100	100	100
		3.44	33.59	36.80	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
İnce Asidik Pomza	0.08	0.86	12.28	50.81	97.16	100	100	100	100
		0.07	0.98	4.07	7.77	8.00	8.00	8.00	8.00
Orta Asidik Pomza	0.22	1.41	1.41	1.41	11.99	54.79	88.34	100	100
		0.31	0.31	0.31	2.64	12.05	19.43	22.00	22.00
İri Asidik Pomza	0.3	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	10.48	90.36
		0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	3.14	27.11
Karışım	1	4.21	35.28	41.57	50.80	60.44	67.83	73.14	97.11
Şartname Max.		18	49	62	74	81	88	94	100
Şartname Min.		3	12	21	36	48	60	73	100



Şekil 6.5. T4 beton tasarım agrega oran şartname grafiği

Hazırlanan tasarımda diğer tasarımlara göre dere kumu ve iri asidik pomza daha fazla kullanıldığı için su oranı %5 oranında artırılmıştır. Ancak malzemelerin boşluklu olmasından dolayı kullanılan su oranı her bir malzemedan yüzdesi kadar düşürüldükten

sonra %5 oranında ilave edilmiştir. Agrega kombinasyonunda iri malzemeyi fazla kullanmamızdan dolayı boşlukların tam anlamıyla ince malzeme tarafından kapatılmadığı görülmüştür. Tasarımın priz sürelerinin belirlenmesi için 1 numune ve mukavemet değerlerini öğrenmek için 3 adet 150x150x150 mm ebadında küp numune alınmıştır. Hazırlanan beton hafif beton sınıfına girmiştir.

Çizelge 6.14. T4 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları

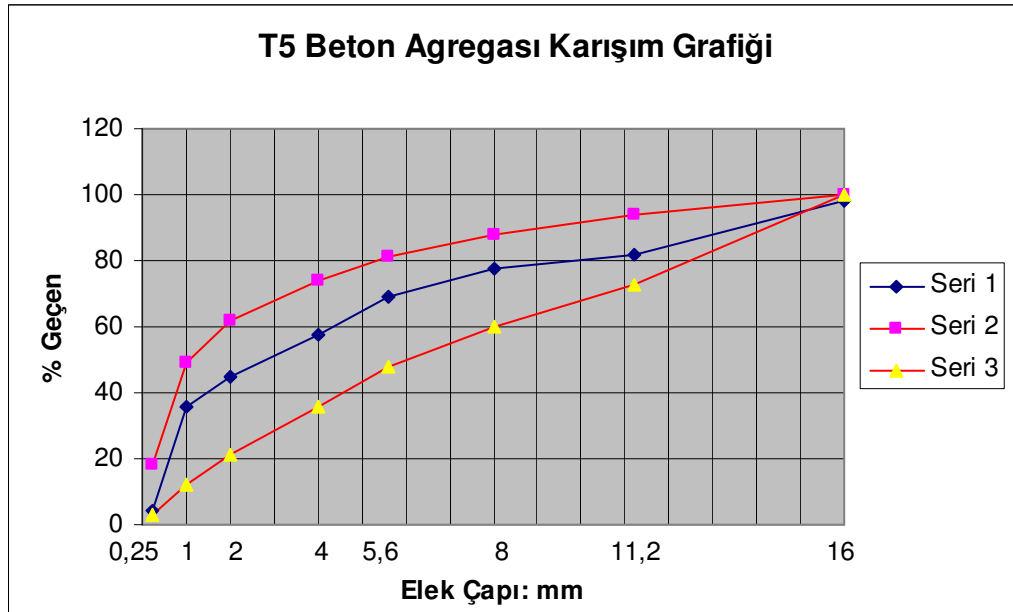
1 m³ Düzeltilmiş Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- kg	Toplam Ağırlık
400	292,40	502,36	101,64	279,51	381,15	%1-4 kg	1961,06
1 m³ Başlangıç Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- gr	Toplam Ağırlık
400	278,5	484	96,8	266,2	363	%1-4 kg	1892,5

6.2.5. T5 beton tasarımı

Tasarımda %40 dere kumu, %15 ince asidik pomza, %25 orta asidik pomza, %20 iri asidik pomza kullanılmıştır (Şekil 6.6).

T4 tasarımında iri malzemenin fazla kullanılmasından dolayı boşluklar tamamen doldurulamadığı için, ince asidik pomza ve orta asidik pomza oranları artırılmıştır. Hazırlanacak olan beton numunesinin dayanım değerlerinin yükseltilebilmesi için çimento miktarı artırılmıştır. Yine dayanıma etki edeceği düşünüldüğü için kimyasal katkı miktarı çimento miktarının %1,5' u olacak şekilde ayarlanmıştır. Kimyasal katkı olarak diğer tasarımlarda olduğu gibi YKS RHB 1000 hiper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

Malzemeler	% Eklen.	Elekler							
		0.25	1	2	4	5.6	8	11.2	16
Dere Kumu	0.4	8.59	83.98	92.01	100	100	100	100	100
		3.44	33.59	36.80	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
İnce Asidik Pomza	0.15	0.86	12.28	50.81	97.16	100	100	100	100
		0.13	1.84	7.62	14.57	15.00	15.00	15.00	15.00
Orta Asidik Pomza	0.25	1.41	1.41	1.41	11.99	54.79	88.34	100	100
		0.35	0.35	0.35	3.00	13.70	22.08	25.00	25.00
İri Asidik Pomza	0.2	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	10.48	90.36
		0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	2.10	18.07
Karışım	1	4.18	36.05	45.04	57.83	68.96	77.35	82.10	98.07
Şartname Max.		18	49	62	74	81	88	94	100
Şartname Min.		3	12	21	36	48	60	73	100



Şekil 6.6. T5 beton tasarım agregası oran şartname grafiği

Diğer tasarımlara göre agregası karışım oranlarına göre beton karışım şartname aralığına ideal bir kombinasyon eğrisi ve homojen bir görünüm elde edilmiştir. Kimyasal katkı kullanım yüzdesi artırıldığı için T4 tasarımına göre daha az su kullanılmıştır. Tasarımın priz sürelerinin belirlenmesi için 1 numune ve mukavemet değerlerini öğrenmek için 3 adet 150 x 150 x 150 mm ebadında küp numune alınmıştır.

Tasarım hafif beton sınıfına girmektedir. Karışım düzeltilmiş ve ilk tartıları Tablo 6.15 de verilmiştir.

Çizelge 6.15. T5 karışımının başlangıç ve düzeltilmiş tartıları

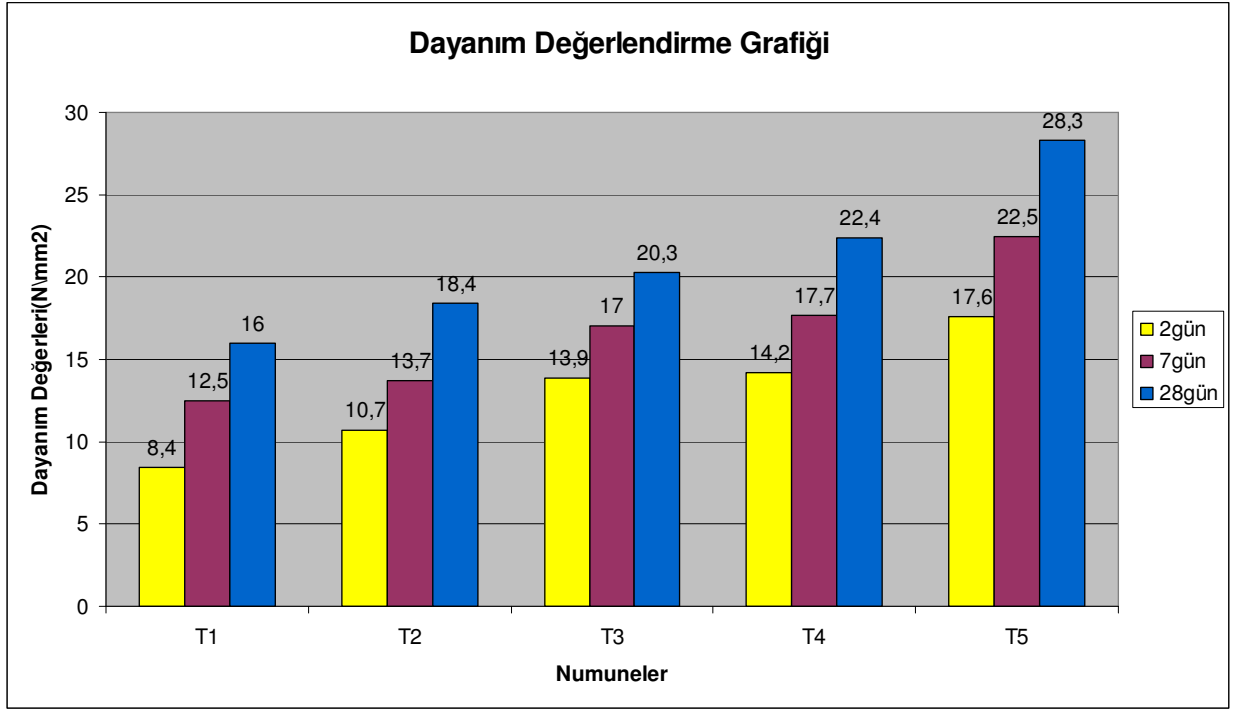
1 m ³ Düzeltilmiş Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- kg	Toplam Ağırlık
450	187	479,2	179	299,5	239,6	%1,5-6,75 kg	1841,05
1 m ³ Başlangıç Beton Karışımı Tartıları (kg)							
Çimento	Su	Dere Kumu	İnce Asidik Pomza	Orta Asidik Pomza	İri Asidik Pomza	Katkı %- gr	Toplam Ağırlık
450	180	482	180,5	301,3	241	%1,5-6,75 kg	1841,55

6.3. Tasarımlardan Alınan Numunelerin Basınç Değerleri

Yapılan tasarım çalışmaları sonucunda elde edilen karışımlardan, basınç dayanımı yani mukavemet sonuçlarının değerlendirilmesi için 150x150x150 mm ebatlarında her bir karışım için 3'er adet beton numunesi alındı. Bu küp numuneler alındıktan 24 saat sonra zarar verilmeden kalıplarından çıkarılıp su ısı 23 °C olan kür havuzunda bekletilmiştir. Küpler kür havuzundan 2,7,28 gün sonlarında her bir tasarım örnekleri çıkarılıp tek eksenli beton presinde basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur (Çizelge 5.16). Hazırlanan tasarımların birim ağırlıkları 2000 kg' nin altında olduğu için basınç dayanımları hafif betonların basınç dayanımı sınıfına sokularak değerlendirilecektir. T1, T2, T3, T4, T5 diye adlandırdığımız betonların dayanım sonuçları değerlendirme grafiği Şekil 6.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.16. Basınç dayanım test sonuçları

	T 1	T2	T3	T4	T5
2 Gün (N/mm²)	8,4	10,7	13,9	14,2	17,6
7 Gün (N/mm²)	12,5	13,7	17,0	17,7	22,5
28 Gün (N/mm²)	16,0	18,4	20,3	22,4	28,3



Şekil 6.7. Dayanım değerlendirme grafiği

Hazırlanan beton numunelerinin tümünün 1 m^3 'ün ağırlıkları 2000 kg'dan hafif olduğu için hepside hafif beton sınıfında değerlendirilmesi gerekmektedir. Hafif betonlarda basınç dayanım sınıflarına göre (Çizelge 6.17) tasarımlar 28 günlük kırım sonuçlarına göre sırasıyla T1 C12, T2 C16, T3 C16, T4 C20, T5 C25 sınıflarına girmektedir (Çizelge 6.18). Bu tasarımlar içerisinde hazırlanan dayanımı en yüksek dizayn T5 dir.

Çizelge 6.17. Hafif Beton İçin Basınç Dayanım Sınıfı

Hafif Beton Basınç Dayanım Sınıfı	Küp Dayanımı (N/mm ²)
C8	9,0
C12	13,0
C16	18,0
C20	22,0
C25	28,0
C30	33,0
C35	38,0
C40	44,0
C45	50,0
C50	55,0
C55	60,0
C60	66,0

Çizelge 6.18. Tasarımların Beton Sınıfları, Değerleri ve Sınıfların Min. Değerleri

Tasarım	Beton Sınıfı	Min.Sınıf Değeri (N/mm²)	Basınç Değeri (N/mm²)
T1	C12	13,0	16,0
T2	C16	18,0	18,4
T3	C16	18,0	20,3
T4	C20	22,0	22,4
T5	C25	28,0	28,3

7. SONUÇLAR

1. Bölgede çeşitli zamanlarda yapılan çalışmalar literatür bazında değerlendirildikten sonra arazi çalışmalarıyla Gelincik bölgesinin ve çevresinin genel jeolojisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda bölgedeki birimlerin dokanak sınırlarını belirlemek için çalışma alanını da içine alan 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanmıştır.
2. Isparta- Gelincik sahasından alınan pomza numuneleri üzerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları;
 - ❖ Elek analizi sonuçları <4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm bulunmuştur.
 - ❖ Özgül ağırlık sonuçları; Dere kumu için 2,63 gr/cm³, ince asidik pomza 2,309 gr/cm³, orta asidik pomza 2,120 gr/cm³, iri asidik pomza 1,858 gr/cm³ olarak ölçülmüştür. Su emme oranları ise; dere kumu % 1,54, ince asidik pomza %29,38, orta asidik pomza %33,52, iri asidik pomza %36,11 olarak hesaplanmıştır.
 - ❖ Gelincik pomzasının rutubetini belirlemek için yapılan ‘‘Rutubet Testi’’ sonucu %27,74 olarak olarak ölçülmüştür.
 - ❖ Gelincik pomzasının kızdırma kaybı %2,98 olarak bulunmuştur.
 - ❖ Pomzanın çözünmeyen kalıntısı %82,42 olarak bulunmuştur.
 - ❖ Pomza agregası ile pomzanın puzolonik aktivitesini saptamak için, çimento kullanılmadan hazırlanan beton numunesi üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyinde 2 günlük 8,3 N/mm², 7 günlük 14,8 N/mm², 28 günlük 19,8 N/mm² dayanım ölçülmüştür.
 - ❖ Gelincik bölgesinden alınan 8 adet pomza numunesi üzerinde yapılan XRF analizi sonuçlarında ortalama değer olarak; %63,15 SiO₂, %15,58 Al₂O₃, %2,96 Fe₂O₃, %7,62 CaO, %2,26 MgO₃, %0,06 SO₃, %3,40 Na₂O, %1,10 K₂O ve %0,55 Ti ölçülmüştür.
3. Gelincik bölgesinden alınan asidik pomza ile hazırlanan beton tasarımlarının 1 m³’ünün ağırlıkları; T1 1694,6 kg, T2 1877,6 kg, T3 1878,5 kg, T4 1961,1 kg, T5 1841,05 kg olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre hazırlanan tüm tasarımlar hafif beton sınıfına girmiştir.

4. Tasarıma dere kumu da ilave edilerek hafif beton sınıfında iyi mukavemet değerleri verebilen beton tasarımları elde edilmiştir. Hazırlanan beton tasarımları üzerinde 2,7 ve 8 günlük dayanım değerleri ölçülmüştür. 28 günlük dayanım sonuçlarına göre; T1 $16,0 \text{ N/mm}^2$ (C12), T2 $18,4 \text{ N/mm}^2$ (C16), T3 $20,3 \text{ N/mm}^2$ (C16), T4 $2,4 \text{ N/mm}^2$ (C20) ve T5 $28,3 \text{ N/mm}^2$ (C25) mukavemet değerleri elde edilmiştir.
5. Hazırlanan tasarımlarda en iyi görünümü ve mukavemet değerini veren T5 tasarımıdır. Bu tasarımda; %40 dere kumu (0-2 mm), %15 ince asidik pomza (0-4 mm), %25 orta asidik pomza (4-8 mm), %20 iri asidik pomza (8-16 mm), 450 kg Cem I çimento, 187 kg su ve çimento oranının % 1,5’u oranında 6,75 kg kimyasal katkı kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

- Atış, C. D. 2000. Agrega Tane Boyutu Dağılımının Çimento Miktarına Etkisi, *Ç.Ü.Müh. Mim. Fak Dergisi*, Adana, 91 – 98.
- Binici, H., Görür, E.B., 2005. Yüksek Fırın Curufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Deniz Yapılarında Kullanımı, *Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, Isparta, 121-125.
- Davraz, M., Gündüz, L., (1997), Isparta Yöresi Pomza Taşının Hafif Yapı elemanı Olarak Değerlendirilmesi Üzerine Bir Analiz, *I. Isparta Pomza Sempozyumu*, Isparta, 61-67.
- Davraz, M., 2001. Pomzanın Endüstriyel Kullanım Alanları Doktora Semineri, *Süleyman Demirel Üniv.*, Isparta.
- Davraz, M., 2006. Isparta Direkli Köyü Mevkii Trakiandezit Taşının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi, IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.
- DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu: *Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri*, Ankara, Cilt 2, 1-51.
- DPT, 2005, Sekizinci Bes Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, “Yapı malzemeleri - Genlesen Kiler”, Ankara, 69-73.
- Gutnic M., “Geologie du Taurus pisidien au Nord d'Isparta (Turquie)”, Principaux resultats extraits des notes de M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod. *Publ. Faculte des Sciences, Univ. Paris-Sud, Orsay*, 130 s.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ. Ve Çankıran, O., 1998. "Pomza Teknolojisi, Cilt I, Isparta s.288.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ. Ve Çankıran, O., 1998. "Pomza Teknolojisi, Cilt II, Isparta, s.206.
- Isbaş Beton Elemanları ve Madencilik San. A.Ş., 2009, http://www.isbasbims.com.tr/site/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=48. (Ziyaret Tarihi:15 Mart 2009)
- Karaman, M. Erkan., 1988. Isparta Gölcük Volkanizması Türkiye 12. Jeomorfoloji Bil. Ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özeti , Ankara, syf. 30-37.
- Karaman, M. Erkan., 1990. Isparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri, *AÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt:33, Antalya, syf. 57-67.

- Kazancı, N. ve Karaman, E., 1988, Gölcük (Isparta) Pliyosen volkaniklastik istifinin sedimantolojik özellikleri ve depolanma mekanizmaları. A.Ü. Isparta Müh. Fakültesi, Jeoloji Müh. Dergisi, Isparta, sayı 4, syf. 21-28.**
- Khandaker, M., Hossain, A., 2002. 'Properties of volcanic pumice based cement and lightweight concrete, Cement and Concrete Research, 2478.**
- Kuşçu, M., 1990. Isparta Gölcük Yöresi Pomza Yataklarının Jeolojik Konumu, Akdeniz Üniv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Dergisi, Isparta, 69-78.**
- Kuşçu M., 1994. "Gölcük (Isparta) Volkanizmasına Bağlı Olarak Gelismis Endüstriyel Hammadde ve Metalik Maden Yatakları, Çukurova Ü. 15. Yıl Sempozyumu, Adana, Cilt 2, s. 169-186.**
- Mutlutürk, M., 2003. Isparta Ovasındaki Volkanik Zeminlerin Mukavemet Özelliklerinin İncelenmesi, SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 390, Isparta, 28 s.**
- Mutlutürk, M., İsmailov, T., Yılmaz, K., 2003. Mühendislik Jeolojisinde A1üvyon Kavramı ve Isparta Ovası A1üvyonları, SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Bildiri Özleri, Isparta, 222-223 s.**
- Öz, E., 2007. Nevşehir Dolaylarında Yüzeyleyen Asidik Pomzanın Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Çukurova Üniv. Yüksek Lisans Tezi, Adana, 63 syf.**
- Özkan, Ş.G., 2001. Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış, İstanbul Üniv. Mühendislik Mimarlık Fak., 4. Hammaddeler Sempozyumu, İstanbul, syf. 200-207.**
- Poisson, A., 1977, Recherches géologiques dans les ' uirides occidentales These Doct. d'Etat Orsay, N.1902.**
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J.F., Uysal, Ş., 1984 The Isparta Angle: a Mesozoic paleorift in the Western Taurides: International symposium., *Geology of the Taurus Belt 11-26: M.T.A. Yayını, Ankara, 11-26.***
- Reyhanoğlu, M., 1988. Pomza ve Kullanım Alanları, Ç.Ü. F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Adana, 61 syf.**
- Şenel, M., 1997. 1/250.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Isparta Paftası. MTA Yayın No:4, Ankara.**
- TS 706, 1980. Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.**
- TS 707, 1980. Beton Agregalarından Numune Alma Ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.**
- TS 1114, 1986. Hafif Agregalar-Beton için, Numune Alma ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.**

TS 2511, 1977. Taşıyıcı Hafif Agregalar-Beton İçin, Beton Karışım Hesapları Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3068, 1999. Beton Deneyleri-Deney Numuneleri-Bölüm 2: Dayanım Deneyleri için Deney Numunelerinin Yapımı ve Kürü. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3114, 1978. Beton-Deney Numunelerinin Basınç Dayanım Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3234, 1978. Bims Beton Yapım Kuralları ve Karışım Hesabı ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3289, 1979. Hafif Agregalı Yalıtım Betonu Deney Numunelerinde Basınç Dayanım Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türkiye Hazır Beton Birliği, 2009, <http://www.thbb.org/engine.php?ID=4>. (Ziyaret Tarihi:18 Mart 2009).

Türkiye Hazır Beton Birliği, 2009, <http://www.thbb.org/engine.php?ID=6>. (Ziyaret Tarihi:18 Mart 2009).

Türkiye Hazır Beton Birliği, 2009, <http://www.thbb.org/engine.php?ID=7>. (Ziyaret Tarihi:18 Mart 2009).

TS 5929, 1988. Beton Deneyleri-Boyutlar-Toleranslar ve Deney Numunelerinin Uygunluğu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yalçınkaya, S., 1989. Isparta-Ağlasun (Burdur) Dolaylarının Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. İstanbul,180 s.

Yalçınkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P., Taner, K., 1986, Batı Torosların jeolojisi, Isparta Projesi Raporu: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (Yayınlanmamış), Ankara.

Yazıcıoğlu, S., 2006. Puzolonik Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Elazığ Yöresi Pomzasının İlerleyen Kür Yaşlarında Beton Dayanımına Etkisi: Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, Elazığ, 367-374.

Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., 2006. Pomza ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Fırat Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. No:4, Elazığ.

EKLER

EK-1 Bölgenin 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emre AKSOY
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Isparta, 1984
Telefon : 0532 493 95 87
Faks :
e-mail : emreaksoy32@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Gazi Lisesi, Isparta	2001
Üniversite	: Süleyman Demirel Üniversitesi	2006
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2006	Çağlar Plastik San.A.Ş. (AS Grubu)	Jeoloji Mühendisi
2008	Çağlar Plastik San. A.Ş. (AS Grubu)	Ar-Ge Müdürü
2009	Çağlar Plastik San. A.Ş. (AS Grubu)	Beton Santrali Müdürü

UZMANLIK ALANI : - Maden Yatakları ve İşletmeleri
 - Sondaj Tekniği
 - Hazır Beton Üretimi

YABANCI DİLLER : - İngilizce (Orta)