



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YAPI MALZEMESİ OLARAK NEVŞEHİR YÖRESİ BİMSLERİNİN
MİMARİDE HAFİF DUVAR ELEMANI ÜRETİMİNDE KULLANILMASI VE
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yasemin KIZILTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Mart 2021**

YAPI MALZEMESİ OLARAK NEVŞEHİR YÖRESİ BİMSLERİNİN MİMARİDE
HAFİF DUVAR ELEMANI ÜRETİMİNDE KULLANILMASI VE
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Yasemin KIZILTAŞ

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nazım KOÇU

Konya
Mart 2021

KABUL VE ONAY

Yasemin KIZILTAŞ tarafından hazırlanan “Yapı Malzemesi Olarak Nevşehir Yöresi Bimslerinin Mimaride Hafif Duvar Elemanı Üretiminde Kullanılması Ve Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, 10 Mart 2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: **Prof. Dr. Mehmet UYSAL** _____
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Nazım KOÇU** _____
KTO Karatay Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ERVAN** _____
KTO Karatay Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

10 Mart 2021

Yasemin KIZILTAŞ

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Nazım KOÇU danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

10 Mart 2021

Yasemin KIZILTAŞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve lisans eğitimim boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren KTO Karatay Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi dekanı Prof. Dr. Kerim Çınar hocama, KTO Karatay Üniversitesi Mimarlık ve İç Mimarlık bölümü hocalarıma, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal Ervan'a, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kaş'a, Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül Tereci'ye, Prof. Dr. Mehmet Uysal'a ve Prof. Dr. Dicle Aydın'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimim boyunca akademik çalışmalar yapmam için teşvik eden, çalışmalarımın eseri olan bu yüksek lisans tezi süresince her türlü bilgi ve teknik birikimini esirgemeyen, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Nazım Koçu'ya teşekkürlerimi sunarım.

Fiziksel ve mekanik araştırmalarımında desteklerini esirgemeyen KTO Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Atilla Özütok'a, Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İlgün'e ve İnşaat Mühendisliği Laboratuvar Yöneticisi Rıza Elvan'a, kimyasal ve mikroyapı incelemelerini yürütme imkânı sağlayan Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen annem Safiye Kızıldaş'a, babam İsmail Kızıldaş'a, abilerim Mehmet Ali Kızıldaş'a, Bayram Kızıldaş'a, Savaş Kızıldaş'a, ablam Hanife Çekici'ye ve tüm aile üyelerime teşekkürlerimi sunarım.

Mart, 2021

Yasemin KIZILTAŞ

ÖZET

Yasemin KIZILTAŞ

Yapı Malzemesi Olarak Nevşehir Yöresi Bimslerinin Mimaride Hafif Duvar Elemanı
Üretiminde Kullanılması ve Özelliklerinin Araştırılması

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2021

Bims (pomza) volkanik faaliyetler sonucu oluşan; gözenekli, doğal kökenli, bünyesinde kristal suyu bulunmayan hafif bir kayaç türüdür. Yaygın endüstriyel kullanım alanı olan bims, dünyada ve Türkiye’de en yaygın olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Gözenekli olması nedeniyle hafifliği, ısı ve ses yalıtım özelliklerinin iyi olması; özellikle inşaat sektöründe, değişik türde yapı malzemelerinin üretiminde kullanılmasında başlıca etkenlerdir. İnşaat sektöründe bims; prefabrik ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde, çevre düzenlemesinde kullanılmakla beraber, harç ve beton agregası, yalıtım malzemesi, çatı ve yalıtım dolgusu olarak da kullanılmaktadır.

Bimsin inşaat sektöründe, özellikle taşıyıcı olmayan, yarı taşıyıcı ve taşıyıcı hafif beton üretiminde hafif agrega olarak kullanımı, teknik özellikleri bakımından uygun olmasına rağmen, diğer malzemelere oranla, olması gereken düzeyde değildir. Bu nedenlerle bu tez çalışmasında bimsin hafif duvar elemanı olarak kullanılabilirliğini artırmak, bimsi mimaride, inşaat sektöründe gereken öneme ulaştırmak ve bimsin yapı malzemesi olarak bilinçli tüketilmesini sağlamak amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışması, bims agregalarından yararlanılarak üretilen hafif yapı elemanlarının mimaride duvar elemanı olarak kullanımı, avantajları ve bu ürünlerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin araştırılmasını kapsamaktadır. Türkiye’de, birçok değişik türde bims yataklanmaları mevcuttur. Bu çalışma için, Nevşehir Kaymaklı bölgesinden çıkarılan bims seçilmiştir. Çalışmada kullanılan bimsin, hafif agrega olarak karakteristik özellikleri incelendikten sonra, belirlenen 10 farklı karışım grubuna ait farklı dozlarda bimsbeton karışımları hazırlanarak elde edilen hafif beton numunelerinin, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Araştırmada kullanılan beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonucunda, bims türleri ve bu türlerden üretilen hafif betonların karakteristiği ve numunelerin birbirleri ile kıyaslanması konularında çıkarımlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Bims, pomza, hafif yapı elmanları, bimsblok, hafif beton, bimsbeton

ABSTRACT

Yasemin KIZILTAŞ

Use of Nevşehir Region Pumice as Building Material in The Production of Lightweight
Wall Elements in Architecture and Investigation of It's Properties

Master's Thesis

Konya, 2021

Pumice (ponza) is a type of light rock formed as a result of volcanic activities; porous, natural origin, without crystal water inside. Pumice, having a lot of industrial application areas, is most widely used in the construction sector in the world and Turkey. The properties of lightness due to its porosity, good thermal and sound insulation are the main factors in its use in the production of various types of building materials, especially in the construction sector. In construction industry, in addition to its usage in production of prefabricated and pumice concrete building components, landscaping, pumice is applied as mortar and concrete aggregate, insulation material, roof and insulation sealant.

Although it is technically possible to use pumice as light aggregate in non-load bearing, semi-load bearing and in bearing lightweight concrete production; the level of usage is not where it should be. In this study, it is aimed to increase the usability of pumice as a lightweight wall element, to reach the importance of pumice architecture and construction sector and to ensure conscious consumption of pumice as a building material.

This study covers the use of light building elements produced by using bims aggregates as wall elements in architecture, their advantages and the investigation of the physical, mechanical and chemical properties of these products. In Turkey, there are many different kinds of deposition of pumice. In this study, pumice of Nevşehir-Kaymaklı region was selected. After examining the characteristic properties of pumice used in the study as a light aggregate, the physical and mechanical properties of light concrete samples obtained by preparing different doses of pumice concrete mixtures belonging to 10 different mixture groups were examined. As a result of the experimental studies on concrete samples used, pumice types and the characteristics of light concrete produced from these types were examined and the results were compared to each other.

Keywords

Pumice, ponza, lightweight building elements, pumice concrete bricks and blocks, lightweight concrete, pumice concrete

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Önemi	2
1.2. Çalışmanın Özgün Değeri	3
1.3. Araştırma Yöntemleri.....	4
2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI	6
2.1. Çalışmanın Amacı	6
2.2. Çalışmanın Kapsamı.....	6
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	8
3.1. Konu İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar	8
3.2. Bims Ve Özellikleri.....	25
3.2.1. Bimsin Tanımı	25
3.2.2. Bimsin Tarihçesi.....	26
3.2.3. Bimsin Sınıflandırılması.....	26
3.2.4. Bimsin Oluşumu, Bulunuşu Ve Üretimi.....	29
3.2.5. Bimsin Yapısal Ve Teknik Özellikleri	33
3.3. Dünyada Ve Türkiye’de Bims.....	36
3.3.1. Türkiye’nin Bims Rezerv Potansiyeli Ve Jeolojisi.....	37
3.3.2. Bimsin İthalat Ve İhracat Verileri	41
3.4. Bimsin Kullanım Alanları	44
3.4.1. İnşaat Sektöründe Bims Kullanımı.....	46
3.4.2. Ziraat Sektöründe Bims Kullanımı.....	47

3.4.3. Kimya Sektöründe Bims Kullanımı	49
3.4.4. Tekstil Sektöründe Bims Kullanımı	50
3.4.5. Diğer Sektörler Ve Teknolojik Alanlarda Bims Kullanımı	50
3.5. İnşaat – Yapı Sektöründe Bimsin Kullanımı.....	51
3.5.1. Harç Ve Beton Agregası Olarak Kullanımı.....	52
3.5.2. Hafif Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı	58
3.5.3. Çimento Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı	72
3.5.4. Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanımı	72
3.5.5. Çatı Ve Döşeme İzolasyon Dolgusu Olarak Kullanımı.....	74
3.5.6. Dekoratif Kaplama Elemanları Ve Kent Mobilyalarında Kullanımı.....	75
4. MATERYAL VE METOT	78
4.1. Materyal.....	78
4.1.1. Kullanılan Malzemeler Hakkında Genel Bilgiler	78
4.1.2. Kullanılan Ekipmanlar Hakkında Genel Bilgiler	80
4.2. Metot	83
4.2.1. Bims Agregaları Üzerinde Yapılan Testler Ve Analizler.....	84
4.2.2. Bims Agregalı Beton Numuneleri Üzerinde Yapılan Testler.....	90
4.3. Bims Agregalı Beton Numunelerinin Üretimi	98
4.3.1. Kabul Edilen İlkeler, Numune Hazırlama Ve Ön Deney Sonuçları.....	98
4.3.2. Bims Agregalı Beton Karışım Hesapları Ve Koruma Koşulları	103
4.3.3. Numune Boyutları, Sayıları, Kodlanması Ve Yapılan Deneylerin Programlanması	106
5. DENEYLER VE ARAŞTIRMA BULGULARI.....	109
5.1. Fiziksel Deneyler Ve Bulguların Değerlendirilmesi	110
5.1.1. Elek Analizi	110
5.1.2. Özgül Kütle Deneyi	110
5.1.3. Rutubet Tayini	111
5.1.4. Birim Hacim Ağırlık (Hacim Kütle Deneyi)	112
5.1.5. Kılcallık Deneyi (Kapilarite Katsayısı)	115
5.1.6. Kütlece Su Emme Deneyi.....	118
5.1.7. Kaynar Suda Su Emme Deneyi	120
5.1.8. Komposite (Doluluk) Oranı	121
5.1.9. Porozite (Gözeneklilik Derecesi).....	123
5.2. Mekanik Deneyler Ve Bulguların Değerlendirilmesi	125

5.2.1. Eğilme Dayanımı.....	125
5.2.2. Basınç Dayanımı.....	130
5.2.3. Don Tesirlerine Dayanıklılık.....	136
5.3. Kimyasal Özellikler Ve Mikroyapı İncelemelerinin Değerlendirilmesi.....	140
5.3.1. Bims Agregalarının Taramalı Elektron Mikroskobu İle İncelenmesi (SEM)	140
5.3.2. Bims Agregalarının Elementel Analizi (EDS).....	142
5.3.3. Bims Agregalarının Kimyasal Analizi X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF).....	145
5.3.4. Bims Agregalarının Termal Analizi (TGA).....	147
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	150
KAYNAKLAR.....	160
ÖZGEÇMİŞ.....	167
EK 1. BİMS AGREGASININ TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE İNCELENMESİ (SEM).....	168
EK 2. BİMS AGREGALARININ ELEMENTEL ANALİZİ (EDS).....	170
EK 3. BİMS AGREGALARININ TERMAL ANALİZİ.....	176

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Bimslerin fiziksel özellikleri.....	34
Tablo 2. Bimslerin kimyasal özellikleri.....	35
Tablo 3. Dünya bims rezervi.....	37
Tablo 4. Dünya genelinde 2008-2012 yılları arasında en çok bims üreten ülkeler ve üretim miktarları	37
Tablo 5. Türkiye Bims Rezervi Miktarı Dağılımı.....	39
Tablo 6. 2002-2016 yılları arası Türkiye bims ihracat değerleri	42
Tablo 7. 2017-2020 yılları arası Türkiye bims ihracat değerleri	43
Tablo 8. 2016 yılı en çok bims ihraç edilen ülkeler.....	43
Tablo 9. Bimsin kullanım alanları dağılımı	44
Tablo 10. Bimsblokların sınıflandırılması	62
Tablo 11. Nevşehir bims agregası elek analizi değerleri	99
Tablo 12. Nevşehir bims agregası özgül kütle deneyi sonuçları.....	99
Tablo 13. Ön deney numunelerinin kapilarite kat sayısı değerleri	99
Tablo 14. Ön deney numunelerinin kütlece su emme oranları	100
Tablo 15. Ön deney numunelerinin kompasite (doluluk) oranları.....	100
Tablo 16. Ön deney numunelerinin porozite (gözeneklilik derecesi) oranları.....	101
Tablo 17. Ön deney numunelerine ait eğilme ve basınç dayanımı değerleri.....	101
Tablo 18. Ön deney numunelerine ait don tesirlerine dayanıklılık analizleri.....	102
Tablo 19. Agregata tane büyüklüğü dağılımı.....	105
Tablo 20. Beton karışım tasarımları.....	106
Tablo 21. Tüvenan bims agregası elek analizi değerleri.....	110
Tablo 22. Bims agregası özgül kütle deneyi değerleri.....	111
Tablo 23. Bims agregası rutubet tayini deneyi değerleri	112
Tablo 24. Bims agregalı beton numunelerin etüvde kalma sürelerine göre kütle değişimleri.....	113
Tablo 25. Bims agregalı beton numunelerinin birim hacim ağırlık değerleri.....	114
Tablo 26. Kılcallık deneyinde süreye bağlı olarak malzemenin yüzeyinden geçen su miktarı farkı.....	116
Tablo 27. Kılcallık deneyi su miktarı farkı / beton numune yüzey alanı.....	117
Tablo 28. Kılcallık (kapilarite) katsayısı değerleri	117
Tablo 29. Kütlece su emme deneyi değerleri.....	119
Tablo 30. Kaynar suda su emme deneyi değerleri.....	120

Tablo 31. Kompasite deneyi değerleri	122
Tablo 32. Porozite deneyi değerleri	124
Tablo 33. G.1.1 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	126
Tablo 34. G.1.2 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	126
Tablo 35. G.1.3 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	127
Tablo 36. G.1.4 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	127
Tablo 37. G.1.5 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	127
Tablo 38. B.1.1 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	128
Tablo 39. B.1.2 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	128
Tablo 40. B.1.3 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	128
Tablo 41. B.1.4 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	129
Tablo 42. B.1.5 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri	129
Tablo 43. G.1.1 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	131
Tablo 44. G.1.2 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	131
Tablo 45. G.1.3 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	132
Tablo 46. G.1.4 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	132
Tablo 47. G.1.5 kodlu gri imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	132
Tablo 48. B.1.1 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	133
Tablo 49. B.1.2 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	133
Tablo 50. B.1.3 kodlu beyaz imento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	134

Tablo 51. B.1.4 kodlu beyaz çimento bağlayıcı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	134
Tablo 52. B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri	134
Tablo 53. Gri çimento bağlayıcı numunelerin donma çözülme deneyi sonuçları	137
Tablo 54. Beyaz çimento bağlayıcı numunelerin donma çözülme deneyi sonuçları..	138
Tablo 55. Gri çimento bağlayıcı beton numunelerin don kaybı değerleri	139
Tablo 56. Beyaz çimento bağlayıcı beton numunelerin don kaybı değerleri	139
Tablo 57. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası elementel analiz (EDS) değerleri	145
Tablo 58. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası kimyasal analiz (XRF) değerleri	146
Tablo 59. Asidik ve bazik bims kimyasal bileşenleri	146
Tablo 60. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası elementel analiz (EDS) değerleri-1	172
Tablo 61. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası elementel analiz (EDS) değerleri-2.....	175

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Nevşehir- Kaymaklı yöresi bimslerinin genel görünümü.....	25
Şekil 2. Asidik karakterli bims.....	28
Şekil 3. Bazik karakterli bims.....	29
Şekil 4. Volkanlar ve ilişkili diğer jeolojik süreçlerin genel bir modeli.....	30
Şekil 5. Bims maden ocağında bims üretimi.....	32
Şekil 6. Bims gözeneklerinin çıplak gözle görüntüsü.....	33
Şekil 7. Bims gözeneklerinin optik mikroskopla görüntüsü.....	33
Şekil 8. Dünya bims rezervine sahip olan ve üreten başlıca ülkeler.....	36
Şekil 9. Türkiye'deki volkanik alanların dağılımı.....	38
Şekil 10. Türkiye'deki bims yataklarının dağılımı.....	39
Şekil 11. Bimsin ziraat sektöründe kullanımı.....	48
Şekil 12. Bimsin kişisel bakım ürünlerinde kullanımı.....	49
Şekil 13. Hafif yapı elemanlarında bimsin kullanımı.....	58
Şekil 14. Bimsblok hafif yapı elemanları.....	60
Şekil 15. Bims agregalı hafif yapı elemanlarının yapıda sağladığı avantajlar.....	63
Şekil 16. Duvar elemanı olarak bimsblok kullanımı.....	66
Şekil 17. Asmolen döşeme elemanı olarak bimsblok kullanımı.....	67
Şekil 18. Baca elemanı olarak bimsblok.....	67
Şekil 19. Lento elemanı olarak bimsblok.....	68
Şekil 20. Peyzaj elemanı olarak bimsblok.....	69
Şekil 21. Prefabrik-prekast yapı elemanları üretiminde bims kullanımı.....	71
Şekil 22. Bimsin ısı yalıtım amaçlı yapıların tavan veya çatılarında kullanılması.....	75
Şekil 23. Bimsin dekoratif kaplama elemanı olarak bahçe duvarında kullanılması.....	77
Şekil 24. Bimsbeton saksı ve kent mobilyası olarak kullanımı.....	77
Şekil 25. Nevşehir-Kaymaklı bimsinin çıkarıldığı bölge.....	78
Şekil 26. Nevşehir-Kaymaklı bölgesi zemin katmanlaşması.....	79
Şekil 27. Çalışmalarda kullanılan 0,1 gr hassasiyetli tartı aleti.....	80
Şekil 28. Çalışmalarda kullanılan elekler ve sarsma cihazı.....	81
Şekil 29. Vibrasyon cihazı.....	82
Şekil 30. Eğilme ve basınç dayanımı test cihazı.....	82
Şekil 31. Isı ayarlı etüv cihazı.....	83
Şekil 32. Taramalı elektron mikroskobu.....	85

Şekil 33. XRF cihazı	86
Şekil 34. TGA cihazı.....	87
Şekil 35. Elek analizi yapılmış bims agregaları	88
Şekil 36. Bims agregası özgül kütle deneyi	89
Şekil 37. Bims agregası rutubet tayini deneyi.....	90
Şekil 38. Bims agregalı beton numuneler	91
Şekil 39. Bims agregalı beton numunelerin kılcallık (kapilarite katsayısı) deneyi.....	92
Şekil 40. Bims agregalı beton numunelerin kütlece su emme deneyi.....	93
Şekil 41. Bims agregalı beton numunelerin eğilme dayanımı cihazına yerleştirilmesi ..	95
Şekil 42. Bims agregalı beton numunelerin eğilme dayanımı sonrası kırılması.....	95
Şekil 43. Bims agregalı beton numunelerin basınç dayanımı cihazına yerleştirilmesi...	96
Şekil 44. Bims agregalı beton numunelerin basınç dayanımı sonrası kırılması	96
Şekil 45. Bims agregalı beton numunelerin soğuk hava dolabına yerleştirilmesi	97
Şekil 46. Bims agregalı beton numunelerin don sonrası değişmez kütleye kadar kurutulması.....	98
Şekil 47. Agrega en büyük tane büyüklüğü 8,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar.....	104
Şekil 48. Çimento miktarının serilere göre değişimi	105
Şekil 49. Beton karışımın kalıplara dökülmesi	106
Şekil 50. Beton dökülmüş kalıpların şeffaf plastik torbalara konulması	107
Şekil 51. Deneylerin şema gösterimi	109
Şekil 52. Birim hacim ağırlık deneyi değerleri	115
Şekil 53. Kütlece su emme deneyi değerleri	119
Şekil 54. Kaynar suda su emme deneyi değerleri	121
Şekil 55. Kompasite deneyi değerleri	123
Şekil 56. Porozite deneyi değerleri	125
Şekil 57. Eğilme dayanımı deneyi değerleri	130
Şekil 58. Basınç dayanımı deneyi değerleri	135
Şekil 59. Bims agregasının 8.0 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	141
Şekil 60. Bims agregasının 8.0 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	141
Şekil 61. Bims agregasının 7.9 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	142
Şekil 62. Bims agregasının 500 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-1	143
Şekil 63. Bims agregasının EDS görüntüsü-1	143
Şekil 64. Bims agregasının elementel analizi-1	143

Şekil 65. Bims agregasının 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-2	144
Şekil 66. Bims agregasının EDS görüntüsü-2.....	144
Şekil 67. Bims agregasının elementel analizi-2	145
Şekil 68. Bims TGA sıcaklık – kütle değişim miktarları grafiği	147
Şekil 69. Bims TGA-DSC sıcaklık-zaman grafiği.....	148
Şekil 70. Bims agregasının 7.9 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	168
Şekil 71. Bims agregasının 7.7 mm’lik 2000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	168
Şekil 72. Bims agregasının 5.9 mm’lik 2000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-1.....	169
Şekil 73. Bims agregasının 5.9 mm’lik 2000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-2.....	169
Şekil 74. Bims agregasının SEM ve EDS görüntüsü-1	170
Şekil 75. Bims agregasının içerdiği tüm elementlerinin detaylı görüntüsü-1	172
Şekil 76. Bims agregasının SEM ve EDS görüntüsü-2.....	173
Şekil 77. Bims agregasının içerdiği tüm elementlerinin detaylı görüntüsü-2.....	175
Şekil 78. Bims TGA sıcaklık grafiği.....	176
Şekil 79. Bims TGA sıcaklık – ısınmaya bağlı kütle değişim miktarı grafiği	177
Şekil 80. Bims TGA-DSC sıcaklık grafiği.....	178

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
μ	Buhar Difüzyon Katsayısı
dB	Desibel
pH	Asit veya bazlık derecesi
\$	Dolar
λ	Isı iletkenlik değeri (W/mK)
G_d	Doygun haldeki kütle (gr)
G_k	Değişmez kütle (gr)
d_0	Özgül kütle (gr/cm ³)
S_k	Kütlece su emme oranı (m/m, %)
P_g	Porozite derecesi (m/m, %)
k	Komposite derecesi (m/m, %)
d_h	Birim hacim ağırlık (g/cm ³)
N	Kılcılık katsayısı (cm/ \sqrt{dk})
A_{kk}	Kaynar suda su emme oranı (m/m, %)
σ_R	Eğilme dayanımı (N/mm ²)
P	Kırılma kuvveti (N)
σ_b	Basınç dayanımı (N/mm ²)
D_k	Don kaybı (%)
$G_{k_{don}}$	Don sonrası numunenin değişmez kütlesi (gr)
T	Sıcaklık (°C)
t	Süre (dk)
Δt	Süre farkı (dk)
Δm	Kütle farkı (mg)

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ARGE	Araştırma ve geliştirme
B.A.	Alçı bağlayıcılı bims agregalı beton
B.Ç.	Çimento bağlayıcılı bims agregalı beton
BİTAM	Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
BSD	Bims Sanayicileri Derneği
Ç.Ç.	Yalnız çimento ile üretilen agregasız beton
DSC	Diferansiyal taramalı kalorimetri
EDS	Elementel analiz
EN	Avrupa Birliği normu
EPS	Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük
FOB	Free on board
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
İMİB	İstanbul Maden İhracatçıları Birliği
KN	Kilo Newton
KTO	Konya Ticaret Odası
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NEÜ	Necmettin Erbakan Üniversitesi
PAUM	Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi
PÇ	Portland çimento
SDÜ	Süleyman Demirel Üniversitesi
SEM	Taramalı elektron ile inceleme
TGA	Termogravimetrik analiz
TS	Türk standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TS EN	Avrupa Birliği normlarına uygun Türk standardı
XRF	X-ışınları floresans spektrometresi
YÖK	Yüksek Öğretim Kurumu

1. GİRİŞ

Günümüzde büyük artış gösteren dünya nüfusu ve hızla ilerleyen teknoloji, insanoğlunun doğal kaynakları kullanımlarını büyük ölçüde artırmıştır. Ülkelerin vazgeçilmezi olan bu doğal kaynakların bilinçli kullanılmaması, doğal yapının ve ekolojinin bozulmasına sebep olmaktadır.

Türkiye, çeşitli doğal kaynak yataklanmaları ve miktarları bakımından zengin bir coğrafik yapıya sahiptir. Bu doğal kaynakların korunması, verimli kullanımı ve ülke ekonomisine en doğru şekilde kazandırılması; gelecekte yaşanabilecek, dünyada ve ülkemizde problem teşkil edecek durumların en iyi şekilde yönetilebilmesi için önemlidir.

Ülkemizde zengin rezervleri bulunan doğal kaynaklardan biri de bimsdir. Dünya genelinde rezervleri bakımından %15,8'lik payıyla, ülkemizin ikinci sırada yer almasını sağlamaktadır. Bims (pomza) üretiminde dünyada söz sahibi olan ülkelerden İtalya ve Türkiye, ilk sıralarda yer almaktadır. Bazı dönemlerde, en fazla pomza üretimi yapan ülkeler arasında ilk sıraya yerleştiği de görülmektedir (Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi [PAUM], 2015, s. 16).

Bims (pomza), volkanik kökenli hafif bir kayaç türüdür. Çeşitli sektörlerde kullanım alanı bulmakla beraber; bimsin inşaat sektöründe kullanımı dünyada %70 iken, ülkemizde %80'leri bulmaktadır. Sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikleri sebebiyle önemli bir endüstriyel hammadde olan bims, son yıllarda ülkemizde inşaat sektörünün aranan malzemesi olarak büyük bir önem kazanmıştır (PAUM, 2015, s. 8).

Türkiye'de birçok bölgede, çeşitli türlerde bims rezervleri mevcuttur. Kullanılan ve işletilen bims rezervleri açısından İç Anadolu bölgesinde yoğunlaşma görülmekte olup, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde de önemli derecelerde bims yataklanmaları görülmekte ve üretim çalışmaları yürütülmektedir. Ülkemiz, yaklaşık 10 farklı renk ve doku kalitesine sahip bims çeşitleriyle yüksek bir pazar şansına sahiptir (Davraz, Gündüz ve Şapcı, 2005).

Üretimi yapılan bims sahaları içerisinde, ülkemizde en iyi kalite ve en fazla kullanım alanına sahip olanlar Nevşehir bimsleridir. Ayrıca bims ihracatlarının büyük bölümü de Nevşehir'den yapılmaktadır (PAUM, 2015, s. 25). Bu tez çalışması için Nevşehir-Kaymaklı yöresinden çıkarılan bimsler tercih edilmiştir.

1.1. Çalışmanın Önemi

“Türkiye, dünya doğal taş rezervlerinin yaklaşık %40’ına sahip olmakla birlikte, dünya doğal taş sektöründe üretimde %3,1’lik bir payla dokuzuncu, ihracatta ise %2,3’lük bir payla sekizinci sırada yer almaktadır.” (Sert, 2010).

Doğal taş rezervleri bakımından çok iyi coğrafik koşullara sahip olan ülkemiz, maalesef ki bu doğal taşların korunması, verimli kullanılması ve ekonomiye kazandırılması bakımından yeterli düzeyde değildir.

Volkanik kökenli doğal taşlardan olan bimslerin, bu kapsamda üretiminde ve ihracatında iyileştirmeler yapılmalıdır. Geniş ve yüksek kaliteli bims rezervlerimizin karakteristik özelliklerinin yeterince saptanamaması sebebiyle, rezervlerin atıl kalması veya çok cüzi fiyatlarla ihraç edilmesi, ülkemiz ekonomisi açısından büyük kayıptır (Davraz vd., 2005).

Bims ve bimssten üretilen ürünlerin teknik özelliklerinin geliştirilmesi ve ar-ge çalışmaları ile bimsin en efektif şekilde kullanılıp, bimssten alternatif ürünler üretilip, ülkemize katma değer sağlanması; ülkemizde bimsin ekonomiye en doğru şekilde kazandırılmasında büyük rol oynayacaktır. Bu alanda yapılacak tüm çalışmalar ülkemiz bims sektörünün, uluslararası ölçekte rekabet gücünü artıracaktır (PAUM, 2015, s. 64).

Yapılan araştırmalar neticesinde, bims alanında üniversite-sanayi bağlantısının çok az olması ve ar-ge çalışmalarına yeterince önem verilmemesinin sektörün geleceği açısından tehdit oluşturduğu öngörülmüştür. Bu sebeplerle bu tez çalışması, bimsin ülkemizde ve dünyada tanınırlığını, bilinçli kullanımını artırmak; bimsi mimaride, inşaat sektöründe gereken düzeye ulaştırmak ve bimsin yapı malzemesi olarak kullanım alanlarını çoğaltmak hususlarında büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimsleri ana materyal olarak kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, bu yöreye ait bimslerin hafif duvar elemanları üretiminde agrega olarak kullanımı ile ilgili olarak, literatürde yeterli düzeyde bir araştırma veya ARGE çalışması bulunamamıştır. Yani, ülkemizde bulunan birçok pomza türünde olduğu gibi, Nevşehir-Kaymaklı pomzasının hafif beton agregası olarak kullanımı ile ilgili henüz yeterli düzeyde çalışmalar yapılmamıştır (Ceylan, 2005). Bu nedenle tez çalışması için, Nevşehir-Kaymaklı pomzası seçilmiş ve çalışmada kullanılan bimsin, hafif agrega olarak karakteristik özellikleri incelendikten sonra, belirlenen 10 farklı karışım grubuna ait farklı dozlarda beton karışımları hazırlanarak elde edilen hafif

beton numunelerinin fiziksel, mekanik, kimyasal ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Araştırmada kullanılan bims agregalı beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonucunda, bims türleri ve bu türlerden üretilen hafif betonların karakteristiği ve numunelerin birbirleri ile kıyaslanması hususunda çıkarımlar elde edilmeye çalışılmıştır.

1.2. Çalışmanın Özgün Değeri

Ceylan (2005), doktora tezi çalışmasında, “YÖK Tez Merkezinde yapılan inceleme neticesinde, 2003 yılına kadar bims ile ilgili 34 adet tez çalışmasının yapıldığı, bunlardan sadece 3 tanesinin doktora düzeyinde olduğu diğerlerinin yüksek lisans tezi olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bu tez çalışmalarından sadece dördünün Maden Mühendisliği Anabilim dalında yapıldığı görülmüştür. Yani konu ile ilgili akademik düzeyde yapılan çalışmalar dar kapsamlı ve azdır.” tespitini yapmıştır (Ceylan, 2005).

Her geçen gün önemi giderek artan hafif yapı elemanlarında kullanılan hammadde ve katkı maddesi malzemelerin, bilinçli ve dikkatli kullanılmadığı görülmektedir. Bu sebeple, ülkemizde büyük rezerve sahip olan bimsin bilinçli ve dikkatli bir şekilde kullanılıp gelecek nesillerinde bu malzemeden faydalanması amaçlanmaktadır.

Gündüz ve arkadaşlarına (aktaran Ceylan, 2005, s. 1) göre, “Türkiye’nin değişik yörelerinde farklı karakteristiklere sahip birçok pomza türü mevcuttur. Farklı tür ve karışımlarda bims agregasından elde edilen hafif beton uygulamaları üzerine henüz yeterli düzeyde inceleme, analiz ve araştırma yapılmadığı görülmektedir. Bu bakımdan Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimsi seçilerek inceleme ve analizi yapılacaktır”.

Çevikbaş ve İlgün’e (aktaran Çayırılı, 2008, s. 5) göre, “Nevşehir ve civarındaki pomza yatakları tercih edilen kalitede pomza yataklarıdır. Makroskobik olarak, tane boyutu genellikle 0,1–7 cm arasında değişmektedir. Aksaray ve Ihlara civarında 20 cm boyutuna kadar ulaşabilen iri pomzalar görülebilmektedir. Volkan bacasına yakın pomzalar iri, bacadan uzaklaştıkça pomza boyutları küçülür. Pomza, beyaz, gri, krem renklerde olup, üst seviyeler ve altere zonlar sarımtırak beyaz ve kirli bej renklerde dir. Yapılan çalışmalar sonucunda, bu bölgedeki sahalardaki pomzaların hafif yapı elamanı olarak kullanılabilir kalitede oldukları saptanmıştır. Yapılan kimyasal analizler ve teknolojik

testler sonucunda, bu yöredeki sahalardaki pomzaların hafif yapı gereci olarak kullanılabilir kalitede oldukları belirlenmiştir”.

Tez konusu ile ilgili yapılan kaynak taraması sonucu, değişik anabilim dallarındaki araştırmacılar tarafından, genel olarak pomza ve bims ile ilgili çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir. Bims ve pomza konulu YÖK Tez Merkezi’nde yapılan taramaya göre; mimarlık alanında 2 çalışmanın doktora tezi olduğu toplam 15 adet tez çalışması tespit edilmiştir. Ancak Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimsi ile ilgili YÖK Tez Merkezi’nde sadece jeoloji mühendisliği alanında yüksek lisans tez çalışması tespit edilmiş; mimarlık, inşaat mühendisliği ya da maden mühendisliği alanlarında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Diğer araştırmalarda, Erdoğan ve arkadaşlarının, “Nevşehir pomzasının agrega olarak betonda kullanılabilirliğinin araştırılması” başlıklı makale çalışmasında, Nevşehir pomzasının yapı malzemesi olarak hafif betonda kullanılabilirliği araştırılarak jeolojik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada Nevşehir-Kaymaklı yöresi pomzası da kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre beton örneklerinde kullanılan pomzanın yapılar için uygun malzeme olduğu belirlenmiştir (Erdoğan, Tolğay ve Yaşar, 2004).

Hafif duvar elemanı olarak Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimsinin özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar bundan sonra ki yapılacak çalışmaların geliştirilmesinde kaynak teşkil edecektir.

Yapılacak deneylerde; bilinçsiz bir şekilde kullanılan bimsin hak ettiği değerin verilmesi, böylece hem inşaat sektörüne yenilikçi bir ürün katılması hem de ülke ekonomisine pozitif yönde katkı sağlanması hedeflenmiştir.

1.3. Araştırma Yöntemleri

Bims ile ilgili olarak geçmişten günümüze yapılan alan-yayın çalışmaları literatür bazında değerlendirilmiş ve Nevşehir bims agregasını tanımak, özelliklerini belirlemek ve beton üretiminde bağlayıcı malzemelerle mukavemet değerlerinin nasıl değiştiğini araştırmak amaçlı, laboratuvar ortamında bir dizi ön deneysel çalışmalar yapılmıştır.

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılan ön deneylerde 4x4x16 cm’lik üretilen numunelerde bağlayıcı

malzeme olarak çimento ve alçı kullanılmıştır. Deneylerde fiziksel ve mekanik özellikler incelenmiştir. Alçı bağlayıcılı bimsste eğilme mukavemetlerinin olmadığı, malzemelerin dağıldığı, parçalandığı yeterli dayanıma sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen ön deneyler sonucunda, tez çalışmasında bağlayıcı malzeme olarak Konya Çimento A.Ş. fabrikalarında üretilen gri çimento ve Çimsa A.Ş. fabrikalarında üretilen beyaz çimento kullanılmasına karar verilmiştir. 4x4x16 cm numunelerden, gri çimento bağlayıcılı 5 farklı seride toplam 45 adet; beyaz çimento bağlayıcılı 5 farklı seride toplam 45 adet olmak üzere toplamda 90 adet numune üretilmesi planlanmıştır.

Nevşehir-Kaymaklı yöresinden elde edilen bims yatağına gidilerek hammaddenin elde edilişi ile ilgili bilgiler toplanmış ve deneylerde kullanılmak üzere gereği kadar hammadde edinilmiştir. Edinilen hammaddenin bir kısmı agrega analizleri için kullanılmış, kalan kısmı da deney numunelerinin üretiminde kullanılmıştır.

Agrega üzerinde yapılan kimyasal ve mikroyapı incelemeleri kapsamında, taramalı elektron ile incelenmesi (SEM), elementel analizi (EDS), X-ışınları floresans spektrometresi (XRF), termogravimetrik analizi (TGA) Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elek analizi, özgül kütle deneyi, rutubet tayini gibi fiziksel incelemeleri de KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Deney numunelerinin hazırlanması ve numuneler üzerinde gerçekleştirilecek fiziksel ve mekanik incelemeler de yine KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Fiziksel incelemeler kapsamında birim hacim ağırlık, kılcallık (kapilarite), kütlece su emme, kaynar suda su emme, kompasite (doluluk), porozite (gözeneklilik); mekanik incelemeler kapsamında da eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve don tesirlerine dayanıklılık deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonucunda, bims türleri ve bu türlerden üretilen hafif betonların karakteristiği ve numunelerin birbirleri ile kıyaslanması konularında çıkarımlar elde edilmeye çalışılmıştır.

2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

2.1. Çalışmanın Amacı

Günümüzde inşaat sektöründe bims agregalarından oluşan bimsbeton yapı elemanları, normal betondan hafif olmaları sebebiyle yaygın kullanılmaktadır. Normal betona kıyasla üstün parametrelere sahip olan bimsbeton, deprem yüklerine daha elastik davranış göstermektedir. Isı ve ses yalıtımı ile yüksek yangın geciktiriciliği, atmosferik koşullara son derece dayanıklı olması, toksik olmayan çevreci ve doğal bir malzeme olması ve mikro-organizmalardan etkilenmemesi gibi çeşitli teknik avantajlara sahiptir. Üstün teknik özellikleriyle bims ve bimsbetonlar; duvar, döşeme ve çatı elemanlarında, dekoratif elemanlarda, iç mekan mobilyalarında, kent mobilyalarının oluşumunda ve çevre düzenlenmesinde kullanılmaktadır (Kocaman, 2009).

Bimsin inşaat sektöründe, özellikle taşıyıcı olmayan, yarı taşıyıcı ve taşıyıcı hafif beton üretiminde hafif agrega olarak kullanımı, teknik özellikleri bakımından uygun olmasına rağmen, diğer malzemelere oranla, olması gereken düzeyde değildir. Bu nedenlerle bu tez çalışmasında bimsin mimaride hafif duvar elemanı olarak kullanılabilirliği ile ilgili deneysel çalışmalar yapmak, yapılan çalışmaların sonuçlarının yorumlanması, bunun neticesinde yeni bulgular elde edebilmek ve bu bulguların pratikte uygulanabilirliğini sağlamak amaçlanmaktadır. Bu tez çalışmasından elde edilen bulgularla; bimsin hafif duvar elemanı üretiminde kullanılabilirliğini artırmak, bimsi mimaride ve inşaat sektöründe gereken öneme ulaştırmak ve bimsin yapı malzemesi olarak bilinçli tüketilmesini sağlamak amaçlanmaktadır.

2.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır.

İlk bölüm giriş bölümü olup konunun önemi, özgün değeri, kullanılacak yöntemin ana hatları ve yöntemler kısaca açıklanmıştır.

İkinci bölümde araştırmanın amacı, gerekçesi, hedefleri, araştırmanın kapsamı ve beklenen yararlar açıklanmıştır. Ayrıca çalışmanın bilimsel, teknolojik, ekonomik ve sosyal katkılarından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde literatür araştırmasına yer verilmiştir. Konu ile ilgili olarak bimsin tanımı, tarihçesi, kullanım alanı, sınıflandırılması, bimslerin inşaat sektöründe değerlendirilmesi konusunda yapılan araştırmalar taranarak bu konudaki Türk Standartları ve yapılacak deneylerin programlaması yapılmıştır.

Dördüncü bölümde yüksek lisans tez konusu olarak seçilen malzeme ve metotları hakkında bilgi verilmiş; bu amaçla KTO Karatay Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi laboratuvarında ön araştırmalar yapılmış ve yüksek lisans tez konusuna karar verilmiştir. Ayrıca bu bölümde; araştırmada kullanılan malzemeler, malzemelerin tanımı, özellikleri, Nevşehir yöresi bimslerinin TS 699 (2009) standardına göre deney programı, kabul edilen ilkeler, karışım hesapları, malzemelerin hazırlanması işlemlerine yer verilmiştir.

Beşinci bölümde ise TS 699 (2009), TS 802 (2016), TS EN 196-1(2016) standartlarına göre deneyler yapılmıştır. Deneyler fiziksel, mekanik, kimyasal özellikler ve mikroyapı incelemeleri olmak üzere üç ana başlık altında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Genel sonuçları içeren altıncı bölümde Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinden, hafif duvar elemanı üretilmesinde dikkat edilecek hususlar açıklanmıştır. Çalışmada fiziksel, mekanik, kimyasal ve mikroyapıya ait özellikler sıralanmış, ayrıca yapı malzemesi olarak mimariye nasıl katkıda bulunacağı ve bundan sonra hangi araştırmaların yapılacağı maddeler halinde belirtilmiştir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Konu İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Tanaçan (1993), Betonarmenin taşıyıcı iskelet olarak kullanımının ortaya çıkışı ile birlikte duvar elemanlarının kalınlığı büyük ölçüde azalmış ve buna bağlı olarak ısıya ve neme dayalı problemler görülmüştür. Ülkemizin ekonomik durumu göz önünde bulundurulduğunda inşaat sektöründe malzemeye duyulan ihtiyacın yüksek düzeyde olması finansmanın ve mevcut kaynakların verimli kullanımının önemini artırmaktadır. Yapı ve malzeme üretiminde verimliliğin; üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ve mevcut kaynaklara dayalı yerel malzemelerin üretilmesiyle sağlanabileceği düşünülmektedir. Bu doktora tez çalışmasında yapıdaki ısıya ve neme dayalı problemlerin çözülmesi ve yapı malzeme üretiminde verimliliğin sağlanması amaçlarıyla; mekanik mukavemeti yüksek, daha iyi ısı yalıtımı sağlayabilen bir tuğla duvar malzemesinin üretilebilirliği araştırılmıştır. Pişmiş toprağın hammadde olarak kullanıldığı bu yeni tuğla malzemesinde genişmiş perlit, boraks ve borik asit üretim artığı, soda-kireç camı tozu ve NaOH malzemelerinin katkı malzemesi olarak kullanıldığında teknik ve mekanik özelliklerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar ışığında, mekanik dayanımları standartların altına düşmeden daha iyi ısı yalıtımı sağlayan yüksek ısıl performanslı tuğla malzemesi üretilebildiği tespit edilmiştir.

Koçu (1997), Yapı sektöründe üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, yerel hammadde kaynakları kullanılarak minimum enerji ile dönemin şartlarına ve ihtiyaçlarına uygun yeni bir malzemenin üretilmesi önem arz etmektedir. Bu doktora tezi çalışmasında ekonomik, sağlıklı, üretimi ve uygulaması kolay ve estetik ihtiyaçları karşılayabilen çağdaş ve yerel malzemelerin geliştirilmesi amaçlarıyla; Konya çevresindeki volkanik tüfün yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi için puzolanik aktivite özelliğinden faydalanılarak üretilen ürünlerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çimento kullanılmadan, volkanik tüfün bağlayıcı malzeme olarak kullanıldığı bu çalışmada kireç-kumtaşı tuğlası ve gözenekleri ayarlanabilen boşluklu elemanlar üretilebildiği ispatlanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular neticesinde; ısıl iletkenlik katsayısının birim hacim ağırlığı ve kompasite ile doğru orantılı olarak değiştiği, eğilme ve basınç dayanımlarının paralel olarak artıp azaldığı, kompasite arttıkça dayanımın arttığı

gözlenmiştir. Don tesirlerine dayanıklılık deneyi sonrası yapılan basınç dayanımı deneyine göre dayanımın %25 oranında azaldığı saptanmıştır.

Davraz (1998), Endüstride üretim alanlarında başlıca kaynağı oluşturan hammaddelerden bazıları, ülkemizde zengin miktarda bulunan doğal hammaddelerden olmasına rağmen yeterince önem kazanamamıştır. Bu hammaddelerden biri olan bims, ülkemizde farklı inşaat malzemelerinin üretiminde kullanılmakla birlikte ekonomik uygunluğu ve kazancı yönünden yeterince incelenmemiştir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında Isparta yöresi bimsinin; hafif yapı malzemesi, çatı örtü malzemesi ve alçıpan kaplamada izolasyon malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler neticesinde bimsin inşaat sektöründe, dekorasyon malzemesi olarak kullanımında basınç mukavemeti, ses geçirimi ve kalite faktörünün araştırılması önerilmiştir. Bimsin hafif agrega olarak kullanımında, alçıpan kaplamada ağırlığı azaltıcı ve yalıtım özelliklerini iyileştirici özelliklerde kullanılabilirliği saptanmıştır.

Gençer (2000), yığma yapıların kullanımı, ülkemizde özellikle kırsal alanlarda çok fazladır. Bu tez çalışmasında bims agregalı bimsblokların taşıyıcı olarak kullanıldıkları yığma yapılarda, deprem etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Bu amaçla sarsma tablası deneyi yapılarak, depremlerde olduğu gibi deney yapı modellerine dinamik yatay yükler uygulanmıştır. Yapılan deneyler sonrasında, tuğla ile imal edilmiş yığma yapıların ve bimsblok ile imal edilmiş yığma yapıların sonuçları mukayese edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre bimsblokların basınç dayanımı ve boşluk oranları taşıma gücünü etkilemiş, bimsblokların boşlukları arasına bir miktar harç konulması yapının yatay yüklere dayanımını artırdığı görülmüştür.

Demir ve Orhan (2001), hammaddesi kil olan geleneksel yapı malzemesi tuğlanın bims katkısı ile üretiminin kullanım olanaklarının araştırıldığı bu makale çalışmasında, farklı oranlarda hazırlanmış karışımlarla üç ayrı numune grubu üretilmiş ve incelenmiştir. Bu numuneler üzerinde yapılan testler neticesinde, bims katkılı numunelerin katkısız numunelere göre kuruma ve küçülme değerlerinde azalma görülmüş ve bu durum pişirme sürecini olumlu etkilemiştir ancak gözenekli yapısı sayesinde su emme değerleri fazla olduğundan kullanımı olumsuz etkileyeceği tespit edilmiştir. Birim hacim ağırlığı bakımından bims katkılı numuneler, katkısız numunelere göre daha hafif olup bina yükünü azaltacaktır. Bunun yanı sıra bims katkılı numunelerin, bims boyutları büyüdükçe

yeterli basınç dayanımı sağlayamadığı görülmüştür. Bu durumda çok ince bims katkısı yapılmayıp daha büyük boyutlarda bims katkısı yapılırsa malzemenin, taşıyıcı duvar elemanı olarak kullanılamayacağı, dolgu duvar elemanı olarak kullanılabileceği sonuçlarına varılmıştır.

Çiçek (2002), 1999 yılında ülkemizde gerçekleşen deprem felaketlerinin ardından, yapı malzemelerinin tasarımı, seçimi ve taşıyıcılığı hususları giderek önem kazanmış ve bu alanda çalışmalar, tartışmalar başlamıştır. Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitli yapı malzemelerinin karşılaştırılmalı olarak incelendiği bu yüksek lisans çalışmasında, bu malzemelerin tanımı, sınıflandırılması, üretim teknolojisi, kullanım alanları, özellikleri ve yapı sektöründe kullanımları örneklerle incelenmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde, günümüzde büyük oranlarda kullanılan bu malzemelerin çeşitli avantajları ve dezavantajları tespit edilmiştir. Bims, düşük birim hacim ağırlığı sayesinde taşıyıcı sisteme binen yükü azaltması, hafif beton agregası olarak kullanıldığında donatıdan tasarruf edilmesi, iklim koşullarına belli oranda dayanıklı, yangına karşı yüksek mukavemete sahip olması gibi avantajlara; su etkisine karşı yeterince dirençli olmaması gibi dezavantajlara sahiptir.

Çağlayan ve Kahrıman (2003), şehirlerin vazgeçilmez elemanı olan kent mobilyalarının her geçen gün kullanımının artmasıyla beraber çeşitliliği ve üretim teknolojileri artırılarak geliştirilmektedir. Bu makale araştırmasında bims hammaddesi kullanılarak üretilen bimsbeton kent mobilyalarının, klasik beton kent mobilyalarına göre avantajları ve dezavantajları irdelenmiştir. Araştırmalar neticesinde, bimsbetondan üretilen saksı, çiçeklik gibi elemanlar; bimsin bünyesinde suyu uzun müddet muhafaza etmesinden dolayı bitki toprağının uzun süre nemli kalmasını sağlayarak bitkiler için standartların üstünde bir yetişme konforu oluşturacaktır. Bimsbetonun normal betondan hafif olması sebebiyle, bimsbetondan üretilen kent mobilyaları da daha hafif olup kullanılması ve taşınması kolaylaşmıştır. Bimsbetonun normal betondan elastik olması sayesinde darbelere daha fazla dayanıklılık göstermesi ve yangına daha dayanıklı olması da büyük avantajlarındanır.

Konuk (2003), hafif beton üretiminde yapay agregalar yerine doğal agregaların kullanılması beton dayanımının düşük olmasına sebep olmakla birlikte, üretiminde farklı katkıları ve iyileştirmeler yapılarak orta dayanım gerektiren çatı döşemesi ve duvar

panellerinin imalatında kullanılabilir. Bu çalışmada Nevşehir bims agregası kullanılarak yedi farklı karışım hazırlanarak beton numuneleri üretilmiş ve numuneler üzerinde çeşitli mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlere göre bims ile üretilen beton numunelerde birim ağırlıkları arttıkça basınç dayanımı, yarma dayanımı, elastisite modülleri ve ısı iletkenlik katsayılarının arttığı gözlenmiştir.

Erdoğan vd. (2004), üstün teknik özelliklere sahip olan bimsin, hafif yapı malzemelerine verilen önemin artmasıyla kullanım olanakları da her geçen gün artmaktadır. Bimsin birim hacim ağırlığının düşük olması, yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlaması, deprem yükleri etkisindeki elastikiyeti, üretimi için harcanan enerjinin düşük olması, kolay sıva tutması, işçiliğinin kolay ve uygun maliyetlerde olması vb. üstün özelliklerinden dolayı inşaat sektöründe önemli bir yapı malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Nevşehir – Kaymaklı beldesinden çıkarılan bimsin kullanıldığı bu makale çalışmasında, bu beldeye ait bimslerin jeolojik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri araştırılarak hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bims agregası ve farklı oranlarda karışımı hazırlanarak üretilen bimsbeton numuneleri üzerinde gerçekleştirilen deneyler neticesinde, bimsin teknik ve karakteristik değerleri tespit edilmiş, numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş ve Nevşehir – Kaymaklı beldesi bimslerinin hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılabilir olduğuna karar verilmiştir.

Ulusoy, Gündüz ve Şapcı (2004), ülkemizde fiziksel ve kimyasal yapısının çeşitlilik gösterdiği yaklaşık on farklı bims vardır. Bu makale çalışmasında, Karaman ve civarı bimslerinin özellikleri incelenmiş ve diğer bims türleri ile teknik olarak mukayesesi irdelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Karaman ve civarı bimslerinin asidik yapıda olduğu ve inşaat sektörü için istenilen kimyasal bileşimleri sağladığı görülmüştür. Yapısal olarak kayaç mukayesesinde, Karaman ve civarı bimslerinin genelde görülen bims kayaç oluşumlarından farklı bir karakter sergilemediği tespit edilmiştir. Fiziksel olarak bimslerin mukayesesinde Karaman ve civarı bimslerinin; yalıtım betonu ya da orta mukavemette beton elde etmek için uygun bir agrega olduğu, diğer bimslere oranla düşük su emme kapasitesine sahip olduğu, atmosfer koşullarına ve donmaya dayanıklı olduğu, ısı geçişlerine dayanıklı olduğu, akustik konforu sağlayabilecek ses yutuculuğuna sahip olduğu görülmüştür. Bu özellikleriyle Karaman ve civarı bimslerinin, hafif beton ve hafif yapı elemanı üretiminde agrega olarak kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Ceylan (2005), bims ülkemizde en yaygın olarak inşaat sektöründe yapı malzemesi üretiminde kullanılmaktadır. Bu doktora tezi çalışmasında bimsin yapı malzemeleri üretiminde agrega olarak hafif beton üretiminde kullanılması ve bimssten üretilen hafif betonların yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakıldıktan sonraki basınç dayanımları incelenmiştir. Üç farklı tür bims kullanılarak üretilen deney numuneleri üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda Nevşehir-Göre, Kayseri-Talas ve İzmir-Menderes bimslerinin hafif beton üretiminde hafif agrega olarak kullanılabileceği saptanmıştır. Kuru birim hacim ağırlık bakımından en hafif numunenin Kayseri-Talas bimsinden elde edilen hafif beton olduğu görülmüştür. Su emme oranı bakımından en az su emen numunenin İzmir-Menderes bimsi ile üretilen numune olduğu görülmüştür. Basınç dayanım değerleri bakımından en dayanıklı numunenin; yüksek sıcaklığa maruz kalmadan önce Kayseri ve Nevşehir bimsleri karışımı kullanılarak üretilen hafif betonların olduğu, yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonra ise en büyük dayanımı İzmir-Menderes bimsi ile üretilen hafif betonların gösterdiği saptanmıştır. Bu durumda yüksek sıcaklığa maruz kalmadan önceki basınç dayanım değerlerinin, yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonraki değerlerle uyum sağlamadığı görülmektedir.

Davraz vd. (2005), dünyada ve ülkemizde teknolojinin gelişmesiyle beraber, ülkemizin önemli doğal kaynaklarından olan bimsin, kimyasal ve yapısal oluşum şekillerine bağlı olarak kullanım olanakları her geçen gün artmaktadır. Bu makalede bims genel olarak tanımlanmış, ülkemiz açısından önemi ve endüstriyel kullanım olanakları araştırılmıştır. Yapılan araştırmalara göre, bims üretiminde maden işletmeciliğine uygun bir üretim yapılmadığı görülmüştür. Üretimde gerekli altyapı ve yatırımlar geliştirilmelidir. Bimsin ihracatında, Türk bimslerinin ambalajlarının değiştirilip ihraç eden ülkenin ismiyle pazarlanması ve bundan büyük kazançlar elde etmeleri ülkemiz açısından önemli bir kayba yol açmaktadır. Ham ürün ihracatından ziyade mamül-yarı mamül ürün olarak ihracatının yapılması, ülkemize ekonomik açıdan büyük yarar sağlayacaktır. Bunun için üniversite-sanayi işbirliği ve yatırımları geliştirilmelidir.

Sancak (2005), ülkemizde geniş rezervleri bulunan bims agregaları ile üretilen bimsbeton ve normal betonların karşılaştırmalı olarak araştırıldığı bu doktora tezi çalışmasında, her geçen gün önemi artan bimsbetonların günümüz teknolojisi ile teknik özellikleri araştırılmıştır. Deney numunelerinin üretiminde, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcılar değişik oranlarda kullanılarak 12 farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Numuneler

üzerinde yapılan deneyler neticesinde bimsbetonların, normal betondan ağırlıkça %23 daha hafif olduğu görülmüştür. Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcının basınç dayanımını etkilediği, birlikte kullanıldığında kullanım oranı arttıkça basınç dayanımının arttığı gözlenmiştir. Normal betonların bimsbetonlara göre sıcaklığa dayanımının daha fazla olduğu görülmüştür. Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı bimsbetonların aderans dayanımının, katkı normal betonların aderans dayanımından önemli oranda daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Günaydın (2006), kendiliğinden yerleşen betonlar, vibrasyon ihtiyacı duymayan, sıkıştırma enerjisi ihtiyacını ortadan kaldıran, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür. İşçilik hatalarını azaltması, üretimi hızlandırması, rijit kalıplardan ziyade estetik kalıp tasarımına olanak sağlaması, vibratör kullanımının imkânsız olduğu durumlarda kullanılabilmesi gibi çeşitli avantajları vardır. Kullanımı günden güne yaygınlaşan normal ağırlıklı kendiliğinden yerleşen betona alternatif olarak, kendiliğinden yerleşen hafif beton üretilmesi amaçlanan bu yüksek lisans tez çalışmasında, agrega olarak önemli bir hafif agrega olan bims kullanılmıştır. Farklı oranlarda uçucu kül ve süper akışkanlaştırıcı katkılarla hazırlanan beton karışımlarından 4 farklı dozajda deney numunesi üretilmiştir. Numuneler üzerinde uygulanan deneyler neticesinde kendiliğinden yerleşen hafif betonlarda bağlayıcı miktarının artmasının basınç dayanımını artırdığı görülmüştür. Katkı maddesiz hafif betonlarla kıyas edildiğinde uçucu külün basınç dayanımını olumlu etkilediği görülmüştür. Aynı zamanda basınç dayanımı arttıkça çekme dayanımının da arttığı tespit edilmiştir.

Mor (2007), gün geçtikçe tükenen enerji kaynakları enerjinin verimli tüketilmesinin araştırılmasını ve geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Enerji tüketiminin büyük kısmı ısınma için harcanmaktadır. Bu sebeple bu değerlerin minimuma indirmek amaçlı ısı yalıtım çalışmaları büyük önem kazanmıştır. Bimsbetondan imal edilmiş yapı elemanlarının ısı yalıtım değerlerinin iyileştirilmesi amaçlanan bu yüksek lisans tez çalışmasında, bimsblokların boşluklarının çeşitli yalıtım malzemesi ile doldurularak iyileştirilmesi araştırılmıştır. Camyünü, poliüretan köpük kullanılarak boşlukları doldurulan bimsblokların ve normal bimsblokların üzerinde uygulanan deneyler neticesinde sonuçlar birbiri ile mukayese edilerek genel kanılara varılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, camyünü ve poliüretan köpük ile doldurulan bimsblokların, normal bimsbloklara göre ısı iletim katsayısında önemli bir oranda iyileşme görülmüştür.

Camyünü malzemesi ile boşlukları doldurulan bimsblokların ısı yalıtım oranlarının başarılı olduğu görülmüştür ancak, diğer malzemelere göre kanserojen içermesi ve uygulama zorluğu gibi dezavantajları bulunmaktadır. Poliüretan köpük ile doldurulan bimsbloklar, polirüretanların ısı yalıtım amaçlı üretilmesine rağmen camyünü kadar iyi sonuç vermediği, normal bimsbloklardan biraz daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Kolay ve hızlı uygulanması avantajlarına sahipken, diğer malzemelere oranla maliyet bakımından pahalı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, boşlukları çeşitli yalıtım malzemesi ile doldurulan bimsblokların, normal bimsbloklara göre ısı iletim katsayısının daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Çayırılı (2008), ülkemizde zengin rezervleri bulunan bims, farklı yörelerden farklı karakteristik yapı ve özelliklerde çıkarılmaktadır. Endüstriyel bir hammadde olan bims inşaat sektörü haricinde; boya, kozmetik, kimya, seramik, dişçilik, ilaç, cam, elektronik gibi alanlarda da çeşitli kullanım bulmaktadır. Bazı sektörlerde normal boyutuyla kullanılması mümkünken bazı sektörlerde de çok ince boyutlarda kullanılabilir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında Isparta, Kayseri, Nevşehir ve Kars bölgelerinden çıkarılan bimslerin öğütülebilirlikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan deneylere göre bimsin ufalanmasında iri boyutlu bimsler kolaylık sağlarken, ince boyutlu bimslerin ufalanmayı zorlaştırdığı görülmüştür. Sonuç olarak Kayseri ve Nevşehir bimslerinin öğütülebilirliğinin yakın olduğu, Isparta ve Kars bimslerinin daha zor öğütülebilir olduğu görülmüştür.

Uzun (2008), enerji verimliliği yüksek yapılar tasarlamak, enerji tasarrufunu maximum düzeye ulaştırmak gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakmak bakımından önemli hususlardır. Bims teknik özellikleri ve gözenekli yapısından dolayı hafif ve ısı yalıtım değeri yüksek bir malzeme olarak boşluklu duvar elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Teknik olarak üstün parametrelere sahip bimsbloklar inşaat sektöründe geleneksel malzemeler kadar yaygın kullanılmamakta ve sağlayacağı enerji tasarrufundan da yararlanılamamaktadır. Bu yüksek lisans tez çalışmasında bimsblok uygulama bilgileri, avantaj ve dezavantajları, bimsblok ile örülen duvarların yapısal performansı ve çevre etkileri araştırılmıştır. Bimsblok ile örülen dış duvarlarda yapı kalitesini olumlu etkileyen rabbitz tel, metal profil gibi kullanımların yapı ömrünü artırdığı bilinmekle beraber yapılarda nadiren uygulandığı gözlemlenmiştir. Bimsblok dolgulu dış duvarlara

yalıtım yapılmasının enerji tasarrufunu büyük derecede olumlu etkilediği ve günümüz yapılarında da uygulandığı görülmüştür.

Kocaman (2009), Farklı çeşit, renk ve dokulardaki betonlar çeşitli yapı elemanları ve obje tasarımına imkân sağlamaktadır. Hafif betonlar hafif agregalarla üretilmekte ve ülkemizde yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Bu yüksek lisans tez çalışmasında, hafif agregalardan bims ile üretilen hafif betonlar ve bu hafif betonlardan üretilen hafif yapı elemanları bimsbloklar araştırılmıştır. Çeşitli teknik avantajları ve çevresel olumlu etkileri sebebiyle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hususlarında çok büyük önem arz eden bu yapı malzemeleri, gelecek nesillere daha iyi bir çevre bırakabilmek için hak ettiği öneme kavuşturulmalıdır. Bimsin farklı sektörlerde kullanımı için aranan malzeme özellikleri incelenerek, en verimli tüketimi için saflaştırma yönteminin kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde tüvenan (ocaktan çıkarıldıktan sonra hiçbir işlem görmemiş) bimsten üretilen bimsblokların dayanım ve yalıtım değerlerinin standardı sağlayamadığı; saflaştırılmış bimsten üretilen bimsblokların yüksek dayanım ve yalıtım değerlerine sahip olduğu aynı zamanda ürünün fiziksel, kimyasal ve teknik değerler bakımından standardı sağladığı saptanmıştır. Milli ekonomimiz açısından bims, ülkemizde zengin rezervleri bulunmasına rağmen, işlenmiş ürün bakımından diğer dünya ülkeleri kadar gelişmiş değildir. İhracat verilerinde iyileştirmeler olabilmesi için, işlenmiş ürünlerin geliştirilmesinin büyük önem arz ettiği ve bunun bimsin saflaştırılmasıyla sağlanacağı sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak saflaştırmanın kaçınılmaz olduğu saptanmıştır.

Toklu (2009), son yıllarda hafif yapı elemanlarına olan talebin artmasıyla gazbeton ve bimsblok arasında ciddi bir rekabet gelişmiştir. Bimsblokların kullanım olanaklarının iyileştirilmesi, üretim maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanan bu tez çalışmasında, ekonomikliği sağlamada büyük rolü olan birim hacim ağırlık değerlerinin düşürülmesi araştırılmaktadır. Bu amaçlarla tüvenan (ocaktan çıkarıldıktan sonra hiçbir işlem görmemiş) bimsten ve yıkanmış bimsten iki farklı tür bimsbloklar üretilmiş ve deneye tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgulara göre yıkanmış bimsle üretilen bimsblokların normal bimsbloklara göre birim hacim ağırlığının daha düşük olduğu görülmüştür. Yıkanan bimsle üretilen bimsblokların birim maliyetinin daha düşük olduğu ve normal bimsbloklara oranla fiziksel olarak rekabet kalitesini artırdığı tespit edilmiştir.

Aksoy (2010), kullanım alanı her geçen gün artan bims, ülkemizde çeşitli bölgelerden farklı yapılar ve özelliklerde çıkarılmaktadır. Bu farklı özellik ve yapısal oluşum şekillerine sahip bimsler, değişik endüstri alanlarında kullanım bulmaktadır. Bu çalışmada Isparta-Gelincik yöresi bimslerinin çeşitli agrega analizleri yapılmış ve farklı özelliklerde karışımlar hazırlanarak beton numuneleri elde edilmiştir. Yapılan deneyler neticesinde bimsin asidik yapılı bims olduğu, bu asidik bims ile hazırlanan beton tasarımlarının hafif beton sınıfına girdiği saptanmıştır. Sonuçlar neticesinde en iyi mukavemete sahip beton tasarımının %40 dere kumu, %20 iri bims, %25 orta büyüklükte bims, %15 ince bims agrega karışımı olarak üretilen beton olduğu tespit edilmiştir.

Alyanak Kaya (2010), dış duvar sistemini oluşturan iki temel öge olan duvar dolgu malzemesi ve ısı yalıtım malzemesi, binaların ısı yalıtım kalitesini etkileyen önemli unsurlardır. Duvar dolgu malzemelerinin seçimlerini etkileyen faktörler ve bu malzemelerin seçiminde ısı yalıtımı özelliklerine ne kadar önem verildiğinin araştırıldığı bu yüksek lisans tezinde; çeşitli incelemeler ve mimarlara yapılan anketler neticesinde, malzemelerin ısı yalıtımına yönelik avantajları ve dezavantajları irdelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre tuğlanın dolgu malzemesi olarak kullanıldığı duvar sistemlerinde, tuğlanın ısıl iletkenlik katsayısının bimsblok ve gazbetondan yüksek olması sebebiyle ısı yalıtım malzemesi kalınlıklarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tuğla, bimsblok ve gazbeton ile oluşturulan duvar sistemlerinin mukayesesinde, tuğla ve bimsblok sistemlerin maliyetlerinin birbirine yakın değerlerde; gazbeton ile oluşturulan sistemlerin en yüksek maliyet değerine sahip olduğu görülmüştür. Isıl iletkenlik değerinin düşük, ısı yalıtım malzeme kalınlığının az olmasına rağmen, gazbeton üretim maliyetinin yüksek olması sebebiyle gazbeton duvar sistemlerinin maliyetinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. En uygun maliyet değerine sahip olan sistemin, bimsblok duvar sistemi olduğu görülmüştür.

Çelik (2010), teknolojinin gelişmesiyle beraber maden mühendisliği biliminde araştırma olanakları artmış ve bazı kayaç türlerinin, şimdiki kullanım alanlarından farklı endüstri alanlarında kullanım bulması sağlanmıştır. Yapı sektöründe hafif yapı elemanları ve hafif beton kullanımının teknik üstünlükleri ve ekonomik avantajları sebebiyle önem kazanması, bu kayaç türlerinin kullanımını artırmaktadır. Bu doktora tezi çalışmasında agrega olarak geliştirilmiş perlit, bağlayıcı olarak kil-bor mineralleri kullanılarak, yüksek dayanım ve düşük birim hacim ağırlık değerlerine sahip yeni hafif yapı elemanı

üretilebilirliği araştırılmıştır. Perlit hammaddeli, kolemanit ve kil bağlayıcılı olarak perlit tuğla üretimi yapılmış ve bu perlit tuğla üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Perlit tuğladan elde edilen veriler normal tuğla, gazbeton, bimsblok ve sandviç tuğladan elde edilen verilerle mukayese edilerek teknik özellikleri irdelenmiştir. Bu veriler ışığında perlit tuğlanın; ısı ve ses yalıtımının diğer yapı elemanlarından daha üstün kalitede olması, normal tuğlaya göre daha hafif olması gibi önemli avantajları saptanmıştır. İnşaat sektörü için yeni bir hafif yapı elemanı olan perlit tuğlanın üretilmesi ve kullanılması sektörde malzeme çeşitliliği, enerji tasarrufu ve inşaat maliyetlerinin azalması gibi önemli faydalar sağlayacaktır.

Akkaş (2011), bims kullanımı giderek yaygınlaşan ve ülkemizde çokça bulunan bir hafif agregadır. Bu doktora tezi çalışmasında bims kullanılarak, normal betondan daha düşük birim hacim ağırlığa sahip ve düşük taşıyıcı hafif beton üretilebilirliği araştırılmıştır. Normal agrega ve bims agregası kullanılarak farklı karışım oranlarına sahip normal, hafif ve taşıyıcı hafif beton numuneleri üretilerek, fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında normal agrega ve bims agregası karışımı ile üretilen taşıyıcı hafif betonların taşıyıcı eleman olarak kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Taşıyıcı hafif betonların normal betondan hafif olmaları sebebiyle yapıdaki ölü yükün azalmasını sağlayacağı öngörülmüştür. İyi ısı ve ses yalıtımı, yangın dayanımı gibi avantajlarıyla inşaat maliyetinin de azalmasını sağlayacaktır. Normal betona göre daha fazla çimento gereksinimi olması dezavantajının yanı sıra daha hafif olması sebebiyle depreme karşı daha dayanıklı olması uzun vadede daha önemli bir avantaj olarak görülmüştür.

Bideci (2011), inşaat sektöründe kullanımı giderek artan bims, üretimi kolay, ekonomik ve katma değeri yüksek olan bir yapı malzemesidir. Bu doktora tezi çalışmasında, yapı sektörünün önemli malzemesi olan hafif betonun, su itme ve esneklik özellikleri olan polimerle birleştirilerek farklı bir beton agregası ve beton imalatı araştırılmıştır. Bims agregalarının polimerle kaplanarak agrega analizleri yapılmış ve bu yeni agregalarla üretilen beton numuneleri üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde Kayseri-Talas mevkiinden alınan bimsin asidik özellikte olduğu saptanmıştır. Polimer kaplanan agregaların özgül ağırlık değerinin arttığı görülmüştür. Polimer kaplı agregalardan ve normal agregalardan üretilen betonların hafif beton sınıfında olduğu

tespit edilmiştir. Sonuç olarak polimer kaplı agregaların su emmeleri azalmış, yeni ve farklı bir agrega ve hafif beton üretilebilirliği kanıtlanmıştır.

Efe (2011), gözenekli hafif doğal taşların beton kiremit agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu tez çalışmasında Nevşehir bimsi ve Kütahya ignimbirit agregaları kullanılmıştır. Çimento bağlayıcılı, uçucu kül ve genişletilmiş perlit katkılı karışımları hazırlanan betonlardan beş farklı dozajda on ayrı deney numunesi üretilmiştir. Numuneler üzerinde yapılan deneylere göre, bims ve ignimbirit agregasının hafif beton kiremit üretiminde kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Uçucu kül katkısının mekanik dayanımı artırdığı; genişletilmiş perlit katkısının yalıtım değerlerini iyileştirmesine rağmen mekanik dayanımı ciddi oranda düşürdüğü görülmüştür. Kiremit formunda hazırlanan numunelerin, normal beton kiremitlerle mukayesesinde ağırlıkça %30 daha hafif olduğu görülmüştür. Su emme oranları beton kiremite oranla daha fazla olduğu ancak ısı yalıtım değerlerinin önemli oranda yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Soğancı (2011), bims volkanik faaliyetler sonucu oluşan gözenekli yapıda bir kayadır. Bu doktora tezi çalışmasında, Nevşehir-Kızıltepe mevkiinden seçilen üç alandaki bims zeminlerin taşıma gücü araştırılmıştır. Arazi ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler neticesinde gözenekli yapıya sahip bimslerin bünyesine su emerek ağırlaşmasının şev stabilitesinde önemli bir sorun teşkil ettiği, su emme değerlerinin bims tane çapı büyüdükçe azaldığı görülmüştür. Kum ve bimsin aynı boyuttaki numuneleri üzerinde yapılan taşıma gücü deneyi sonuçlarına göre kumun daha yüksek taşıma gücüne sahip olduğu görülmüştür. Böylelikle bims katmanlarına aplik edilen bina temellerinde taşıma gücünün bir miktar daha az olduğu söylenebilir. Çimento enjeksiyonu yapılan bimslerin taşıma gücü normal bimslerden önemli miktarda fazla çıkmış ve mukavemet değeri de artmıştır. Sonuç olarak bims zeminlerin çimento enjeksiyonu ile çok yüksek bir dayanım değerine sahip olabileceği anlaşılmaktadır.

Bekaroğlu (2012), yalıtım ve hafiflik bakımından üstün teknik özelliklere sahip köpük betonların kullanımı giderek artmaktadır. Kompozit yapı malzemelerin ve teknik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanan bu yüksek lisans tez çalışmasında Kayseri bims agregası kullanılarak kompozit yapı selülozik bileşenli köpük beton üretilebilirliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere numune köpük beton üretilmiş ve laboratuvar ortamında standartlara göre analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen

bulgular neticesinde Kayseri bimsinin köpük beton üretiminde kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Üretimde kullanılan polimerin köpük betonun porozitesini artırmasıyla birim hacim ağırlığını düşürdüğü görülmüştür. Isı yalıtım ve su buharı geçirgenliği değerlerinin çok iyi olduğu ve polimer katkısının ısı yalıtımını olumlu etkilediği saptanmıştır. Sonuç olarak yalıtım ve hafiflik bakımından üstün avantajlara sahip yeni bir köpük beton malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir.

Koçyiğit (2012), enerji kaynaklarının verimli tüketilmesi, günümüz dünyasının önemli problemlerinden olup, gelecek nesillere daha iyi bir çevre bırakmak yönünden çok önemlidir. Bu bağlamda enerji tüketiminin en fazla olduğu ısıtma sistemlerinde enerji sarfiyatını en aza indirmek ancak ısı yalıtım sistemleri ile sağlanabilir. Enerji sarfiyatının minimum düzeye indirilmesi amaçlanan bu doktora tezi çalışmasında, yapı malzemelerinin ısı yalıtım değerlerinin iyileştirilmesi için ısı iletim katsayılarının küçük olduğu agregaların, yeni bir yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Isı iletim katsayısının düşük olduğu agregalardan olan bims ile bağlayıcı olarak çimento ve kitrenin kullanıldığı farklı dozajlarda beton karışımlarından deney numuneleri üretilmiş ve deneylere tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre bu yeni yapı malzemesinin, hafif olması sayesinde depreme dayanıklı binalarda taşıyıcı, bölme ve dolgu duvar elemanı olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Isı iletkenliğinin birçok yapı malzemesine göre daha düşük olduğu bu yeni yapı malzemesinde, ısı yalıtımının çok iyi sağlanabileceği saptanmıştır. Bu özelliği sayesinde bu malzemenin, yapılarda kullanımında enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

Seyran (2012), son yıllarda kullanımı yoğunlaşan dekoratif kaplama taşlarının birim hacim ağırlığının fazla olması sebebiyle, daha hafif ve teknik özellikler bakımından daha üstün yalıtımlı dekoratif kaplama taşları üretilmesi amaçlanan bu yüksek lisans tez çalışmasında bir dizi deney numunesi üretilmiş ve bu malzemelerin teknik özellikleri araştırılmıştır. Bims, ignimbirit, volkanik cüruf ve perlit agregaları kullanılarak çeşitli doğal mineral esaslı kompozit polimer yapıları harçlar hazırlanmış ve plakalar halinde üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan inceleme ve analizlere göre Nevşehir bimsi ile üretilen plakaların, birim hacim ağırlık değeri bakımından en hafif plaka olduğu; perlit ile üretilen plakaların en ağır plaka olduğu görülmüştür. Düşük birim hacim ağırlığa sahip plakaların ısı yalıtım değerleri optimum değeri sağlamaktadır. Basınç dayanımı bakımından volkanik cürufli plakanın en dayanıklı plaka olduğu; perlitli plakanın en

dayanaksız plaka olduğu görülmüştür. Volkanik cürüflü plakalar basınç dayanım değerleri çok iyi olmasına rağmen birim hacim ağırlığı yüksek ve ısı yalıtım değerleri de diğer malzemelere oranla kötü değerdedir. Isı yalıtım değerleri ve birim hacim ağırlık bakımından bims ve ignimbirit ile üretilen plakalar standart değerlerde olup, en idealinin bims plakalar olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak Nevşehir bimsi, Kütahya ignimbiriti, volkanik cüruf agregaları ve kimyasal katkılarla üretilen plakaların yalıtımlı dekoratif kaplama taşı standartlarına uygun olduğu, yapı sektöründe ideal bir şekilde kullanılabileceği saptanmıştır.

Akyol (2013), Gözenekli bünye yapısı sayesinde hafif ve yüksek ısı yalıtımı göstermesi gibi üstün teknik parametrelere sahip bimsin kullanıldığı bu yüksek lisans tez çalışmasında, bims agregalı hafif beton blok özelliklerine termik santral atıkları olan uçucu küller ve strafor katkısının etkileri araştırılmıştır. Bims, çimento, strafor ve uçucu küllerin farklı oranlarda karıştırılması ile beş farklı numune grubu üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler neticesinde, strafor katkılı numunelerin basınç dayanımı değerlerinin düşük olmasını ile birlikte, uçucu kül miktarının artışıyla basınç dayanımı değerlerinin arttığı görülmüştür. Strafor katkılı numunelerin ısı iletkenlik kat sayısının, normal bimsblok standartlarına göre düşük olduğu tespit edilmiş ve bu iyileşmenin bina enerji tasarrufunda dikkate değer bir katkı sağlayabileceği öngörülmüştür.

Dünder (2013), duvarlar yapılarda bazen taşıyıcı duvar bazen de bölme duvar olarak; dış ve iç ortamın bağlantısını kesme ve iç mekanları birbirinden ayırmak için kullanılan düşey yapı elemanlarıdır. Duvarların dayanımı örgü elemanı olarak kullanılan yapı malzemesine ve harç yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu doktora tezi çalışmasında farklı duvar numuneleri üretilerek en uygun özelliklerde duvar örgü elemanı ve harç yapısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretilen duvar numuneleri üzerinde mekanik deneyler gerçekleştirilerek sonuçları mukayese edilmiştir. Deneyler neticesinde kayma dayanımı en iyi olan duvarlar, yığma tuğla ile örülen duvar numuneleridir. Bunun sebebi, yığma tuğla ve harç tutuculuğunun maximum düzeyde olmasındandır. Lifli harç kullanılarak örülen duvar numunelerinin, takviyeli harçla örülen duvar numunelerine göre kesme dayanımı daha yüksek çıkmıştır. Taşıyıcı özellikteki duvarlarda harman tuğlası, yığma tuğla ve bimsblokların örgü elemanı olarak kullanılıp, lif katkılı harçlarla üretilmesi yapıların daha güvenli hale gelmesinin sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Elmakuşu (2013), ülkemizde enerji sarfiyatını azaltmak ve enerji verimliliğini yükseltmek amacıyla, yapı malzemeleri üzerine çeşitli ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Günümüzde kullanımı çok artan yalıtım amaçlı plakaların, yüksek ısı dayanımı göstermesi; bina yüklerini azaltmak ve depreme dayanıklılık bakımlarından birim hacim ağırlıklarının düşük olması önemli hususlardandır. Bu yüksek lisans çalışmasında, düşük birim hacim ağırlık değerlerine sahip plaka, ürün üretimi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Deneysel numunelerinin üretiminde asidik özellikli Kütahya bimsi, bazik özellikli Manisa bimsi agregaları ile bağlayıcı olarak magnezyum oksit + dolgu şeklinde tasarlanan karışımlara ilaveten, geliştirilmiş perlit ve talaş tozu katkısı kullanılmıştır. Yapılan analizlere göre magnezyum oksit bağlayıcılı bir plakanın üretilebilir olduğu kanıtlanmıştır. Ülkemizde var olan enerjiyi daha verimli kullanabilmek amacıyla yapılan bu çalışmada, yalıtım amaçlı olarak üretilen plaka ürünlerinin, yalıtım özelliğiyle kullanımında avantaj sağlayan bir yapı malzemesi olduğu saptanmıştır.

Tatlıldil (2013), ülkemizde yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemelerinden olan strafor ve çeşitleri, üretiminde yurtdışından ithal edilen petrol ürünlerinin kullanılması sebebiyle ekonomide dışa bağımlı olmamızı etkileyen unsurlardandır. Atmosfere zararlı gaz salınımı yapan bu tür petrol kaynaklı malzemelerin kullanımını azaltmak, ülkemiz ekonomisinin güçlendirilmesine katkı sağlamak amaçlarıyla hazırlanan bu çalışmada; ısı yalıtım performansı yüksek panel duvarlar incelenmiştir. Andezit tozu ve mermer tozu atıklarının, granüle plastik atıklarının ve kopolimer/polipropilen liflerin değerlendirilerek çevresel sorun teşkil etmelerini önleyen bu panel duvar elemanı üretiminde, agrega olarak bims bağlayıcı olarak çimento kullanılmıştır. Farklı karışım oranlarına sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, ısı yalıtımlı panel duvar üretiminde andezit tozu ve mermer tozu atıklarının belirli bir oranda kullanılabileceği; granüle plastik atıklarının kullanılamayacağı kararına varılmıştır.

Sancak ve Tatlıldil (2013), bims agregalı betonlar, birim hacim ağırlığının düşük olması sebebiyle, hem hafif olmaları hem de ısı direnci ve ses yalıtımının yüksek olması gibi özellikleriyle bugünkü yapı endüstrisinde yaygın kullanılmaktadır. Bu makale çalışmasında bimsin, yük taşıyıcılık özelliği olmayan bölme panel duvar yapı malzemesi üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Farklı oranlarda çimento ve kimyasal katkı kullanılarak üretilen numuneler üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, bims ile üretilen malzemelerin tuğla

elemanlardan daha iyi dayanım değerlerine sahip olması, daha iyi ısı ve ses yalıtımı özellikleriyle bölme elemanı olarak kullanılmasında bir avantaj oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmada, bimsin yalnız taşıyıcılık özelliği olmayan bölme panel duvar elemanı üretiminde değil, aynı zamanda taşıyıcılık özelliği olan hazır duvar elemanları üretiminde de kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

Nevruz (2016), hafif yapı elemanları yalıtım ve nakliye bakımından avantajlar sağlaması sebebiyle günümüzde yaygın kullanılmaktadır. Bu çalışmada hafif yapı elemanlarının üretiminde kullanılan hafif agregalardan olan bims ve kırma kum kullanılarak harç numuneleri üretilmiş ve bu numunelerin, hem yaş hem de sertleşmiş halleri üzerinde incelemeler yapılmıştır. Yapılan incelemelere göre, bazik karakterli bimsten üretilen numuneler, asidik karakterli bimsten üretilen numunelere göre daha az basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Isparta bimsinden üretilen harçların düşük performans göstermesi sebebiyle, beton üretimi için kullanılmaması gerektiği saptanmıştır. Sonuç olarak hafif betonların özellikle kırsal alandaki tarımsal yapıların yalıtım ve hafiflik istenilen yapı elemanlarında kullanılması avantaj sağlayacaktır.

Bilgil ve Özdel (2017), ülkemizde üretilen bims esaslı bimsbloklar, bimslerin yeterince ince malzeme içermemesi sebebiyle bazı ince malzemeler ilave edilerek üretilmektedir. Bu makale araştırmasında, bimsblokların bünyesine ilave edilen ince malzemelerden olan ignimbiritin bimsblok üzerindeki fiziksel ve mekanik etkileri incelenmektedir. Deneysel olarak üretilen; öğütülmüş bims kullanılarak %100 bims dolgululu ve ignimbirit ilave edilmiş numuneler olmak üzere iki tip malzeme üretilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ignimbirit katkılı numunelerin %100 bims dolgululu numunelere göre mukavemet değeri daha yüksek çıkmış ancak numunenin birim hacim ağırlığında da önemli bir artış görülmüştür. Bu durum bina yükünü artıracığından deprem etkisinde olumsuz etkiler doğuracaktır.

Çamlı (2018), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında son yıllarda kentleşme kültürünün giderek yoğunlaşmasıyla rahatsız edici boyutlara ulaşan gürültü kirliliğine karşı, pomza madeninden yararlanarak yeni bir ses izolasyon malzemesi üretmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla üretilen yapı malzemesinde, akrilik, EPS köpük ve bims kullanılarak 5 farklı numune üretilmiş ve numuneler üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonrası elde edilen bulgulara göre üretilen malzeme, hem yapı içi hem de yapı dışı

mekanlarda kullanılabilen hafif bir malzeme olup, yalnız ses değil aynı zamanda ısı yalıtımı sağladığı da tespit edilmiştir.

Yolcu (2018), doğal hafif agregaların, yurtdışında kullanılan yapay hafif agregalar gibi dayanım ve performansa sahip olması amaçlanan bu yüksek lisans tez çalışmasında, bims kullanılarak yüksek performanslı taşıyıcı hafif beton üretilebilirliği araştırılmıştır. Bimsin hafif olması sebebiyle bims kullanımında, taşıyıcı sistem öz ağırlığının azalmasını sağlayacak ve yapının depreme daha dayanıklı performans göstermesine katkıda bulunacaktır. Prefabrik elemanların üretiminde kullanılabilecek, taşıyıcı eleman olarak dış etkilere karşı içyapısının daha dayanıklı olmasını sağlayacak ve sektöre yenilikçi bir ürün kazandırılacaktır. Çalışmalarda kullanılmak üzere bims agregalı beton numuneleri üretilmiş ve normal betonla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmalardan elde edilen veriler neticesinde bimsten üretilen hafif betonun, tüm taşıyıcı sistem ve elemanlarında uygulanmasının mümkün olduğu kanıtlanmıştır. Ülkemizde bimsin bimsblok, sıva ve dolgu malzemelerinde kullanılması yerine, taşıyıcı hafif beton veya prefabrikasyonda agrega olarak değerlendirilmesi sağlanacaktır. Sonuç olarak üretimi için büyük enerji tüketilen yapay agregalardan ziyade doğal bir agrega olarak bimsin kullanımının yaygınlaşması, ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlayacaktır.

Denktaş'ın (2019), çevre üzerinde olumsuz etki bırakan, termik santrallerin yan ürünü olan uçucu küllerin değerlendirilmesi ve bimsblok üretiminde çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu yüksek lisans çalışmasında, farklı oranlarda uçucu kül ilave edilmiş bimsblok numuneleri üretilmiş ve bu numuneler üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre üretilen numunelerin birim hacim ağırlığında azalma görülmüştür ve bu durum numunenin daha hafif olması sebebiyle yapıya gelen yükün de azalmasını sağlayacak, hem ekonomik olarak hem de deprem yüklerine daha düşük düzeyde maruz kalması gibi büyük avantajlar sağlayacağı öngörülmüştür.

Güdelek (2019), yüksek lisans tez çalışmasında uçucu küllerden olan senosfer atığının ekonomiye kazandırılması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynakların korunması amaçlarıyla bims agregalı hafif duvar kompozit yapı malzemesi üretimini hedeflemiştir. Yüksek sıcaklık direncine sahip olması amaçlanan bu malzemede bağlayıcı olarak çimento kullanılmış ve üretilen numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre bims agregasının artışı, malzemenin birim ağırlığını olumsuz etkileyerek artırmış, ancak basınç ve eğilme dayanımlarını olumlu etkilemiştir. Aynı zamanda su emme de azalmıştır. Sıcaklığa dayanıklılık yönünden bims agregasının yoğunluğunun artırıldığı numuneler olumlu gelişim göstermiş, sıcaklığa daha fazla dayanabilmiştir.

Oğuz (2019), bimsin inşaat sektöründe kullanımının artırılmasına yönelik gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında, parçacık boyutlu bims tozunun mikronize halde analizlerinin yapılarak daha verimli kullanılması amaçlanmıştır. Çalışmada bimsin mikronize hale getirilmesi, katkı malzemelerinin eklenmesi, yapı kimyasalı üretim süreçleri gözlemlenmiştir. Yapılan incelemeler doğrultusunda, bims katkılı silikon dış cephe kaplama malzemesinin yüksek yalıtım özellikleri sağlayabileceği öngörülmüştür.

Kale (2020), yüksek lisans tez çalışmasında hafif betona göre daha üstün özellikli bir yapı malzemesi üretmeyi amaçlayarak, termik santral atıkları olan uçucu küllerin çimento ikame malzemesi olarak kullanımıyla bims agregalı yeni bir hafif beton üretimi yapılmış ve bu malzeme üzerinde fiziksel, mekanik ve mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre uçucu kül miktarının artması, numunenin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumlu etkilediği görülmüştür.

Işık, Karaşin ve Kayan (2020), İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan bimsbloklar, bimsin en çok kullanıldığı alanlardandır. Bimsblokların mekanik dayanımlarının artırılması amaçlanan bu makale çalışmasında, çelik lif katkısının bimsbloklar üzerinde etkisi araştırılmıştır. Farklı oranlarda çelik lifler kullanılarak üretilen bimsbloklar üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. İncelemeler neticesinde çelik lif katkısıyla bimsblokların birim hacim ağırlığında kayda değer bir artış görülmemiştir. Çelik lif katkı oranının artışıyla bimsblok basınç dayanımı önemli oranda artmıştır. Isıl iletkenlik değerlerinde herhangi bir değişiklik görülmemesi sebebiyle, çelik lif katkısının ısıl iletkenliği etkilemediği anlaşılmıştır. Birim hacim ağırlığının düşük, basınç dayanım değerlerinin yüksek olması sebebiyle, çelik lif katkısının bimsblok üretiminde kullanılabilir olduğu görülmüştür.

3.2. Bims Ve Özellikleri

3.2.1. Bimsin Tanımı

Gündüz'e (aktaran Davraz vd., 2005, s. 1) göre, "dilimizde süngertaşı, kisir, köpüktaşı, topuktaşı, hışırtaşı gibi yöresel olarak adlandırılmakla birlikte, bilimsel terminolojide pümis (pumice), pümisit (pumicite) olarak da adlandırılabilir. Genellikle, iri çakıl boyutuna pümis, kum ve daha düşük tane boyutlarına da pümisit denilmekle birlikte teknoloji ithalinin etkisiyle bims, pomza, ponza terimleri olarak Türkçe'ye aktarılmıştır. Bims, İtalyanca ponza, Almanca bimsslein, İngilizce pumice olarak adlandırılır".

Bims volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, boşluklu, süngerimsi, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli, camsı bir kayadır. Oluşumu sürecinde, bünyesindeki gazların, ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekli yapısı sebebiyle ısı ve ses yalıtımı yüksek, hafif bir kayadır. Sertliği Mohs sertlik ölçeğine göre 5-6'dır. Kimyasal olarak içerisinde %75 kadar silis bulunabilmektedir (Erdoğan, 2007). Şekil 1.'de Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin genel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 1. Nevşehir- Kaymaklı yöresi bimslerinin genel görünümü

3.2.2. Bimsin Tarihçesi

Bims taşının bilinen en eski kullanımı M.Ö. Birinci yüzyılda Vitruvio'ya ait mimari özete dayanmaktadır. Vitruvio sudan hafif olması sebebiyle bims taşının yüzücü, hijyenik ve su emmeyen bir yapıda olduğunu belirlemiştir. Eski Romalılar zamanında, bims taşı çoğunlukla termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Bu dönemlere ait en belirgin örnekler Roma Panteonu ve İstanbul'daki Ayasofya Camisidir. O dönemlerden sonra bims taşı 1800'lerde Almanya'nın Koblenz kentinde tekrar ortaya çıkmıştır. Bims taşının yapı malzemesi olarak kullanılması 1851 yılında Amerika Birleşik Devleti'nin Kaliforniya eyaletinde başlamıştır. Geçtiğimiz 20 yıl içerisinde teknolojinin gelişmesi ve çevresel bilince ulaşılması ponza taşının kullanımını ve birçok sektöre yayılmasını sağlamıştır (Soylu Group, 2021).

3.2.3. Bimsin Sınıflandırılması

Günümüzden yüz yıl öncesine kadar volkanik kayalar, renklerine ve dokularına göre çıplak gözle sınıflandırılmışken; bugün mikroskopların kullanımıyla kayaların sınıflandırılması, yapısal ve dokusal özelliklerinin ayrıntılı olarak tespit edilmesiyle yapılmaktadır (Erdoğan, 2007).

Volkanik kökenli kayalar, günümüzde çeşitli özelliklerine göre farklı alanlarda kullanılmaktadır. Kayaç oluşumlarının optik ve kimyasal analizlerle detaylı olarak incelenmesi kayaların farklı sektörlerde kullanım olanaklarını artırmakta ve verimli tüketimini sağlamaktadır.

Uz'a (aktaran Kocaman, P., 2009, s. 11) göre, "kayaların sınıflandırılması araştırmacılar tarafından farklı şekillerde yapılabilmektedir. Başlıca sınıflandırma;

- Kimyasal sınıflandırma,
- Mineralojik sınıflandırma,
- Dokusal sınıflandırma,
- Doğada bulunuş şekillerine göre sınıflandırma,
- Renk indisine göre sınıflandırma,
- Feldspat indisine göre sınıflandırma

olarak sayılabilmektedir. Bunlardan en yaygın kullanılan sınıflandırma şekli kimyasal sınıflandırmadır. Kimyasal sınıflandırma, kimyasal analiz yöntemiyle kayacın kimyasal

bileşimini tespit ederek; oluşumunu, magma özelliklerini, kayaç serilerini belirlemeye yaramaktadır”.

Kimyasal analiz yöntemi, kayaçların içeriğindeki element ve oksitlerinin oranını tespit edilerek kimyasal bileşiminin tanımlanmasıdır. Uz’a (aktaran Gündüz, Hüseyin ve Rota, 2001, s. 177-178) göre “çeşitli araştırmacılar tarafından, element ve oksitlere dayanılarak çeşitli sınıflandırmalar geliştirilmiştir. En yaygın bilinen kimyasal sınıflandırma yöntemi, SiO₂ içeriğine göre olan sınıflandırmadır. Bu sınıflamada esas olarak irdelenen, kayaç yapısındaki silika içeriğidir, magmadan oluşmuş kayaçlarda SiO₂ oranı %35 - %80 arasında değişim göstermektedir. Bimslerin içeriğinde genel olarak SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, Na₂O, K₂O, CaO, MnO, MgO, TiO₂, H₂O ve CO₂ bileşenleri bulunmaktadır”.

SiO₂ içeriğine göre bims kayaç oluşumları;

- %66’ dan fazla SiO₂ içeren kayaçlar, asit kayaçlar
- %66 - 52 SiO₂ içeren, kayaçlar, nötr kayaçlar
- %52 - 45 SiO₂ içeren kayaçlar, bazik kayaçlar

olarak adlandırılmaktadır. Dünyanın çeşitli bölgelerinden çıkarılan bimslerde SiO₂ oranı %75’e kadar çıkabilmektedir (Gündüz, Hüseyin ve Rota, 2001, s.178).

Bimslerin kimyasal bileşiminde genel olarak;

- %55-75 SiO₂,
- %13-17 Al₂O₃,
- %1-3 Fe₂O₃,
- %7-8 Na₂O - K₂O,
- %1-2 CaO ve
- eser miktarda TiO₂ - SO₃

bulunmaktadır. Kayacın içerdiği SiO₂ bileşimi, kayaca aşındırıcı özellik kazandırmaktadır. Al₂O₃ bileşimi ise, ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na₂O ve K₂O tekstil sanayinde, reaksiyon özellikler veren mineraller olarak bilinmektedir (Gündüz vd., 2001, s.178).

Volkanik kökenli ve gözenekli kayaçlardan olan bims, volkanizmanın oluşum sürecine ve volkanik oluşum şartlarına bağlı olarak iki ayrı karakteristik yapıda oluşum göstermektedir. Bunlar;

- Asidik karakterde bims,
- Bazik karakterde bims

oluşumları olarak adlandırılır. Bazik magmanın yoğunluğu asidik magmaya göre yüksek olup; asidik karakterde bimsin gözeneklilik oranı çok daha yüksek, birim hacim ağırlığı $0,5 - 1 \text{ gr/cm}^3$ aralığında değişmektedir. Asidik karakterdeki bimslerin beyaz, kirli beyaz ve gri renklerde olduğu görülmektedir. Bazik karakterdeki bimsin gözeneklilik oranı asidik bimsinkinden daha düşük olup; birim hacim ağırlığı $1 - 2 \text{ gr/cm}^3$ aralığında değişmektedir. Bazik karakterdeki bimslerin kahve – siyah arası koyu renk tonlarında olduğu görülmektedir (Kocaman, 2009). Şekil 2.'de asidik karakterli, Şekil 3.'te bazik karakterli bims gösterilmektedir.



Şekil 2. Asidik karakterli bims

Kaynak: ZenStone Pumice (2021).



Şekil 3. Bazik karakterli bims

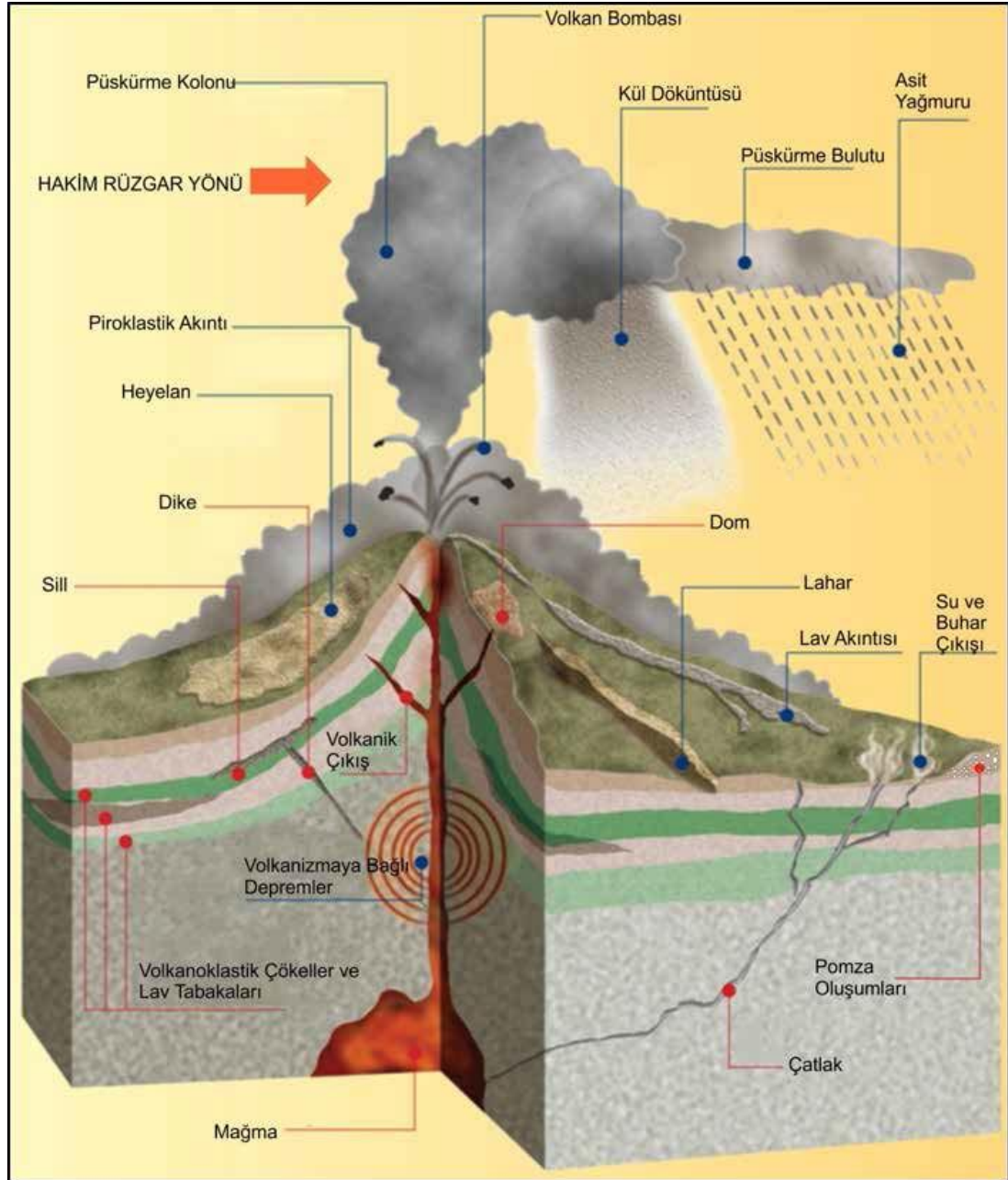
Kaynak: Mardin Sepet (2021).

Gündüz'e (aktaran Erdoğan, 2007, s. 19) göre, asidik karakterli bimslerde silisyum oranının daha yüksek olması bimsin aşındırıcılık özelliği kazandırarak beyazımsı bir renk almasını sağlamaktadır. Bu özellikleri sayesinde düşük yoğunluklu asidik bims, yapı sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Bazik karakterli bimslerde de alüminyum, demir kalsiyum ve magnezyum bileşenlerinin daha yüksek oranlarda bulunması nedeniyle yoğunluğu daha yüksek, rengi ise daha koyu bir yapı göstermektedir. Bazik karakterli bimsler yapısal özelliklerinden dolayı, yüksek mukavemet isteyen inşaat sahalarında yer döşemelerinde kullanılabilir bir özellik göstermektedir.

3.2.4. Bimsin Oluşumu, Bulunuşu Ve Üretimi

Kuşçu'ya (aktaran Ceylan, 2005, s. 13) göre "bims, volkanik aktivite sonucu oluşmuş, volkanik bir kayadır. Yer kabuğunun derinliklerinde bazaltın kısmi erimesiyle oluşan magma, volkanik aktivite sonucunda toz boyuttan büyük boyutlardaki bloklara kadar farklı boyutlarda dışarı atılır. Dışarı atılan magma, volkanın yakın çevresinden başlayarak rüzgarların da etkisiyle birkaç yüz km uzaklığa kadar düşebilir. Genel olarak iri taneliler yakına, ince taneliler daha uzaklara düşer. Volkanik patlama sonucu yüzeye ulaşan magma ani soğumaya maruz kalır. Bu ani soğuma gözenekli, süngerimsi bir yapı oluşturarak bimsi meydana getirir".

Yeryüzüne düşen magmanın ani soğuması sonucu oluşan bims, hava koşullarının etkisiyle yüzey şekillerine göre depolanarak, birincil bims yataklarını oluşturur. Bu bims yatakları zamanla, akarsular tarafından taşınarak yabancı materyallerle karışır ve ikincil yataklanmaları oluşturur (Ceylan, 2005, s. 13). Şekil 4.'te volkanik kayaçların oluşum ve yataklanmaları sürecini anlatan bir model gösterilmiştir.



Şekil 4. Volkanlar ve ilişkili diğer jeolojik süreçlerin genel bir modeli

Kaynak: PAUM (2015).

Volkanik patlamadan kayaç oluşumu sürecine kadar bims oluşumunu kontrol eden faktörler;

- Püskürme süresi,
- Ara süreler,
- Magma ısısı,
- Magmadaki erimiş gaz miktarı,
- Püsküren malzemenin soğuma zamanı

olarak belirlenmiştir (PAUM, 2015, s. 15). Bu faktörlere bağlı olarak değişik boyutlarda ve yüzey yapısında bimsler oluşmaktadır.

Gündüz ve Şengün'e (aktaran Kocaman, 2009, s. 10) göre, "bims oluşumlarında %3 ile %55 arasında değişen oranlarda yabancı madde karışımı söz konusudur. Bu yabancı maddeler teknik terminolojide "gang" madde olarak adlandırılır. Bims oluşumunda en çok görülen yabancı maddeler andezit ve bazalttır. Bims yatağında, gang malzeme miktarının fazlalığı, bu yataktan üretilecek bims taşının kullanım yerine de bağlı olmak koşuluyla kalitesini düşürücü bir unsurdur. Temiz ve saf bims taşı elde etmek için, bimsi zenginleştirme (saflaştırma) işlemleri uygulanarak, bims yatağından elde edilen tüvenan malzemedeki gang uzaklaştırılmalıdır".

Serin'e (aktaran Kocaman, 2009) göre, "Türkiye'de, 1972 yılından bu yana bims üretimi yapıldığı tespit edilmiştir. Ülkemiz bims rezervleri bakımından çok zengindir. Araştırılmış alanlarda yaklaşık 7 milyar metreküp bir potansiyele sahiptir".

Bims maden ocaklarında üretim, açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Üretimde yükleyici olarak loderler kullanılmaktadır. Tarım yapılan arazilerinin bulunduğu alanlarda bims üretimi yapılırken, üst örtü tabakasının iş makineleri ile sıyrılarak bir yere yığılması ve bims üretimini takiben bu toprağın üretim alanlarına serilmesi şekliyle üretim yapılmakta, böylece tarım arazileri korunmakta ve aynı alanda tarım yeniden yapılabilmektedir (Özkan ve Tuncer, 2001, s. 204).

Bims maden ocaklarından çıkarılan bimsler, homojen boyutlarda olmayıp yataklanma şekline bağlı olarak değişik boyutlarda karışık olarak çıkarılmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan bimslerde, homojen bir tane boyutu istenmektedir. Bu sebeple ocaktan çıkarılan tüvenan bimsin 3 cm'nin altına elenmesi ile bims içerisindeki yabancı

maddelerden ayrılması için havalı jiglerden geçirilmesi ürünün daha iyi pazar ve fiyat bulmasını sağlamaktadır (Özkan ve Tuncer, 2001, s. 204).

Tekstil sanayisinde kullanılan ayıklanmış bimsler 3-7 cm boyutunda elenmekte ve tamburlama işlemine tabi tutulmaktadır. Tamburlama işlemi yüksek teknoloji makinalar yardımıyla doğal haldeki taşların, köşelerinin yuvarlatılması ve pürüzlerinin alınarak; rijit şekilli, parlak ve pürüzsüz yüzeyli hale getirilmesidir. İşlem görmüş bu bimsler genellikle 50 kg'lık plastik çuvallar içerisinde ambalajlanmaktadır (Özkan ve Tuncer, 2001, s. 204).

Şekil 5.'te Nevşehir-Kaymaklı bölgesindeki bir bims maden işletmesine ait ocakta bims üretimi gösterilmektedir.

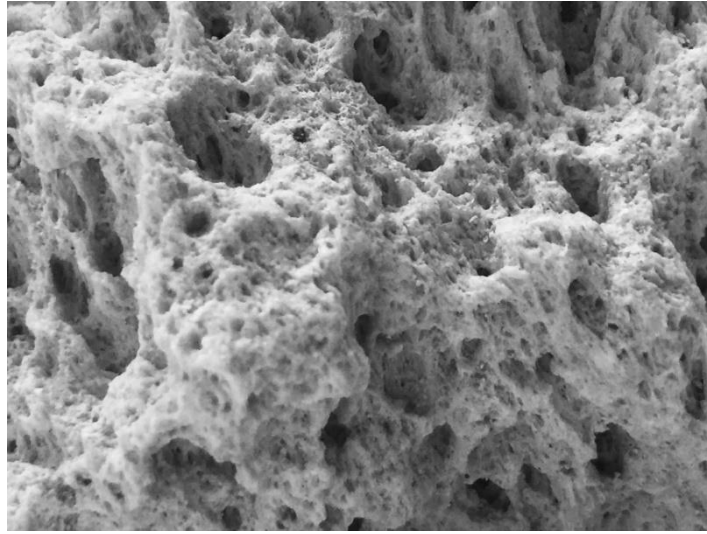


Şekil 5. Bims maden ocağında bims üretimi

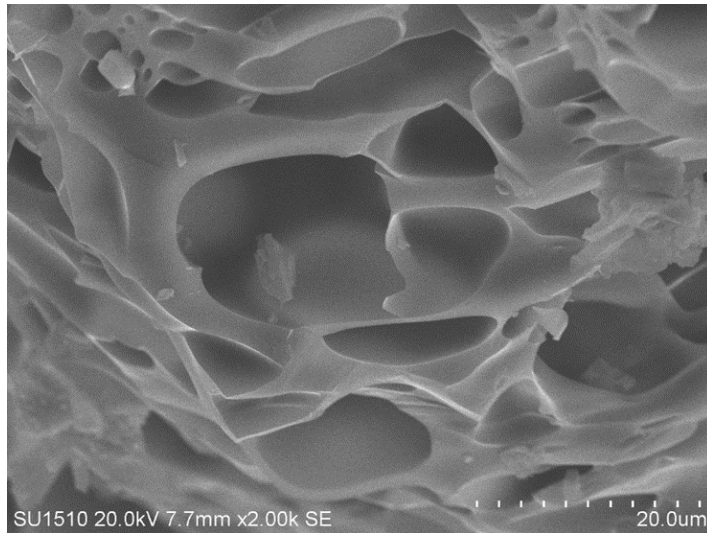
Şekil 5.'te üst örtüsü basamaklar halinde açılmış bims yatağından tüvenan haldeki bims; yükleyici iş makinalarıyla kamyonlara yüklenip sevkedilmekte ve aynı zamanda ocak içerisinde eleme işlemi yapmak için yükleyicilerle bunkere konularak elendikten sonra bant yardımıyla taşınarak yığınlar halinde ayrılmaktadır.

3.2.5. Bimsin Yapısal Ve Teknik Özellikleri

“Bims, volkanik faaliyetler neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, süngerimsi, bol gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların, bünyeyi ani olarak terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genelde (özellikle mikro gözenekler) bağlantısız boşluklu olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı yüksektir” (Davraz, 1998). Şekil 6.’da bims gözeneklerinin çıplak gözle ve Şekil 7.’de optik mikroskopla görüntüsü verilmektedir.



Şekil 6. Bims gözeneklerinin çıplak gözle görüntüsü



Şekil 7. Bims gözeneklerinin optik mikroskopla görüntüsü

“Bimsler, kendisine özgü bazı nitelikleri ile benzer volkanik camı kayaçlardan (perlit, obsidiyen, pekştayn) ayrılır. Bunlardan rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. Bimsler yapılarında farklı mineral türleri içermektedirler. Bunlar başta amfibol olmak üzere, piroksen, biyotit, plajiyoklas ve opak minerallerdir” (PAUM, 2015, s. 31).

3.2.5.1. Fiziksel Özellikler

Şener’e (aktaran Gündüz ve Şapcı, 2004, s. 142) göre “endüstriyel anlamda malzemede aranan fiziksel özelliklerin başında genelde özgül ağırlık, kuru birim ağırlık, su emme kapasitesi özellikleri gelmektedir. Gözeneklilik dağılımı ve karakteristiği, donmaya karşı dayanım, kapilarite (kılcallık), ateşe dayanıklılık ve sıcaklık etkisinde değişim, ısı iletkenlik analizi, akustik özellikler ve ses yutuculuk değerleri gibi özellikler de malzemede aranan fiziksel özelliklerdendir”.

Gündüz’ün 1998’deki çalışmasına (aktaran Davraz vd., 2005, s. 399) göre bimslerin genel fiziksel özellikleri Tablo 1.’de verilmiştir.

Tablo 1. Bimslerin fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	
Renk	Açık griden, kirli beyaz
Kristal Şekli	Amorf (kristal şekli yok)
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (Mohs)	5,5-6
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm³)	0,32-0,97
Özgül Ağırlığı (gr/cm³)	1,9-2,65
Porozite (%)	45-70
Rötire (mm/m)	2
Isı İletkenlik Katsayısı (kcal/mh⁰C)	0,12-0,20
Isınma Isısı (cal/gr⁰C)	0,24-0,28
Ses Yalıtımı (dB)	40-55
Su Emme (ağırlıkça %)	30-70
Buhar Difüzyon Katsayısı (μ)	5-10

Kaynak: Davraz vd. (2005).

3.2.5.2. Kimyasal Özellikler

Bims taşının kimyasal özelliklerinin oluşumunda en etkin önemli bileşim SiO_2 olup, kayacın asidik veya bazik karakteristik gösterdiğini belirlemeye yaramaktadır. Kayacın içerdiği yüksek oranda SiO_2 bileşimi, kayaca asidik özellik ve abrazif özellik kazandırmaktadır. Kayacın abrazif özelliği, çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı göstermektedir. İçeriğinde bulunan Al_2O_3 bileşimi ise, ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. İnşaat sektörü açısından bakıldığında, hafif agrega olarak kullanılacak bims taşının asidik karakterde olması ve Fe_2O_3 oranının düşük, bunun tersine Al_2O_3 oranının yüksek olması istenmektedir (Ulusoy vd., 2004, s.138). Gündüz'ün 1998'deki çalışmasına (aktaran Davraz vd., 2005, s. 399) göre bimslerin genel kimyasal özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir.

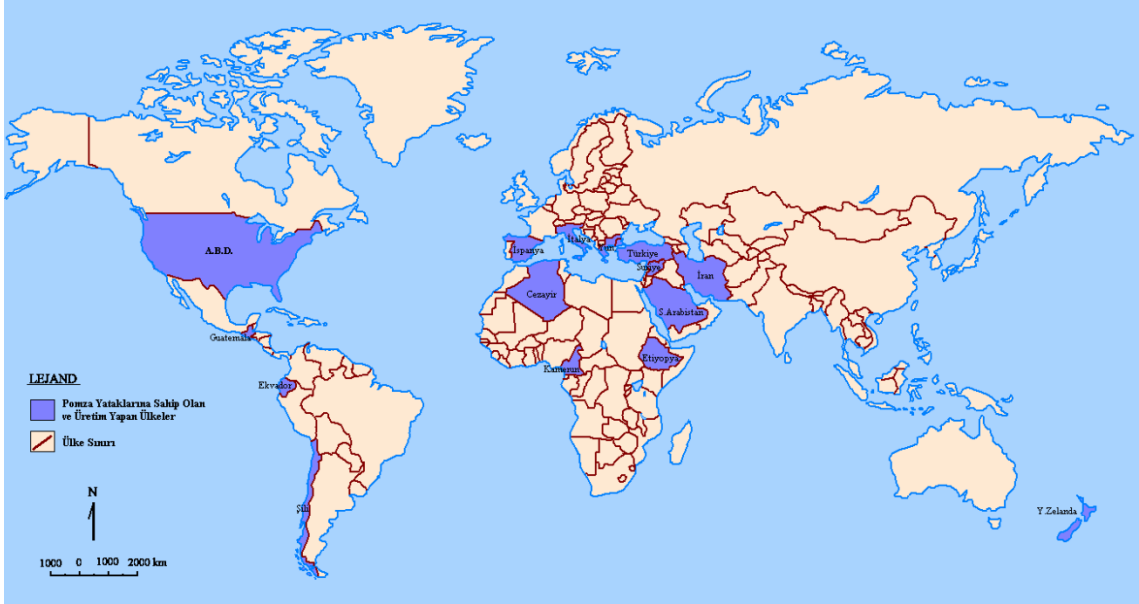
Tablo 2. Bimslerin kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	
pH	7-7,3
Radyoaktivite	Yok
Suda Çözünen Madde Miktarı (Ağırlıkça%)	$\leq 0,15$
Asitte Çözünen Madde Miktarı (Ağırlıkça %)	$\leq 2,9$
Uçucu Madde (Ağırlıkça %)	Yok
Asitlerle Etkileşim(*)	İnert
Alevlenme Derecesi ($^{\circ}\text{C}$)	45-70
Ergime Derecesi ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 900
(*) Bims sadece hidroflorik asit ile etkileşerek toksik silikon tetroflorit gazı çıkarır.	
Kimyasal Bileşenler	
Silisyum dioksit (SiO_2)	52-75
Alüminyum oksit (Al_2O_3)	11-17
Demir oksit (Fe_2O_3)	0,5-5
Kalsiyum oksit (CaO)	1-8
Magnezyum oksit (MgO)	0,5-3
Sodyum oksit + Potasyum oksit ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	3-9
Titanyum oksit (TiO_2)	≤ 1
Sülfür trioksit (SO_3)	≤ 1
Ateş Kaybı (A.K.)	1-3

Kaynak: Davraz vd. (2005).

3.3. Dünyada Ve Türkiye’de Bims

Dünya genelinde 18 milyar ton civarında bims rezervi tespit edilmiştir. Bims rezervlerinin yer aldığı ülkelerin başında Amerika, Türkiye ve İtalya gelmektedir. Ülkemiz bims rezervi miktarı 2,8 milyar ton civarındadır. Dünya genelinde Türkiye, bims rezervleri bakımından %15,8’lik payıyla, ikinci sırada yer almaktadır. Bims üretiminde dünyada birkaç ülke söz sahibidir. Bu ülkeler arasında İtalya ve Türkiye, ilk sıralarda yer almaktadır. İtalya 2000-2007 yılları arasında üretimde ilk sırada yer alırken, Türkiye 2008- 2011 yılları arasında üretimini arttırarak ilk sırada yer almıştır. 2010 yılında dünya bims üretiminde, Türkiye’nin payı %23 iken, İtalya’nın %17’dir. Bu ülkeleri Yunanistan, İran, Suriye, Şili ve Suudi Arabistan takip etmektedir (PAUM, 2015, s. 16). Şekil 8.’de dünya bims rezervine sahip olan ve üreten başlıca ülkeler gösterilmektedir.



Şekil 8. Dünya bims rezervine sahip olan ve üreten başlıca ülkeler

Kaynak: Elmastaş (2012).

Crangle’e (aktaran PAUM, 2015) göre “dünyada 2012 yılında bims ve ilişkili materyallerin üretimi 16,5 milyon ton gerçekleşmiş olup, bu değer 2011 yılı üretim miktarı olan 17,6 milyon tondan %7 daha azdır. 2012 yılında sektörün daralmasına rağmen, Türkiye dünya pomza üreten ülkeler arasında birinci sırada yer almaktadır”. Tablo 3.’te dünya genelinde bims rezervine sahip olan ülkelerin rezerv miktarları ve oranları verilmektedir.

Tablo 3. Dünya bims rezervi

Ülkeler	Rezerv (Milyon Ton)	Oran (%)
Amerika	11.500	63,9
Türkiye	2.836	15,8
İtalya	2.000	11,1
Yunanistan	500	2,8
Okyanusya	500	2,8
Şili	60	0,3
Diğerleri	600	3,3
TOPLAM	17.996	100,0

Kaynak: Elmastaş (2012).

Tablo 4.'te Crangle'a (aktaran PAUM, 2015, s. 18) göre 2008-2012 yılları arasında dünya genelinde en çok bims üretimi yapan ülkeler ve üretim miktarları gösterilmektedir.

Tablo 4. Dünya genelinde 2008-2012 yılları arasında en çok bims üreten ülkeler ve üretim miktarları

Ülkeler	2008 (Ton)	2009 (Ton)	2010 (Ton)	2011 (Ton)	2012 (Ton)
Türkiye	3.449.773	4.322.543	4.198.751	5.822.501	5.500.000
İtalya	3.020.000	3.020.000	3.020.000	3.020.000	3.020.000
Yunanistan	1.887.000	1.211.000	1.280.000	1.225.000	1.175.000
Şili	1.063.176	919.249	824.049	816.565	820.000
Ekvator	940.644	928.945	740.620	700.000	650.000
Suriye	901.000	957.639	950.000	900.000	300.000
S.Arabistan	810.000	802.000	915.000	1.000.000	1.000.000
Amerika	744.000	384.000	296.000	398.000	397.000
TOPLAM	16.700.000	16.400.000	16.000.000	17.600.000	16.500.000

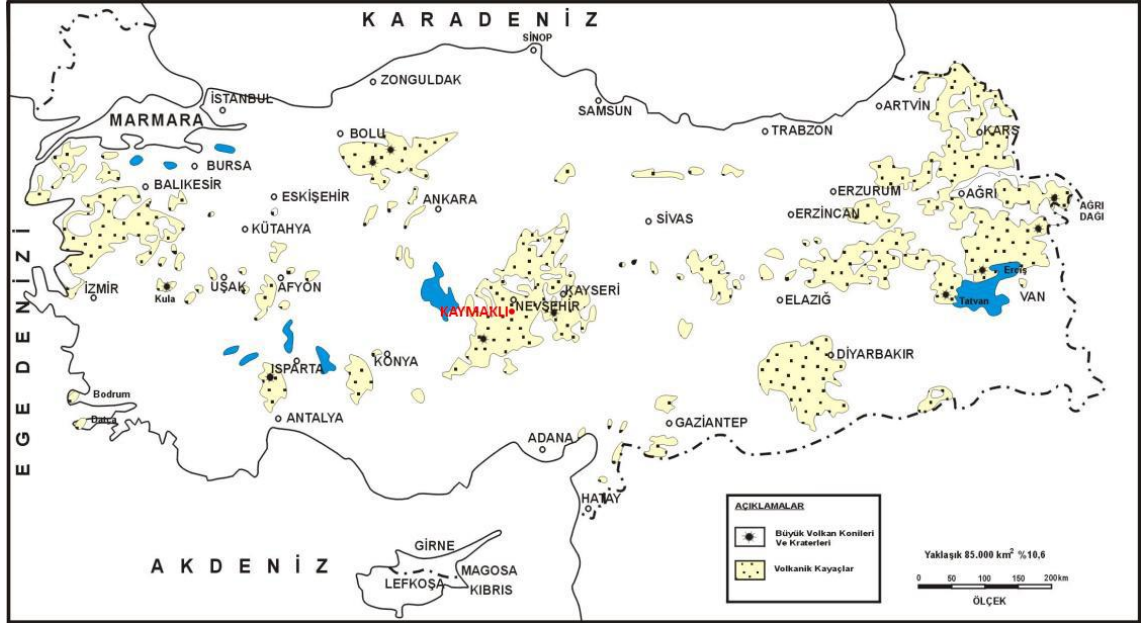
Kaynak: PAUM (2015).

3.3.1. Türkiye'nin Bims Rezerv Potansiyeli Ve Jeolojisi

Ülkemizde birçok bölgede, çeşitli türlerde bims rezervleri mevcuttur. Kullanılan ve işletilen bims rezervleri açısından İç Anadolu bölgesinde yoğunlaşma görülmekte olup, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde de önemli derecelerde bims yataklanmaları bulunmakta ve üretim çalışmaları yürütülmektedir. Ülkemiz, yaklaşık 10 farklı renk ve

doku kalitesine sahip bims çeşitleriyle yüksek bir pazar şansına sahiptir (Davraz vd., 2005).

Volkanik kökenli bir malzeme olan bims, volkanik faaliyetlerin olduğu bölgelerde yataklanmıştır. Türkiye’de volkanik malzeme potansiyel dağılımları Şekil 9.’da belirtilen bölgelerde yer almaktadır (Bims Sanayicileri Derneği [BSD], 2006).

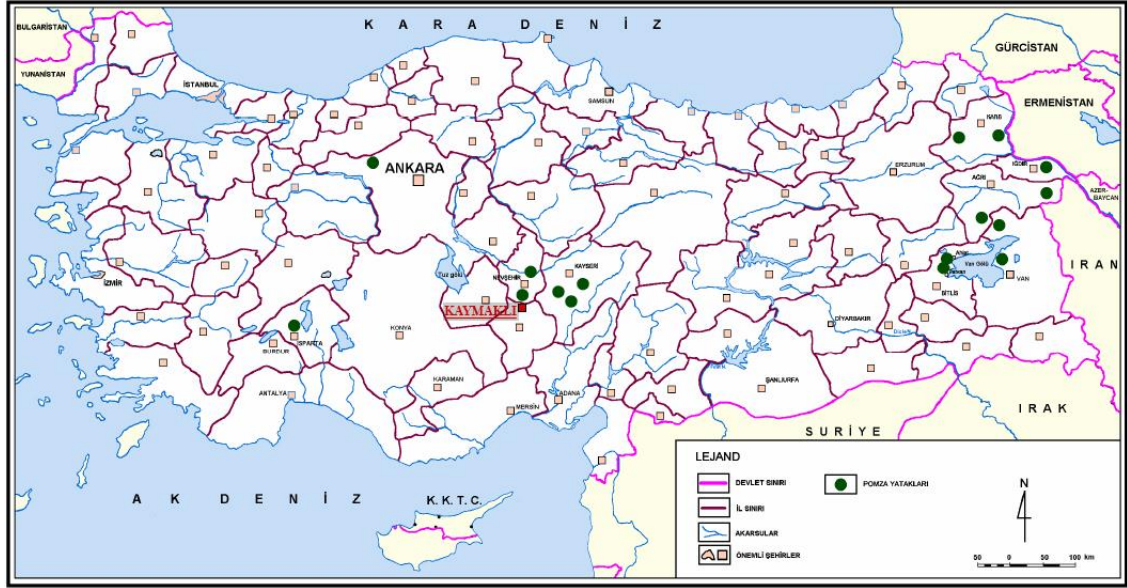


Şekil 9. Türkiye’deki volkanik alanların dağılımı

Kaynak: Kocaman (2009).

Şekil 9.’da görülen bölgelerin tamamında, ekonomiklik gösteren bims rezervleri tespit edilmiş değildir. Özellikle Ege ve Marmara Bölgelerinde görülen rezervlerin önemli bir kısmı, bazalt cürufu, volkanik cüruf ve zeolitik kayaçlar, Güney Anadolu ve Diyarbakır çevrelerinde görülen volkanik malzemelerde, bazaltik kökenli volkanik kayaçlardır (BSD, 2006, s. 4). Ülkemizdeki volkanik bölgelerden bims rezervleri tespit edilen alanlar Şekil 10.’da gösterilmektedir.

Türkiye’de bims rezervinin dağılımı, %55,7 oranıyla en fazla Doğu Anadolu bölgesinde; diğer kısmı ise %44,3 oranıyla İç Anadolu bölgesinde bulunmaktadır (Elmastaş, 2012, s.200). Tablo 5.’te Türkiye’deki bims rezervleri miktarlarının dağılımı detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 10. Türkiye’deki bims yataklarının dağılımı

Kaynak: Elmastaş (2012).

Tablo 5. Türkiye Bims Rezervi Miktarı Dağılımı

Şehirler	Rezervin Yeri	Rezerv Miktarı (m ³)	Toplam (m ³)	Oran (%)
Bitlis	Tatvan-Ahlat	1.100.000.000	1.100.000.000	44,8
	Gömeç	13.250.000		
Kayseri	Develi	58.500.000	596.750.000	24,3
	Talas-Tomarza	241.000.000		
	Talas-Tomarza	284.000.000		
Nevşehir	Avanos-Ürgüp	404.412.834	453.073.334	18,4
	Derinkuyu	48.660.500		
Van	Erciş-Kocapınar	154.625.000	160.575.000	6,5
	Mollakasım	5.950.000		
Ağrı	Patnos	27.812.000	54.687.000	2,2
	Doğubeyazıt	26.875.000		
Iğdır	Kavaktepe	40.156.250	40.156.250	1,6
Isparta	Gölcük	30.983.250	30.983.250	1,3
Kars	Digor	11.718.750	13.593.750	0,6
	Sarıkamış	1.875.000		
Ankara	Güdül-Tekköy	8.070.000	8.070.000	0,3
TOPLAM		2.457.888.584	2.457.888.584	100

Kaynak: Elmastaş (2012).

Şehir bazında bims yataklarının dağılımına bakıldığında Bitlis (%44,8), Kayseri (%24,3), Nevşehir (%18,4) ve Van (%6,5) şehirlerinin en büyük paylara sahip olduğu görülmektedir. Türkiye'deki toplam rezervin %94'ü bu dört şehirde yer almaktadır. Bims rezervlerine sahip olan diğer şehirler ise Ağrı, Iğdır, Isparta, Kars ve Ankara şehirleridir (Elmastaş, 2012, s.200).

3.3.1.1. Orta Anadolu Bims Yatakları

Bu yörede bulunan bims yatakları genellikle Avanos ve Derinkuyu ilçeleri arasında yayılım göstermektedir ve Nevşehir pomza yatakları olarak da adlandırılırlar (Çayırılı, 2008).

Çevikbaş'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "Orta Anadolu'da bulunan bims seviyelerinin kalınlığı yer yer 1–20 m arasında değişmektedir. Bu bims seviyelerinin içinde %1–3 arasında değişen miktarda bazalt, diyabaz ve obsidiyen parçaları bulunmaktadır. Bims seviyelerinin üzerinde 1–35 m arasında değişen kalınlıklarda volkan külü seviyesi ve en üstte kalınlığı 1–15 m arasında değişen alüvyon seviyesi bulunabilmektedir".

Üretimi yapılan bims sahaları içerisinde, ülkemizde en iyi kalite ve en fazla kullanım alanına sahip olanlar Nevşehir bimsleridir. Ayrıca bims ihracatlarının büyük bölümü de Nevşehir'den yapılmaktadır (PAUM, 2015, s. 25). Çevikbaş'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "makroskobik olarak, tane boyutu genellikle 0,1–7 cm arasında değişmektedir. Daha iri ve ince boyutlarda bims görmek mümkündür. Aksaray ve Ihlara civarında 20 cm boyutuna kadar ulaşabilen iri bimsler görülebilmektedir".

Çevikbaş'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "Kayseri bölgesinde bulunan bims yatakları birbirine bağlı Talas, Tomarza ve Develi ilçeleri arasında yayılım göstermektedir. Bu bölgedeki bimsler, Nevşehir bimslerine göre daha fazla gaz boşluklu ve hafiftir. Boyutları 0,1–8 cm arasında değişir. Bimslerde açık gri, gri, beyaz ve krem renkler hâkimdir". Çevikbaş'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "yapılan kimyasal analizler ve teknolojik testler sonucunda, bu yöredeki bimslerin hafif yapı elemanı olarak kullanılacak kalitede oldukları belirlenmiştir".

Bu tez çalışması için Nevşehir-Kaymaklı yöresinden çıkarılan bimsler tercih edilmiştir.

3.3.1.2. Doğu Anadolu Bims Yatakları

Arslan'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "Doğu Anadolu Bölgesinde bims yatakları çok geniş alanlara yayılır. Bitlis (Ahlat-Tatvan), Van (Erciş-Mollakasım), Ağrı (Patnos-Doğubeyazıt) ve Kars (Digor-Sarıkamış) şehirlerinde geniş bims yatakları bulunmaktadır".

Arslan'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "bu bölgedeki bimsler makroskobik olarak Kayseri ve Nevşehir bimslerine oranla daha iri olup, 0,1-8 cm boyutlarındadır. Daha iri ve ince malzemeler çok az oranda bulunur. Van, Erciş, Ağrı ve Doğubeyazıt yöresindeki bimsler genelde beyaz, diğer illerdeki bimsler ise bej, gri ve kirli beyaz renklerde dir".

3.3.1.3. Batı Anadolu Bims Yatakları

Karaman'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "Batı Anadolu bölgesinde bulunan bims yatakları Isparta, Burdur ve Muğla şehirleri çevresinde bulunmaktadır. Temeli Mezozoik yaşlı kireçtaşları ile Pliosen-Kuvaterner yaşlı volkano-tortul birimler oluşturmaktadır. Gölcük volkanitleri, Toros kuşağında yer alan seriler üzerine yerleşmiştir".

Poisson'a (aktaran Çayırılı, 2008) göre "çeşitli boyutlardaki bimslerin rengi açık gri ile gri renk tonları arasında değişir. Gevşek dokulu bims seviyelerinin tabanında kahverengi kül, silt, kum karışımı bir seviye bulunur ve üst kısımlarda ise tuf, kum ardalanmasına geçer. Ayrıca Niğde, Konya, Ankara ve Muğla ili çevresinde de bims yatakları bulunmaktadır. Fakat ekonomik değildir".

3.3.2. Bimsin İthalat Ve İhracat Verileri

"Ülkemizde üretilen (yaklaşık 1.250.000 ton/yıl) bimsin yurt içinde tüketim miktarının tamamına yakını inşaat sektöründe, hafif yapı elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Çok az bir oranda tekstil sektörü ve ziraat sektöründe kullanımının yanında, farklı endüstriyel alanlarda doğrudan veya yarı mamul olarak kullanımı bulunmamaktadır. Ülkemizde 2003 yılında üretilen bimsin yaklaşık %15'lik kısmı ham olarak yurt dışına ihraç edilmiş iken, bu değer 2004 yılında %18 ölçeğine yükselmiş ve 2005 yılında ise %21 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, son 2003-2005 yılları arasında, Türkiye bims ihracatında %180'lik artış trendi görülmüştür. Bu da, ülkemizde bims sektöründe yer alan üretici kuruluşların madencilik faaliyetlerindeki bir gelişmenin sonucu olmuştur. Ancak,

Türkiye'nin dünya bims sektörlerinde hammadde olarak yer alma oranlarına bakılacak olursa, arzu edilen ve ülke ekonomisine yüksek katma değer sağlayan ölçütlere henüz ulaşamadığı da görülebilmektedir (BSD, 2006).

Tablo 6.'da 2002-2016 yılları arasında ülkemizden ihraç edilen bims değerleri gösterilmektedir.

Tablo 6. 2002-2016 yılları arası Türkiye bims ihracat değerleri

Yıllar	Değer (FOB \$)
2002	6.457.474
2003	8.114.430
2004	10.387.234
2005	11.193.974
2006	10.351.397
2007	7.677.493
2008	8.417.928
2009	10.417.232
2010	11.813.640
2011	8.706.521
2012	7.559.348
2013	8.458.662
2014	9.643.451
2015	11.370.073
2016	13.181.438

Kaynak: İstanbul Maden İhracatçıları Birliği [İMİB], (2021).

Tablo 6.'daki verilere göre, 2002 yılından 2012 yılına kadar ihracat değerlerinde dalgalanma olduğu görülmüş ancak, 2012 yılından günümüze kadar ihracat değerlerinin herhangi bir dalgalanma olmaksızın artış gösterdiği anlaşılmaktadır.

Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından gerçekleştirilen, Nevşehir bims üreticilerinin tüketim kapasitesi araştırma çalışmalarına göre firmaların yıllar itibariyle üretimden satışları incelendiğinde, yurtiçi talebin gittikçe artması nedeniyle yurtiçi satışların artan bir trende sahip olduğu saptanmıştır. Diğer yandan, son 5 yıllık süreçte yurt dışı satış tutarlarının giderek azaldığı görülmektedir. Bims sektörünün ağırlıklı olarak yurt içi piyasaya yönelik bir görüntü sergilediği gözlenmektedir. Bu noktada nakliye tutarlarının yüksek olması, sektörün çok küçük bir kesimi tarafından ihracat için

kalite standartlarının karşılanıyor olması ve genellikle de inşaat dışında diğer sektörlere yapılan satış oranının az olması vb. bu sektörün ihracatının düşük düzeylerde kalmasının sebeplerinden sadece birkaçı olarak açıklanabilir (PAUM, 2015, s. 48-49).

Tablo 7.'de 2017-2020 yılları arasında ülkemizden ihraç edilen bims miktarları ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 7. 2017-2020 yılları arası Türkiye bims ihracat değerleri

Yıllar	Miktar (kg)	Değer (FOB \$)
2017	261.781.297	16.164.378
2018	370.290.281	18.261.167
2019	419.867.677	22.451.871
2020(11 Ay)	435.477.200	20.755.862

Kaynak: İMİB (2021).

Tablo 7.'deki değerler incelendiğinde bims ihracat miktarının yıl yıl arttığı ancak, birim fiyat satış getirisinin 2019 yılında bir iyileşme göstermiş olmasına rağmen 2017 yılına göre zamanla düştüğü anlaşılmaktadır. Bu durum bimsin katma değerinin gerektiği öneme ulaşamadığını göstermektedir. Tablo 8.'de Türkiye bimsinin en çok ihraç edildiği ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 8. 2016 yılı en çok bims ihraç edilen ülkeler

Ülkeler	Değer (FOB \$)
Pakistan	2.737.069
Bangladeş	2.508.614
Çin	1.855.895
B.A.E.	1.461.987
Tunus	504.531
Mısır	412.439
Hindistan	407.998
İtalya	382.210
Fas	346.326

Kaynak: İMİB (2021).

Tablo 8.'deki verilere göre 2016 yılında ülkemizden en çok ihracat Pakistan'a gerçekleştirilmiştir. İkinci en çok ihracat Bangladeş'e, üçüncü olarak Çin'e, dördüncü

olarak da Birleşik Arap Emirlikleri'ne gerçekleştirilmiştir. Bu ülkeleri sırasıyla Tunus, Mısır, Hindistan, İtalya ve Fas takip etmektedir.

Dünyadaki bims rezervlerinin yaklaşık 1/7'i gibi önemli bir miktarı Türkiye'dedir. Buna rağmen işletme ve ihracat açısından olması gerekenin çok altındadır. Örneğin yer altı zenginlikleri bakımından çok zayıf olan İngiltere bile bims taşını hammadde olarak yurt dışından alıp kendi ülkesinde çeşitli ürünlere dönüştürdükten sonra Orta Doğu ve 3. dünya ülkelerine ihraç etmektedir. Ülkemizdeki bims rezervlerinin %55'i Doğu Anadolu Bölgesinde bulunduğu halde üretime katkısı sadece %18'de kalmıştır. Üretime katkı payının düşük olmasının birçok sebebi vardır. Bu olumsuz etkiler ortadan kaldırıldığında ekonomide ihracatın artırılmasıyla birlikte geniş bir iş istihdamı sağlanacaktır (Yazıcıoğlu, Arıcı ve Gönen, 2003).

3.4. Bimsin Kullanım Alanları

Bims, dünyada elliden fazla endüstriyel alanda farklı amaçlarda kullanım imkânı bulmaktadır. Bimsin endüstriyel olarak kullanımı, amacına göre ana hammadde olarak veya katkı malzemesi şeklindedir (PAUM, 2015, s. 34). Tablo 9.'da bimsin dünyada ve ülkemizde kullanım alanları ve oranları verilmektedir.

Tablo 9. Bimsin kullanım alanları dağılımı

Kullanım Alanı	Dünyada (%)	Ülkemizde (%)
Hafif yapı blokları üretiminde	48	80
Hafif beton üretiminde	12	2
Yalıtım malzeme türevlerinin üretiminde	9	4
Ziraat sektöründe	12	6
Tekstil sektöründe	4	3
Kimya sektöründe	8	1
Diğer sektörlerde	7	4

Kaynak: PAUM (2015).

Tablo 9.'daki veriler ışığında ülkemizde bims kullanımının, dünyadaki kullanımı ile sadece tekstil sektöründe benzer oranlar gösterdiği görülmektedir. Ülkemizde üretim geçmişi 1972'lere dayanan bimsin kullanım alanları, beş ana grupta toplanmıştır.

İnşaat-yapı sektöründe;

- Hafif duvar blokları imalatında,
- Prefabrik yapı elemanları üretiminde,
- Çatı ve dekoratif kaplama elemanları, dekoratif mobilyaların üretiminde,
- Hafif hazır sıva ve harçların üretiminde,
- Hafif beton üretiminde,
- Çan ve döşeme izolasyon dolgusu olarak kullanılmaktadır (Davraz vd., 2005).

Ziraat sektöründe;

- Toprak ıslahında,
- Az topraklı veya topraksız alanlarda bitki yetiştiriciliğinde,
- Su besini kısıtlı tarımsal-yeşil alanlarda kullanılmaktadır (Davraz vd., 2005).

Tekstil sektöründe;

- Renklerin ağartılması,
- Kumaşların yumuşatılması alanlarında kullanılmaktadır (PAUM, 2015).

Kimya sektöründe;

- Abrazif (aşındırıcı) olarak,
- Kozmetik endüstrisinde,
- Sabun ve deterjan üretiminde,
- İlaç endüstrisinde,
- Katalizör olarak
- Su-atık su arıtma ve hava temizleme teknolojisinde kullanılmaktadır (Davraz vd., 2005).

Diğer sektörlerde;

- Boya sanayisinde,
- Cam sanayisinde,
- Mobilya sanayisinde,
- Elektronik sanayisinde,
- Seramikte kullanılmaktadır (MTA, 2021).

Farklı endüstriyel hammadde türlerine göre birçok değişik avantajları ve teknolojik özellikleri olan bims taşı giderek artan bir eğilimle, çeşitli endüstri dallarında yaygın bir

kullanım alanı bulmaktadır (SDÜ PAUM, 2019). SDÜ Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezinin (2019) ‘pomza üzerine endüstriyel alanlarda yeni araştırmalar’ konulu çalışmasında bimsin;

- Yiyecekleri hijyenik ortamda koruma amaçlı, geçirgen film üretiminde,
- Hijyenik ortamda yiyecek saklama kabı imalinde,
- Polimer dolgulu fast-food paketleme 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,
- Emprenye edici malzeme imalinde,
- Pomza ile agarose jelinden DNA’nın geri kazanımında,
- Granüler nem emici ve geri verici malzeme olarak,
- Granül veya monolitik formlarda silikon kaplamaların imali ve geliştirilmesinde
- Konsolidasyona müsait inşaat alanlarına ait zeminlerini iyileştirilmesi ve su drenajında,
- Protein emici malzeme imalinde,
- Yazıcı mürekkebi imalinde,
- PVC kaplamada dolgu malzemesi olarak,
- Uzay teknolojisinde yüksek ısıya dayanıklı seramik ve kabin camı imalinde,
- Otomobil endüstrisinde ısı ve ses yalıtımında dolgu malzemesi olarak kullanımı araştırılmaktadır (SDÜ PAUM, 2019).

3.4.1. İnşaat Sektöründe Bims Kullanımı

Bims, ülkemizde ve dünyada en çok inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen bimsin %80’i yurtiçinde inşaat endüstrisinde hafif beton agregası olarak kullanılmaktadır. Bims, ülkemizde ve pek çok Avrupa ülkesinde yaygın olarak hafif yapı elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Hafif tuğlalar, bloklar, asmolenler, paneller ve diğer kullanım şekilleri inşaatta kullanılan harç ve inşaat demirinden tasarruf sağladığı gibi inşaatlarda önemli oranda ısı ve ses yalıtımı 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. Bims ile üretilen betonun normal betona kıyasla önemli bir avantajı da deprem yüklerine karşı daha elastik davranış gösterebilmesidir. Ayrıca bims ile üretilen beton ve yapı elemanları dondan etkilenmemektedir (Özkan ve Tuncer, 2001).

Gündüz'e (aktaran Davraz vd., 2005) göre, "Bims, birim hacim ağırlığının düşük olması, ısı ve ses izolasyonunun yüksek olması, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, akustik özelliğinin çok iyi düzeyde olması, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyeti ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu gibi üstün özellikleri sayesinde, inşaat ve yapı sektöründe geniş bir kullanım alanına sahiptir".

Bims, normal kum ve çakılın 1/3 – 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum bims ile yapılan betonlarda da görülür. Bimsbeton 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. Bimsin ısı iletkenlik katsayısı dikkate alındığında, normal betondan 6 kat daha fazla yalıtım sağladığı tespit edilmiştir. Bu özelliğinden dolayı yaşam ve iş mekânlarında kullanımı ile büyük çapta enerji tasarrufu sağlamaktadır (Özkan ve Tuncer, 2001).

Bimsin inşaat-yapı sektöründe kullanımına dair detaylı bilgi 3.5. konu başlığı altında anlatılmaktadır.

3.4.2. Ziraat Sektöründe Bims Kullanımı

Bims, gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çözüm olan alternatiflerden bir tanesidir. Bims, bünyesine aldığı suyu uzun müddet bünyesinde tutarak sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını temin ettiğinden kuraklığa çare olarak kısmi bir çözüm olsa da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bugün su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan, Kuveyt gibi ülkeler, iklimin sıcak olmasından ve sulama suyunda aşırı buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilebilmesi için kullanmaktadır (Özkan ve Tuncer, 2001).

Peyzaj ve çevre düzenlemesinde bims, içerisinde kalsiyum, magnezyum, potasyum ve demir gibi çözülebilir mineraller bulundurduğu için bitki gelişimini hızlandırmaktadır. Nötr (pH 6-7) oluşuyla toprağın pH dengesini düzenler. Toprağın havalanmasını sağlayıp

gazların giriş çıkışını kolaylaştırır. Bims serilen yerlere drenaj kanalı açmaya gerek duyulmaz. Suyun ve gübrenin doğal şartlarda buharlaşmasını önleyerek, %100 su ve gübre tasarrufu sağlar. Bünyesinde yabancı ot ve nematod barındırmaz. Bims uygulanan yerlerde kök hastalığı ve çürüme görülmez (Soylu Group, 2021).

Bims, iç ve dış mekan saksılı ağaç ve çiçek yetiştirme, çelik köklendirme ve aromatik bitki üretiminde kullanılmaktadır. Mevcut özellikleri sayesinde çim alanlarda uygun koşulların sağlanmasında kullanılan en doğal malzemedir. Bimsin açık tarım alanlarında kullanılmasının yararı, sadece toprağın su dengesinin sağlanması değil, tohum yatağında toprağın da havalanma kapasitesinin artmasıdır (Soylu Group, 2021).

Ülkemizde topraksız tarımda, kullanım potansiyeli yüksek olan ortamlar içerisinde bims ve perlitin özel bir yeri vardır. Ülkemizin çeşitli yörelerinde çok zengin bims ve perlit yatakları bulunması bu durumun en büyük sebeplerindendir. Perlitin yüksek enerji harcanarak geliştirildikten sonra bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılması maliyetini önemli olarak arttırmaktadır. Bims ise, genişleme işlemine gereksinim göstermeksizin kullanılabilir (Vibroblok, 2021). Şekil 11.'de ziraat sektöründe bimsin kullanımına dair görseller gösterilmektedir.



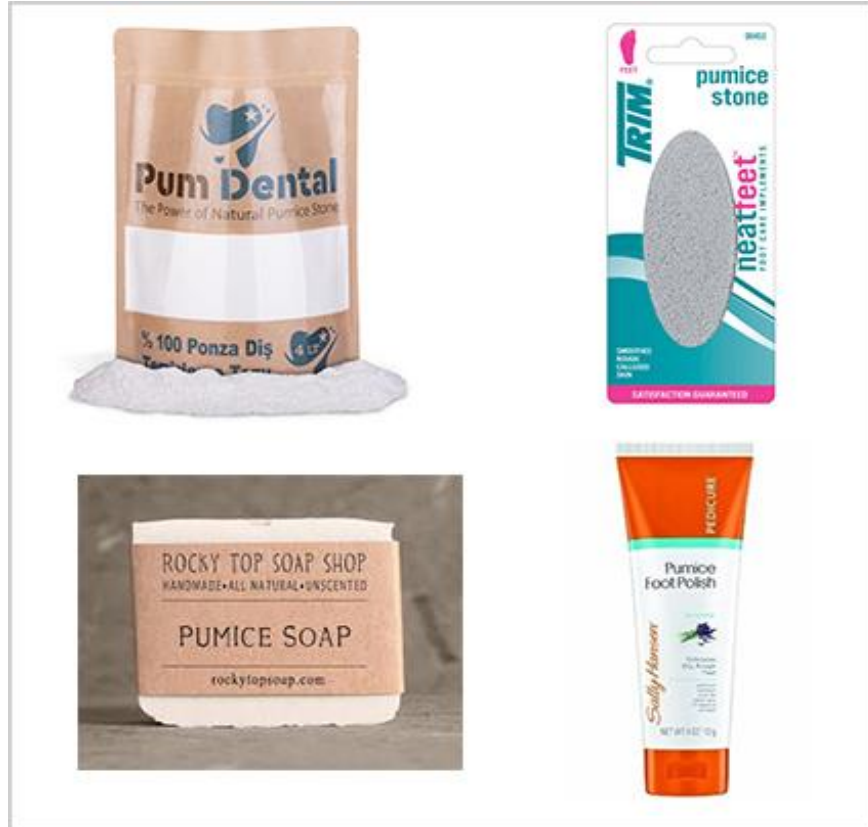
Şekil 11. Bimsin ziraat sektöründe kullanımı

Kaynak: Soylu Group (2021).

3.4.3. Kimya Sektöründe Bims Kullanımı

Taner ve Ersöz'e (aktaran Kocaman, 2009) göre, "bimsin kimya sektöründe kullanımı her geçen gün artmaktadır. Özellikle öğütülmüş ince bims, kimya sektöründe geniş kullanım alanına sahiptir". Günümüzde bims;

- Tarım ilaçları ve kibrit sanayisinde taşıyıcı olarak,
- Gübre sanayisinde gübrenin topaklaşmasının önlenmesinde antikek maddesi olarak,
- Diş macunlarında ve dişçilikte parlatma keki ve tozu olarak,
- Birçok sektörde absorban malzeme olarak,
- Temizlik ve deterjan sanayisinde katkı malzemesi olarak,
- Özel tip boyalarda (akustik ve yalıtımlı boyalarda, pürüzlü duvar kaplamalarında, trafik boyalarında, kaymaz tip boyalarda) katkı malzemesi olarak kimya sektöründe kullanılmaktadır (Özkan ve Tuncer, 2001).



Şekil 12. Bimsin kişisel bakım ürünlerinde kullanımı

Kaynak: Pumice World (2021).

Bims kozmetik sektöründe özellikle kaba cildin arındırılmasında vazgeçilmez kişisel bakım malzemelerinden biridir. Ülkemizde topuk taşı olarak çok eskiden beri kullanılmaktadır. Bunun haricinde cilt bakım kremlerinde ve çanta vb. taşınabilen parfüm emdirilmiş bims taşları olarak kullanılmaktadır (Kocaman, 2009). Şekil 12.'de bimsin kişisel bakım ürünlerinde kullanımı gösterilmektedir.

3.4.4. Tekstil Sektöründe Bims Kullanımı

Tekstil sektörü, günümüzde ülkemiz endüstrisinde en önemli paya sahip sektör olma konumuna gelmiştir. Tekstil sektörünün bazı dallarında bims, aranan ve azımsanmayacak miktarlarda tüketilen önemli girdi hammaddelerinden biri olmuştur. Yaygın olarak kot taşlama olarak bilinen bu işlemde kot kumaşlarının renklerinin açılması (ağartılması) ve kumaşın yumuşatılması yapılmaktadır. Bu sektörde bimsin belirli fizikokimyasal özellikleri taşınması aranır (Özkan ve Tuncer, 2001). Bu özellikler şu şekildedir;

- Bims orta sertlikte olmalı ve kırılmadan ezilmelidir,
- Mineralojik yapısında bimsden sert mineral olmamalıdır (kumaşı çizmemelidir),
- Yabancı madde içermemeli, kimyasal yapısında içerdiği FeO, K₂O ve Na₂O miktarları istenilen limitlerde olmalıdır (kumaşı boyamamalıdır),
- Kuru, yüksek poroziteli ve yuvarlatılmış olmalıdır,
- Kullanılan bimsin kalitesi standart olmalıdır,
- Beyaz renkte ve suda belirli süre yüzme kabiliyetine sahip olmalıdır,
- Su emme miktarı, istenilen limitlerde olmalıdır,
- Kot taşlama işleminde 0.5 kg/giysi miktarında pomza tüketilmektedir (Özkan ve Tuncer, 2001).

3.4.5. Diğer Sektörler Ve Teknolojik Alanlarda Bims Kullanımı

Bimsin sanayi sektöründeki kullanım alanlarının başında abrazif sanayi gelmektedir. Bims, çok kırılabilir ve sertliği 5-6 civarındadır. Öğütme sırasında camsı, midye kabuğu şeklinde kırılır ki keskin kenarlı yapısı en ince boyutuna indirildiğinde bile kalmaktadır. Hafif aşındırıcı olarak sınıflandırılan bims taşı gerek doğal, gerek doğal olmayan madeni

eşyaları ve yumuşak metalleri (gümüş gibi) cilalamakta kullanılır. Abrazif sanayi dışında bims aşağıda sıralanan sanayilerde de kullanılır;

- Boya sanayisinde; pürüzlü kaplamada, ses izole edici duvar boyası, motifi boya için astar macunu düzeltmede,
- Cam sanayisinde; televizyon tüpü düzeltme, cam cilalama, kesik cam tamamlama malzemesi olarak,
- Mobilya sanayisinde; cilalama, piyano anahtarı ve resim çerçevelerinde motif vermede,
- Elektronik sanayisinde; devre plaketlerini temizlemede,
- Seramikte; astar malzemesi olarak kullanılmaktadır (MTA, 2021).

İnsan sağlığını tehdit edecek hiç bir element içermeyen bims, içme suyunun filtrasyonu içinde kullanılmaktadır. Genellikle iki katmanlı filtrelerde hafifliğinden ötürü birincil arıtma amacıyla kullanılırken, alttaki diğer tabaka bims tarafından yakalanamayan küçük maddeleri süzer (Kocaman, 2009). Bims;

- Kuyumculuk, metal, cam ve plastik sanayisinde abrasif (aşındırıcı),
- Televizyon tüpleri, elektronik devre ve chiplerin üretiminde hassas temizleme maddesi,
- Yol tutucu-kaymaz tip oto lastikleri üretiminde katkı maddesi,
- Asfalt kaplamalarda (özellikle sıcak iklimli bölgelerde yüzey bitüm kusmayı engelleyici katkı maddesi)
- Karayollarında; buzlanmaları kontrol altına almada,
- Dekoratif ve yalıtımlı hafif tavan kaplama malzemelerinin imali gibi pek çok sektörde kullanım imkânı bulmaktadır.

Ayrıca günümüzde seramik malzemelerin sır tabakalarının yapımında refrakter malzeme, hafif-izo-akustik sıva imalinde, biyoteknoloji alanlarında absorban malzeme olarak ve su arıtım teknolojisi gibi pekçok alanda kullanımına ilişkin çalışmalarında sürdürüldüğü bilinmektedir (Özkan ve Tuncer, 2001).

3.5. İnşaat – Yapı Sektöründe Bimsin Kullanımı

Son yıllarda teknik üstünlükleri ve avantajları sebebiyle geniş bir kullanım alanı bulmaya başlayan bimsten yapılmış hafif yapı elemanlarının, farklı şekillerdeki ürünleri,

inşaatlarda blok dolgu elemanı olarak değerlendirilmektedir. Bims, aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve içyapısı itibariyle, inşaat sektöründe kullanılan, doğal hafif agrega sınıfına girmektedir. Konutlarda kullanılan malzemenin hafifliği, binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasına direkt bir etkidir. Bina statığı açısından, bina ölü ağırlığının mühendislik parametrelerinden belirli sınır değerlerini korumak koşulu ile düşürülmeye çalışılması, binanın olası gelebilecek şok darbelerine ve titreşimlere karşı daha duyarlı ve stabil olmasını sağlamaktadır. Bu bakımdan, inşaat sektöründe kullanılan, hafif agregaların önemi giderek artmaktadır (Gündüz vd., 2001, s. 175-176).

Bims;

- Isı yalıtımı amaçlı hafif duvar bloklarının imalatında,
- Standartların öngördüğü katlar arası ısı yalıtımı için hafif şaplarda,
- Yapıyı hafifletmek için hafif beton imalatlarında,
- Renovasyonlarda,
- Termal sıva ve harç üretiminde,
- Yangın dayanımı istenilen yapılarda,
- Ses yutuculuk ve ses yalıtımı aranılan elemanlarda,
- Nefes alabilen ve rutubet tutmayan,
- Yeşil yapı istenilen alanlarda,
- Yük azaltımı için dolgu alanlarında önemli bir agregadır (Soylu Group, 2021).

Dekoratif özellikli asma tavanlar, ses absorbe edebilecek ve akustik amaçlı panolar, bölücü duvar elemanları, preslenmiş duvar tuğlası, ısı yalıtım ve ses yutuculuk özellikleri yüksek duvar, döşeme ve peyzaj blokları üretiminde de bims kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe bims; prefabrik ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde, çevre düzenlemesinde kullanılmakla beraber, harç ve beton agregası, yalıtım malzemesi, çatı ve yalıtım dolgusu olarak da kullanılmaktadır (Kocaman, 2009, s. 37).

3.5.1. Harç Ve Beton Agregası Olarak Kullanımı

Bimsin inşaat sektöründe hafif beton agregası olarak kullanımı, günümüzde hafif yapı elemanları üretiminden sonra en çok tüketildiği ikinci alandır. Harç ve beton agregası olarak kullanımında bims; hafif beton agregası olarak, örgü (yapıştırma), sıva ve şap harcı olarak, katkı malzemesi olarak tüketilmektedir (Kocaman, 2009).

3.5.1.1. Hafif Beton Agregası Olarak Kullanımı

Günümüzde, normal betona göre üstün teknik özellikleri ve avantajları bulunan hafif betonların kullanımı büyük oranda artmıştır. İnşaat-yapı sektörünün önemli problemlerinden biri olan bina ağırlıklarının azaltılabilmesi için günümüze kadar çok çeşitli malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelerde hafifliğin temel unsur olmasının yanında, malzemenin doğal bir malzeme olması önemlidir. Ülkemizde zengin rezervleri bulunan doğal bir taş olarak bimsin dünya tarihinde kullanımı, Romalılar dönemine kadar dayanmaktadır ancak, hafif beton agregası olarak kullanımı yirminci yüzyılın ortalarında görülmüştür (Erdoğan, 2007).

Bims malzemesinin betonda agrega olarak kullanılabilirliği, bimsin gün geçtikçe ilgi çeken kullanım alanlarından birisidir. Beton yapımında agrega olarak kullanılan bims, diğer agrega türlerinden (çakıl taşı, kireçtaşı vs.) birim hacim ağırlık bakımından çok daha hafif olması sebebiyle, yapılacak olan yapıların genel kütle ağırlığını büyük ölçüde azaltmaktadır. Bims kullanılarak yapılan yapılar deprem esnasında yapıya gelen yatay yüklerin daha düşük olması nedeniyle, ülkemizde depremden kaynaklanan maddi ve manevi hasarların daha az olmasına olanak sağlayacaktır (Yaşar ve Erdoğan, 2005).

Bimsin hazır beton endüstrisinde kullanımı, pek çok ülkede geniş kullanım alanları olmasına karşın, ülkemizde yaygın değildir. Dünyada özellikle tek katlı veya dubleks konutlarda, gürültü kirliliğinin yoğun olduğu havaalanları ve otoyolların çevreden izole edilmesi amacıyla yapıların çevre duvarlarının inşasında, konser, tiyatro, disko, sinema, gibi akustiğin ve ses yalıtımının ön plana çıktığı sosyal ve kültürel mekanların inşasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Davraz vd., 2005).

Bims, normal kum ve çakılın 1/3-2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir ve bims ile üretilen beton, buna paralel olarak normal betondan daha hafiftir. Hızlı ve kolay kullanım avantajı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, hafif ağırlıklı betonun kullanıldığı alanlarda yapı çeliğinde tasarruf sağlamaktadır. Hafif bims betonu özellikle geometrik şekillerle düzenlenmiş şekilde yapılara püskürtülerek de uygulanabilir. Yüksek bir elastikiyete sahiptir, kırılma ve parçalanmaksızın elle işlemeye müsaittir. Normal betona göre 6 kat daha esnek olan bims betonu, depremler ve buna benzer etkilere karşı dayanıklıdır. Bims birçok tutuculara göre çok üstün bağlayıcı özelliklere sahiptir. Bims ve ondan yapılacak

betona tırnak sürülürse kesilebilir veya kanal açılabilir. Bims betonu aynı zamanda normal betona oranla terlemeye daha az eğilimlidir (Özkan ve Tuncer, 2001).

Yalıtım ve hafiflik bakımından üstün teknik özelliklere sahip köpük betonların kullanımı giderek artmaktadır. Bims agregası kullanılarak kompozit yapıli selülozik bileşenli köpük beton üretilebilirliğinin araştırıldığı çalışmada, Kayseri bimsinin köpük beton üretiminde kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Üretimde kullanılan polimerin köpük betonun porozitesini artırmasıyla birim hacim ağırlığını düşürdüğü görülmüştür. Isı yalıtım ve su buharı geçirgenliği değerlerinin çok iyi olduğu ve polimer katkısının ısı yalıtımını olumlu etkilediği saptanarak; yalıtım ve hafiflik bakımından üstün avantajlara sahip, bims agregalı yeni bir köpük beton malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir (Bekaroğlu, 2012).

Yolcu (2018) çalışmasında, “doğal hafif agregaların, yapay hafif agregalar gibi dayanım ve performansa sahip olması amacıyla, bims kullanılarak yüksek performanslı taşıyıcı hafif beton üretilebilirliğini araştırmıştır. Normal betonla karşılaştırmalı olarak incelediği, karışımında %50 bims agregası, %50 normal agrega kullanarak ürettiği betonun; tüm taşıyıcı sistem ve elemanlarında uygulanmasının mümkün olduğunu kanıtlamıştır. Üretilen bu bims agregalı yüksek performanslı taşıyıcı hafif beton, prefabrik elemanların üretiminde kullanılabilir, taşıyıcı eleman olarak dış etkilere karşı iç yapısının daha dayanıklı olmasını sağlayacaktır.

3.5.1.2. Bimsbeton Üretiminde Kullanımı

Bimsbeton, agrega olarak bims agregalarının kullanıldığı ve gerektiğinde kuvars kumunun da ilave edildiği bir hafif beton türüdür (BSD, 2006). Çimento özelliklerini iyileştirmek amaçlı olarak bimsbetona katkı maddesi de eklenebilmektedir.

İnşaat-yapı sektöründe aranan teknik parametreler açısından malzemenin hafifliği, yüksek sıcaklıklara dayanımı, gürültü kirliliği açısından ses yalıtımı sağlaması, ısısal konforun sağlanması açısından ısı yalıtımı sağlaması, sağlıklı, nefes alan mekanlar yaratması açısından doğal olması, deprem yük ve davranışları karşısında elastikiyetinin olması, atmosferik ortam koşullarına ve dış etkilere karşı dayanıklı olması, iklimlendirme özelliği ve kolay sıva tutması gibi özellikleri barındırması bakımından bimsbetonlara ilgi giderek artmaktadır (Kocaman, 2009).

Gündüz'e (aktaran Kocaman, 2009) göre, "bimsbetonların üretim yöntemi, bileşenleri ve karışım oranları gibi etkenlere bağlı olarak, birim ağırlık, dayanım ve ısı yalıtım özellikleri değişmektedir. Bims agregalarının porozitesinin yüksek olması özelliğinden kaynaklı yüksek oranda su emmeleri nedeniyle, normal beton karışım hesaplarının doğrudan bimsbetona uygulanması mümkün değildir. Bimsbeton karışımları için genelde uygulanan pratik metot, çimento dozajı esasına göre bir dizi deneme karışımlarıyla en uygun karışım kombinasyonunun belirlenmesidir. Bu karışım kombinasyonunu etkileyen başlıca faktörler; agrega dağılımı (granülometri), çimento miktarı(dozaj), su/çimento oranı, hava katkısı-işlenilebilirlik ve sıkılama oranı gibi karışım parametreleridir".

Sancak (2005) gerçekleştirdiği deneysel çalışmada, bimsbeton ve normal betonları karşılaştırmalı olarak inceleyerek bimsbetonların, normal betondan ağırlıkça %23 daha hafif olduğunu, normal betonların bimsbetonlara göre sıcaklığa dayanımının daha fazla olduğunu saptamıştır. Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcının basınç dayanımını etkilediği, birlikte kullanıldığında kullanım oranı arttıkça basınç dayanımının arttığı, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkılı bimsbetonların aderans dayanımının, katkılı normal betonların aderans dayanımından önemli oranda daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Gündüz'e (aktaran Kocaman, 2009) göre, "normal betonlardaki agregalar, mukavemet ve elastite modülü bakımından harcinkinden daha yüksek bir değere sahiptir. Bimsbetonlarda ise gözenekli agrega yapısı ile harç arasındaki mukavemet ve elastite modülü gibi elastik özellikler daha uyumludur. Buna bağlı olarak gözenekli agregaların ve çimento harcının çeperlerinde oluşan gerilme konsantrasyonu azalmaktadır. Gözenekli agregaların elastite modülü daha düşük bir değere sahiptir. Bilinen hafif betonların tümü normal betonlarla kıyaslandığında hem basınç hem de çekme dayanımı bakımından daha elastik olmayan bir gerilme değerine sahiptir. Bu farklılık hafif betonların kırılma özelliklerinin daha yüksek olmasına bağlıdır.

Hafif agregalarla üretilen hafif betonların, boşluklu olmaları nedeniyle dayanımları düşüktür ve bu sebeple yüksek dayanım gerektiren beton uygulamalarında tercih edilememektedir. Bims agregası ile üretilen bimsblokların dayanım değerlerini artırmak ve taşıyıcı betonlarda kullanımını artırmak amaçlı yapılan deneysel çalışmada; bimsbeton ve normal beton numuneleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Ağırlıkça normal betondan

%23 daha hafif olan bimsbetonların 28. günde; katkısız numunelerde; bimsbetonların dayanımlarının, normal betonların %62'si kadar olduğu görülmüştür. Bimsbeton ve normal betonlarda en yüksek dayanıma ulaşılan silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı numunelerde ise; bimsbeton dayanımları, normal beton dayanımlarının %48'i kadar olmuştur. Taşıyıcı beton olarak üretilen bimsbetonların konut üretiminde, basınç dayanım değerleri artırılarak kullanılabilmesi mümkündür (Sancak, Şimşek ve Subaşı, 2005).

3.5.1.3. Örgü (yapıştırma), Sıva Ve Şap Harcında Agrega Olarak Kullanımı

Eriç'e (aktaran Kocaman, 2009) göre, "sıva, şap ve örgü harçları, kum, bağlayıcı maddeler, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Doluluk, mukavemet, geçirimsizlik, aderans, aşınmaya ve dış etkenlere karşı dayanıklılık harçlarda aranan özelliklerdir. Harçların sınıflandırılması bünyelerine giren bağlayıcı malzeme çeşidine göre çimento, kil, alçı, kireç ve melez harçlar olmak üzere beş grupta, yapıda kullanım yerine göre de duvar harçları, sıva harçları, şap, şerbet ve badana olmak üzere dört grupta toplamak mümkündür".

Günümüzde hazır sıva ve harç kullanımı, pratikliği, çevreye verilen rahatsızlığın ortadan kaldırılması, uygulamada kalite ve standardizasyonun artırılması gibi nedenlerle giderek artmaktadır. Hazır sıva ve harçların kullanımı artarken, bu malzemelerin teknolojik özelliklerinin, yapı yalıtım ve akustiğine katkıları da göz önünde bulundurulmaktadır. Yüksek ısı ve ses yalıtım değerleri, mükemmel akustik göstermesi nedeni ile bims ile üretilen hafif akustik sıva, hafif izolatif sıva ve bims harcı dünya inşaat endüstrisinde kendine önemli bir pazar payı oluşturmuştur (Davraz vd., 2005).

Hafif sıva ve hafif örgü harçları, ısı ve ses yalıtımı amaçlı duvar kesitlerinin elde edilmesinde inşaat uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahip olduğu bilinmektedir. Suni veya doğal boşluklu agrega türleri, bu tip sıva harcı karışımlarında kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olanları; cüruf bims, volkanik tuf, genleşmiş perlit, volkanik cüruf, bims ve vermikülit gibi kayaçlardır. Bütün bu doğal agregaların kendine öz karakteristik özellikleri bulunması, hafif harçların özelliklerine doğrudan etki etmektedir (Bekar, Şapıcı ve Gündüz, 2006).

Geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada; bims ve pumisitler (bims tozu) kullanılarak, kumlu karışımlarla karşılaştırmalı dayanım, yanma, donma ve ısı iletkenlik deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarından bims tozu yapılan sıvanın;

- Kum ile yapılan sıvaya göre 2 kat fazla basınç dayanımına sahip olduğu,
- Yangından sonra kum sıvaya göre 5 kat fazla basınç dayanımı gösterdiği,
- Dondan sonra kum sıvaya göre 3 kat fazla basınç dayanımına-sahip olduğu,
- Kum sıvaya göre ısı iletkenliği yarı yarıya düşük olduğu ve yaklaşık 3-4 kat ısı ve ses tasarrufu sağladığı saptanmıştır (Özkan ve Tuncer, 2001, s. 205).

3.5.1.4. Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı

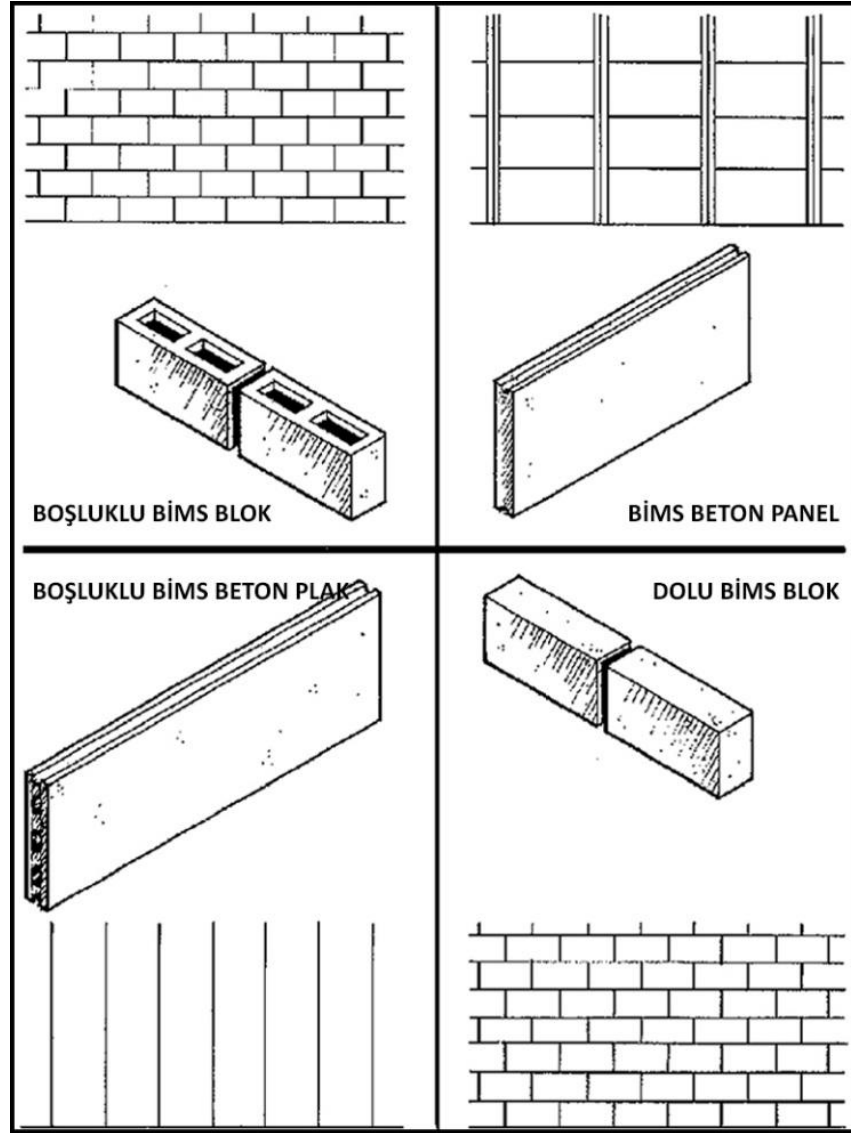
Betonu oluşturan temel maddeler olan agrega, çimento ve su dışında ek olarak; çimento özelliklerinin iyileştirmek amaçlı, beton üretilirken veya üretildikten sonra düşük miktarda katılan, taze veya sertleşmiş betonun özelliklerinin iyileştiren, organik veya inorganik maddeler katkı maddesi olarak adlandırılır (İnşaat Bloğu, 2021).

Bims ve silis dumanı katkılı betonların yüksek sıcaklık sonrası mekanik ve fiziksel dayanımları üzerine kür yaşının etkisini belirleyebilmek amacıyla yapılan çalışmada, bims katkısının erken kür yaşlarında betonun dayanımını düşürdüğü ancak ilerleyen kür yaşlarında dayanım artışına neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ilerleyen kür yaşlarında silis dumanı katkılı numunelerin 400°C'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklarda 28 günlük numunelere göre daha fazla dayanım kaybı gösterdikleri tespit edilmiştir (Demirel ve Keleştemur, 2011).

Maden ocaklarından elde edilen kayaçlar inşaat sektöründe büyük oranda kullanılabilir de; arta kalan ince taneli malzeme atık olarak beklemekte ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bims maden ocağından elde edilen bims atıklarının, Avanos (Nevşehir) yöresi killeri ile çeşitli oranlarda karıştırılarak zemin özelliklerine olan etkisinin araştırıldığı çalışmada, bims katkılı kil karışımının, gerek arazide arzu edilen sıkışmanın elde edilmesinde, gerek ise yapı malzemesi olarak kullanılabilirdiği kanıtlanmıştır. Böylelikle, bölgede bulunan suya doymun, kıvamlı killi zemin ortamlarına belirlenen oranlarda atık bims malzemesi ilave edilerek arazinin zemin özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yönelik kullanımıyla atık bimslerin katkı malzemesi olarak değerlendirilebileceği saptanmıştır (Kalkan ve Erenson, 2020).

3.5.2. Hafif Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı

İnşaat sektörünün birçok alanında kullanılan bims, yapı elemanı olarak; en çok bimsblok üretiminde kullanılırken, prefabrikasyon ve prekast yapı elemanları üretiminde, duvar panelleri, asmolen, baca, lento ve peyzaj blokları üretiminde de kullanılmaktadır (Kocaman, 2009). Şekil 13.'te bimsin yapı elemanı olarak kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 13. Hafif yapı elemanlarında bimsin kullanımı

Kaynak: Green Home Gnome (2013).

3.5.2.1. Bimsblok Hafif Yapı Elemanları

Bimsin dünyadaki en yaygın kullanım alanı; hafifliği, gözenekliliği, ısı ve ses yalıtım özellikleri ile inşaat endüstrisinde, hafif yapı elemanlarının üretimidir (Gündüz vd., 2001, s. 185). Bimsten üretilen hafif yapı elemanlarının en yaygın olarak üretilen ve kullanılanı bimsbloklardır.

1999 yılında ülkemizde gerçekleşen deprem felaketlerinin ardından, yapı malzemelerinin tasarımı, seçimi ve taşıyıcılığı hususları giderek önem kazanmış ve bu alanda çalışmalar, tartışmalar başlamıştır. Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitli yapı malzemelerinin karşılaştırılmalı olarak incelendiği deneysel çalışmada, günümüzde büyük oranlarda kullanılan bu malzemelerin çeşitli avantajları ve dezavantajları tespit edilmiştir. Pişmiş toprak tuğla, incelenen diğer malzemelere göre, hammaddesi olan kilin çok kolay bulunması, yüksek bir elastisite modülü ve basınç mukavemetine sahip olması sebebiyle taşıyıcı sisteme deprem yükü karşısında yardımcı olması avantajları; birim hacim ağırlığı yüksek olması sebebiyle taşıyıcı sistem için olumsuz etki göstermekte, ısı yalıtımı ve ses absorpsiyonu düşük ve su emmeye uygun olmaması dezavantajları görülmektedir. Bims, düşük birim hacim ağırlığı sayesinde taşıyıcı sisteme binen yükü azaltması, hafif beton agregası olarak kullanıldığında donatıdan tasarruf edilmesi, iklim koşullarına belli oranda dayanıklı, yangına karşı yüksek mukavemete sahip olması gibi avantajlara; su etkisine karşı yeterince dirençli olmaması gibi dezavantajlara sahiptir. Gazbeton, yapay bir malzeme olup yüksek ısı yalıtımı ve ses yalıtımı sağlaması avantajlarının yanı sıra; yangına karşı dayanıklılık bakımından incelenen diğer malzemelere oranla düşük direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Yapay bir malzeme olması sebebiyle bulunduğu ortamlarda olumsuz reaksiyon gösterme ihtimaline karşı, asitli ortamlardan uzak tutulması gerekliliği gibi dezavantajları da vardır. Perlit, hammadde zenginliği açısından bims gibi ülkemizde zengin rezervi olan bir doğal kaynaktır. Kolay işlenebilir, ısı ve ses yalıtımı yüksek, alçı katkısıyla yangına yüksek mukavemet göstermesi gibi avantajları; suya aşırı duyarlılık gibi dezavantajları bulunmaktadır (Çiçek, 2002).

Asidik bims ile üretilen briketlerin, binalarda taşıyıcı elemanlara ve zemine daha az yük uygulayacağından bu briketlerden yapılan binaların depreme karşı daha dayanıklı olacağı hesaplanmaktadır. Bims ile üretilen briketlerin kullanılması ile yapılan binalarda ısı ve

ses yalıtımı olarak diğer tuğla ve briketlere nazaran daha iyi bir yalıtım sağladığından ısıtma ve soğutma giderleri büyük oranlarda azalacaktır. Bu da başta enerji tasarrufu sağlaması ve çevre kirliliğini azaltması sebebiyle yurdumuza milyonlarca dolarlık tasarruf sağlayacaktır (Erdoğan ve Yaşar, 2005). Şekil 14.'te bimsblok hafif yapı elemanları gösterilmektedir.



Şekil 14. Bimsblok hafif yapı elemanları

Kaynak: İmpaş (2021).

a. Bimsblokların tanımı ve sınıflandırılması

Bimsbloklar, volkanik olarak meydana gelmiş doğal bims agregası ile elde edilen bimsbetondan üretilen blok elemanlarıdır. Bimsbetondan mamul yapı elemanları, bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında, vibrasyonla sıkıştırılıp kür edilen ve gerektiğinde kuvars kumu da ilave edilerek üretilen yapı elemanlarıdır. Bu elemanlara sektörel terminoloji ile genel olarak “bimsblok”, “pomza blok” gibi adlandırmalar yapılmaktadır. İnşaat sektöründe 60’tan fazla kullanım alanı bulan bimsbloklar, özellikle hafifliği, ısı ve ses yalıtımı, ateşe karşı dayanımı, doğal ortam şartlarından etkilenmemesi

ve mükemmel sıva tutuculuğu gibi üstün niteliklerinden dolayı pek çok ülkede yapı elemanı olarak kullanılmaktadır (BSD, 2006).

Bimsbetondan mamul yapı elemanlarının kullanımı ve uygulama prensiplerini düzenleyen TS 2823 standardına göre, bimsbetondan mamul yapı elemanları teçhizatlı olup olmama durumlarına göre başlıca iki ayrı kategoride değerlendirilmektedir;

- Teçhizatlı bimsbeton yapı elemanları,
- Teçhizatsız bimsbeton yapı elemanları.

Teçhizatlı bimsbeton yapı elemanları kullanım amacı ve boyutlandırılmalarına göre şu formlarda sınıflandırılmaktadır;

- Kapı ve pencere lentoları,
- Döşeme plakları,
- Çatı plakları,
- Düşey duvar elemanları,
- Yatay duvar elemanları.

Teçhizatsız bimsbeton yapı elemanları, boyut, şekil ve geometrik durumlarına göre beş ayrı grupta değerlendirilmektedir;

- Boşluklu duvar blokları,
- Boşlukları dolgulu duvar blokları,
- Dolu duvar blokları,
- Özel yarıklı dolu duvar blokları,
- Asmolen bloklar.

Bu değerlendirmede yer alan “boşluklu duvar blokları” ile “boşlukları dolgulu duvar blokları” şekilsel form ve boşluk konumlarına göre dört ayrı biçimde üretilebilmektedir;

- Tek sıra boşluklu bimsbloklar,
- İki sıra boşluklu bimsbloklar,
- Üç sıra boşluklu bimsbloklar,
- Dört sıra boşluklu bimsbloklar (BSD, 2006, s. 19).

Boşluklu duvar bloklarının performansını arttırabilmek için boşluklarında şaşırtma yapılmaktadır. Böylece blokların ısı performansları artmaktadır. Bütün bunlardan başka

yalıtım bloğu olarak adlandırılan beş, altı ve yedi sıra boşluklu üretilen bloklar vardır. Bu blokların ısı davranış özelliği (W/mK) ve ses yutuculuğu (dB) çok iyidir. Ayrıca su buharı geçirgenliği de (kg/m²spa) yüksektir (Uzun, 2008, s. 15).

Bimsblok yapı elemanlarının, dünyanın birçok ülkesinde standardize edilmiş, yaygın olarak kullanımındaki şekil ve geometrik formlarına benzer olarak geliştirilen ve uygulamaya sunulan tasarımlarının genel gruplandırması Tablo 10.'da gösterilmektedir.

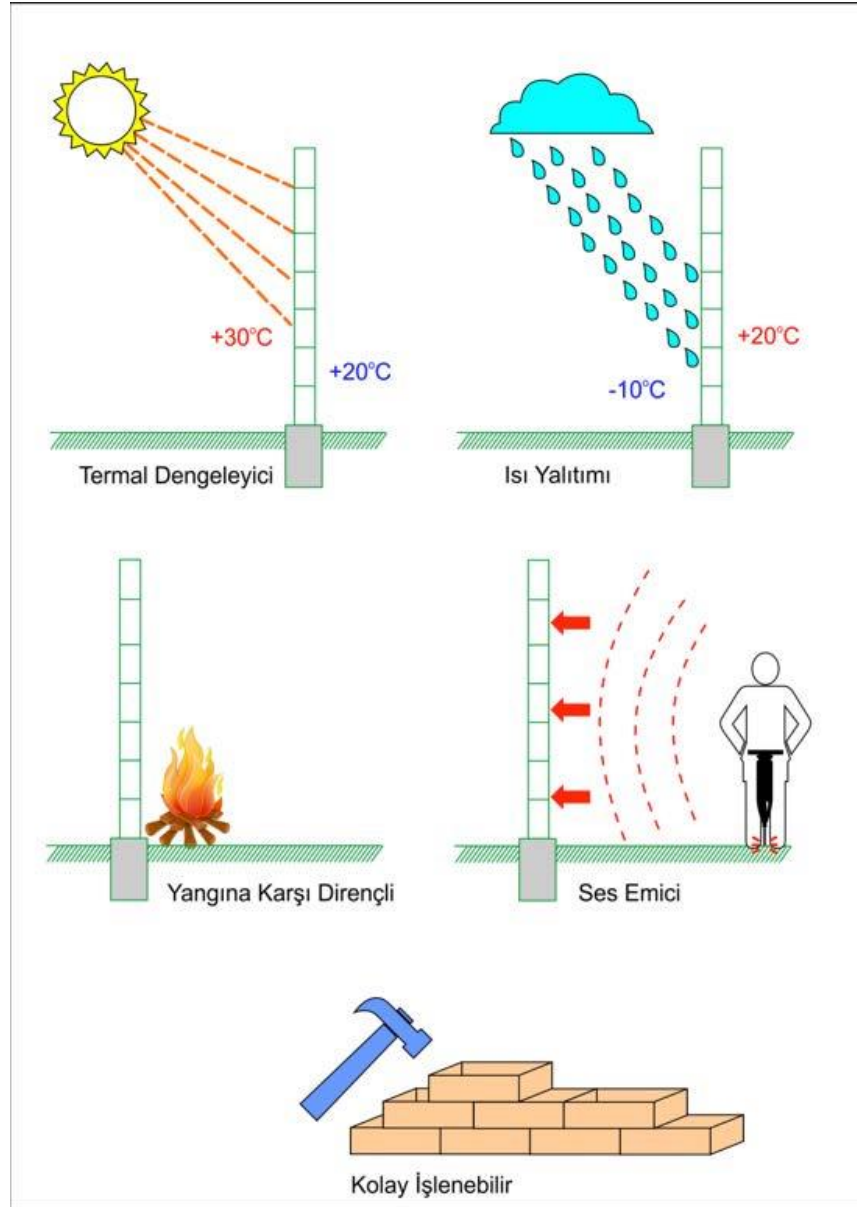
Tablo 10. Bimsblokların sınıflandırılması

Tuğla bimsbloklar	Dolu bimsbloklar
	Boşluklu bimsbloklar
	Özel amaçlı bimsbloklar
Boşluklu bimsbloklar	Dikdörtgen sıra boşluklu bimsbloklar
	Daire/oval sıra boşluklu bimsblok
	Karma sıra boşluklu bimsblok
Boşlukları dolgulu bimsbloklar	Boşlukları dolgulu bimsblok
	Sandviç bimsblok
	Dolgusu kesintisiz bimsblok
Özel yarıklı bimsbloklar	
Dolu bimsbloklar	Dolu duvar bimsblok
	Açılı köşe örgüsü bimsblok
	L tipi köşe örgüsü bimsblok
U tipi bimsbloklar	Normal U tipi bimsblok
	İçten yalıtımlı U tipi bimsblok
	Güçlendirilmiş U tipi bimsblok
Yanak kaplamalı bimsbloklar	
Peyzaj bimsbloklar	Halka şekli bimsblok
	Yarım halka şekli bimsblok
Döşeme levhası bimsbloklar	Taban döşeme levhası bimsblok
	Tavan ve çatı döşeme levhası bimsblok
	Yalıtım levhası bimsblok
Donatısız lento bimsbloklar	Düz Lento bimsblok
	Kemer lento bimsblok
Asmolen bimsbloklar	Düz asmolen blok
	Normal tavan asmolen blok
	Filigran asmolen blok

Kaynak: BSD (2012).

b. Bimsblokların özellikleri ve teknik üstünlükleri

Bims ve bimsden elde edilen hafif yapı elemanlarının inşaatta sağladığı; temini ve uygulanabilirliği kolay, ekonomik, atmosferik ortam koşullarında bozulmaya uğramayan, mekan konfor koşullarını sağlayabilen bir yapı elemanı ve bileşeni olması avantajlarının yanı sıra, sahip olduğu rezerv potansiyeli bakımından da ülke ekonomisi için de önemlidir. Şekil 15.'te bims agregalı hafif yapı elemanlarının yapıda kullanımında sağladığı avantajlar gösterilmektedir.



Şekil 15. Bims agregalı hafif yapı elemanlarının yapıda sağladığı avantajlar

Kaynak: PAUM (2015).

Gündüz'e (aktaran Uzun, 2008) göre, "bimsblokların genel özellikleri şöyledir;

- Üretilen malzemenin tiplerine göre birim hacim ağırlıkları farklılık göstermektedir. Tek sıra boşluklu bimsbloklar için birim hacim ağırlık 800 kg/cm^3 , iki sıra boşluklu bimsbloklar için 900 kg/cm^3 , üç sıra boşluklu bimsbloklar için ise 1000 kg/cm^3 'dür.
- Bimsblokların basınç mukavemet değerleri minimum 20 kgf/cm^2 , ortalama 25 kgf/cm^2 veya üzerinde bir değerde olması gerekmektedir.
- Rötre çatlakları zamanla birleşip büyüyerek malzemenin dayanımını azaltır. Bimsblok sınıfındaki yapay olarak üretilen benzer yapı elemanlarına karşı en önemli özelliklerden biri de rötre çatlağı yapmamasıdır. Bimsblok, 24 saat su içerisinde bekletildikten sonra periyodik kurutma işlemi sonucu boyutlarında meydana gelen değişim miktarı çok küçüktür.
- Bimsblokların pürüzlü yapısı ve agrega bağlayıcılarının çimento olması gibi özellikleri onun iyi bir sıva tutucu eleman olmasını sağlamaktadır. Elemanların yüzeyine uygulanan sıva prizini aldıktan sonra bimsbloklarla kaynaşarak bir bütün meydana getirmektedir.
- Yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneği, kış aylarında ısıtmanın durması halinde çabuk soğumayı, yaz aylarında ise güneş etkisi altındaki yapı bileşenlerinin çevrelediği mekanlarda sıcaklıkların aşırı yükselmesini önlemesi açısından gereklidir. Yapı bileşeninin ısı depolama yeteneği, o bileşenin özgül ısısına, kuru birim hacim ağırlığına, kalınlığına ve etkisi altında kaldığı sıcaklık farkına bağlıdır. Bimsblok bu bağlamda çok iyi bir ısı depolama özelliğine sahiptir. Böylece ısıtma sistemi kapansa bile mekan sıcaklığını uzun müddet koruyabilmektedir".

Bimsbloklar, üretiminde herhangi bir kimyasal teknik kesinlikle kullanılmaması ve tamamen doğal malzeme oluşu sebebiyle çevreye zararsızdır ve herhangi bir atık söz konusu değildir. Tam aksine bims ocağı tekrar doğaya bırakıldığı zaman en verimli tarım arazilerine dönüşmektedir. Ayrıca içme sularının arıtılmasında bims kullanılmakta olup doğal bir filtre görevi yapmaktadır. Üretim esnasında işçi sağlığı bakımından herhangi bir tehlike arz etmemektedir (Kocaman, 2009).

Yer altı manyetizmasının yayımladığı elektromanyetik dalgaların insan sağlığına olumsuz etkilere yol açtığı bilimsel bir gerçektir. Bimsbloklar elektromanyetik dalgalara karşı yalıtım sağlayarak, insanlara stresten uzak doğal mekanlar oluşturmaktadır. Ayrıca güneş ve diğer kaynaklardan gelen ultraviyole ve radyasyonik zararlı ışınlar bilindiği gibi atmosferin iyonesfer tabakasında tutulmaktadır. Bu tabakanın, gelişen teknoloji ile beraber flor gazının yaygın kullanımı neticesinde tahribata uğrayarak incelendiği ve süzme görevini tam olarak yapamadığı bilinmektedir. Bu zararlı ışınlar başta cilt olmak üzere pek çok kanser vakasına yol açmaktadır. Bu zararlı ışınların etkisini en aza indirmenin bir yolu da yaşadığımız mekanların inşasında doğru malzeme kullanmaktır. Gerek hafif beton uygulamalarında, gerek yapı elemanları gerekse sıva yapımı ile ilgili çalışmalar Avrupa’da yapılmakta olup, olumlu gelişmeler kaydedilmiştir. Radyasyonu geçirmeyen iki madde; kurşun ve barit olarak bilinmektedir. Ancak, bims radyasyonu geçirmeyen üçüncü madde olma yolundadır (Kocaman, 2009).

c. Bimsblokların kullanım alanları

Kullanım amacına, boyutlarına, şekillerine, geometrik durumlarına, dolu ve boşluklu olma özelliklerine göre birçok farklı ürün geometrisinde üretilen bimsblokların, kullanım alanları da çok geniştir. Başta duvar blokları olmak üzere, asmolen bloklar, baca elemanları, lentolar, peyzaj blokları, parke ve kilit taşı blokları gibi bimsblok ürün çeşitleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Kocaman, 2009).

• Duvar elemanı olarak kullanımı

Bimsblokların duvar elemanı olarak kullanımı hafifliği, ekonomikliği, ısı ve ses yalıtımı sağlaması, işçilik ve zamandan tasarruf sağlaması gibi üstün özellikleriyle her geçen gün artmaktadır. Boşluklu, çok boşluklu, dolu duvar blokları ve asmolen bloklar Nevşehir’de bimssten üretilen en yaygın yapı malzemeleridir (PAUM, 2015). Ülkemizde Akdeniz bölgesinde, kıyı şeridinde, otellerde ve büyük ölçekli projelerde özellikle tercih edilmektedir. İç bölgelerde konutlarda, okul yapılarında, hastanelerde ve diğer inşaatlarda kullanımı giderek artmaktadır. Şekil 16.’da duvar elemanı olarak bimsblok kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 16. Duvar elemanı olarak bimsblok kullanımı

Kaynak: UstamYapı İnşaat (2021).

- Asmolen döşeme elemanı olarak kullanımı

Döşeme türleri üçe ayrılır; birincisi, kirişli veya diğer adıyla plak döşemedir ki; ülkemizde kullanılan en yaygın döşeme tipidir. İkincisi, dişli/nervürlü döşemelerdir. Bu döşemede tipinde, kirişler arası hafif malzeme ile doldurulması halinde asmolen döşeme olarak adlandırılırlar. Asmolen döşeme büyük açıklıkların rahat geçilmesi, kalıp maliyetinin düşmesi, kiriş çıkıntılarının olmadığı düz bir tavanın elde edilmesi ve böylelikle istenilen yerde bölme duvarlarının yapılabilmesi gibi mimari tercihler nedeniyle, kullanımı azımsanmayacak ölçüdedir. Üçüncüsü, kirişsiz döşeme tipidir ve kullanımı ülkemizde yaygın değildir (Bikçe ve Akyol, 2017).

Asmolen bims üretimi, duvar bloklarından sonra bimsin en çok tüketildiği bimsblok elemanlardır. Asmolen bimsbloklarla yapılan döşemelerde; yüksek ısı ve ses yalıtımı, mimari açıdan estetik görünüm, maliyet açısından ekonomiklik, büyük açıklık geçebilme, ağır yük taşıyabilme gibi avantajları vardır (Kocaman, 2009). Döşeme açıklığının büyük olduğu mekanlarda kullanılmaktadır. Şekil 17.'de asmolen döşeme elemanı olarak bimsblok kullanımı gösterilmektedir.

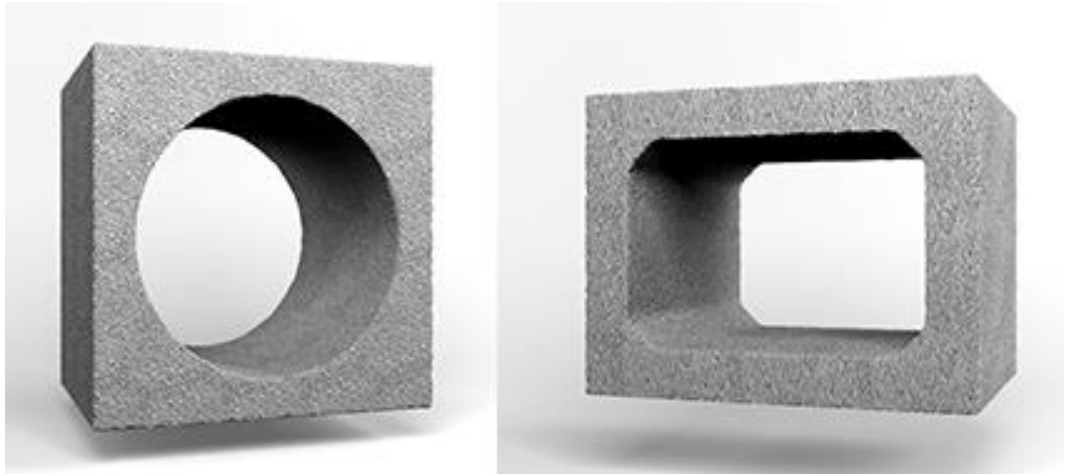


Şekil 17. Asmolen döşeme elemanı olarak bimsblok kullanımı

Kaynak: YapıSOR (2021).

- Baca elemanı olarak kullanımı

Gündüz'e (aktaran Kocaman, 2009) göre “doğal gaz kullanılan konutların bacaları, geleneksel baca kullanımından farklı olup, hafif ve yalıtım özelliği olan malzemelerden imal edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, bims agregalı baca elemanı üretimi gündeme gelmektedir. Bims agregalı baca elemanı üretimi yapan küçük ve orta ölçekli imalathanelerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır”. Şekil 18.'de bims agregalı baca elemanları gösterilmektedir.



Şekil 18. Baca elemanı olarak bimsblok

Kaynak: Gül bims (2016).

- Lento elemanı olarak kullanımı

Lento, yapılarda duvar imalatı yapılırken kapı ve pencere boşluklarının üzerine yatay olarak konulan duvarın devam etmesini sağlayan yapı elemanıdır. Ülkemizde lentolar, genellikle geleneksel olarak normal betondan, donatılı ya da seyrek donatılı olarak yapılmaktadır. Ancak, normal betondan üretilen lentoların yüksek birim ağırlıkları nedeniyle, uygulama alanında işçiliği ve kullanımı zordur. Ayrıca, duvarda ısı köprüsü oluşturmakta, lento yüzeylerinde nem yoğunlaşmaları da meydana gelebilmektedir. Bims düşük birim hacim ağırlığı, ısı ve ses yalıtımı sağlaması özellikleriyle lento üretiminde kullanılarak hafif bimsbetondan; 1,7 metreye kadar donatısız ve 3 metreye kadar seyrek donatılı lento üretimini mümkün kılmaktadır (Kocaman, 2009). Bims lento elemanları dolu etk blok ve u blok olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Şekil 19.'da lento bimsblok uygulamaları gösterilmektedir.



Şekil 19. Lento elemanı olarak bimsblok

Kaynak: Blokbims (2020).

- Peyzaj elemanı olarak kullanılması

İnşaat sektöründe bims agregasından üretilen bimsblokların peyzaj bimsblok elemanları şeklindeki kullanımları, günümüzde yeni bir sektör alanı oluşturmaktadır. Peyzaj uygulamalarında kullanılan bimsbloklar, tamamen bitki ile örtülmüş bir duvarın oluşturulmasına da imkân tanımaktadır. Aynı zamanda duvarda açık bir yeşillendirme

sistemi, asma şekilli bahçe peyzajı, bir manzara, akustik bariyer, şev stabilizasyonu için uygun bir ortam ve istinat duvarı oluşturma olasılıklarını taşıyabilmektedir. Bu nedenle bims agregaların ve bimsbetondan üretilen peyzaj blokların önemi giderek artmaktadır. Çevre tasarımında kullanılan bimsbloklar düzgün üst yüzeyleri, hafif olmaları ve uygulamada herhangi bir örgü harcına gereksinim duymaksızın düzgün ve görselliği yüksek bir bahçe duvarı oluşturmaya imkan sağlamaları gibi olanaklarıyla genellikle;

- Düzgün yüzeyli bahçe duvarlarının oluşturulmasında,
- Prekast elemanlar olarak yol ve yamaç düzenlemelerinde,
- Teras düzenlemelerinde,
- Bitki ve çiçek dikimi ile yeşillendirilebilir duvar yüzeyi oluşturmada,
- Konut çevresinde istinat duvarında,
- Aşırı gürültü kirliliğinin olduğu ortamlarda ses yutucu bahçe duvar elemanı olarak kullanılmaktadır (Gündüz, 2012).

Şekil 20.'de peyzaj elemanı olarak üretilen bimsbloklar gösterilmektedir.



Şekil 20. Peyzaj elemanı olarak bimsblok

Kaynak: Gündüz (2012).

3.5.2.2. Prefabrik-Prekast Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı

Ülkemizde bu yapı elemanı üretimi endüstrisi henüz gelişmekte olup, pek çok Avrupa ülkesi ve Amerika'da yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Bims kullanılarak üretilen prefabrik yapı elemanları;

- Yekpare mekanlar, (kabin, büfe, garaj, wc vs.)
- Entegre bölümlerden oluşan mekanlar, (konut, işyeri, sosyal tesis vs.)
- Panel duvar ve döşeme elemanları

olarak 3 kategoride incelenmektedir (Davraz vd., 2005).

Bims ile üretilen blok elemanlar, standart tuğla elemanların dayanım değerlerini sağlaması yanında, daha iyi yalıtım özelliğine sahip olması da bölme elemanları için kullanılmasına bir avantaj teşkil edebilir. Yapısal özellikleri sayesinde yalıtım amaçlı hafif beton ve hafif blok eleman üretiminde bims malzemesi halen yaygın olarak değerlendirilmektedir. Hazır bölme duvar elemanlarının, yerel ve doğal bir agrega olan bimsin kullanımı ile üretilebilirliğinin belirlenmesi amacı ile yapılan araştırmada, elde edilen mukavemet değerlerine göre bims agregalı harçlar ile taşıyıcı hazır duvar elemanları üretilebileceği saptanmıştır (Sancak ve Tatlıdil, 2013).

Doğal taş agrega olarak Nevşehir bimsinin kullanıldığı yalıtımlı dekoratif kaplama plakalarının basınç dayanım ve birim hacim kütle değerlerinin değişimi incelenerek yapılan çalışmalar sonucunda, gözenekli doğal taş agregaları ile düşük çimento oranında oluşturulan kombinasyonların yalıtım değerlerinin yüksek olduğu sonucu çıkarılmıştır. Bims agregası ve gerekli kimyasal katkılarla elde edilen kompozit harçlar ile dekoratif kaplama taşlarının TS EN Standardına uygun, yalıtımlı ve inşaat sektöründe ideal şekilde kullanılacak kaplama plakaları olarak üretilebileceği görülmüştür (Seyran, 2012).

Isı yalıtımlı panel duvar elemanları, dünyanın birçok ülkesinde yıllardır kullanılmaktadır. Bu sistem, hızlı üretilmesi, sağlamlığı, ısı depolama yeteneği ile ideal bir ısı yalıtımı sağlaması, ısı köprüleri oluşumuna izin vermemesi, yoğuşma ve buharlaşma oluşturmaması gibi özellikleri ile tercih edilmektedir. Isparta yöresi bims agregası kullanılarak birim ağırlığı düşük ve ısı yalıtımı yüksek lifli panel duvar elemanlarının, andezit tozu ve mermer tozu katkılarıyla üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Böylelikle

endüstriyel atıkların çevresel kirlilik oluşturması engellenecek ve ekonomiye yeniden kazandırılması sağlanacaktır (Tatlıdil, 2013).

Bims agregalı prekast ve prefabrik bimsbeton ürünleri, köprü bölümlerinden eğimli duvarlara, çit panellerine, dekoratif dökme taş kaplamalara ve heykelciliğe kadar çok çeşitli altyapı, yapı ve dekoratif ihtiyaçları karşılamaktadır. Normal agregalı betonun hafifliği yoktur. Prekast endüstrisinde, bu ağırlık, özellikle nakliye masrafları, gerekli mühendislik desteği yapısı ve yerinde işlem maliyetleri dikkate alındığında önemli bir problem teşkil etmektedir. Daha az ağırlık, aynı zamanda daha büyük parçalar için fırsatlar anlamına gelir, bu da daha düşük kalıp maliyetleri, daha az bağlantı ve daha hızlı montaj anlamına gelmektedir. Yapay hafif agregalar, doğal hafif agregalara oranla maliyet bakımından ekonomik değildir. Prekast ürünlerde doğal hafif agrega olarak bimsin kullanımı hafiflik, işlevsel güç elde etmekte kolaylık ve yapay agregalı ürünlere oranla ekonomik olması avantajıyla en doğru seçim olmaktadır (Pumiceconcrete, 2021). Şekil 21.'de bims agregası kullanılarak üretilen prefabrik ve prekast ürünler gösterilmektedir.



Şekil 21. Prefabrik-prekast yapı elemanları üretiminde bims kullanımı

Kaynak: Pumiceconcrete (2021).

3.5.3. Çimento Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı

Çimento; ana hammaddeleri kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket, vs) yapıştırırmada kullanılan, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır. Çimento, kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400-1500°C’de döner fırınlarda pişirilmesi ile klinker oluşturulur. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı eklenip (%4-5 oranında) çok ince toz halinde öğütülerek portland çimentosu elde edilir (Yaşar ve Erdoğan, 2005).

Kuşçu’ya (aktaran Kocaman, 2009) göre, “ülkemizde çimento sanayinde, maliyetlerinin düşürülmesi ve bir takım artı özelliklerin kazandırılabilmesi için çeşitli katkı malzemeleri kullanılmaktadır. Ülkemizde, doğal puzzolanik katkı maddesi olarak, tras ve bazik nitelikli volkanik işlevlerin bir ürünü olan doğal cürufklar, yapay olarak elde edilen yüksek fırın cürufu ve uçucu küller katkı maddesi olarak kullanılmaktadır”.

Bims, her geçen gün yeni bir kullanım alanı bulan bir hammaddedir. Pumicite adı verilen ve bazen de volkan külü, volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli olanları çimentoda katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Pumicite için bu alanda kullanım imkânı veren özelliği, onun yüksek puzolonik aktivite göstermesidir (Özkan ve Tuncer, 2001, s. 205).

Puzzolan çimento, portland çimentosu gibi sertleşir, katılaştır ve Ca(OH)_2 ’i (sönmüş kireç) serbest bırakır. Betonun bozulmasına neden olan Ca(OH)_2 , çimentonun dayanıklılığını bozar ve çimentoda erimeler oluşur. Çok ince öğütülmüş silisli pumisit gibi materyaller çimentolama özellikli bileşiklerden oluşmuş beton içinde oluşan Ca(OH)_2 ile reaksiyona girerler. Puzzolan çimento tek başına kullanılmaz. Genellikle ağırlığın %10-30’u oranında standart portland çimentoyla karıştırılır. Portland-puzzolan çimento tuzlu suların sokulumuna ve onların kimyasal aşındırmasına karşı yüksek direnç gösterme gibi birkaç arzu edilen özelliğe sahiptir. Portland çimento tarafından serbest bırakılan alkaliler ve beton agregası arasındaki istenmeyen reaksiyonlar karşısında uygun puzzolanın kullanımıyla önlenebilir veya azaltılabilir (Özkan ve Tuncer, 2001, s. 205).

3.5.4. Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanımı

Bims boşluklu ve gözenekli yapıda, düşük birim hacim ağırlığı ve geçirgenliğine sahip, yüksek porozitesi olan ve ısı iletkenlik kat sayısı düşük bir kayadır. Fiziksel, kimyasal

ve teknik parametreler bakımında üstün olan bims, bu özellikleriyle yüksek akustik ve ısıl konfor sağlaması sayesinde, ses ve ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır.

“Bimsin taneleri, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişime maruz bırakılmaksızın, farklı tane boyutlarında, serbest taneler halinde ısı yalıtım amaçlı bir malzeme olarak inşaat sektöründe kullanılabilir. Bu bakımdan pomza taneleri teknolojik olarak higroskopik bir malzeme ve pratikte montaj için fazla nem gerektirmeyen bir yalıtım elemanı türü olarak tanımlanabilmektedir. Günümüzde teknolojik, çağdaş uygulamalar olduğu gibi, ısı yalıtım amaçlı geleneksel uygulamalar da yer almaktadır. Örnek olarak, bimsin çatı yalıtımında serbest taneler halinde beton yüzüne serilerek bir yalıtım katmanı oluşturulması şeklinde görülmektedir. Bimsin ısı yalıtım amaçlı kullanımı, tamamen ısı iletkenlik değeri (λ) ile ilgilidir. Bims agregasının bol miktarda gözenekliliği, her bir gözenegin birbirinden bağlantısız boşluklu camı bir zarla çevrilerek yalıtılmış olması, ısı iletkenlik değerinin diğer pek çok yapı materyaline kıyasla düşük olmasına neden olmaktadır.” (Gündüz, 2001). Diğer bir deyişle bimsin ısı iletkenlik değerinin düşük olması, ısı yalıtımının yüksek olmasını ve yapılarda ısıl konforu sağlamasıdır.

Bims agregası kullanılarak yapılarda alınacak ısı yalıtım önlemleri ile yapı elemanlarının dış etkilerden korunması sağlanmaktadır. Yapı fiziki şartlarını yerine getirdiği için yapı konforu artar, duvarlarda nem ve küflenme sorunu ortadan kalkar, taşıyıcı sistemlerde ısıl gerilmeleri minimum düzeyde tutarak termik yüklemeleri azaltır, işletme maliyetini düşürür (Akyol, 2013).

Bims, atmosferik ortam koşullarına dayanıklı, ısı ve ses denetimi sağlayan, gözenekli, su ve nemden etkilenmeyen, yoğunlaşma problemi olmayan, yangın dayanımı yüksek, kimyasal etkilere dayanıklı, kokusuz, parazitleri barındırmayan, sağlıklı, uzun ömürlü, doğal ve ekonomik olmasıyla, ısı yalıtım malzemesi olarak bütün beklentileri karşılamaktadır. Nefes almayan, plastik kökenli, yanabilen ve yandığı zaman zehirli gazlar çıkaran, sağlığa zararlı ve pahalı yalıtım malzemelerinin piyasada ve uygulamadaki yerini, yalıtım malzemelerinde aranan bütün kriterleri taşıyan, sağlıklı ve ekonomik olan bims bırakması ülkemize katma değer kazandırması bakımından da önemlidir (Kocaman, 2009).

Gündüz'e (aktaran Ulusoy vd., 2004) göre, "günümüz koşullarında gürültü kirliliğinin giderek artması, yaşanan kapalı mekanlarda akustik konforun önemini gündeme getirmektedir. Yapılan konutlarda akustik konforun sağlanması, yapıda kullanılan agrega malzemelerinin akustik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Malzeme yüzeyine çarpan ses enerjisinin bir kısmı yapı elemanının malzeme cinsine ve yüzey yapısına bağlı olarak yutulur (gerisi) yansıtılır. Yutulan ses enerjisinin yüzeye gelen ses enerjisine oranı, ses yutma katsayısı olarak ifade edilmektedir".

İyi bir ses yutumu, pürüzlü ve gözenekli yüzeyli malzemeler ile elde edilir. Gözenekli yapıları sebebiyle, bims agregalar ile elde edilen bimsbetonların ses yutum özellikleri genellikle yüksektir (Ulusoy vd., 2004).

Gündüz'e ve Uğur'a (Aktaran Erdoğan ve Yaşar, 2005) göre "belirli ölçülerde sınırlandırılmış kapalı mekanlarda akustik yönden konfor sağlamak için, malzeme ve yapı düzeni ile ilgili olarak iki önemli etken vardır. Birincisi sesin yansımaları veya yankı, diğeri de ses iletimi veya bunun tersi olan ses yalıtımıdır".

Doğal yapı ve kaplama kayaçları incelendiğinde, yapısal özelliklerine bağlı olarak, farklı ses yalıtım özellikleri sergiledikleri bilinmektedir. Bimsin ısı ve ses iletim özelliklerinin deneysel normlarla incelendiği çalışmada, Nevşehir bimsinden üretilen briketler iyi bir ısı ve ses yalıtım malzemesi olurken enerji tasarrufuna da olanak sağlamıştır (Erdoğan ve Yaşar, 2005, s. 376).

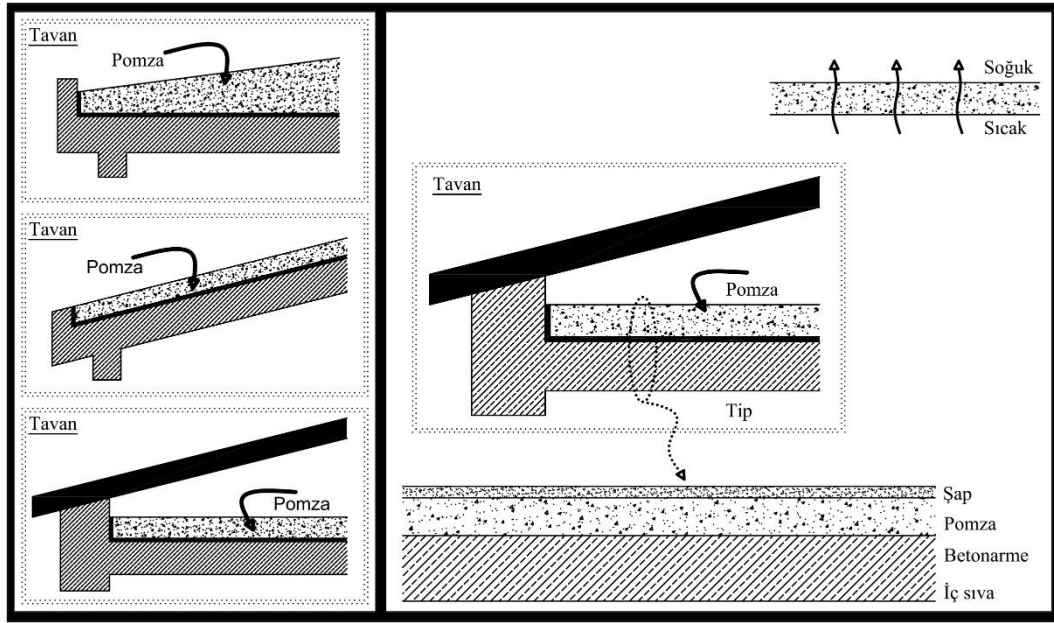
Kentleşme kültürünün son yıllarda giderek yoğunlaşmasıyla rahatsız edici boyutlara ulaşan gürültü kirliliğine karşı, bims agregasından yararlanarak yeni bir ses izolasyon malzemesi üretmek amaçlı deneysel çalışma yapılmıştır. Bu amaçla üretilen yapı malzemesinde akrilik, EPS köpük ve bims kullanılarak üretilen ses yalıtım malzemesi üzerinde gerçekleştirilen incelemeler sonucu üretilen malzeme, hem yapı içi hem de yapı dışı mekanlarda kullanılabilen hafif bir malzeme olup, yalnız ses değil aynı zamanda ısı yalıtımı sağladığı da tespit edilmiştir (Çamlı, 2018).

3.5.5. Çatı Ve Döşeme İzolasyon Dolgusu Olarak Kullanımı

Bimsin çatı ve döşemelerde doğal yalıtım malzemesi olarak kullanımı, ülkemizde özellikle Batı Akdeniz yöresinde görülmektedir. Binaların temel aralarında, düşük döşemelerde ve kapalı çatı altı-son kat tabiiye üstünde serbest taban yaygısı olarak

boyutlanmış bims agregası kullanılabilir. Alternatiflerine göre ekonomik olması nedeniyle, ısı yalıtımı yönünden binaya büyük kazanç sağlayan bu uygulama, özellikle tercih edilmektedir. Isı iletkenlik katsayısı 0,12-0,20 W/mK arasında değişmekte olan (-I6mm/+3mm boyutlanmış %100 kuru halde) pomza agregası, ısısız konfor açısından büyük oranda ekonomik çözümler sunmasına karşın bu konuda ülkemizde yeterli altyapı, standardizasyon ve kalite bilincinin oluşmaması nedeniyle endüstri boyutuna ulaşamamıştır (Davraz vd., 2005).

Çatı ve döşemelerdeki normal kum ve çakıl agregalı beton, ısı köprüsü oluşturduğu için, farklı ısıl ortamlardan, birinden diğerine ısı transferine neden olmaktadır. Bu olay tamamen yapılarda kullanılan yapı malzemesinin ısı iletkenlik değeri (λ) ile ilgilidir (Gündüz, 2001). Şekil 22.'de bimsin ısı yalıtım amaçlı olarak yapıların tavan veya çatılarında kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 22. Bimsin ısı yalıtım amaçlı yapıların tavan veya çatılarında kullanılması

Kaynak: Gündüz (2001).

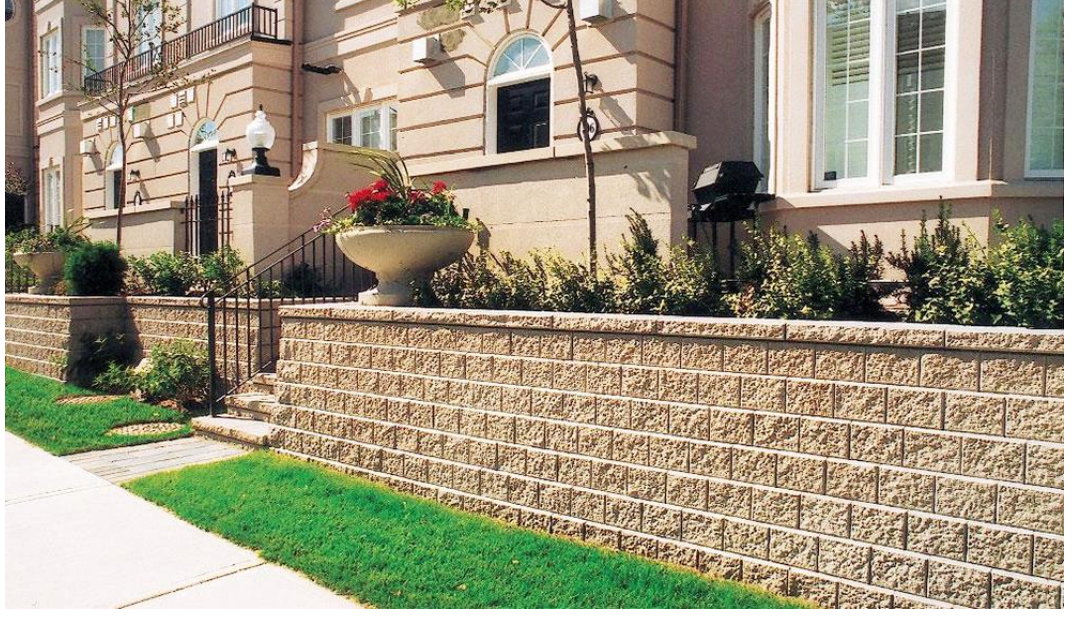
3.5.6. Dekoratif Kaplama Elemanları Ve Kent Mobilyalarında Kullanımı

Bims, inşaat ve yapı endüstrisinin estetik mimari ve peyzaj mimarisine yönelik; hafifliği ve sağlamlığı, kolay işlenebilirliği, atmosferik etkenlerden zarar görmemesi gibi önemli özelliklerinden dolayı, tercih edilen başlıca doğal kayalardan birisidir. Akrilik kaplı

dekoratif-renkli beton kiremit üretiminde pımsit kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bahçe ve kent mobilyaları olarak adlandırılan hafif beton mamulü ürünler de (sütunlar, banklar, çiçeklikler, korkuluklar, yapay kayalar vs,) bims önemli oranda tüketilmektedir. Ayrıca yeşil alan, park, kaldırım kaplama elemanlarında aranılan dona dayanım, yüzeysel suların drenajı, hızlı uygulama, aşınma etkilerinden minimum düzeyde etkilenme gibi önemli özelliklere sahip olması nedeniyle geleneksel kalker agregalı suni kaplama malzemeleri yeni bims agregalı kaplama malzemelerine bırakmaya başlamıştır (Davraz vd., 2005).

Bimsbeton ile yapılan çiçeklik, saksı gibi kent mobilyalarına dikilen bitkiler, bimsbetonun bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek, saksı içinde bulunan bitki toprağının sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını sağlayacaktır. Toprağın su tutma özelliğinin geliştirilmesi (hidrokültür), özellikle su problemi olan bölgelerde çok önemlidir. Bims, doğal halde bir hidrokültür malzemesidir. Bimsbetonun kent mobilyalarında kullanılmasının diğer bir avantajı ise, bims agregasından üretilerek, normal betondan çok daha hafif olması nedeni ile taşınması ve kullanılmasındaki kolaylıklar, zaman ve işçilikten tasarruf sağlar. Bimsin bu üstünlüğü, özellikle büyük boyutlu kent mobilyalarında avantaj sağlamaktadır. Özellikle çocuk parklarında kullanılan kent mobilyaları çeşitli darbelere maruz kalmaktadır. Bimsbetonun normal betona kıyasla önemli bir üstünlüğü, daha elastik olması ve bu özelliğinden dolayı darbelere karşı daha fazla dayanıklılık göstermesidir. Ayrıca, bimsbetonun yangına dayanıklılık açısından da normal betona kıyasla %20'ye varan oranda daha emniyetli olduğu kabul edilmektedir. Bu özelliği; özellikle yangın çıkma ihtimali olan çöp kovaları gibi kent mobilyalarında bir üstünlük sağlayacaktır (Çağlayan ve Kahrıman, 2003).

Gözenekli yapısı itibariyle bimsin hafif beton kiremit üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı deneysel çalışmada, kiremit formunda hazırlanan numunelerin, normal beton kiremitlerle mukayesesinde ağırlıkça %30 daha hafif olduğu görülmüştür. Su emme oranları beton kiremite oranla daha fazla olduğu ancak ısı yalıtım değerlerinin önemli oranda yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde, bims ve ignimbirit agregasının hafif beton kiremit üretiminde kullanılabilirliği kanıtlanmıştır (Efe, 2011). Bimsin, Şekil 23.'te dekoratif kaplama elemanı olarak bahçe duvarında kullanımı ve Şekil 24.'te bimsbeton saksı ve kent mobilyası olarak kullanımları gösterilmektedir.



Şekil 23. Bimsin dekoratif kaplama elemanı olarak bahçe duvarında kullanılması

Kaynak: Yapı bims (2021).



Şekil 24. Bimsbeton saksı ve kent mobilyası olarak kullanımı

Kaynak: Gündüz (2012).

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

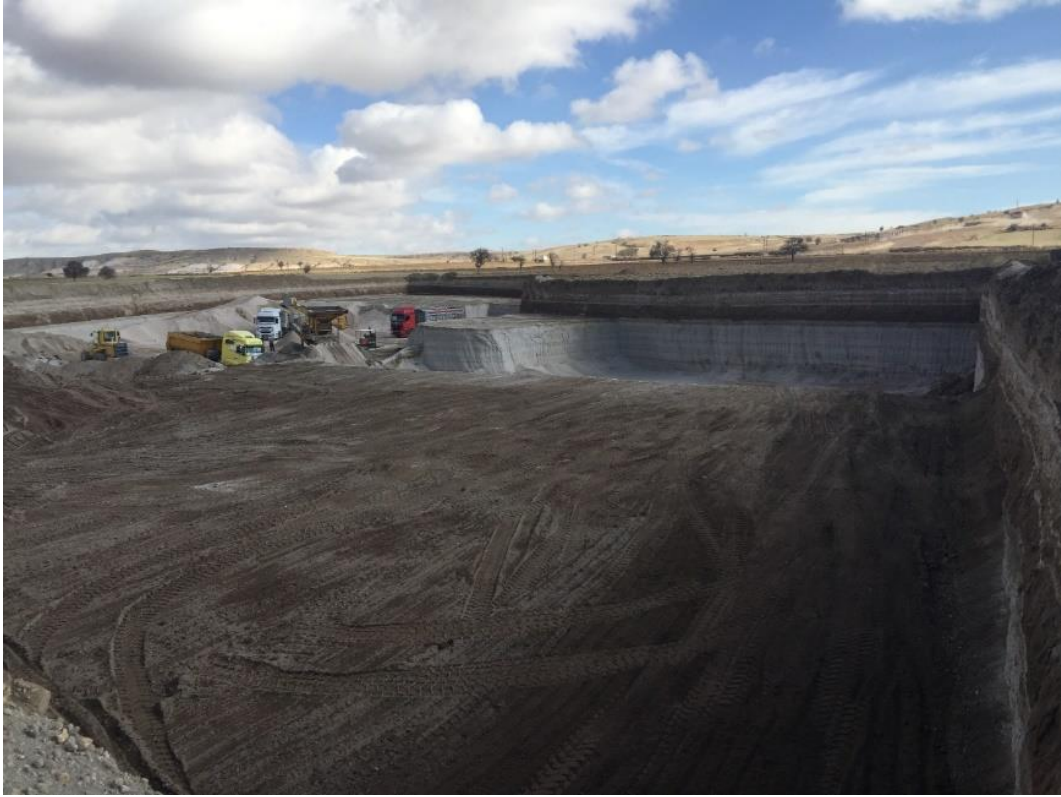
4.1.1. Kullanılan Malzemeler Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışma kapsamında, TS 802 (2016) Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları standardına uygun olarak agregat + çimento + su karışımları hazırlanmıştır.

4.1.1.1. Agregat

Beton üretiminde, betonun hacimsel olarak %60-75'ini oluşturan; kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerin genel adı agregattır (Aksoy, 2010).

Çalışmada kullanılmak üzere Nevşehir-Kaymaklı bölgesine gidilerek bimsin çıkarıldığı ocak görülmüş, hammaddenin elde edilişi ile ilgili bilgi edinilmiş ve malzeme temini yapılmıştır. Beton karışımlarında 0/1 mm, 1/2 mm, 2/4 mm, 4/8 mm ve 8/16 mm aralığında gruplandırılmış 5 ayrı boyutta bims kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bimsin çıkarıldığı bölge Şekil 25.'te ve zemin katmanlaşması Şekil 26.'da gösterilmiştir.



Şekil 25. Nevşehir-Kaymaklı bimsinin çıkarıldığı bölge



Şekil 26. Nevşehir-Kaymaklı bölgesi zemin katmanlaşması

4.1.1.2. Çimento

Çimento, su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonu göstermesi sebebiyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan ve priz süresi sonrası sertleşmiş kütlemin suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır. PÇ ifadeli portland çimento klinkerin alçı taşı ile beraber öğütülmesiyle elde edilen hidrolik bir bağlayıcıdır. PÇ 32,5, PÇ 42,5, PÇ 52,5 gibi kategorize edilmiş olup, 32,5, 42,5, 52,5 ifadeleri beton numunesinin 28 günün sonrasında göstermesi gereken minimum mukavemeti ifade etmektedir (Aksoy, 2010).

Bu deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin üretiminde gri çimento ve beyaz çimento olmak üzere iki farklı bağlayıcı malzeme kullanılmıştır.

a. Gri Çimento

Çalışmada, Konya Çimento fabrikası üretimi TSE EN ISO 9001:2008 CEM II/B-M (PL) 32,5 R portland kompoze çimento kullanılmıştır.

b. Beyaz Çimento

Çalışmada Mersin çimento fabrikalarında üretilen Çimsa Süper Beyaz EN 197-1:2011 CEM 52,5 R yüksek dayanım ve yapışma mukavemetine sahip beyaz portland çimentosu kullanılmıştır.

4.1.1.3. Karışım suyu

Beton üretiminde karışım suyu; kuru haldeki çimento ve agreganın plastik, işlenebilir bir kütle olmasını ve çimento ile kimyasal etkileşim yaparak plastik kütlenin sertleşmesini sağlamaktadır. Beton dayanımını su/çimento oranı etkilemektedir. Genellikle içilebilir özellikteki tüm sular, beton üretiminde karışım suyu olarak kullanılabilir (Aksoy, 2010).

Bu çalışmada beton karışım suyu olarak KTO Karatay Üniversitesi şebeke suyu kullanılmıştır.

4.1.2. Kullanılan Ekipmanlar Hakkında Genel Bilgiler

Çalışmalarda, KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarı ekipman ve araçları kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan bims agregalarının rutubet tayini yapılmak üzere metal kaba konularak 0,1 gr hassasiyetli tartı aletiyle tartım yapılmıştır. Tartım işlemlerinde kullanılan tartı aleti Şekil 27.'de gösterilmiştir.



Şekil 27. Çalışmalarda kullanılan 0,1 gr hassasiyetli tartı aleti

Agregaların tane boyutunun belirlenmesi amacıyla elek analizi yapılarak 16 mm elek altına geçen 8 mm elek üzerinde kalan malzemelerin kullanılması planlanmıştır. 1, 2, 4, 8, 16 mm elekler sırasıyla dizilerek zaman ayarlı sallama cihazında 3 dakika süreyle sarsılarak ayrıştırılmıştır. Kullanılan elekler ve sarsma cihazı Şekil 28.'de gösterilmiştir.



Şekil 28. Çalışmalarda kullanılan elekler ve sarsma cihazı

Tane boyutları ayrımı yapıldıktan sonra, TS 802 (2016) Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları standardına uygun olarak agrega + çimento + su miktarları belirlenerek beton karışımları hazırlanmıştır. Beton karışım hesapları, “4.3.2 Bims Agregalı Beton Karışım Hesapları Ve Koruma Koşulları” konu başlığı altında detaylı olarak açıklanmaktadır. Daha sonra hazırlanan bu beton karışımları spatula yardımıyla 4x4x16 cm’lik 3 gözlü kalıplara dökülmüştür. Kalıplara dökülen harcın, kalıba homojen yerleşmesini ve numunelerin yüzeylerinin pürüzsüzlüğünü sağlamak amacıyla 2 dakika süreyle vibrasyon cihazında titreşime bırakılmıştır. Kullanılan vibrasyon cihazı Şekil 29.’da gösterilmiştir.



Şekil 29. Vibrasyon cihazı

Üretilen numuneler 28 günlük priz sürecinin ardından nemli ortamda bırakılan kalıplardan çıkarılmış ve ürünler kodlanmıştır. Kodlanması yapılan numunelerden bazılarının eğilme ve basınç dayanımı cihazında öncelikle eğilme dayanımı test edilmiş ardından numune parçaları basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Deneylede kullanılan eğilme ve basınç dayanımı test cihazı Şekil 30.'da gösterilmiştir.



Şekil 30. Eğilme ve basınç dayanımı test cihazı

Numuneler üzerinde gerçekleştirilen diğer fiziksel ve mekanik deneylerin gereği olarak etüv kurusu ağırlığının tespiti için ısı ayarlı etüv cihazı kullanılmıştır. Kullanılan etüv cihazı Şekil 31.'de gösterilmiştir.



Şekil 31. Isı ayarlı etüv cihazı

4.2. Metot

Bu tez çalışması kapsamında üç aşama izlenmiştir. İlk olarak Nevşehir bims agregasını tanımak, özelliklerini belirlemek ve beton üretiminde bağlayıcı malzemelerle mukavemet değerlerinin nasıl değiştiğini araştırmak amaçlı bir dizi ön deneysel çalışmalar yapılmıştır.

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılan ön deneylerde 4x4x16 cm'lik üretilen numunelerde bağlayıcı malzeme olarak çimento ve alçı kullanılmıştır. Deneylerde üretilen numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Alçı bağlayıcılı numunede eğilme mukavemetlerinin olmadığı, malzemelerin dağıldığı, parçalandığı yeterli dayanıma sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle alçının bağlayıcı malzeme olarak kullanılmasından vazgeçilmiştir. Gerçekleştirilen ön deneyler sonucunda, tez çalışmasında bağlayıcı malzeme olarak Konya Çimento A.Ş. fabrikalarında üretilen gri çimento ve Çimsa A.Ş. fabrikalarında üretilen beyaz çimento kullanılmasına karar verilmiştir.

İkinci aşamada, Nevşehir bims agregaları hakkında yapılan araştırmalara göre Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin daha önce akademik olarak yeterince araştırılmadığı tespit edilmiş, Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims yatağına gidilerek hammaddenin elde edilişi ile ilgili bilgiler toplanmış ve deneylerde kullanılmak üzere gereği kadar hammaddenin

edinilmiştir. Edinilen bims agregasının özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kimyasal ve mikroyapı incelemeleri ve fiziksel deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel incelemeler ve analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiş, Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin diğer Nevşehir bimsleriyle özellikler bakımından benzerlikleri ve farklılıkları saptanmıştır.

Üçüncü aşamada “TS 802 (2016) Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları” standardına uygun olarak, 4x4x16 cm ebatlarında, gri çimento bağlayıcılı 5 farklı seriden toplam 45 adet; beyaz çimento bağlayıcılı 5 farklı seriden toplam 45 adet olmak üzere toplamda 90 adet bims agregalı beton numune üretilmiştir. Üretilen beton numuneleri, 28 günlük priz sürecinin sonrasında bir dizi fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmuştur. Beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel incelemeler ve analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiş; beyaz çimento bağlayıcılı beton numunelerle, gri çimento bağlayıcılı beton numunelerin avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir.

4.2.1. Bims Agregaları Üzerinde Yapılan Testler Ve Analizler

Çalışmada kullanılan, Nevşehir-Kaymaklı yöresinden temin edilen bims agregalarının teknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir dizi deney ve incelemeler yapılmıştır. Bu deney ve incelemeler; kimyasal özellikler, mikroyapı incelemeleri ve fiziksel incelemeler başlıkları altında gerçekleştirilmiştir. Agregada üzerinde yapılan kimyasal özellikler ve mikroyapı incelemeleri kapsamında, taramalı elektron ile incelenmesi (SEM), elementel analizi (EDS), X-ışınları floresans spektrometresi (XRF), termogravimetrik analizi (TGA) Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elek analizi, özgül kütle deneyi, rutubet tayini gibi fiziksel incelemeleri de KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

4.2.1.1. Bims agregalarının kimyasal özellikleri ve mikroyapı incelemeleri

Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregalarının kimyasal yapısının ve mikroyapısının belirlenmesi, ileri aşama analizler için yol göstericiliği açısından önemlidir.

a. Bims agregalarının taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi (SEM)

İnsan gözünün çok ince ayrıntıyı görebilme hususunda yetersiz kalmasından dolayı insanlar, gözüyle göremediğini merak etmekte ve çok ince ayrıntıları görüntüleyebilecek optik cihazlar geliştirmektedir. Taramalı elektron mikroskobu, elektronik ve optik sistemlerin birlikte kullanılarak, üzerinde işlem ve analizler yapılabilen görüntülerin alınabilmesini sağlayan cihazlardandır.

Deneylerde kullanılmak üzere temin edilen Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregaları, ilk olarak havanda öğütülmüş ve 0,5 mm'lik elekten geçirilerek taramalı elektron mikroskobunda incelenebilir boyuta getirilmiştir. SEM analizleri BİTAM laboratuvarında taramalı elektron mikroskop altında ikincil elektron dedektör ile incelenerek toplam 7 adet görüntüsü alınmıştır. Deneyde kullanılan taramalı elektron mikroskobu Şekil 32.'de gösterilmiştir.



Şekil 32. Taramalı elektron mikroskobu

Kaynak: "Taramalı Elektron Mikroskobu" (t.y.)

b. Bims agregalarının elementel analizi (EDS)

Deneylerde kullanılan bims agregalarının SEM görüntüleri ile beraber EDS ile elementel (nokta) analizler yapılmış ve hangi elementlerin ne kadar bulunduğu belirlenmiştir. EDS nokta analizleri BİTAM laboratuvarında, SEM görüntülerinin alındığı dedektör kullanılarak yapılmıştır.

c. Bims agregalarının X-Işını floresans spektrometresi (XRF)

X-Işını floresans spektrometresi (XRF), numunelerin kimyasal bileşimini nitel ve nicel olarak element ve oksitleri açısından belirlemek için kullanılmaktadır. Bimsin yapısını anlamak amacıyla kimyasal analizlerle; SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , CaO , MgO , B_2O_3 gibi içerikleri tespit edilmiştir (NEÜ BİTAM, 2020).

XRF analizleri BİTAM laboratuvarında yapılmıştır. Analizde kullanılan cihaz Şekil 33.'te gösterilmiştir.



Şekil 33. XRF cihazı

Kaynak: “X – Işını Floresans Spektrometresi (XRF)” (t.y.)

d. Bims agregalarının termal analizi (TGA)

Termal analizle; sıcaklığa bağlı olarak kütle kaybı, zamana bağlı kütle kaybı, sıcaklığa ve zamana bağlı enerji geçişleri, reaksiyon hızı ve bozunma testleri ve ısı direncinin değerlendirilmesi sağlanabilmektedir (“Termal Analiz (TGA-DSC)”, t.y.).

TGA analizleri BİTAM laboratuvarında yapılmıştır. Analizde kullanılan cihaz Şekil 34.'te gösterilmiştir.



Şekil 34. TGA cihazı

Kaynak: “Termal Analiz (TGA-DSC)” (t.y.)

4.2.1.2. Bims agregalarının fiziksel incelemeleri

a. Elek analizi

Tüvenan bims agregasında farklı boyutlardaki bimslerden ağırlıkça ne kadar olduğunu tespit edilmesi amaçlanan bu deneyde, deney elekleri yukarıdan aşağıya doğru göz açıklıkları giderek küçülecek şekilde üst üste yerleştirilir. En üstte kalan eleğe tüvenan bims agregalarından elek tam dolmayacak şekilde konulur, ardından elek kapağı kapatılarak elek sarsma cihazına konur. Konulan malzeme 3 dakika süreyle sarsılarak eleme işlemi sürdürülür. Sarsma işlemi bitince, 16 mm elek altına geçen 8 mm elek üzerinde kalan malzemeler en üst elekten başlayarak sırayla en küçük boyutlu eleğe kadar tartılır, her elek üzerinde ağırlıkça, yüzde ne kadar agregası kaldığı hesaplanır. Böylelikle farklı boyutlardaki agregası miktarı ve agregasının tane dağılımı belirlenir. Elek analizi sonucu elekler üzerinde boyutları ayrıştırılmış agregalar Şekil 35.’te gösterilmektedir. Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; hassas terazi, elekler ve sarsma cihazıdır.



Şekil 35. Elek analizi yapılmış bims agregaları

b. Özgül kütle deneyi

“Belirli hacim ve sıcaklıktaki bir malzemenin, havadaki ağırlığının aynı hacim ve sıcaklıktaki damıtık suyun havadaki ağırlığına oranıdır. Bu özellik agrega karakteristiği hakkında bilgi verir ve beton bileşenlerinin hesabında kullanılır.” (Çelik, 2010).

Bims agregalarının özgül kütle karakteristikleri, genel olarak agregaların değişmez kütleye kadar kurutulması halinde belirlenmektedir. Bu kurutma işlemi genellikle 105°C’lik etüvde kurutularak yapılmaktadır (Aksoy, 2010).

Deney için bims agregalarından bir miktar öğütülmüştür. Öğütülen numune 0.25 mm’lik elekten eylemiş ve ardından 105°C etüvde değişmez kütleye kadar kurutulmuştur. Deneyde kullanılacak boş cam kap ve cam kapak tartılmış, ardından cam kaba tamamen su doldurulup tekrar tartılmıştır. Cam kapların ve tamamen su dolu cam kapların ağırlıkları belirlendikten sonra, kurutulmuş bims agregasından 25 gr boş cam kaba konulmuş ve üzerine damıtık su (cam kapakla arasında hava boşluğu kalmayacak miktarda) ilave edilmiştir. Doldurulan cam kaplar 7 gün boyunca numunenin suya tamamen doyurulması amacıyla bekletilerek zaman zaman üzerine su ekleme işlemi yapılmış ve son olarak içi dolu cam kaplar tekrar tartılmıştır. Cam kap içine konan damıtık suyun taşması ve taşan suyun miktarına göre özgül kütle değeri hesaplanmıştır.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; piknometre, damıtık su, cam kap, cam kapak, pipet, etüv, terazidir. Şekil 36.'da özgül kütle deneyi için hazırlanan karışım gösterilmektedir.



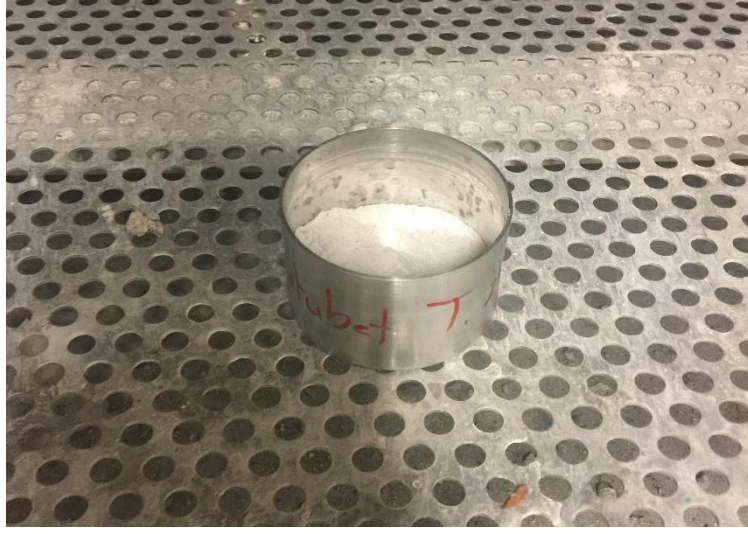
Şekil 36. Bims agregası özgül kütle deneyi

c. Rutubet tayini

Bims agregalarının rutubet tayini, agregaların normal kütlesi ile değişmez kütlesi arasında farkın tespiti halinde belirlenmektedir. Agreganın değişmez kütleye ulaşması işlemi genellikle 105°C'lik etüvde kurutularak yapılmaktadır.

Darası alınmış kaba 25 gr bims agregasından konularak 105°C'lik etüvde 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonra etüvden çıkarılan bims agregası soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra soğuyan numune 105°C'lik etüve tekrar konularak agreganın ağırlığı değişmez kütleye ulaşmaya kadar devam ettirilmiştir. Agreganın değişmez kütleye ulaştıktan sonra hesaplama yapılmıştır.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; metal kap, etüv ve terazidir. Şekil 37.'de rutubet tayini deneyi için etüvde kurutulan agreganın gösterilmektedir.



Şekil 37. Bims agregası rutubet tayini deneyi

4.2.2. Bims Agregalı Beton Numuneleri Üzerinde Yapılan Testler

Çalışmada kullanılan, Nevşehir-Kaymaklı yöresinden temin edilen bims agregalarının teknik özellikleri belirlendikten sonra TS 802 (2016) standardına uygun olarak beton karışımları hazırlanmış ve bu beton numuneleri üzerinde bir dizi deney ve incelemeler yapılmıştır. Bu deney ve incelemeler; fiziksel incelemeler ve mekanik incelemeler başlıkları altında gerçekleştirilmiştir. Beton numuneleri üzerinde yapılan fiziksel incelemeler kapsamında, birim hacim ağırlık, kılcallık, kütlece su emme, kaynar suda su emme, kompasite, porozite deneyleri; mekanik incelemeler kapsamında, eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve don tesirlerine dayanıklılık deneyleri KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.1. Bims agregalı beton numuneleri üzerinde yapılan fiziksel testler

a. Birim hacim ağırlık (hacim kütlesi deneyi)

Bu deneyle, bims agregalı beton numunelerin yoğunluğunu ve birim hacminin ağırlığını tespit etmek amaçlanmıştır. TS 699 (2009) standardına uygun olarak gerçekleştirilen deneyde 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler, 105°C etüv sıcaklığında değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulmuş ve oda sıcaklığına kadar soğuması beklendikten sonra 0,1 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Deney numunelerinin hacimleri, rijit şekillere sahip olmasından dolayı boyutlarından hesaplanarak bulunmuştur. Ağırlıkları ve hacimleri

hesaplanan numunelerin yoğunluk ve birim hacim denklemlerine göre hesaplamaları yapılmıştır.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, etüv ve kumpastır. Şekil 38.'de birim hacim ağırlık deneyi için kullanılan bims agregalı beton numuneler gösterilmektedir.



Şekil 38. Bims agregalı beton numuneler

b. Kılcallık (kapilarite katsayısı)

“Betonda kullanılan agregalarda kılcallık (kapilarite) özelliği, agreganın gözeneklilik oranı ve gözeneklerin birbiriyle bağlantılı olup olmamasına göre değişim göstermekte olup, yapının zemin suyu etkileşimlerine maruz kalan bölümlerinde yer alan betonlar için önemli bir teknik parametredir.” (Kocaman, 2009).

Deneyde daha önce birim hacim ağırlık değerleri tespit edilen, değişmez kütleye kadar kurutulmuş numuneler kullanılmıştır. Rijit şekillere sahip 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler 4x4 cm yüzeyinden suya temas ettirilmesi planlanarak temas alanı hesap edilmiştir. Bims agregalı beton numuneler kısa kenarı su yüzeyine paralel olarak, içinde su bulunan kaba su seviyesi numunenin diğer yüzeylerine temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Kronometre ile süreler dakika cinsinden yazılmıştır. Sürenin karekökü alınarak 13 okuma gerçekleştirilmiş iki süre arasında malzemenin birim yüzeyinden geçen su miktarı farklı bulunarak fark/alan hesaplanmış ve daha sonra ise kılcallık katsayısı bulunmuştur.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, etüv, metal tepsi ve kumpastır. Şekil 39.'da kılcallık deneyine tabi tutulan bims agregalı beton numuneler gösterilmektedir.



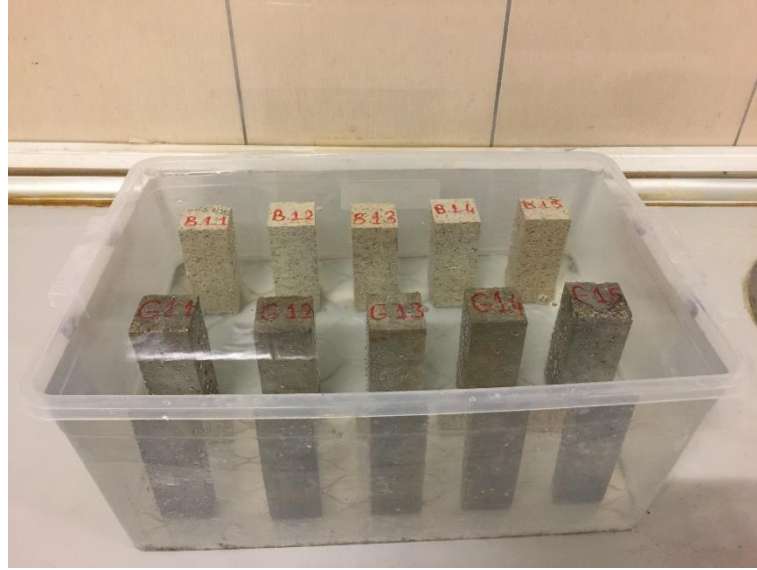
Şekil 39. Bims agregalı beton numunelerin kılcallık (kapilarite katsayısı) deneyi

c. Kütlece su emme

Kılcallık deneyine tabi tutulmuş numuneler, uygun büyüklükte ve derinlikte kap içerisine $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta su konularak, numunelerin yüksekliğinin yaklaşık 1/4'üne kadar suya daldırılmıştır. Bu şekilde 1 saat bekletildikten sonra 1/2'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edilmiş ve 1 saat daha bekletilmiştir. Aynı şekilde 3/4'ü kadar suya batacak şekilde su ilave edilerek 1 saat daha bekledikten sonra deney numuneleri su içine tamamen batacak şekilde su ilave edilmiştir. Bu şekilde 45 saat süre ile bekletilmiştir. Bu süre zarfında kaptaki su yüksekliğinin deney numunelerinin üzerini yaklaşık 1,5-2 cm örtecek seviyede olması ve deney numuneleri üzerinde oluşan hava kabarcıklarının giderilmesine dikkat edilmiştir. Deneyin başlangıcından itibaren 48 saat sonunda numuneler sudan çıkarılmış, ıslatılarak sıkılmış bir bezle silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra, bekleme süresi 0,1 gr hassasiyetle tartılmıştır (G_d). Daha sonra deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve soğuması beklendikten sonra 0,1 gr hassasiyette tartılarak kütlesi bulunmuştur (G_k) (Akgül, 2006).

Doğgun haldeki kütlesi ve değişmez kütlesi belirlenen numunelerin kütlece su emme denkleminde göre hesaplamaları yapılmıştır.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, etüv ve su banyosudur. Şekil 40.'ta kütlece su emme deneyi için kullanılan bims agregalı beton numuneler gösterilmektedir.



Şekil 40. Bims agregalı beton numunelerin kütlece su emme deneyi

d. Kaynar suda su emme

Kütlece su emme deneyine tabi tutulmuş numuneler, uygun büyüklükte ve derinlikte kap içerisine su konularak, numunelerin yüksekliğinin yaklaşık 1/2'sine kadar suya daldırılmıştır. Bu şekilde 1 saat bekletildikten sonra tamamı su içerisine batacak şekilde su ilave edilmiş ve 1 saat daha bekletilmiş ve ısıtılmaya başlanmıştır. Bu şekilde 2 saat süre ile ısıtılmıştır. Kaynama sonunda numuneler sudan çıkarılmaksızın soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra sudan çıkarılan numuneler ıslatılarak sıkılmış bir bezle silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra, bekleme süresi 0,1gr hassasiyetle tartılmıştır (G_d). Daha sonra deney numuneleri değişmez kütle gelinceye kadar kurutulmuş ve soğuması beklendikten sonra 0,1 gr hassasiyette tartılarak kütlesi bulunmuştur (G_k).

Kaynama sonundaki kütlesi ve değişmez kütlesi belirlenen numunelerin kaynar suda su emme denklemine göre hesaplamaları yapılmıştır.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, etüv ve su banyosudur.

e. Komposite (doluluk) deneyi

Bu deneyde, bims agregalı beton numunelerinin birim hacimdeki agrega tanelerinin işgal ettiği gerçek hacmi tespit etmek amaçlanmıştır. Komposite diğer adıyla doluluk oranı 2 farklı hesaplama yöntemiyle hesaplanabilmektedir. Bu deneyde, numunelerin birim

hacim ağırlığının agreganın özgül ağırlığına oranlanması yöntemi kullanılmıştır. Daha önce özgül kütlesi ve birim hacim ağırlıkları belirlenmiş deney numunelerinin, kompozite oranı denkleminde göre hesaplamaları yapılmıştır (Bekaroğlu, 2012).

d. Porozite (gözeneklilik derecesi)

Bu deneyde, bims agregalı beton numunelerin birim hacimdeki boşlukların hacminin işgal ettiği gerçek hacmi tespit etmek amaçlanmıştır. Porozite diğer adıyla gözeneklilik derecesi malzemenin hacimce su emme oranından, kütlece su emme oranından ve özgül kütlesi ile birim hacim ağırlığından olmak üzere 3 farklı hesaplama yöntemiyle hesaplanabilmektedir. Bu deneyde, numunelerin birim hacim ağırlığının agreganın özgül ağırlığına oranlanması yöntemi kullanılmıştır. Daha önce özgül kütlesi ve birim hacim ağırlıkları belirlenmiş deney numunelerinin, porozite denkleminde göre hesaplamaları yapılmıştır (Bekaroğlu, 2012).

4.2.2.2. Bims agregalı beton numuneleri üzerinde yapılan mekanik testler

a. Eğilme dayanımı

Eğilme dayanımı deneyiyle, bims agregalı beton numunelerin eğilme kuvvetlerine gösterdiği direnci tespit etmek amaçlanmıştır. Deney KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında, 200 KN kapasiteli otomatik basınç dayanım sistemlerinde 3 noktalı eğilme dayanımı cihazı yardımıyla yapılmıştır. TS EN 196-1 (2016) standardına uygun olarak gerçekleştirilen deneyde, 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler, 0,1 gr hassasiyetli terazide tartıldıktan sonra eğilme dayanımı düzeneğine yerleştirilmiştir. Mesnetler arası mesafe 100 mm olacak şekilde numune yerleştirildikten sonra tam ortadan olacak şekilde kuvvet uygulanmıştır. Numunede kırılma olana dek kuvvet uygulanmış ve eğilme dayanımı değerleri cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla kaydedilmiştir.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, eğilme ve basınç dayanımı makinesidir. Şekil 41.'de eğilme dayanımı cihazı düzeneğine bims agregalı beton numunelerin nasıl yerleştirildiği ve Şekil 42.'de eğilme dayanımı sonrası numunede oluşan fiziksel değişim gösterilmektedir.



Şekil 41. Bims agregalı beton numunelerin eğilme dayanımı cihazına yerleştirilmesi



Şekil 42. Bims agregalı beton numunelerin eğilme dayanımı sonrası kırılması

b. Basınç dayanımı

Basınç dayanımı deneyiyle, bims agregalı beton numunelerin basınç kuvvetlerine gösterdiği direnci tespit etmek amaçlanmıştır. Deney TS EN 196-1 (2016) standardına uygun olarak, eğilme dayanımı deneyleri sonucu iki parçaya ayrılan numuneler üzerinde, tek tek yine eğilme dayanımı deneyi yapılan cihaz yardımıyla yapılmıştır.

Gerçekleştirilen deneyde numuneler, basınç dayanımı düzeneğine presin alt ve üst tablası arasına; pres tablaları numunenin yüzeyi dışına taşmayacak şekilde yerleştirildikten sonra sabit değerde kuvvet uygulanmıştır. Numunede kırılma olana dek kuvvet uygulanmış ve basınç dayanımı değerleri cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla kaydedilmiştir.

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, eğilme ve basınç dayanımı makinesidir. Şekil 43.'te basınç dayanımı cihazı düzeneğine bims agregalı beton numunelerin nasıl yerleştirildiği ve Şekil 44.'te basınç dayanımı sonrası numunede oluşan fiziksel değişim gösterilmektedir.



Şekil 43. Bims agregalı beton numunelerin basınç dayanımı cihazına yerleştirilmesi



Şekil 44. Bims agregalı beton numunelerin basınç dayanımı sonrası kırılması

c. Don tesirlerine dayanıklılık

Bu deneyle, bims agregalı beton numunelerin donma durumlarında gösterdiği direnci tespit etmek amaçlanmıştır. Deney -25°C kapasiteli soğuk hava dolabı yardımıyla yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneyde, $4 \times 4 \times 16$ cm boyutlarındaki numuneler, 0,1 gr hassasiyetli terazide tartıldıktan sonra, 105°C etüve konularak değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve soğuması beklendikten sonra 0,1 gr hassasiyette tartılarak kütlesi bulunmuştur. Kurutulan numuneler daha sonra normal oda şartlarında su dolu kapta numunenin tamamı suyun içinde kalacak şekilde bekletilerek, numunelerin suya doyması sağlanmıştır. Suya doyurulan numunelerin ıslak bir bez yardımıyla üzerindeki su alınarak -20°C 'lik soğuk hava dolabına yerleştirilmiş ve 2 saat süreyle bekletildikten sonra, tekrar soğuk hava dolabından çıkarılarak oda şartlarındaki $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta suda bekletilmiştir. Ardından tekrar 2 saat soğuk hava dolabında, 2 saat oda şartlarındaki suda bekletilmiştir.

Bu şekilde donma ve çözülme işlemi 25 kez yaptırılarak numunelerdeki gözle görülür fiziksel değişimler gözlenerek kaydedilmiştir.

Donma ve çözülme işlemlerinden sonra deney numuneleri, 105°C etüve konularak değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve soğuması beklendikten sonra 0,1 gr hassasiyette tartılarak don sonrası değişmez kütlesi bulunmuştur (Koçu, 1997).

Deneyde kullanılan aletler ve cihazlar; terazi, etüv, su banyosu ve soğuk hava dolabıdır. Şekil 45.'te soğuk hava dolabına bims agregalı beton numunelerin nasıl yerleştirildiği ve Şekil 46.'da don sonrası değişmez kütleye kadar kurutulmuş numuneler gösterilmektedir.



Şekil 45. Bims agregalı beton numunelerin soğuk hava dolabına yerleştirilmesi



Şekil 46. Bims agregalı beton numunelerin don sonrası değişmez kütleyle kadar kurutulması

4.3. Bims Agregalı Beton Numunelerinin Üretimi

Araştırmada Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimsleri ile gri çimento ve beyaz çimento bağlayıcı malzemeleri karıştırılarak oluşturulan bims agregalı beton numunelerin karşılaştırmalı olarak incelenerek, yeni bir duvar malzemesi oluşturulmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır.

4.3.1. Kabul Edilen İlkeler, Numune Hazırlama Ve Ön Deney Sonuçları

Tez çalışması kapsamında, Nevşehir bims agregasını tanımak, özelliklerini belirlemek ve beton üretiminde bağlayıcı malzemelerle mukavemet değerlerinin nasıl değiştiğini araştırmak amaçlı bir takım ön deneysel çalışmalar yapılmıştır. Laboratuvar ortamında yapılan ön deneysel çalışmalarda, agreganın elek analizi ve özgül kütle tayini yapılmış; 4x4x16 cm'lik üretilen numunelerde, bağlayıcı malzeme olarak çimento ve alçı kullanılarak bims agregalı ve yalnız çimentodan bims agregasız olarak hazırlanmış numunelerin, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Fiziksel incelemelerde, elek analizi, özgülkütle tayini, kılcallık (kapilarite kat sayısı), kütlece su emme, kompasite (doluluk) oranı ve porozite (gözeneklilik derecesi) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kılcallık deneyi için çimento bağlayıcılı bims agregalı beton (B.Ç.) ve alçı bağlayıcılı bims agregalı beton (B.A.) numunelerden 2 adet, toplam 4 adet numune

kullanılmıştır. Tablo 11.'de ön deney numunelerinin üretiminde kullanılacak Nevşehir bims agregasının elek analizi değerleri gösterilmektedir.

Tablo 11. Nevşehir bims agregası elek analizi değerleri

Elek Çapı (mm)	Elek Üzerinde Kalan (gr)	Elek Üzerinde Kalan (%)	Elek Altına Geçen (%)
16	133	6,65	93,35
8	223,6	17,83	82,17
4	764,8	56,07	43,93
2	589,8	85,56	14,44
1	240	97,56	2,44
0.5	32,4	99,18	0,82
0.25	11,7	99,76	0,24
Toplama Kabı	1,3	100	0

Tablo 12.'de Nevşehir bims agregasının özgül kütle deneyi değerleri gösterilmektedir.

Tablo 12. Nevşehir bims agregası özgül kütle deneyi sonuçları

Boş Cam Kap Ağırlığı A (gr)	Su Dolu Cam Kap Ağırlığı B (gr)	Öğütülmüş Numune (kuru) Ağırlığı G _k (gr)	Boş Kap + Su Dolu Kap A + G _k + İlave Su=D (gr)	Özgül Kütle d ₀ (gr/cm ³)
92,5	179	25	191,5	2,0

Tablo 13.'te ön deney numunelerinin kapilarite değerleri gösterilmektedir.

Tablo 13. Ön deney numunelerinin kapilarite kat sayısı değerleri

N E/T	B.Ç.1	B.Ç.2	B.A.1	B.A.2
1 dk	0,0125	0,0125	0,075	0,06875
4 dk	0,005125	0,003125	0,021875	0,01875
9 dk	0	0,002083	0,00625	0,00833
16 dk	0	0	0,00625	0,003125
25 dk	0	0,0125	0,00375	0,00375
36 dk	0	0	0,003125	0,003125
49 dk	0	0	0,001785	0,001785
64 dk	0	0	0,002343	0,002343
81 dk	0	0	0,002083	0,002083
100 dk	0	0	0,0025	0,0025

Tablo 13.'teki değerler neticesinde alçı bağlayıcılı numunelerin kapilarite kat sayısının, imento bağlayıcılı numunelere oranla çok yüksek olduğu görülmektedir.

Ktlice su emme deneyi için, kılcallık deneyinde kullanılan numuneler tekrardan kullanılmıştır. Tablo 14.'te n deney numunelerinin ktlice su emme oranları gösterilmektedir.

Tablo 14. n deney numunelerinin ktlice su emme oranları

Numune	Doygun Haldeki Ktlice Ktlice G _d (gr)	Değişmez Ktlice Kadar Kurutulmuş Malzeme Ktlicesi G _k (gr)	Ktlice Su Emme Oranı S _k (m/m, %)
B..1	381,1	368,7	3,36
B..2	384,3	368,9	4,17
B.A.1	364,3	325,6	11,88
B.A.2	363,1	326,4	11,24

Tablo 14.'teki değerler neticesinde alçı bağlayıcılı numunelerin ktlice su emme oranının, imento bağlayıcılı numunelerinkinden yüksek olduğu görülmektedir.

Kompasite deneyi için, imento bağlayıcılı bims agregalı beton (B..) ve alçı bağlayıcılı bims agregalı beton (B.A.) numunelerden 2 adet, toplam 4 adet numune kullanılmıştır.

Tablo 15.'te n deney numunelerinin kompasite (doluluk) oranları gösterilmektedir.

Tablo 15. n deney numunelerinin kompasite (doluluk) oranları

Numune	Malzemenin hacim ktlicesi (gr)	zgl ktlicesi (gr/cm ³)	Kompasite Oranı k(m/m, %)
B..1	368,7	2,0	18,435
B..2	368,9	2,0	18,445
B.A.1	325,6	2,0	16,280
B.A.2	326,4	2,0	16,320

Tablo 15.'teki değerler neticesinde imento bağlayıcılı numunelerin kompasite oranının, alçı bağlayıcılı numunelerinkine yakın değerlerde ve daha yüksek olduğu görülmektedir.

Porozite (gözeneklilik derecesi) deneyi için, kompasite deneyinde kullanılan numuneler kullanılmıştır. Tablo 16.'da ön deney numunelerinin porozite (gözeneklilik derecesi) oranları gösterilmektedir.

Tablo 16. Ön deney numunelerinin porozite (gözeneklilik derecesi) oranları

Numune	Malzemenin hacim kütlesi (gr)	Özgül kütlesi (gr/cm ³)	Porozite (Gözeneklilik Derecesi) (P _g) (m/m, %)
B.Ç.1	368,7	2,0	81,565
B.Ç.2	368,9	2,0	81,555
B.A.1	325,6	2,0	83,72
B.A.2	326,4	2,0	83,68

Tablo 16.'daki değerler neticesinde çimento bağlayıcılı numunelerin porozite oranının, alçı bağlayıcılı numunelerinkine yakın değerlerde ve daha düşük olduğu görülmektedir.

Mekanik incelemelerde, çimento bağlayıcılı betonlarda eğilme ve basınç değerlerinin normal düzeyde olduğu; alçı bağlayıcılı betonların eğilme mukavemetlerinin olmadığı, malzemelerin dağıldığı, parçalandığı yeterli dayanıma sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Tablo 17.'de çimento bağlayıcılı bims agregalı beton (B.Ç.), alçı bağlayıcılı bims agregalı beton (B.A.) ve yalnız çimento ile üretilen agregasız beton (Ç.Ç.) numuneler üzerinde gerçekleştirilen eğilme ve basınç dayanımı değerleri gösterilmektedir.

Tablo 17. Ön deney numunelerine ait eğilme ve basınç dayanımı değerleri

Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kesiti (mm ²)	Ort. Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Ort. Eğilme Kuvveti (N)	Ort. Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Ort. Kırılma Kuvveti (N)
B.Ç.	28	1600	3,75	1599,67	19,7	31524,5
B.A.	28	1600	-	-	1,41	2244
Ç.Ç.	28	1600	4,23	1805,00	49,72	79545,83

Deneylerde, eğilme mukavemeti için her gruptan 3 adet, toplam 9 adet numune; basınç mukavemeti için eğilme sonucu parçalanmış toplam 18 adet numune kullanılmıştır. Don tesirlerine dayanıklılık kapsamında çimento bağlayıcılı bims agregalı beton (B.Ç.)

numunelerden 2 adet, alçı bağlayıcılı bims agregalı beton (B.A.) numunelerden 2 adet ve yalnız çimento ile üretilen agregasız beton (Ç.Ç.) numunelerden 3 adet, toplam 7 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Tablo 18.'de ön deney numuneleri üzerinde gerçekleştirilen don tesirlerine dayanıklılık analizleri gösterilmektedir.

Tablo 18. Ön deney numunelerine ait don tesirlerine dayanıklılık analizleri

Numune/ Devir	B.Ç.1	B.Ç.2	B.A.1	B.A.2	Ç.Ç.1	Ç.Ç.2	Ç.Ç.3
1	+	+	*	*	+	+	+
2	+	+	0	0	+	+	+
3	+	+	0	0	+	+	+
4	+	+	0	0	+	+	+
5	-	+	0	0	+	+	+
6	-	+	0	0	+	+	+
7	-	-	θ	0	-	+	+
8	-	-	θ	0	-	+	+
9	-	-	θ	θ	-	-	+
10	*	-	θ	θ	-	-	+
11	*	-	θ	θ	*	-	+
12	*	-	θ	θ	*	-	+
13	*	*	θ	θ	*	-	-
14	*	*	θ	θ	*	-	-
15	*	*	θ	θ	*	-	-
16	*	*	θ	θ	0	*	-
17	*	*	θ	θ	0	*	-
18	*	*	θ	θ	0	*	*
19	*	*	θ	θ	0	*	*
20	*	*	θ	θ	0	*	*

+ iyi, hiçbir problem yok

- kılcal çatlak var, parça kopması yok

* kılcal çatlak var, parça kopması başladı

0 parça kopması var

θ dağıldı, kullanılamaz

Don tesirlerine dayanıklılık bakımından, alçı bağlayıcı beton (B.A) numunelerin çok dayanıksız olduğu; çimento bağlayıcı beton (B.Ç) numunelerin alçı bağlayıcı numunelere göre çok daha dayanıklı olduğu ve yalnız çimentodan üretilen beton (Ç.Ç) numunelerin çok daha dayanıklı olduğu görülmektedir.

Fiziksel ve mekanik ön deneyler neticesinde, bims agregalı beton numunesi üretiminde bağlayıcı olarak alçı kullanıldığında fiziksel ve mekanik olarak dayanımı çok düşük bir malzeme elde edilmiştir. Dolayısıyla bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanılması, alçı kullanılmaması gerektiği saptanmıştır.

Gerçekleştirilen ön deneyler ışığında, bu tez çalışmasında bağlayıcı malzeme olarak Konya Çimento A.Ş. fabrikalarında üretilen gri çimento ve Çimsa A.Ş. fabrikalarında üretilen beyaz çimento kullanılmasına karar verilmiştir.

4.3.2. Bims Agregalı Beton Karışım Hesapları Ve Koruma Koşulları

Araştırmalar ve çalışmalar neticesinde bu tez çalışmasında çimento miktarı değişen, gri çimento bağlayıcı 5 farklı seri; beyaz çimento bağlayıcı 5 farklı seri numune üretilmesi planlanmıştır. TS 699 (2009) standardına göre deneyleri gerçekleştirebilmek için 4x4x16 cm'lik 3 gözlü kalıplar kullanılmıştır.

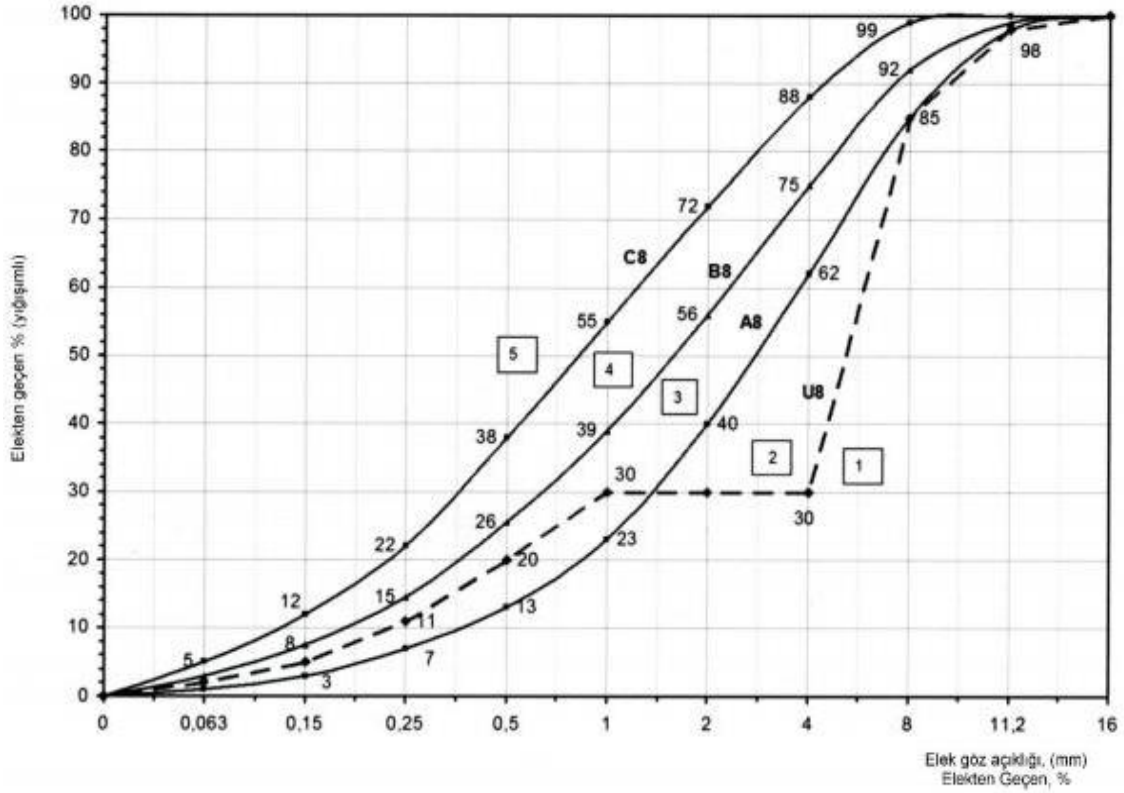
Yapılacak tüm deneyler için numunelerden;

- 3 adet fiziksel deneylerde,
- 3 adet eğilme ve basınç dayanımı deneylerinde,
- 2 adet donma ve çözülme deneylerinde
- 1 adet kıyaslamak ve korumak üzere arşivde saklanmak amaçlarıyla kullanılması planlanmıştır.

Yukarıdaki çalışmaları yapabilmek için her seriden 9 adet numune üretilmesi planlanmıştır. 4x4x16 cm'lik numunelerden, gri çimento bağlayıcı 5 farklı seri toplam 45 adet; beyaz çimento bağlayıcı 5 farklı seri toplam 45 adet olmak üzere toplamda 90 adet numune üretilmiştir.

Bims agregalı beton numunelerin üretiminde 16 mm elek altına geçen, 8 mm elek üzerinde kalan agregalar kullanılmıştır. Nevşehir-Kaymaklı bims ocağından tüvenan olarak elde edilen bimsler, 1, 2, 4, 8 ve 16 mm'lik eleklerden geçirilerek boyutlarına

ayrılmış ve ayrı ayrı torbalara konulmuştur. TS 802 (2016) standardına göre agrega en büyük tane büyüklüğü 8,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisi Şekil 47.'de verilmiştir.



Şekil 47. Agrega en büyük tane büyüklüğü 8,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

Kaynak: TS 802 (2016).

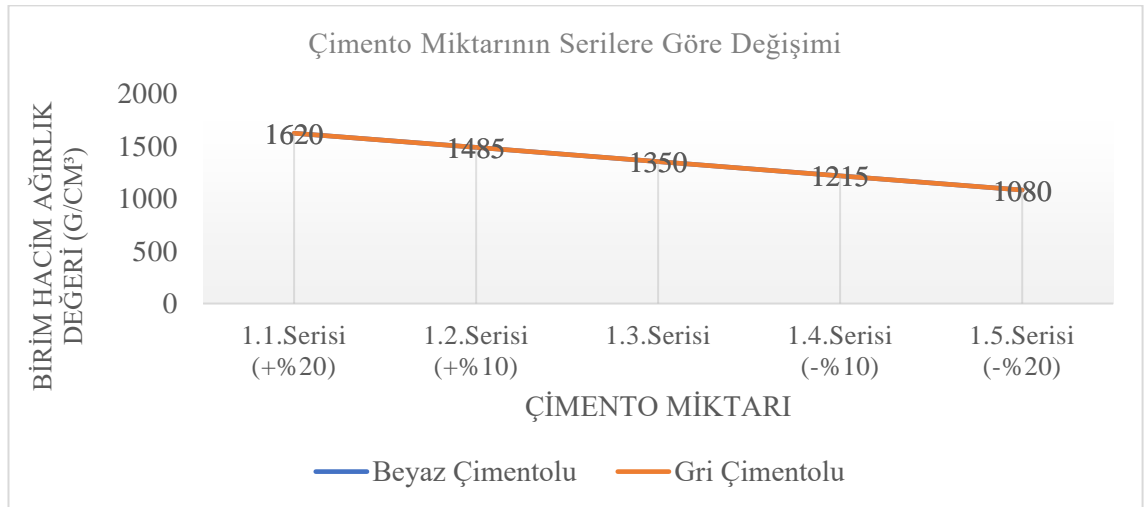
TS 802 (2016) standardına göre Şekil 47.'de gösterilen, 3 ve 4 numaralı bölgeler uygun bölge olduğu için agrega tane dağılımı bu sınırlara göre belirlenmelidir. Bu çalışma kapsamında Şekil 47.'de 3 numaralı bölge sınırları içinde kalacak şekilde agrega tane dağılımı belirlenmiş ve boyutlarına göre agregalardan ne kadar konulması gerektiği hesaplanmıştır. 3 gözlü kalıbın agrega olarak yaklaşık 750 gr bims agrega ile doldurulabilmesi sebebiyle, hesaplar 750 gr bims agregaya göre yapılmıştır. Tablo 19.'da agrega miktarı için alınacak değerler gösterilmektedir.

Tablo 19. Agrega tane büyüklüğü dağılımı

Elek Çapı	Elekten Geçen % Yığışım Miktarı	Elek Altına Geçen Yığışım Miktarı (gr)	Elek Üzerinde Kalan Yığışım Miktarı (gr)	Alınan Agrega Miktarı (gr)
16 mm	100	0	0	0
8 mm	88	660	90	90
4 mm	68	510	150	150
2 mm	48	360	150	150
1 mm	30	225	135	135
0,5 mm	20	150	75	75
0,25 mm	11	82,5	67,5	67,5
0	0	0	82,5	82,5
Toplam				750 gr

Beton karışım hesaplarına göre 1.3 serilerinin 350 dozlu beton olması kararlaştırılmıştır. Çimento miktarı bakımından numunelerin 1.3 serisine göre ağırlıkça, 1.2 serisinin %10 daha fazla, 1.1 serisinin %20 daha fazla; 1.4 serisinin %10 daha az, 1.5 serisinin %20 daha az çimento oranında üretilmesi düşünülmüştür.

Bu amaçlar doğrultusunda 350 doz beton karışımı oluşturulabilmesi için gerekli çimento miktarı hesabı yapılırken, 1 m³ betonda 350 kg çimento bulundurulması esas alınarak; 4x4x16 cm'lik bir numunenin yani 0,000256 m³ betonda yaklaşık 90 gr çimento bulunması gerektiği hesaplanmıştır. Agrega miktarı ve su miktarı sabit tutulacak karışımlarda çimento miktarları Şekil 48.'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 48. Çimento miktarının serilere göre değişimi

Şekil 48.'deki grafiğe göre, en fazla çimento miktarı 1.1. serilerinde; en az çimento miktarı 1.5. serilerinde görülmektedir. Tablo 20.'de farklı serilerdeki beton karışım tasarımı gösterilmiştir.

Tablo 20. Beton karışım tasarımları

Numune Serisi	Agrega Miktarı (gr)	Çimento Miktarı (gr)	Karışım Suyu Miktarı (mL)	Üretilen Numune Sayısı (adet)
G/B-1.1	2250	1620 (1350+270)	675	10
G/B-1.2	2250	1485 (1350+135)	675	10
G/B-1.3	2250	1350	675	9
G/B-1.4	2250	1215 (1350-135)	675	9
G/B-1.5	2250	1080 (1350-270)	675	9

4.3.3. Numune Boyutları, Sayıları, Kodlanması Ve Yapılan Deneilerin Programlanması

Karışım tasarımı belirlenen beton serilerine göre her malzemeden yeterli miktarda hazırlanmıştır. Hazırlanan malzemeler laboratuvar ortamında geniş bir kabın içerisinde spatula yardımıyla karıştırılmıştır. Karışımın homojen olmasına özen gösterilerek yeterince istenilen kıvamı alana dek karıştırılmaya devam edilmiştir. İstenilen kıvamı alan betonlar 4x4x16 cm'lik üçgözlü kalıplara dökülmüştür. Beton karışımının hazırlandıktan sonra kalıplara dökülmesi Şekil 49.'da gösterilmiştir.



Şekil 49. Beton karışımının kalıplara dökülmesi

Betonun kalıplara dökülmesi tamamlandıktan sonra, kalıplara daha iyi yerleşebilmesi için kalıplar vibrasyon cihazında titreşime bırakılmıştır. Daha sonra vibrasyon cihazından alınan kalıplar, içerisinde bulunan betonun su buharının uçmaması için şeffaf plastik torbalara, içinde bir miktar su bulunan kaplarla beraber konulmuş ve torbalar lastik yardımıyla bağlanarak hava alması engellenmiştir. Beton karışımlar, seri grubu ve üretim tarihi yazılı olarak kodlanmıştır. Prizini almak üzere şeffaf plastik torbalara konulan beton dolu kalıplar Şekil 50.'de gösterilmiştir.



Şekil 50. Beton dökülmüş kalıpların şeffaf plastik torbalara konulması

Laboratuvar ortamında şeffaf plastik torbalarda tutulan betonlar 7 günün sonunda kalıplardan plastik çekiç yardımıyla çıkarılmıştır. Çıkarılan beton numuneler prizini nemli ortamda tamamlamak üzere yeniden şeffaf plastik torbalara, içerisinde bir miktar su bulunan kaplarla beraber konulmuştur.

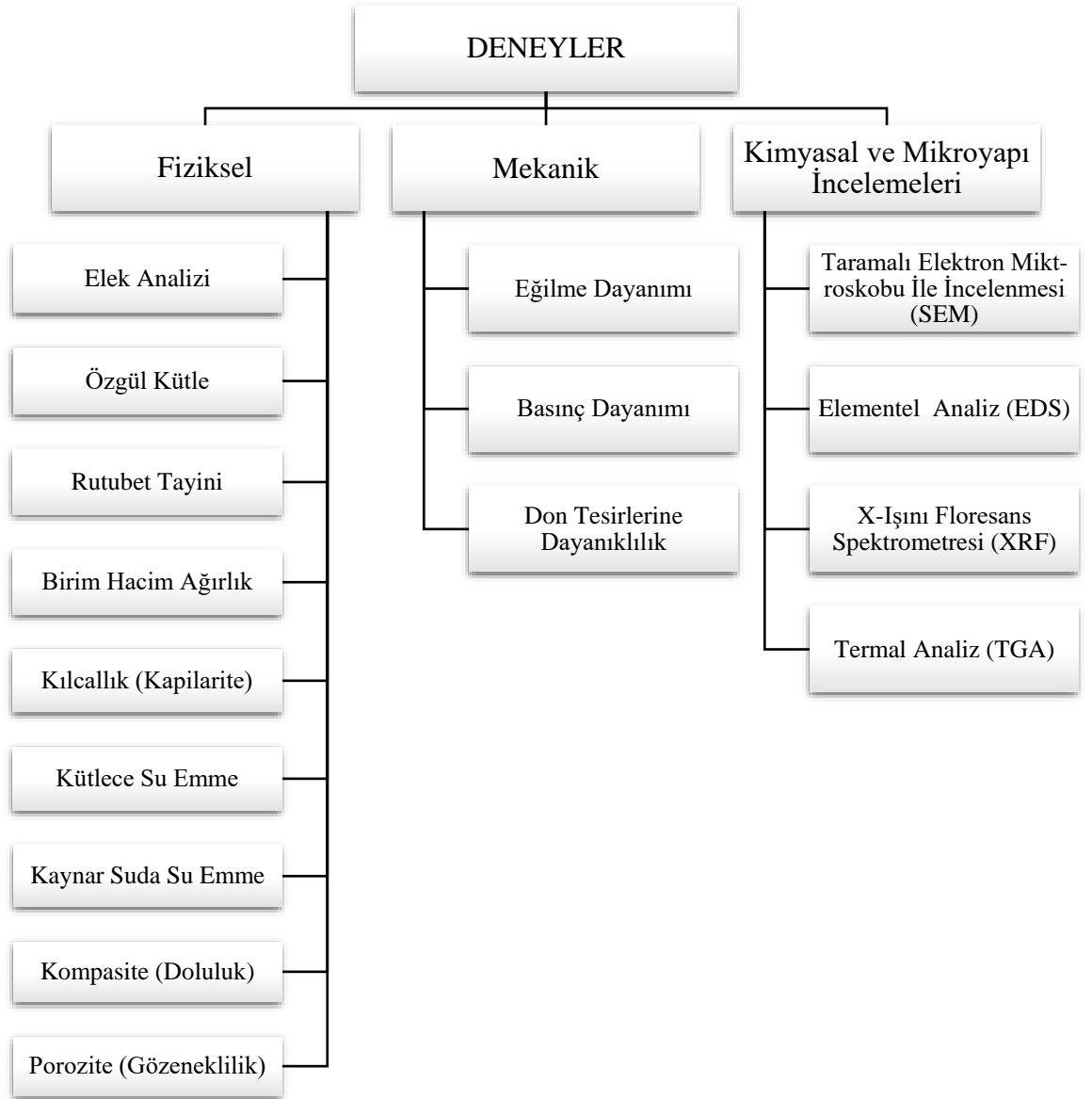
28 günlük priz süresini tamamlayan numunelerin her seriden;

- 3 adedi eğilme ve basınç dayanımı deneylerinde kullanılmak amacıyla laboratuvar ortamı ağırlıkları tartılarak kaydedilmiş ve daha sonra ilk olarak eğilme dayanımı testinde, ardından eğilme sonrası parçalanan numuneler basınç dayanımı deneyinde kullanılmıştır.
- 3 adedi birim hacim ağırlık, kılcallık, kütlece su emme, kaynar suda su emme, kompozite ve porozite deneylerinde kullanılmak amacıyla;
 - a) Laboratuvar ortamı ağırlıkları tartılarak kaydedilmiş,

- b) Etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulup değişmez kütlesi tartılarak kaydedilmiş,
 - c) Kılcallık deneyi ağırlıkları tartılarak kaydedilmiş,
 - d) Suyu doygun haldeki ağırlığı tartılarak kaydedilmiş,
 - e) Kaynar suda bekletildikten sonraki ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir.
- 2 adedi don tesirlerine dayanıklılık deneylerinde kullanılmak üzere;
 - a) Laboratuvar ortamı ağırlıkları tartılarak kaydedilmiş,
 - b) Etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulup değişmez kütlesi tartılarak kaydedilmiş,
 - c) Donma ve çözüme aşamalarında fiziksel durumu gözlenmiş,
 - d) Don sonrası yeniden etüvde kurutma işlemi yapılarak değişmez kütlesi belirlenmiştir.
 - 1 adedi kıyaslamak ve korumak üzere arşivde saklanmak amaçlarıyla kullanılmıştır.

5. DENEYLER VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Deneyle; Nevşehir-Kaymaklı yöresinden elde edilen, özgül kütlesi 2,0 gr/cm³ olan bimslerin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. TS 802 (2016) standardına göre bims agregalı beton numuneler üretilmiştir. Bims agregalı beton numunelerin üretilmesi, “4.3.2. Bims Agregalı Beton Karışım Hesapları Ve Koruma Koşulları” konu başlığı altında detaylı olarak anlatılmaktadır. Agregaların ve üretilen malzemelerin TS 699 (2009), TS 802 (2016), TS EN 196-1(2016) standartlarına göre inceleme ve analizleri yapılmış, birbirleriyle kıyaslanmıştır. Deneyle Şekil 51.’de gösterilen şemaya göre üç başlık altında yapılmıştır.



Şekil 51. Deneylelerin şema gösterimi

5.1. Fiziksel Deneyler Ve Bulguların Değerlendirilmesi

5.1.1. Elek Analizi

Tüvenan bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Agregadan 2000 gr alınarak, alt alta sıralanmış 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm ve 0.25 mm eleklerin en üstüne konulmuş ve elek kapağı kapatılarak sarsma cihazında sarsılmıştır. Sarsma işlemi bittikten sonra her elek üzerinde kalan malzeme üstten başlayarak tartılıp kaydedilmiş ve ayrı ayrı torbalara konulmuştur. Tablo 21.'de elek analizi değerleri gösterilmektedir.

Tablo 21. Tüvenan bims agregası elek analizi değerleri

Elek Çapı (mm)	Elek Üzerinde Kalan (gr)	Elek Üzerinde Kalan (%)	Elek Altına Geçen (%)
16	351,4	17,57	82,43
8	906,5	62,90	37,10
4	552,7	90,53	9,47
2	93,3	95,20	4,80
1	17,2	96,06	3,94
0.5	13,3	96,72	3,28
0.25	14,7	97,46	2,54
Toplama Kabı	50,9	100	0

Nevşehir-Kaymaklı bölgesi bims ocağından alınan tüvenan bims agregasının boyutlarına göre ağırlıkça, en çok 8 mm boyutunda daha sonra sırasıyla 4 mm ve 16 mm boyutlarında olduğu; en az 0,5 mm boyutunda olduğu tespit edilmiştir. Elek analizi bulgularına göre agreganın ince malzeme oranı çok az, iri malzeme oranının yüksek oranda olduğu saptanmıştır.

5.1.2. Özgül Kütle Deneyi

Öğütülmüş bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Agreganın kütlesi, boş cam kap kütlesi, su dolu cam kap kütlesi ve içine numune konulup üzeri suyla doldurulmuş cam kap kütlesi belirlenen numunenin, 1 numaralı eşitlik kullanılarak özgül kütlesi hesaplanmıştır.

$$d_0 = \frac{G_k}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

$$B + G_k = E, E - D = V,$$

A: Boş cam kabın ağırlığı (gr)

B: Su dolu cam kabın ağırlığı (gr)

G_k: Öğütülmüş numune (kuru) ağırlığı (gr)

D: Boş cam kap + numune + su dolu cam kap (A + G_k + İlave Su) (gr)

Tablo 22. Bims agregası özgül kütle deneyi değerleri

Boş Cam Kap Ağırlığı A (gr)	Su Dolu Cam Kap Ağırlığı B (gr)	Öğütülmüş Numune (kuru) Ağırlığı G _k (gr)	Boş Kap + Su Dolu Kap Ağırlığı A + G _k + İlave Su=D (gr)	Özgül Kütle d ₀ (gr/cm ³)
94,4	181,1	25	193,6	2,0

Deneyde kullanılan bims agregasının kütlesi, boş cam kap kütlesi, su dolu cam kap kütlesi ve içine numune konulup üzeri suyla doldurulmuş cam kap kütlesi Tablo 22.'de gösterilmektedir.

$$d_0 = G_k / V, \quad B + G_k = E, \quad E - D = V$$

$$V = B + G_k - D = 181,1 + 25 - 193,6 = 12,5 \text{ gr}$$

$$d_0 = G_k / V = 25 / 12,5 = 2,0 \text{ gr/cm}^3$$

Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregasının özgül kütlesi 2,0 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır.

5.1.3. Rutubet Tayini

Öğütülmüş bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Nemli kütlesi ve kurutulmuş kütlesi belirlenen numunelerin, 2 numaralı eşitlik kullanılarak ne kadar rutubet bulundurduğu hesaplanmıştır.

$$\text{Rutubet \%} = \frac{B - A}{A} * 100 \quad (2)$$

Rutubetli numune ağırlığı = B (gr)

Kurutulmuş numune ağırlığı = A (gr)

Tablo 23. Bims agregası rutubet tayini deneyi değerleri

Boş Kap Ağırlığı (gr)	Rutubetli Numune Ağırlığı (gr)	Kap + Rutubetli Numune Ağırlığı (gr)	Kap + Kurutulmuş Numune Ağırlığı (gr)	25 gr Rutubetli Numunedan Uçan Rutubet (gr)
39,8	25	64,8	64,7	0,1

Deneyde kullanılan bims agregasının, rutubetli kütlesi, nemli kütlesi ve bünyesinden uçan rutubet miktarı Tablo 23.'te gösterilmektedir.

$$B - A = 25,0 - 24,9 = 0,1 \text{ gr}$$

$$(0,1 / 25,0) * 100 = \% 0,4$$

Tablo 23.'teki veriler ışığında yapılan hesaplama göre, Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregasının % 0,4 rutubet bulundurduğu tespit edilmiştir.

5.1.4. Birim Hacim Ağırlık (Hacim Kütlesi Deneyi)

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerden 5'er adet toplam 10 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Kütlesi ve hacimleri belirlenen numunelerin, 3 numaralı eşitlik kullanılarak birim hacim ağırlık ve yoğunlukları hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan numunelerin, etüvde kalma sürelerine göre kütlelerindeki değişimler Tablo 24.'te gösterilmektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin birim hacim ağırlık ve yoğunluk değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama birim hacim ağırlık ve yoğunluk değerleri hesaplanmıştır.

$$d_h = \frac{G_k}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3)$$

d_h : Birim hacim ağırlık (g/cm³)

G_k : Örnek ağırlığı (g)

V: Örnek hacmi (cm³)

Deneyde kullanılan numunelerin, rutubetli kütlesinden değişmez kütlesine ulaşmaya kadar nasıl bir kütle değişimine uğradığı Tablo 24.'te gösterilmektedir.

Tablo 24. Bims agregalı beton numunelerin etüvde kalma sürelerine göre kütle değişimleri

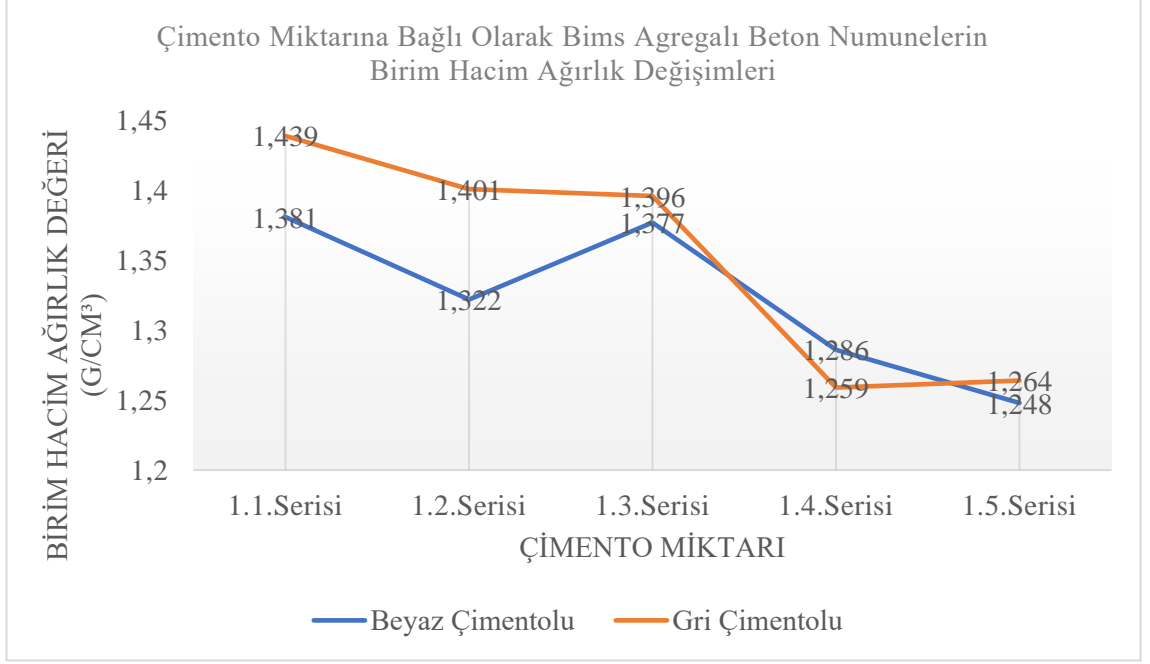
Bims Agregalı Beton Numune	Rutubetli Numune Kütlesi (gr)	24 Saat Etüvde Kalan Numune Kütlesi (gr)	48 Saat Etüvde Kalan Numune Kütlesi (gr)	72 Saat Etüvde Kalan Numune Değişmez Kütlesi (gr)
G.1.1	422,4	379,8	370,9	368,4
G.1.2	413,2	370,3	361,7	358,6
G.1.3	425,7	372,2	360,9	357,4
G.1.4	389,9	332,3	323,7	322,2
G.1.5	391,9	333,4	324,5	323,5
B.1.1	398,9	362,5	354,7	353,5
B.1.2	397,5	350,2	340,2	338,4
B.1.3	409,4	362,7	354,2	352,6
B.1.4	384,3	337,6	330,4	329,3
B.1.5	368,4	325,0	320,0	319,4

Tablo 24.'teki değerlere göre gri çimento bağlayıcılı numunelerden G.1.5 kodlu numunenin ağırlıkça %17,453'ünü; beyaz çimentolu numunelerden B.1.2 kodlu numunenin ağırlıkça %14,868'ini kaybederek en büyük ağırlık değişimine uğrayan numuneler olduğu gözlenmiştir. Ortalama ağırlık değişimi, gri çimento bağlayıcılı numunelerde %15,372; beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde %13,547 olduğu hesaplanmıştır. Bu değerler neticesinde gri çimento bağlayıcılı numunelerin, beyaz çimento bağlayıcılı numunelere oranla bünyesinden daha fazla nem uzaklaştırdığı anlaşılmaktadır. Değişmez kütlesi tespit edilen numunelerin Tablo 25.'te birim hacim ağırlık değerleri görülmektedir.

Tablo 25. Bims agregalı beton numunelerin birim hacim ağırlık değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	G_k Numune Değişmez Kütlesi (gr)	V Numune Hacmi (cm³)	d_h Birim hacim ağırlık (g/cm³)
G.1.1	368,4	256	1,439
G.1.2	358,6	256	1,401
G.1.3	357,4	256	1,396
G.1.4	322,2	256	1,259
G.1.5	323,5	256	1,264
B.1.1	353,5	256	1,381
B.1.2	338,4	256	1,322
B.1.3	352,6	256	1,377
B.1.4	329,3	256	1,286
B.1.5	319,4	256	1,248

Yapılan deneyler ve hesaplamalar neticesinde en yüksek birim hacim ağırlık değerine sahip bims agregalı beton numunenin, G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olduğu; en düşük birim hacim ağırlık değerine sahip bims agregalı beton numunenin, B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olduğu saptanmıştır. Gri çimento bağlayıcılı numunelerde ortalama birim hacim ağırlık değeri (d_h) 1,352 g/cm³; beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde ortalama birim hacim ağırlık değeri (d_h) 1,323 g/cm³ olarak hesaplanmış ve beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin daha düşük birim hacim ağırlık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Gri çimento bağlayıcılı numunelerde G.1.3 kodlu numunenin; beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde B.1.2 kodlu numunenin kendi serilerindeki ortalama birim hacim ağırlık değerine en yakın değere sahip olduğu görülmüştür. Çimento miktarının birim hacim ağırlık değerini nasıl etkilediği Şekil 52.'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 52. Birim hacim ağırlık deneyi değerleri

Şekil 52.'deki grafiğe göre, her iki farklı bağlayıcı gruplarda doğrusal olarak bir değişim görülmesi de genel olarak numunelerde çimento miktarı azaldıkça birim hacim ağırlık değerinin azaldığı görülmektedir. Birim hacim ağırlık değeri ile çimento miktarının doğru orantılı olduğu anlaşılmıştır.

5.1.5. Kılcallık Deneyi (Kapilarite Katsayısı)

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerden 5'er adet toplam 10 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Suyla temas eden yüzey alanı hesap edilen numunelerin su içerisinde kaldığı süreç boyunca ağırlık değişimleri kaydedilerek, iki okuma arasında geçen sürenin karekökü alınmış ve 4 numaralı eşitlik kullanılarak numunelerin kılcallık katsayıları hesaplanmıştır.

Deneyde kullanılan numunelerin, 13 okuma boyunca suda kalma sürelerine göre kütlelerindeki değişimler Tablo 26.'da gösterilmektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin kılcallık katsayısı değerleri hesaplandıktan sonra kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama kılcallık katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

$$N = \frac{E}{\sqrt{t}} (cm/\sqrt{dk}) \quad (4)$$

N; Kılcallık katsayısı (cm/ \sqrt{dk})

E; İki süre arasında birim alandan geçen su miktarı (gr)*(gr/cm²)

t; Süre (dk)

Tablo 26. Kılcallık deneyinde süreye bağlı olarak malzemenin yüzeyinden geçen su miktarı farkı

Su Emme Farkı (gr)	G.1.1	G.1.2	G.1.3	G.1.4	G.1.5	B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5
1. Fark	0,7	0,4	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	0,7
2. Fark	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
3. Fark	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2
4. Fark	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
5. Fark	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
6. Fark	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3
7. Fark	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3
8. Fark	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2
9. Fark	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
10. Fark	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
11. Fark	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2
12. Fark	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
13. Fark	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2

Yapılan incelemeler neticesinde suda kalma süresi boyunca en büyük kütle değişiminin, 5,5 gr kütle artışıyla beyaz çimento bağlayıcılı B.1.3 kodlu numunede; ikinci en büyük kütle değişiminin ise 5,2 gr kütle artışıyla gri çimento bağlayıcılı G.1.3 kodlu numunede olduğu gözlenmiştir. Ortalama kütle artışı bakımından, gri çimento bağlayıcılı numunelerde 4,3 gr, beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde 4,66 gr olmak üzere; gri çimento bağlayıcılı numunelerde beyaz çimento bağlayıcılı numunelere göre daha az kütle artışı olduğu tespit edilmiştir. Tablo 27.'de iki süre arasında birim alandan geçen su miktarı (E) değerleri hesaplamaları gösterilmektedir.

Tablo 27. Kılcallık deneyi su miktarı farkı / beton numune yüzey alanı

E (gr*gr/cm²)	G.1.1	G.1.2	G.1.3	G.1.4	G.1.5	B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5
1.	0,044	0,025	0,05	0,044	0,05	0,05	0,05	0,063	0,056	0,044
2.	0,019	0,013	0,019	0,019	0,019	0,019	0,025	0,025	0,019	0,013
3.	0,025	0,013	0,025	0,019	0,019	0,013	0,019	0,019	0,025	0,013
4.	0,019	0,019	0,025	0,019	0,019	0,019	0,019	0,025	0,025	0,019
5.	0,013	0,013	0,019	0,013	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,013
6.	0,019	0,019	0,025	0,019	0,025	0,025	0,031	0,025	0,025	0,019
7.	0,019	0,013	0,025	0,019	0,019	0,019	0,019	0,031	0,025	0,019
8.	0,025	0,019	0,025	0,019	0,019	0,025	0,019	0,025	0,019	0,013
9.	0,019	0,013	0,025	0,019	0,019	0,019	0,025	0,025	0,025	0,019
10.	0,019	0,019	0,025	0,019	0,025	0,019	0,019	0,025	0,019	0,013
11.	0,013	0,013	0,025	0,019	0,019	0,031	0,019	0,025	0,019	0,013
12.	0,019	0,006	0,019	0,013	0,013	0,013	0,013	0,019	0,019	0,019
13.	0,019	0,025	0,019	0,019	0,025	0,013	0,019	0,019	0,019	0,013

İki okuma süresi arasında birim alandan geçen su miktarı (E) değerleri, numunelerin aynı boyutlara sahip olması sebebiyle suda kalma süresince görülen kütle değişimleriyle doğru orantı göstermektedir. Tablo 28.'de numunelerin kılcallık katsayıları (N), Tablo 27.'e göre hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 28. Kılcallık (kapilarite) katsayısı değerleri

N (cm/√dk)	G.1.1	G.1.2	G.1.3	G.1.4	G.1.5	B.1.1	B.1.2	B.1.3	B.1.4	B.1.5
1 dk	0,044	0,025	0,05	0,044	0,05	0,05	0,05	0,063	0,056	0,044
4 dk	0,0095	0,0065	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0125	0,0125	0,0095	0,0065
9 dk	0,0083	0,0043	0,0083	0,0063	0,0063	0,0043	0,0063	0,0063	0,0083	0,0043
16 dk	0,0048	0,0048	0,0063	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0063	0,0063	0,0048
25 dk	0,0026	0,0026	0,0038	0,0026	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0026
36 dk	0,0032	0,0032	0,0042	0,0032	0,0042	0,0042	0,0052	0,0042	0,0042	0,0032
49 dk	0,0027	0,0019	0,0036	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0044	0,0036	0,0027
64 dk	0,0031	0,0024	0,0031	0,0024	0,0024	0,0031	0,0024	0,0031	0,0024	0,0016
81 dk	0,0024	0,0014	0,0028	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0021
100 dk	0,0019	0,0019	0,0025	0,0019	0,0025	0,0019	0,0019	0,0025	0,0019	0,0013
121 dk	0,0012	0,0012	0,0023	0,0017	0,0017	0,0028	0,0017	0,0012	0,0017	0,0012
144 dk	0,0016	0,0005	0,0016	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0016	0,0016	0,0016
169 dk	0,0015	0,0019	0,0015	0,0015	0,0019	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	0,001

Tablo 28.'deki hesaplamalara göre ilk okumadan son okumaya doğru numunelerin kapilarite katsayısının büyük oranda azaldığı görülmektedir. İlk okumada B.1.3 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune 0,063 cm/√dk'lık en büyük kapilarite katsayısına sahipken, bu değer son okumada 0,0015 cm/√dk'ya düşmüştür. G.1.2 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune ilk okumada 0,025 cm/√dk'lık değerle en düşük kapilarite katsayısına sahipken, son okumada 0,0019 cm/√dk kapilarite katsayısına gerilemiştir. Kaydedilen değerlere göre ilk okumada gri çimentolu seride ortalama 0,0426 cm/√dk, beyaz çimentolu seride ortalama 0,0526 cm/√dk; son okumada gri çimentolu seride ortalama 0,0016 cm/√dk, beyaz çimentolu seride ortalama 0,0013 cm/√dk kapilarite katsayıları hesaplanmıştır. Bu ortalama değerlere göre beyaz çimentolu numune serisinin kapilarite katsayısı zamanla büyük oranda azalırken, gri çimentolu serinin kapilarite katsayısının zamanla beyaz çimentolu serininki kadar azalmadığı saptanmıştır.

5.1.6. Kütlece Su Emme Deneyi

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerden 5'er adet toplam 10 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Doygun kütlesi ve değişmez kütlesi belirlenen numunelerin, 5 numaralı eşitlik kullanılarak kütlece su emme değerleri hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan numunelerin, hesaplanan kütlece su emme değerleri Tablo 29.'da gösterilmektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin kütlece su emme değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama kütlece su emme değerleri hesaplanmıştır.

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} * 100 \quad (5)$$

S_k ; Kütlece su emme oranı (m/m, %)

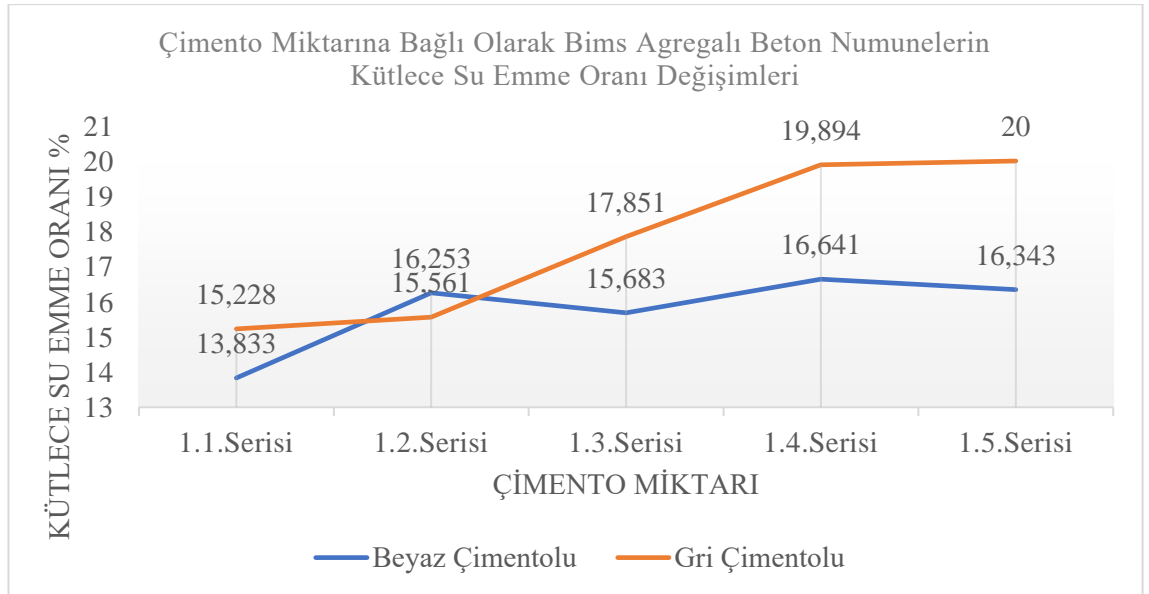
G_d ; Doygun haldeki kütle (gr)

G_k ; Değişmez kütle kadar kurutulmuş malzeme kütlesi (gr)

Tablo 29. Ktlece su emme deneyi değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Doygun haldeki numune kütlesi Gd (gr)	Numune değişmez kütlesi Gk (gr)	Ktlece su emme oranı Sk (m/m, %)
G.1.1	424,5	368,4	15,228
G.1.2	414,4	358,6	15,561
G.1.3	421,2	357,4	17,851
G.1.4	386,3	322,2	19,894
G.1.5	388,2	323,5	20,00
B.1.1	402,4	353,5	13,833
B.1.2	393,4	338,4	16,253
B.1.3	407,9	352,6	15,683
B.1.4	384,1	329,3	16,641
B.1.5	371,6	319,4	16,343

Tablo 29.'da hesaplanan değerlere göre ktlece su emme oranı, en yüksek olan numune %20,00 oranı ile G.1.5 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %13,833 oranı ile B.1.1 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama ktlece su emme oranı, gri çimentolu seride %17,707; beyaz çimentolu seride %15,751 olarak hesaplanmış ve gri çimentolu serinin ktlece su emme oranının beyaz çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının ktlece su emme değerlerini nasıl etkilediği Şekil 53.'teki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 53. Ktlece su emme deneyi değerleri

Şekil 53.'teki grafiğe göre, kütlece su emme oranının gri çimentolu seride çimento miktarının azalmasıyla ters orantılı olarak arttığı gözlemlenirken, beyaz çimentolu seride doğrusal bir değişim gözlemlenememiştir.

5.1.7. Kaynar Suda Su Emme Deneyi

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerden 5'er adet toplam 10 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Kaynama sonundaki kütlesi ve değişmez kütlesi belirlenen numunelerin, 6 numaralı eşitlik kullanılarak kaynar suda su emme değerleri hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan numunelerin, hesaplanan kaynar suda su emme değerleri Tablo 30.'da gösterilmektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin kaynar suda su emme değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama kaynar suda su emme değerleri hesaplanmıştır.

$$A_{kk} = \frac{G_d - G_k}{G_k} * 100 \text{ (m/m, \%)} \quad (6)$$

A_{kk} ; Kaynar suda su emme oranı (m/m, %)

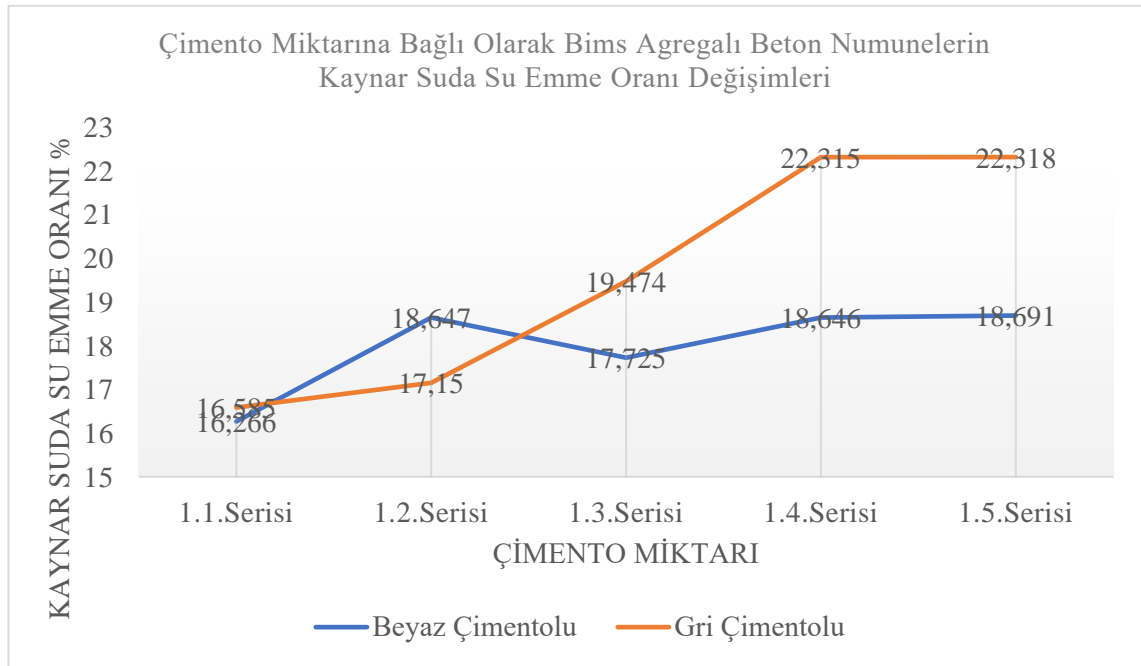
G_d ; Kaynama sonundaki kütle (gr)

G_k ; Değişmez kütle kadar kurutulmuş malzeme kütlesi (gr)

Tablo 30. Kaynar suda su emme deneyi değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Kaynama sonu numune kütlesi Gd (gr)	Numune değişmez kütlesi Gk (gr)	Kaynar suda su emme oranı Akk (m/m, %)
G.1.1	429,5	368,4	16,585
G.1.2	420,1	358,6	17,150
G.1.3	427,0	357,4	19,474
G.1.4	394,1	322,2	22,315
G.1.5	395,7	323,5	22,318
B.1.1	411,0	353,5	16,266
B.1.2	401,5	338,4	18,647
B.1.3	415,1	352,6	17,725
B.1.4	390,7	329,3	18,646
B.1.5	379,1	319,4	18,691

Tablo 30.'da hesaplanan değerlere göre kaynar suda su emme oranı, en yüksek olan numune %22,318 oranı ile G.1.5 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %16,266 oranı ile B.1.1 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama kaynar suda su emme oranı, gri çimentolu seride %19,568; beyaz çimentolu seride %17,995 olarak hesaplanmış ve gri çimentolu serinin kaynar suda su emme oranının beyaz çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının kütlece su emme değerlerini nasıl etkilediği Şekil 54.'teki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 54. Kaynar suda su emme deneyi değerleri

Şekil 54.'teki grafiğe göre, kaynar suda su emme oranının gri çimentolu seride çimento miktarının azalmasıyla ters orantılı olarak arttığı gözlemlenirken, beyaz çimentolu seride birbirine çok yakın değerlerde olduğu ve doğrusal bir değişim göstermediği gözlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, kütlece su emme oranı ve kaynar suda su emme oranlarının doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir.

5.1.8. Komposite (Doluluk) Oranı

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerden 5'er adet toplam 10 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Numunelerin birim hacim ağırlığının agreganın özgül ağırlığına oranlanması yöntemi kullanılarak, özgül kütlesi ve birim hacim

ağırlıkları belirlenen numunelerin, 7 numaralı eşitlik kullanılarak kompasite değerleri hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan numunelerin, hesaplanan kompasite değerleri Tablo 31.'de gösterilmektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin kompasite değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama kompasite değerleri hesaplanmıştır.

$$k = \frac{d_h}{d_o} * 100 \text{ (m/m, \%)} \quad (7)$$

k; Kompasite (doluluk) oranı (m/m, %)

d_h ; Numunenin birim hacim ağırlığı (g/cm³)

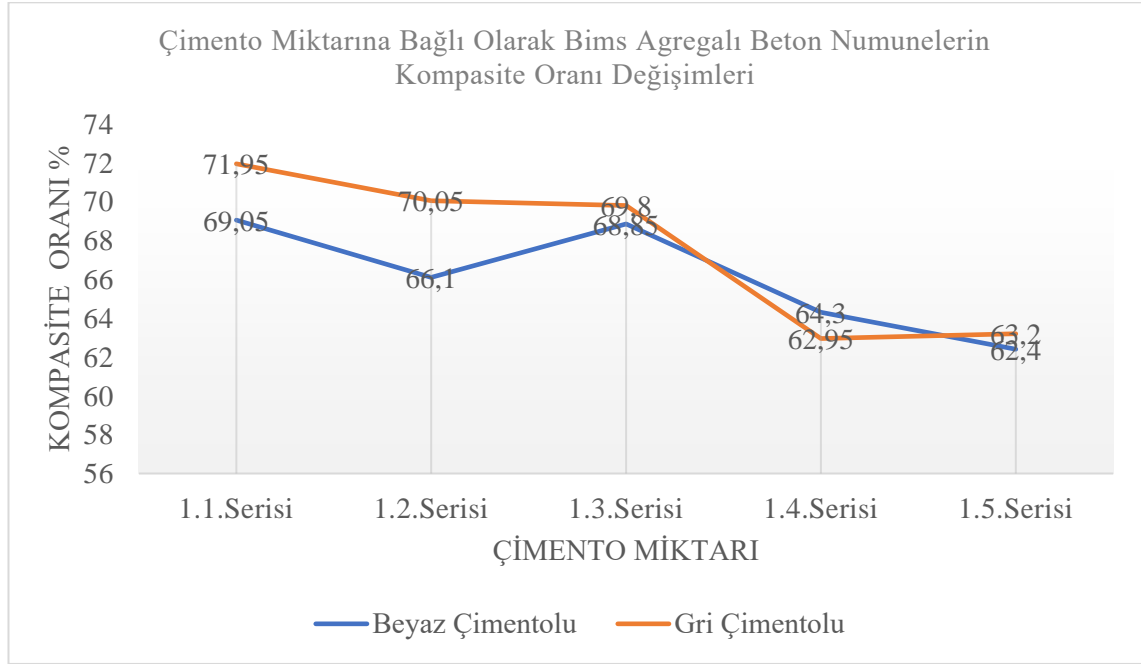
d_o ; Agreganın özgül kütlesi (g/cm³)

Tablo 31. Kompasite deneyi değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Birim hacim ağırlık d_h (g/cm³)	Agrega özgül kütlesi d_o (g/cm³)	Kompasite (doluluk) oranı k (m/m, %)
G.1.1	1,439	2,0	71,95
G.1.2	1,401	2,0	70,05
G.1.3	1,396	2,0	69,80
G.1.4	1,259	2,0	62,95
G.1.5	1,264	2,0	63,20
B.1.1	1,381	2,0	69,05
B.1.2	1,322	2,0	66,10
B.1.3	1,377	2,0	68,85
B.1.4	1,286	2,0	64,30
B.1.5	1,248	2,0	62,40

Tablo 31.'de hesaplanan değerlere göre kompasite oranı, en yüksek olan numune %71,95 oranı ile G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %62,40 oranı ile B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama kompasite oranı, gri çimentolu seride %67,59; beyaz çimentolu seride %66,14 olarak hesaplanmış ve gri çimentolu serinin kompasite oranının beyaz çimentolu serininkinden

daha fazla olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının kompasite değerlerini nasıl etkilediği Şekil 55.'teki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 55. Kompasite deneyi değerleri

Şekil 55.'teki grafiğe göre, kompasite oranının gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının azalmasıyla orantılı genel olarak azaldığı gözlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, kompasite oranı ve birim hacim ağırlık değerlerinin doğru orantılı olduğu görülmektedir.

5.1.9. Porozite (Gözeneklilik Derecesi)

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerden 5'er adet toplam 10 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Numunelerin birim hacim ağırlığının agreganın özgül ağırlığına oranlanması yöntemi kullanılarak, özgül kütlesi ve birim hacim ağırlıkları belirlenen numunelerin, 8 numaralı eşitlik kullanılarak porozite oranı değerleri hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan numunelerin, hesaplanan porozite değerleri Tablo 32.'de gösterilmektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin porozite değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama porozite değerleri hesaplanmıştır.

$$P_g = \left(1 - \frac{d_n}{d_o}\right) * 100 \text{ (m/m, \%)} \quad (8)$$

P_g ; Porozite (gözeneklilik) oranı (m/m, %)

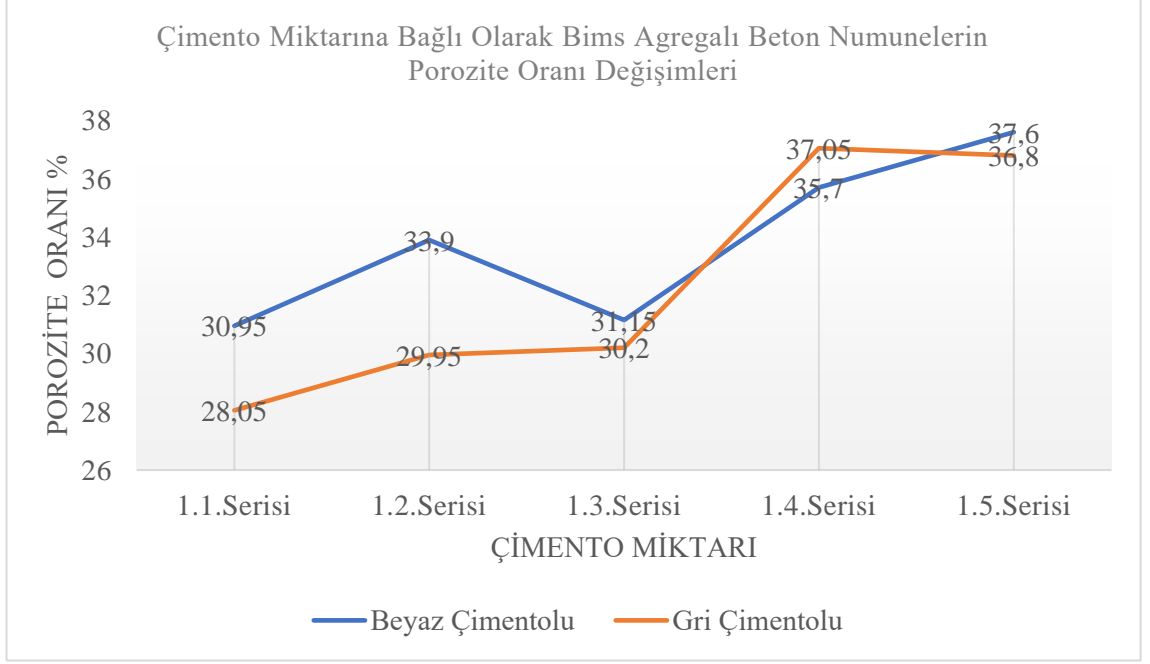
d_h ; Numunenin birim hacim ağırlığı (g/cm³)

d_0 ; Agreganın özgül kütlesi (g/cm³)

Tablo 32. Porozite deneyi değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Birim hacim ağırlık d_h (g/cm³)	Agrega özgül kütlesi d_0 (g/cm³)	Porozite (gözeneklilik derecesi) P_g (m/m, %)
G.1.1	1,439	2,0	28,05
G.1.2	1,401	2,0	29,95
G.1.3	1,396	2,0	30,20
G.1.4	1,259	2,0	37,05
G.1.5	1,264	2,0	36,80
B.1.1	1,381	2,0	30,95
B.1.2	1,322	2,0	33,90
B.1.3	1,377	2,0	31,15
B.1.4	1,286	2,0	35,70
B.1.5	1,248	2,0	37,60

Tablo 32.'de hesaplanan değerlere göre porozite oranı, en yüksek olan numune %37,60 oranı ile B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %28,05 oranı ile G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama porozite oranı, gri çimentolu seride %32,41; beyaz çimentolu seride %33,86 olarak hesaplanmış ve beyaz çimentolu serinin porozite oranının gri çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının porozite değerlerini nasıl etkilediği Şekil 56.'daki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 56. Porozite deneyi değerleri

Şekil 56.'daki grafiğe göre, porozite oranının gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının azalmasıyla ters orantılı genel olarak arttığı gözlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, kompasite oranı ve porozite oranı değerlerinin ters orantılı olduğu görülmektedir.

5.2. Mekanik Deneyler Ve Bulguların Değerlendirilmesi

5.2.1. Eğilme Dayanımı

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin 28 günlük priz süresini tamamlamış her beş serisinden ayrı ayrı 3 adet, toplam 30 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Kare kesiti ve mesnet aralığı belirlenen numunelerin, 9 numaralı eşitlik kullanılarak eğilme dayanımı hesaplanabilmektedir.

$$\sigma_R = \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (9)$$

σ_R : Eğilme dayanımı (N/mm²)

P: Kırılma kuvveti (N)

L: Mesnet açıklığı (mm), 100 mm

b: Örnek genişliği (mm), 40 mm

h: Örnek yüksekliği (mm), 40 mm

Gerçekleştirilen deneyde eğilme dayanımı değerleri, deney cihazına bağlı bilgisayar aracılığıyla hesaplanmıştır. Her bir serinin üç ayrı numunesi eğilme dayanımı deneyine tabi tutularak sonuçları alınmış ve o seriye ait ortalama eğilme dayanımı değeri tespit edilmiştir. Deneyde kullanılan numunelerin, her serisine ait eğilme deneyi değerleri tablolar halinde gösterilmektedir. Tablolardan elde edilen verilere göre, gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin eğilme dayanımı değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama eğilme dayanımı değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 33. G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
G.1.1-A	28	426,6	1600	1318	3,09
G.1.1-B	28	423,1	1600	1582	3,71
G.1.1-C	28	420,2	1600	1715	4,02
Ort. G.1.1	28	423,3	1600	1538,33	3,61

Tablo 34. G.1.2 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
G.1.2-A	28	416,0	1600	1497	3,51
G.1.2-B	28	416,5	1600	1723	4,04
G.1.2-C	28	402,6	1600	1394	3,27
Ort. G.1.2	28	411,7	1600	1538	3,61

Tablo 35. G.1.3 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
G.1.3-A	28	434,3	1600	2052	4,81
G.1.3-B	28	445,9	1600	1851	4,34
G.1.3-C	28	425,6	1600	1772	4,15
Ort. G.1.3	28	435,3	1600	1891,67	4,43

Tablo 36. G.1.4 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
G.1.4-A	28	410,0	1600	1601	3,75
G.1.4-B	28	403,9	1600	1783	4,18
G.1.4-C	28	421,3	1600	1882	4,41
Ort. G.1.4	28	411,7	1600	1755,33	4,11

Tablo 37. G.1.5 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
G.1.5-A	28	378,6	1600	1596	3,74
G.1.5-B	28	377,3	1600	1658	3,89
G.1.5-C	28	389,5	1600	1375	3,22
Ort. G.1.5	28	381,8	1600	1543	3,62

Tablo 33, Tablo 34, Tablo 35, Tablo 36 ve Tablo 37.'de gri çimento bağlayıcılı numunelerin G.1.1, G.1.2, G.1.3, G.1.4 ve G.1.5 serileri için uygulanan eğilme dayanımı deneyi değerleri gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre gri çimento bağlayıcılı numunelerde eğilme dayanımı en yüksek 4,43 N/mm² değeriyle G.1.3 kodlu seride; en düşük 3,61 N/mm² değeriyle G.1.1 ve G.1.2 kodlu serilerde gözlenmiştir. Gri çimento bağlayıcılı numunelerin eğilme dayanımı değerleri beş seride de birbirine yakın

değerlerde olup; ortalama eğilme dayanımı 3,876 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından G.1.3 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir.

Tablo 38. B.1.1 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
B.1.1-A	28	383,2	1600	1755	4,11
B.1.1-B	28	384,5	1600	1624	3,81
B.1.1-C	28	390,4	1600	1616	3,79
Ort. B.1.1	28	386,0	1600	1665	3,90

Tablo 39. B.1.2 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
B.1.2-A	28	406,4	1600	1545	3,62
B.1.2-B	28	398,6	1600	1638	3,84
B.1.2-C	28	390,3	1600	1695	3,97
Ort. B.1.2	28	398,4	1600	1626	3,81

Tablo 40. B.1.3 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
B.1.3-A	28	400,4	1600	1743	4,09
B.1.3-B	28	416,0	1600	1584	3,71
B.1.3-C	28	411,6	1600	1831	4,29
Ort. B.1.3	28	409,3	1600	1719,33	4,03

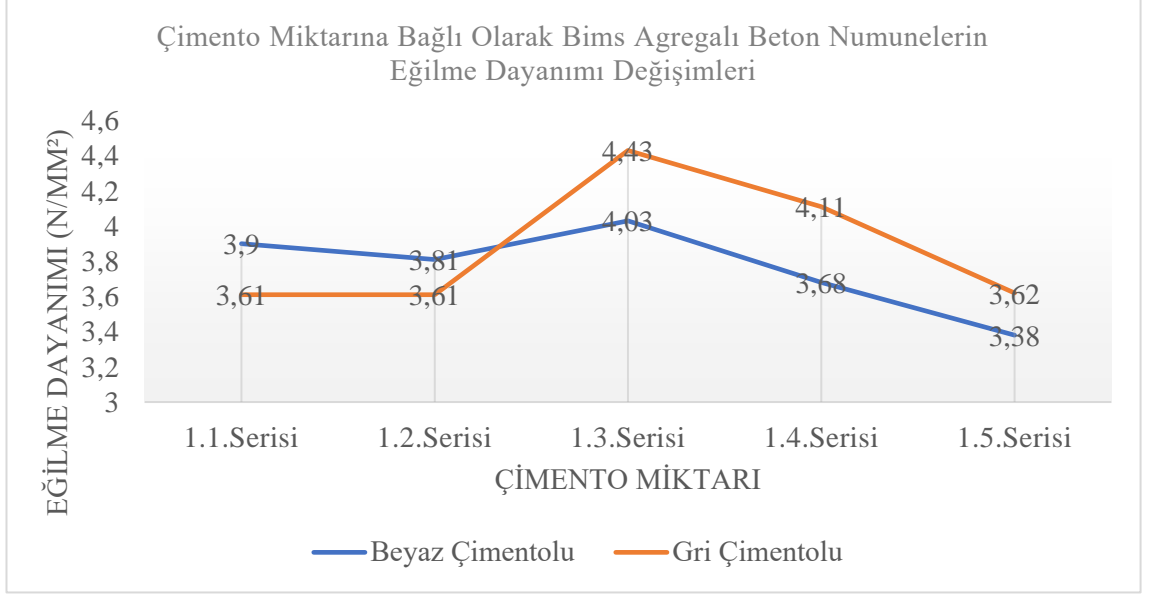
Tablo 41. B.1.4 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
B.1.4-A	28	391,6	1600	1834	4,30
B.1.4-B	28	394,8	1600	1352	3,17
B.1.4-C	28	396,3	1600	1519	3,56
Ort. B.1.4	28	394,2	1600	1568,33	3,68

Tablo 42. B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait eğilme dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Kütlesi (gr)	Numune Kesiti (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
B.1.5-A	28	371,5	1600	1533	3,59
B.1.5-B	28	367,2	1600	1420	3,33
B.1.5-C	28	364,9	1600	1380	3,23
Ort. B.1.5	28	367,9	1600	1444,33	3,38

Tablo 38, Tablo 39, Tablo 40, Tablo 41 ve Tablo 42.'de beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin B.1.1, B.1.2, B.1.3, B.1.4 ve B.1.5 serileri için uygulanan eğilme dayanımı değerleri gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde eğilme dayanımı en yüksek 4,03 N/mm² değeriyle B.1.3 kodlu seride; en düşük 3,38 N/mm² değeriyle B.1.5 kodlu seride gözlenmiştir. Beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin eğilme dayanımı değerleri beş seride de birbirine yakın değerlerde olup; ortalama eğilme dayanımı 3,76 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından B.1.3 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir. Çimento miktarının eğilme dayanımı değerlerini nasıl etkilediği, Şekil 57.'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 57. Eğilme dayanımı deneyi değerleri

Şekil 57.'deki grafiğe göre, eğilme dayanımı gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının artışıyla orantılı bir değişim göstermemektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu grupların en yüksek eğilme dayanımları G.1.3 ve B.1.3 serilerine ait olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının artışı ve azalışının eğilme dayanımını olumlu etkilemediği, dolayısıyla B.1.3 ve G.1.3 serisi numunelerinin çimento miktarının ideal olduğu anlaşılmıştır.

5.2.2. Basınç Dayanımı

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin 28 günlük priz süresini tamamlamış her beş serisinden ayrı ayrı 3 adet, toplam 30 adet numune ilk olarak eğilme deneyine tabi tutulduktan sonra her numune iki parçaya ayrılmış ve her parça üzerinde deney gerçekleştirmek amacıyla, toplam 60 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Basınç uygulanan alanı ve genişliği belirlenen numunelerin, 10 numaralı eşitlik kullanılarak basınç dayanımı hesaplanabilmektedir.

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{40 \cdot b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (10)$$

σ_b : Basınç dayanımı (N/mm²)

P: Kırılma kuvveti (N)

A: Basınç uygulanan kısmın alanı (mm²), 1600 mm²

b: Örnek genişliği (mm), 40 mm

40: basınç uygulanan yüzeyin alt ve üst kısmına konan lama genişliği, (mm)

Gerçekleştirilen deneyde basınç dayanımı değerleri, deney cihazına bağlı bilgisayar aracılığıyla otomatik olarak hesaplanmıştır. Her bir serinin 6 ayrı numunesi basınç dayanımı deneyine tabi tutularak sonuçları alınmış ve o seriye ait ortalama basınç dayanımı değeri tespit edilmiştir. Deneyde kullanılan numunelerin, her serisine ait basınç deneyi değerleri tablolar halinde gösterilmektedir. Tablolardan elde edilen verilere göre, gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin basınç dayanımı değerlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak, ortalama basınç dayanımı değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 43. G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
G.1.1-1	28	1600	42514,0	26,57
G.1.1-2	28	1600	39862,0	24,91
G.1.1-3	28	1600	37818,0	23,64
G.1.1-4	28	1600	41389,0	25,87
G.1.1-5	28	1600	33892,0	21,18
G.1.1-6	28	1600	41664,0	26,04
Ort. G.1.1	28	1600	39523,17	24,70

Tablo 44. G.1.2 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
G.1.2-1	28	1600	34098,0	21,31
G.1.2-2	28	1600	35120,0	21,95
G.1.2-3	28	1600	33421,0	20,89
G.1.2-4	28	1600	39334,0	24,58
G.1.2-5	28	1600	33168,0	20,73
G.1.2-6	28	1600	33177,0	21,11
Ort. G.1.2	28	1600	34819,67	21,76

Tablo 45. G.1.3 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
G.1.3-1	28	1600	43340,0	27,09
G.1.3-2	28	1600	42881,0	26,80
G.1.3-3	28	1600	42927,0	26,83
G.1.3-4	28	1600	43363,0	27,10
G.1.3-5	28	1600	44879,0	28,05
G.1.3-6	28	1600	39196,0	24,50
Ort. G.1.3	28	1600	42764,33	26,73

Tablo 46. G.1.4 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
G.1.4-1	28	1600	30700,0	19,19
G.1.4-2	28	1600	30585,0	19,12
G.1.4-3	28	1600	31079,0	19,42
G.1.4-4	28	1600	31182,0	19,49
G.1.4-5	28	1600	29632,0	18,52
G.1.4-6	28	1600	32881,0	20,55
Ort. G.1.4	28	1600	31009,83	19,38

Tablo 47. G.1.5 kodlu gri çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
G.1.5-1	28	1600	22055,0	13,78
G.1.5-2	28	1600	20803,0	13,00
G.1.5-3	28	1600	26486,0	16,55
G.1.5-4	28	1600	25648,0	16,03
G.1.5-5	28	1600	23650,0	14,78
G.1.5-6	28	1600	22399,0	14,00
Ort. G.1.5	28	1600	23506,83	14,69

Tablo 43, Tablo 44, Tablo 45, Tablo 46 ve Tablo 47.'de gri çimento bağlayıcılı numunelerin G.1.1, G.1.2, G.1.3, G.1.4 ve G.1.5 serileri için uygulanan basınç dayanımı deneyi değerleri gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre gri çimento bağlayıcılı numunelerde basınç dayanımı en yüksek 26,73 N/mm² değeriyle G.1.3 kodlu seride; en düşük 14,69 N/mm² değeriyle G.1.5 kodlu seride gözlenmiştir. Gri çimento bağlayıcılı numunelerin ortalama basınç dayanımı 21,452 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Basınç dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından G.1.3 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir.

Tablo 48. B.1.1 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
B.1.1-1	28	1600	32743,0	20,46
B.1.1-2	28	1600	30539,0	19,09
B.1.1-3	28	1600	32686,0	20,43
B.1.1-4	28	1600	39391,0	24,62
B.1.1-5	28	1600	40229,0	25,14
B.1.1-6	28	1600	36865,0	23,04
Ort. B.1.1	28	1600	35408,83	22,13

Tablo 49. B.1.2 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm ²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
B.1.2-1	28	1600	36096,0	22,56
B.1.2-2	28	1600	36417,0	22,76
B.1.2-3	28	1600	32342,0	20,21
B.1.2-4	28	1600	34718,0	21,70
B.1.2-5	28	1600	33203,0	20,75
B.1.2-6	28	1600	40528,0	25,33
Ort. B.1.2	28	1600	35550,67	22,22

Tablo 50. B.1.3 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm²)
B.1.3-1	28	1600	35499,0	22,19
B.1.3-2	28	1600	35040,0	21,90
B.1.3-3	28	1600	36773,0	22,98
B.1.3-4	28	1600	37933,0	23,71
B.1.3-5	28	1600	32491,0	20,31
B.1.3-6	28	1600	35407,0	22,13
Ort. B.1.3	28	1600	35523,83	22,20

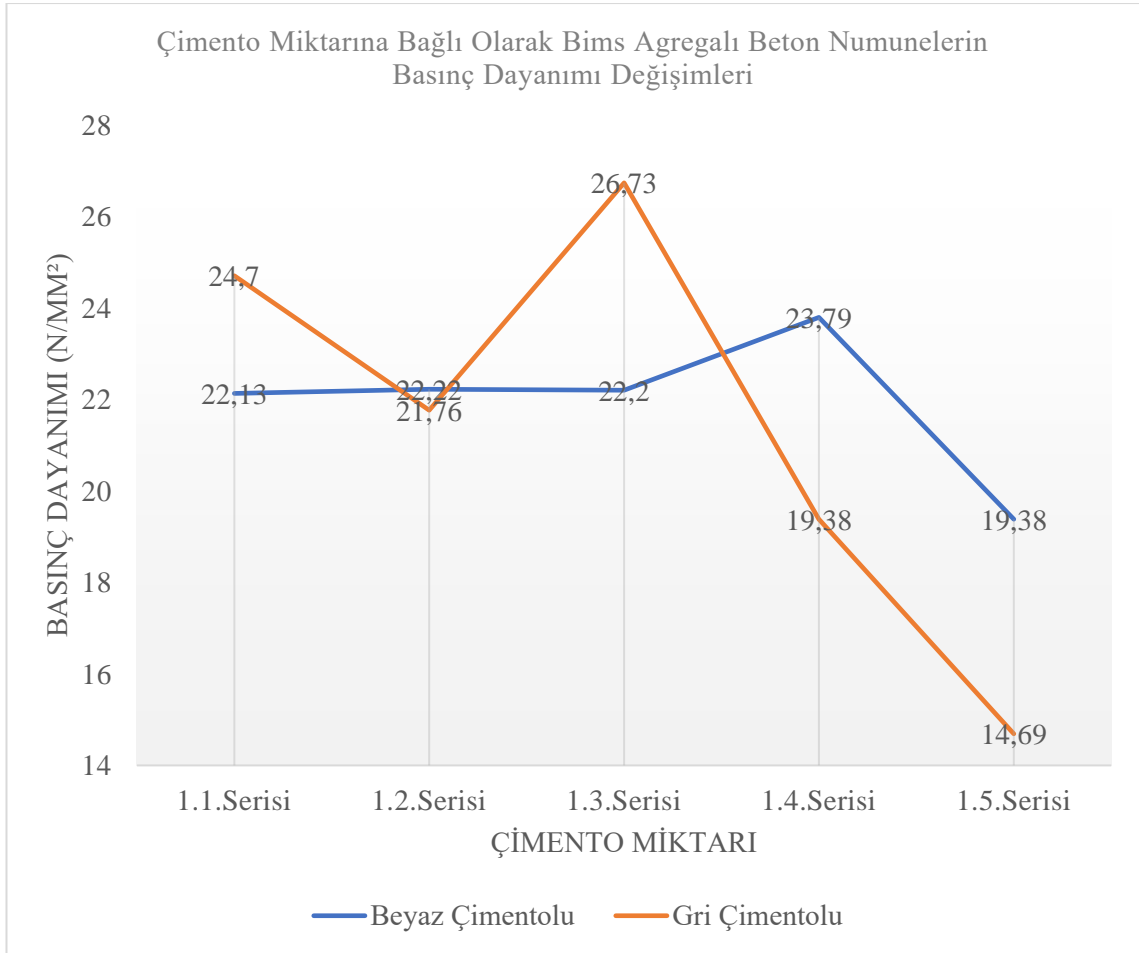
Tablo 51. B.1.4 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm²)
B.1.4-1	28	1600	38748,0	24,22
B.1.4-2	28	1600	38553,0	24,10
B.1.4-3	28	1600	44397,0	27,75
B.1.4-4	28	1600	35970,0	22,48
B.1.4-5	28	1600	38702,0	24,19
B.1.4-6	28	1600	31951,0	19,97
Ort. B.1.4	28	1600	38053,5	23,79

Tablo 52. B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneye ait basınç dayanımı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numune Yaşı (gün)	Numune Basınç Alanı (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm²)
B.1.5-1	28	1600	31274,0	19,55
B.1.5-2	28	1600	30677,0	19,17
B.1.5-3	28	1600	33398,0	20,87
B.1.5-4	28	1600	31607,0	19,75
B.1.5-5	28	1600	31102,0	19,44
B.1.5-6	28	1600	28002,0	17,50
Ort. B.1.5	28	1600	31010,0	19,38

Tablo 48, Tablo 49, Tablo 50, Tablo 51 ve Tablo 52.'de beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin B.1.1, B.1.2, B.1.3, B.1.4 ve B.1.5 serileri için uygulanan basınç dayanımı değerleri gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde basınç dayanımı en yüksek 23,79 N/mm² değeriyle B.1.4 kodlu seride; en düşük 19,38 N/mm² değeriyle B.1.5 kodlu seride gözlenmiştir. Beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin basınç dayanımı değerleri beş seride de birbirine yakın değerlerde olup; ortalama basınç dayanımı 21,944 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Basınç dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından B.1.4 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir. Çimento miktarının basınç dayanımı değerlerini nasıl etkilediği, Şekil 58.'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 58. Basınç dayanımı deneyi değerleri

Şekil 58.'deki grafiğe göre, basınç dayanımı gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının artışıyla orantılı bir değişim göstermemektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu grupların en yüksek basınç dayanımı sırasıyla, 1.3 ve 1.4 serilerine ait

olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının azalmasının gri çimentolu seride basınç dayanımını olumlu etkilemediği, 1.3 serisi numunenin çimento miktarının ideal olduğu; beyaz çimentolu seride değerlerin birbirine çok yakın olduğu, 1.4 serisi numunenin çimento miktarının ideal olduğu anlaşılmıştır. Değerler neticesinde, beyaz çimentolu ve gri çimentolu numunelerin ortalama basınç dayanımının birbirine yakın olduğu ancak beyaz çimentolu serinin ortalama basınç dayanımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Eğilme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerinin doğru orantılı olmadığı anlaşılmaktadır.

5.2.3. Don Tesirlerine Dayanıklılık

Gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerin 28 günlük priz süresini tamamlamış her beş serisinden ayrı ayrı 2 adet, toplam 20 adet numune kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. 20 numune, 25 defa dondurulup çözündürülmüş ve her aşama sonrasında numunenin fiziksel durumu gözlenip kaydedilerek deney tamamlanmıştır. Değişmez kütlesi ve don sonrası değişmez kütlesi belirlenen numunelerin, 11 numaralı eşitlik kullanılarak don kaybı hesaplanmıştır (Koçu, 1997).

$$D_k = \frac{G_0 - G_{k_{don}}}{G_{k_{don}}} * 100 (\%) \quad (11)$$

D_k : Don kaybı (%)

G_0 : Deney öncesi numunenin değişmez kütlesi (gr)

$G_{k_{don}}$: Don sonrası numunenin değişmez kütlesi (gr)

Tablo 53.'te gri çimento bağlayıcılı numunelerin; Tablo 54.'te beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin donma çözülme deneyi analizleri gösterilmektedir.

Tablo 53. Gri çimento bağlayıcılı numunelerin donma çözülme deneyi sonuçları

Numune / Devir	G.1.1 A	G.1.1 B	G.1.2 A	G.1.2 B	G.1.3 A	G.1.3 B	G.1.4 A	G.1.4 B	G.1.5 A	G.1.5 B
1	+	+	+	+	+	+	-	-	-	*
2	+	+	+	+	+	+	-	-	*	0
3	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0
4	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0
5	+	+	+	+	+	-	-	*	0	0
6	+	+	+	+	+	-	*	*	0	0
7	+	+	+	+	+	-	*	*	0	0
8	+	+	+	+	-	-	*	*	0	0
9	+	+	+	+	-	*	*	*	0	0
10	+	+	+	+	-	*	*	*	0	0
11	+	+	+	+	*	*	*	*	0	0
12	+	+	+	+	*	*	*	*	0	0
13	+	+	+	+	*	*	*	*	0	0
14	+	+	+	+	*	*	*	0	0	0
15	+	+	+	-	*	*	*	0	0	0
16	+	+	+	-	*	*	*	0	0	0
17	+	+	-	*	*	0	0	0	0	0
18	+	+	-	*	*	0	0	0	0	0
19	+	+	-	*	*	0	0	0	0	0
20	+	+	-	*	0	0	0	0	0	0
21	+	-	-	*	0	0	0	0	0	0
22	+	-	-	*	0	0	0	0	0	0
23	+	*	-	0	0	0	0	0	0	0
24	+	*	*	0	0	0	0	0	0	0
25	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

+ iyi, hiçbir problem yok

- kılcal çatlak var, parça kopması yok

* kılcal çatlak var, parça kopması başladı

0 parça kopması var

θ dağıldı, kullanılamaz

Tablo 54. Beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin donma çözülme deneyi sonuçları

Numune / Devir	B.1.1 A	B.1.1 B	B.1.2 A	B.1.2 B	B.1.3 A	B.1.3 B	B.1.4 A	B.1.4 B	B.1.5 A	B.1.5 B
1	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
2	+	+	+	+	+	-	-	+	-	*
3	+	+	+	+	-	-	-	-	*	0
4	-	-	+	+	-	-	*	-	0	0
5	-	-	+	-	-	-	*	-	0	0
6	*	*	+	-	*	*	*	-	0	0
7	*	*	-	-	*	*	*	-	0	0
8	*	*	-	*	*	*	*	*	0	0
9	0	*	*	*	*	*	*	*	0	0
10	0	0	*	*	*	*	*	*	0	0
11	0	0	*	*	*	*	0	*	0	0
12	0	0	*	*	*	*	0	*	0	0
13	0	0	*	*	*	*	0	0	0	0
14	0	0	*	*	*	*	0	0	0	0
15	0	0	*	*	*	*	0	0	0	0
16	0	0	*	0	*	*	0	0	0	0
17	0	0	0	0	*	*	0	0	0	0
18	0	0	0	0	*	*	0	0	0	0
19	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

+ iyi, hiçbir problem yok

- kılcal çatlak var, parça kopması yok

* kılcal çatlak var, parça kopması başladı

0 parça kopması var

θ dağıldı, kullanılamaz

Tablo 55.'te gri çimento bağlayıcılı numunelerin; Tablo 56.'da beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin deney öncesi, sonrası kütleleri ve donma çözülme deneyi sonrası numunelerde meydana gelen kütle azalması (don kaybı) gösterilmektedir.

Tablo 55. Gri çimento bağlayıcılı beton numunelerin don kaybı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numunenin Nemli Kütlesi (gr)	Numunenin Değişmez Kütlesi (gr)	Don Sonrası Numunenin Nemli Kütlesi (gr)	Don Sonrası Numunenin Değişmez Kütlesi (gr)	Donma Kaybı (%)
G.1.1-A	416,5	352,1	415,2	350,6	0,428
G.1.1-B	419,5	359,7	417,5	357,6	0,587
G.1.2-A	430,2	367,5	428,5	365,6	0,520
G.1.2-B	405,7	344,8	403,5	342,6	0,642
G.1.3-A	422,9	352,8	421,3	351,1	0,484
G.1.3-B	426,5	359,1	424,2	356,7	0,673
G.1.4-A	402,2	328,5	400,8	326,9	0,489
G.1.4-B	408,5	340,3	406,8	338,6	0,502
G.1.5-A	376,6	310,3	371,0	304,6	1,871
G.1.5-B	379,5	308,5	374,8	303,7	1,581
Ortalama					0,778

Tablo 56. Beyaz çimento bağlayıcılı beton numunelerin don kaybı değerleri

Bims Agregalı Beton Numune	Numunenin Nemli Kütlesi (gr)	Numunenin Değişmez Kütlesi (gr)	Don Sonrası Numunenin Nemli Kütlesi (gr)	Don Sonrası Numunenin Değişmez Kütlesi (gr)	Donma Kaybı (%)
B.1.1-A	399,7	351,5	396,5	348,2	0,948
B.1.1-B	379,7	331,6	373,8	325,5	1,874
B.1.2-A	388,1	331,3	386,8	330,0	0,394
B.1.2-B	396,7	340,9	395,0	339,0	0,560
B.1.3-A	402,2	344,4	401,1	343,1	0,379
B.1.3-B	406,6	349,0	404,9	347,1	0,547
B.1.4-A	387,8	332,1	385,9	329,9	0,667
B.1.4-B	385,1	329,9	382,9	327,6	0,702
B.1.5-A	362,6	311,9	358,5	307,4	1,463
B.1.5-B	353,1	302,7	348,3	297,6	1,714
Ortalama					0,925

Don tesirlerine dayanıklılık deneyi incelemelerine göre gri ve beyaz çimentolu numunelerin hiçbirinde dağılma meydana gelmemiştir. Genel olarak numunelerin köşelerinde kopmalar, kılcal çatlaklar ve partikül kopmaları gözlenmiştir.

Tablo 53. ve Tablo 54.'e göre, en iyi performans gri çimento bağlayıcı G.1.1-A kodlu numunede gözlenmiş olup, hiçbir problemle karşılaşılmamış; en kötü performans ise gri ve beyaz çimento bağlayıcı 1.5 serilerinden G.1.5 ve B.1.5 kodlu numunelerde gözlenmiştir. G.1.5 ve B.1.5 kodlu numunelerin köşelerinde büyük kopmalar oluşmuş ve numuneler büyük ölçüde deforme olmuştur.

Tablo 55. ve Tablo 56.'ya göre gri çimentolu numunelerde ortalama %0,778 don kaybı, beyaz çimentolu numunelerde ortalama %0,925 don kaybı yaşandığı anlaşılmaktadır.

Gri çimentolu numunelerden en büyük don kaybı ortalama %1,726 oranı ile G.1.5 serisi numunelerinde; en az don kaybı ortalama %0,496 oranı ile G.1.4 serisi numunelerinde gözlenmiştir. Beyaz çimentolu numunelerden en büyük don kaybı ortalama %1,589 oranı ile B.1.5 serisi numunelerinde; en az don kaybı ortalama %0,463 oranı ile B.1.3 serisi numunelerinde gözlenmiştir.

Deney sonuçlarına göre gri çimentolu numunelerin beyaz çimentolu numunelere göre donma çözünme tesirlerine daha dayanıklı olduğu, çimento miktarının azalışının ya da artışının gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerde don kaybını etkilemediği anlaşılmaktadır.

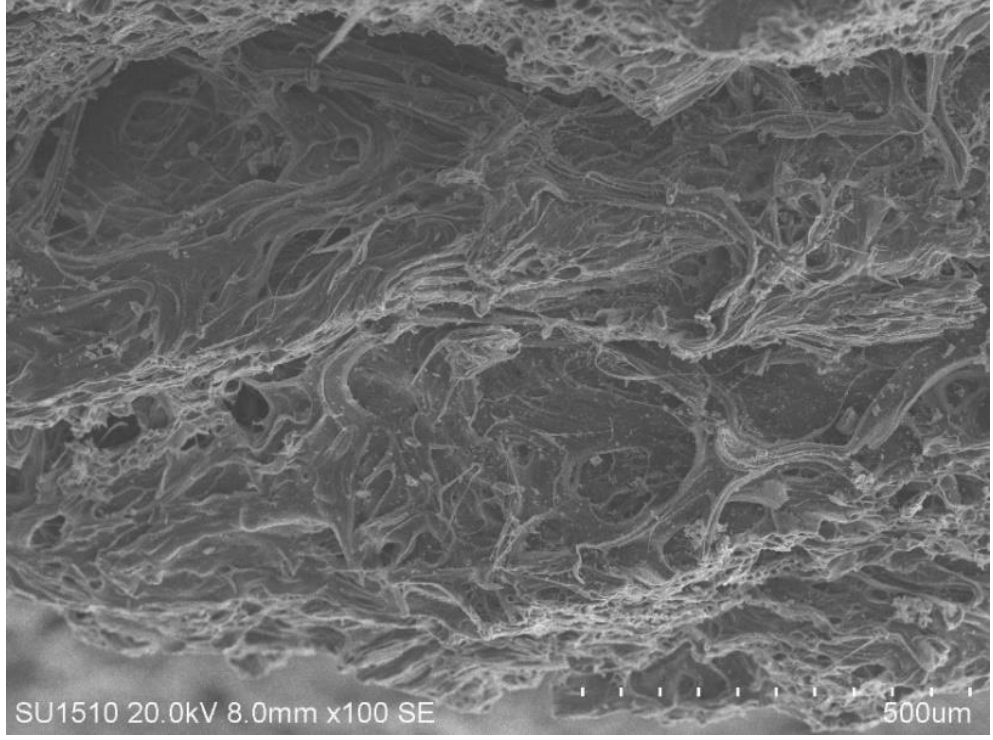
5.3. Kimyasal Özellikler Ve Mikroyapı İncelemelerinin Değerlendirilmesi

5.3.1. Bims Agregalarının Taramalı Elektron Mikroskobu İle İncelenmesi (SEM)

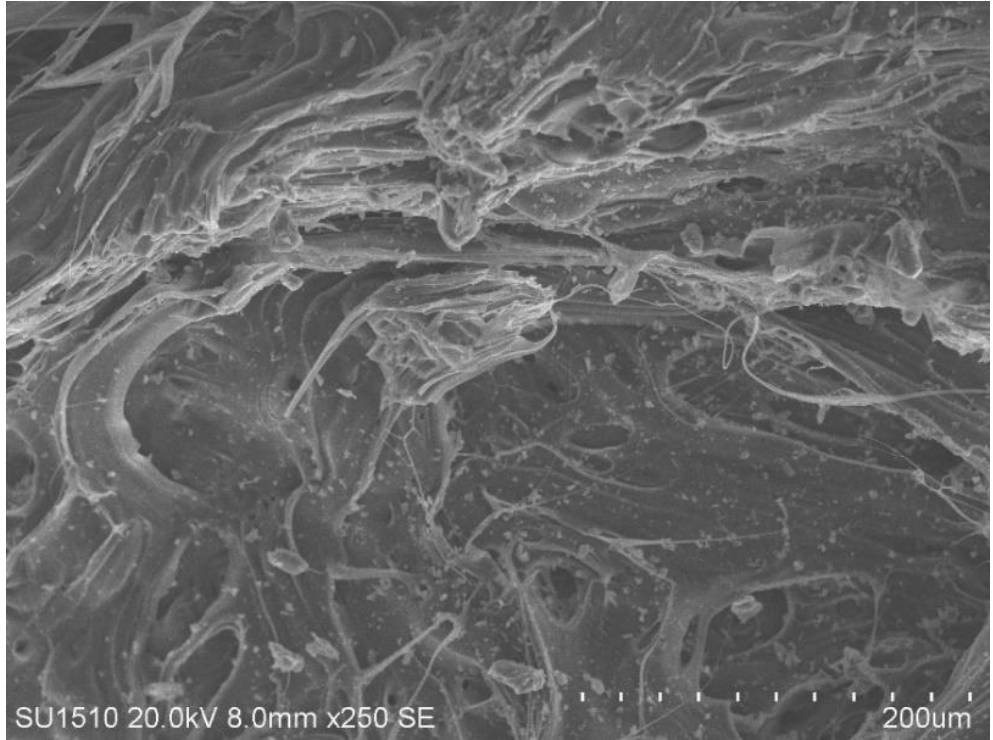
Öğütölmüş bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Nevşehir-Kaymaklı yöresinden alınan bims agregaları öğütöldükten sonra Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında taramalı elektron mikroskobuyla incelenmiştir.

Analiz sonuçları; Şekil 59.'da 8.0 mm'lik 100 kat büyütölmüş, Şekil 60.'da 8.0 mm'lik 250 kat büyütölmüş, Şekil 61.'de 7.9 mm'lik 1000 kat büyütölmüş, olarak çekimleri gösterilmiştir.

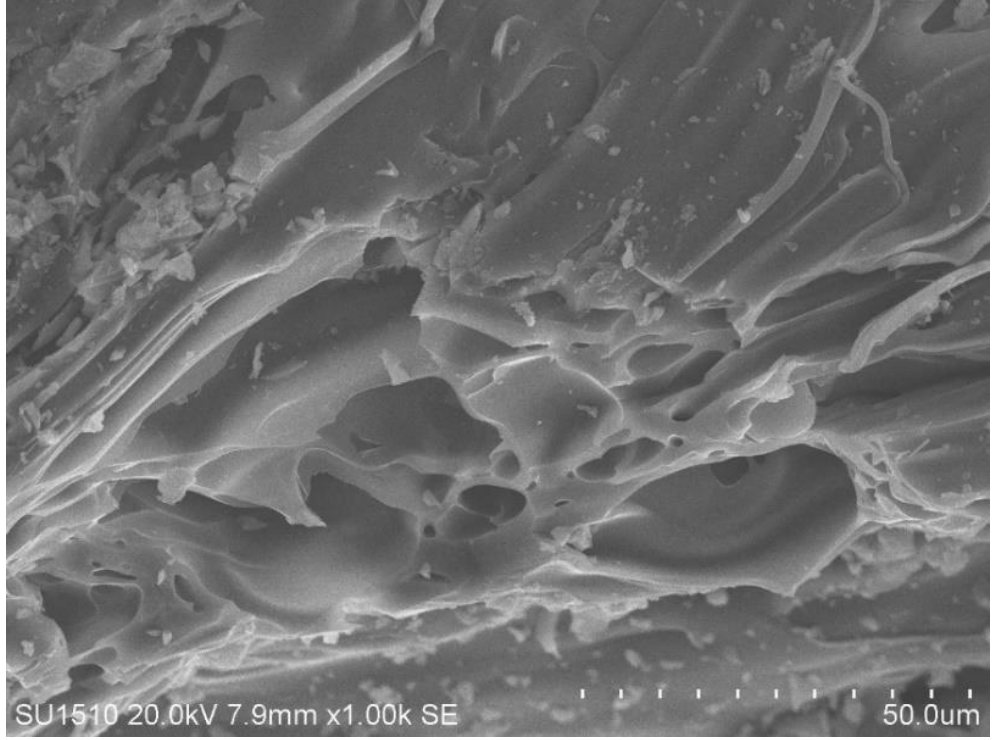
Analiz sonuçlarının tamamı EK-1'de sunulmaktadır.



Şekil 59. Bims agregasının 8.0 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 60. Bims agregasının 8.0 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



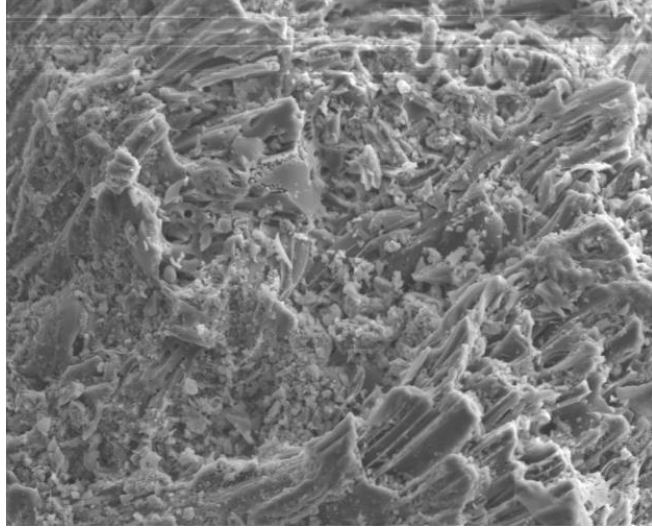
Şekil 61. Bims agregasının 7.9 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

Bims örneklerinden çekilen SEM görüntülerine göre, malzeme içyapısında birbirinden çok farklı geometrik şekiller gösteren, mikro ölçekten makro ölçeğe kadar boşluklarının olduğu anlaşılmaktadır.

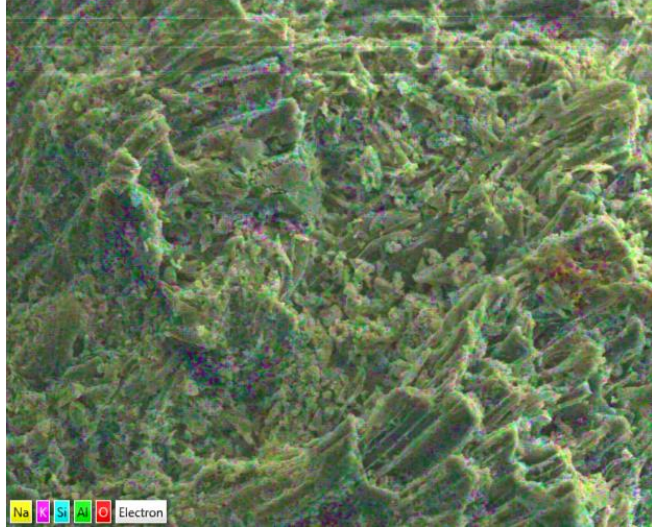
5.3.2. Bims Agregalarının Elementel Analizi (EDS)

Öğütülmüş bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Nevşehir-Kaymaklı yöresinden alınan bims agregaları öğütüldükten sonra Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında elementel analizleri yapılmıştır.

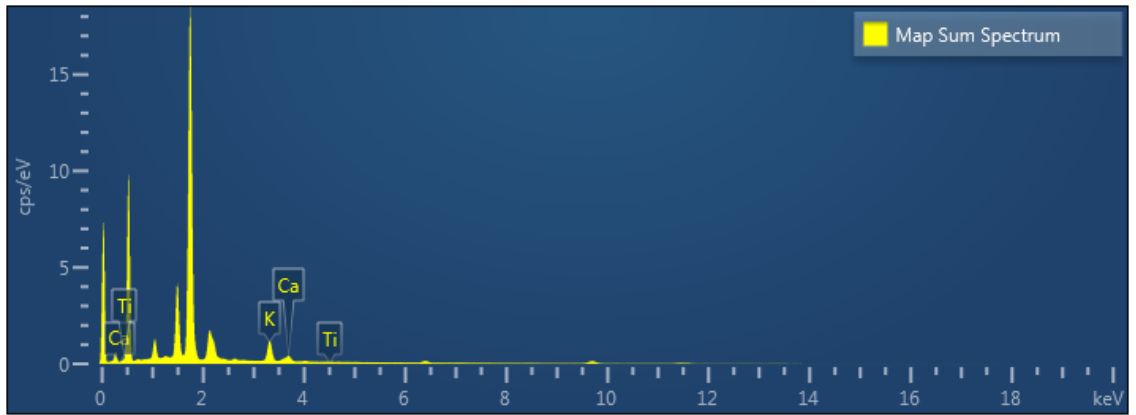
İki ayrı bims numunesi üzerinde elementel analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 62.’de ilk bims agregası numunesinin 500 kat büyütülmüş SEM görüntüsü, Şekil 63.’te aynı numunenin EDS çekimi gösterilmektedir. Şekil 63.’teki EDS çekiminde sarı noktacıklar sodyum, pembe noktacıklar potasyum, turkuaz noktacıklar silisyum, yeşil noktacıklar alüminyum ve kırmızı noktacıklar oksijen elementlerinin buldukları kısımlardır. Şekil 64.’te bims agregası ilk numunesinin elementel analizi gösterilmektedir.



Şekil 62. Bims agregasının 500 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-1

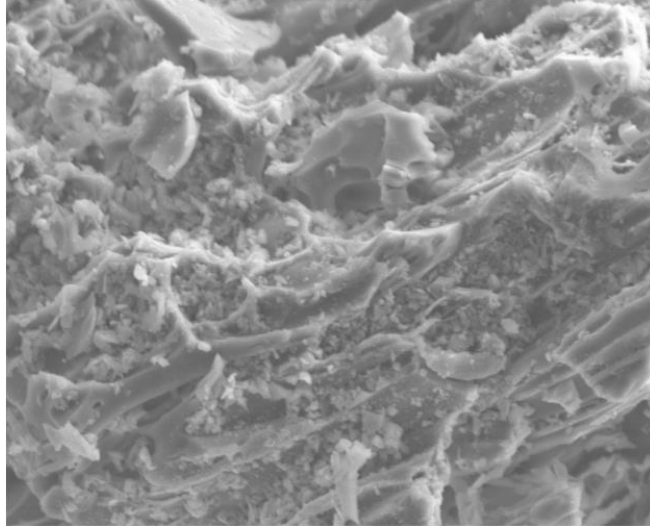


Şekil 63. Bims agregasının EDS görüntüsü-1

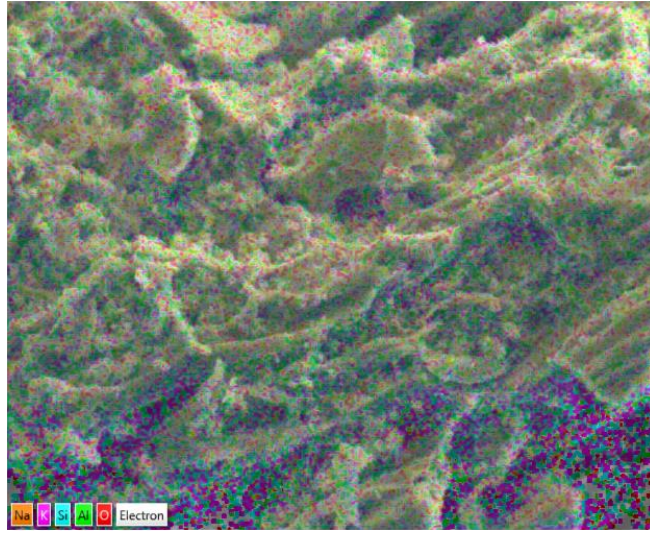


Şekil 64. Bims agregasının elementel analizi-1

Şekil 65.'te ikinci bims agregası numunesinin 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü, Şekil 66.'da aynı numunenin EDS çekimi gösterilmektedir.

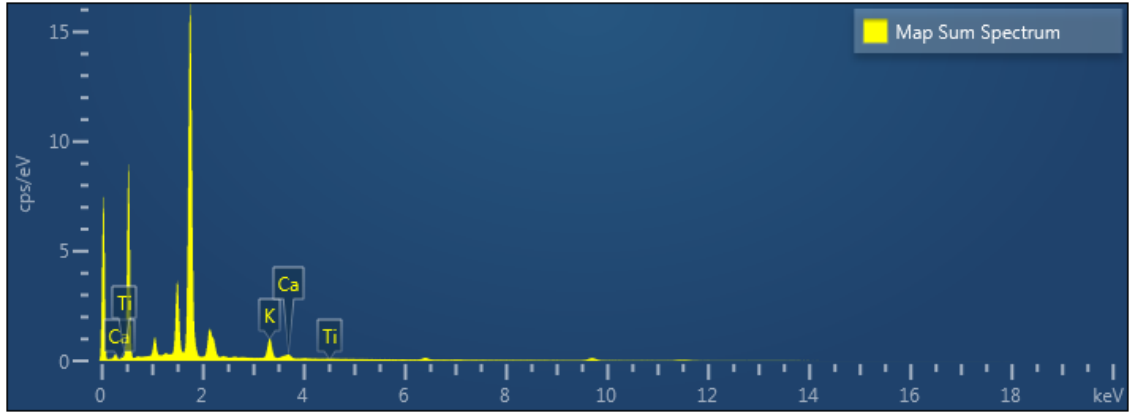


Şekil 65. Bims agregasının 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-2



Şekil 66. Bims agregasının EDS görüntüsü-2

Şekil 66.'daki EDS çekiminde turuncu noktacıklar sodyum, pembe noktacıklar potasyum, turkuaz noktacıklar silisyum, yeşil noktacıklar alüminyum ve kırmızı noktacıklar oksijen elementlerinin buldukları kısımlardır. Şekil 67.'de bims agregası ikinci numunesinin elementel analizi gösterilmektedir.



Şekil 67. Bims agregasının elementel analizi-2

Elementel analiz kapsamında bims numuneleri için iki ayrı analiz yapılmış ve ortalamaları alınarak bims agregasının bünyesindeki oksijen, silisyum, potasyum, sodyum, kalsiyum, demir, titanyum, magnezyum ve alüminyum elementlerinden ortalama ne kadar bulundurduğu Tablo 57.'de gösterilmektedir.

Tablo 57. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası elementel analiz (EDS) değerleri

Bims Agrega Numunesi	Elementel Analiz (%)								
	O	Si	K	Na	Ca	Fe	Ti	Mg	Al
Numune-1	78,25	13,78	1,33	2,40	0,35	0,30	0,02	0,10	3,48
Numune-2	78,70	13,65	1,26	2,26	0,25	0,31	0,02	0,10	3,45
Ortalama	78,48	13,72	1,30	2,33	0,30	0,31	0,02	0,10	3,47

Tablo 57.'deki elementel analiz değerlerine göre Nevşehir – Kaymaklı bims agregasının bünyesinde en çok %78,48 oranla oksijen, %13,72 oranla silisyum; en az olarak da %0,02 oranla titanyum bulundurduğu saptanmıştır.

Bims agregası elementel analizi detaylı sonuçları EK-2'de sunulmaktadır.

5.3.3. Bims Agregalarının Kimyasal Analizi X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF)

Öğütülmüş bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Nevşehir-Kaymaklı yöresinden alınan bims agregalarının öğütüldükten sonra Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında XRF yöntemiyle kimyasal analizleri yapılmıştır.

Bimsin kimyasal yapısını anlamak amacıyla XRF analiziyle; SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, Fe₂O₃ CaO, K₂O, TiO₂ gibi içerikleri tespit edilmiştir. Tablo 58.'de bims agregasının XRF analiz değerleri gösterilmektedir.

Tablo 58. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası kimyasal analiz (XRF) değerleri

Bims Agrega Numunesi	Kimyasal Analiz (%)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂
Numune	65,4	9,52	5,01	4,38	1,02	0,822	0,0938

Tablo 58.'deki kimyasal analiz neticesinde Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin silisyum dioksit (SiO₂) yönünden çok zengin olduğu görülmektedir.

Gündüz'ün (aktaran Gündüz, Hüseyin ve Rota, 2001, s. 178) 1987'deki araştırmasına göre "asidik ve bazik özellik taşıyan bimslerin tipik kimyasal bileşenleri Tablo 59.'da gösterilmektedir".

Tablo 59. Asidik ve bazik bims kimyasal bileşenleri

Bileşim	Asidik Bims (%)	Bazik Bims (%)
SiO ₂	70	45
Al ₂ O 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
Ateş kaybı	3	1

Kaynak: Gündüz vd. (2001).

Gündüz vd., (2001) makale çalışmasında, SiO₂ içeriğine göre bims kayaç oluşumlarının;

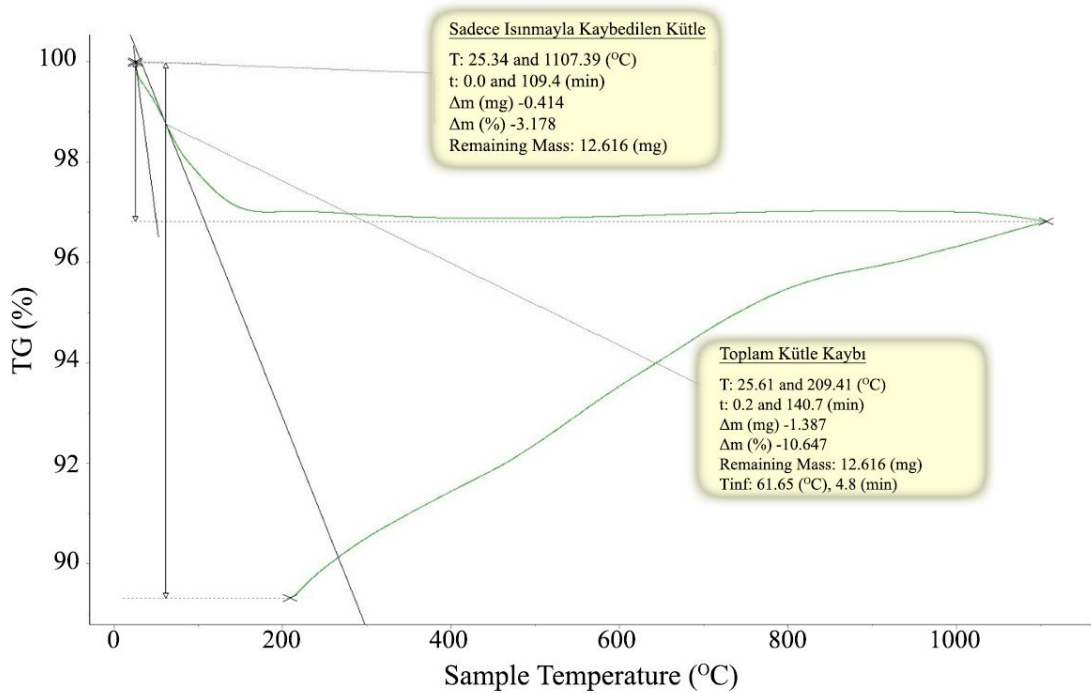
- %66'dan fazla SiO₂ içeren kayaçlar, asit kayaçlar
- %66 - 52 SiO₂ içeren, kayaçlar, nötr kayaçlar
- %52 - 45 SiO₂ içeren kayaçlar, bazik kayaçlar

olarak adlandırmaktadır (s.178). Bu sınıflandırmaya göre Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin %65,4 SiO₂ oranıyla nötr bims olduğu; Tablo 59. ve Tablo 58.'deki değerlerin mukayese edilmesi durumunda, bileşenlerinin asidik bims değerlerine yakın değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

5.3.4. Bims Agregalarının Termal Analizi (TGA)

Öğütülmüş bims agregası kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Nevşehir-Kaymaklı yöresinden alınan bims agregalarının öğütüldükten sonra Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında TGA yöntemiyle termal analizleri yapılmıştır.

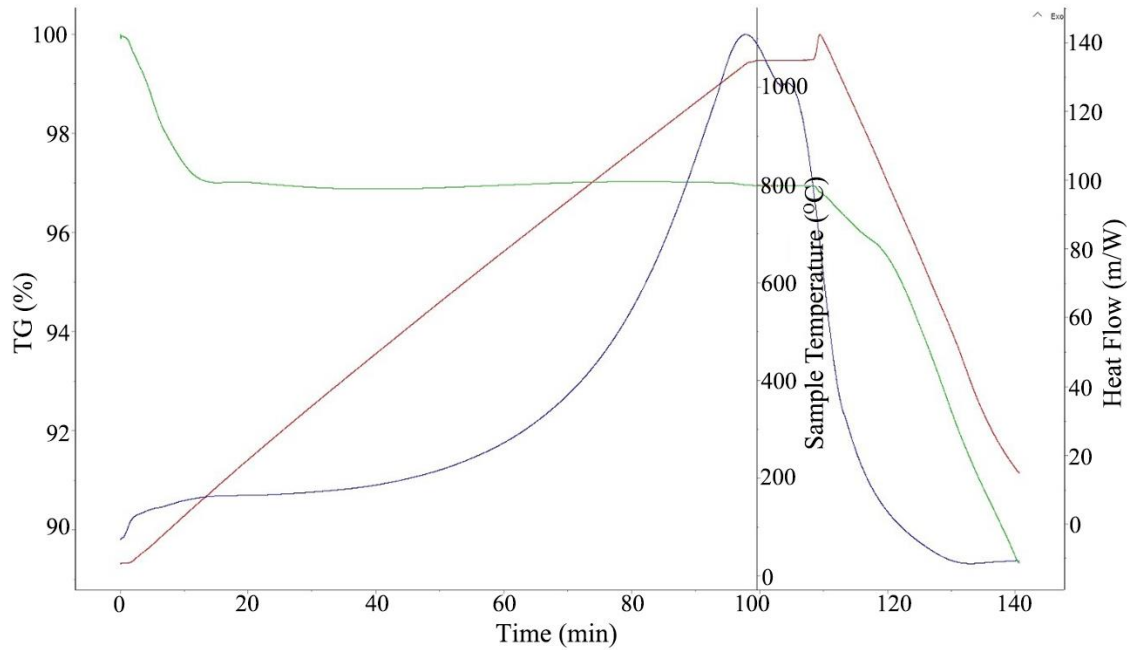
Deney için hazırlanan numunenin sıcaklık artışı ile birlikte kaybettiği kütle miktarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen TGA analizi, oda sıcaklığından 1107°C maksimum sıcaklığa 109 dakikada çıkılarak toplam 140 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Şekil 68.'de bims numunesinin sıcaklığa bağlı kütle değişimi ve ısınma grafiği gösterilmektedir.



Şekil 68. Bims TGA sıcaklık – kütle değişim miktarları grafiği

Şekil 68.'deki grafiğe göre deney cihazına 13,03 mg konulan bims numunesi 109. dakikada en yüksek sıcaklığa (1107°C) ulaşmış ve 0,414 mg kütle kaybına uğrayarak başlangıç numune kütesinin %3,178'ini kaybetmiştir. Sadece ısınmayla 0,414 mg kütle kaybına uğrayan bims numunesi, 140 dakika süreyle gerçekleştirilen deney sonrasında toplam 1,387 mg kütle kaybına uğrayarak başlangıçtaki kütesinin %10,647'sini kaybetmiştir. Deney cihazına 13,03 mg konulan numune, deney sonrası 11,643 mg kalmıştır.

TGA-DSC eş zamanlı termogravimetrik analizle numune kütesindeki değişim incelenirken aynı zamanda Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile numune ve referansa ait ısı (enerji) akışı arasındaki farkı incelenmektedir. Şekil 69.'da bims TGA-DSC sıcaklık ve zaman grafiği gösterilmektedir.



Şekil 69. Bims TGA-DSC sıcaklık-zaman grafiği

Şekil 69.'daki TGA-DSC sıcaklık – zaman grafiğinden, yeşil çizgi hattına göre bims numunesinin yaklaşık %10 kütle kaybı yaşadığı; kırmızı çizgi hattına göre bims numunesinin deney başlangıcında 25°C sıcaklıktayken, deney sonunda yaklaşık 209°C sıcaklıkta olduğu; mavi çizgi hattına göre ekzotermik bir karakter gösterdiği yani

numunede kristalleşme görüldüğü anlaşılmaktadır. DSC eğrisine göre bims numunesi ile referans numune arasındaki ısı farkının; deney başlangıcında -4,3 mW, 97,8. dakikada ekzotermik pik yaparak 142,31 mW değerine ulaşmış ve 140 dakikanın sonunda -10,48 mW değerinde olduğu saptanmıştır. Ekzotermik karakter göstermesi sebebiyle kristalleştiği anlaşılan bims numunesi DSC değerinin en yüksek (142,31 mW) olduğu 97,8. dakikada sıcaklığın 1046,45°C olduğu, en yüksek sıcaklığa (1107°C) ulaşmadan pik yaptığı anlaşılmaktadır.

Bims numunesine ait termogravimetrik analiz grafiklerinin tamamı EK-3'te sunulmaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, bimsin hafif duvar elemanı olarak kullanılabilirliğini artırmak, bimsi mimaride, inşaat sektöründe gereken öneme ulaştırmak ve bimsin yapı malzemesi olarak bilinçli tüketilmesini sağlamak amaçlanmıştır. Bims agregalarından yararlanılarak üretilen hafif yapı elemanlarının mimaride duvar elemanı olarak kullanımı, avantajları, bu ürünlerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin araştırılmasını kapsayan bu tez çalışmasında, üç aşamalı olarak inceleme ve araştırmalar yapılmıştır.

İlk olarak Nevşehir bims agregasını tanımak, özelliklerini belirlemek ve beton üretiminde bağlayıcı malzemelerle mukavemet değerlerinin nasıl değiştiğini araştırmak amaçlı bir dizi ön deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ön deneysel çalışma için üretilen numunelerde bağlayıcı malzeme olarak çimento ve alçı kullanılmıştır. Numuneler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik incelemelere göre; alçı bağlayıcılı numunede eğilme mukavemetlerinin olmadığı, malzemelerin dağıldığı, parçalandığı, yeterli dayanıma sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle alçının bağlayıcı malzeme olarak kullanılmasından vazgeçilmiştir. Gerçekleştirilen ön deneyler sonucunda, tez çalışmasında bağlayıcı malzeme olarak gri çimento ve beyaz çimento kullanılmasına karar verilmiştir.

İkinci aşamada, Nevşehir bims agregaları hakkında yapılan araştırmalara göre Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin daha önce akademik olarak yeterince araştırılmadığı tespit edilmiş ve tez çalışmasında agrega olarak Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bims ocağına gidilerek hammaddenin elde edilişi ile ilgili bilgiler toplanmış ve deneylerde kullanılmak üzere gereği kadar hammadde edinilmiştir. Edinilen bims agregasının özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kimyasal, mikroyapı incelemeleri ve fiziksel deneyler gerçekleştirilmiştir. TS 699 (2009), TS 802 (2016) standartlarına göre yapılan deneysel incelemeler ve analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiş, Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin diğer Nevşehir bimsleriyle özellikler bakımından benzerlikleri ve farklılıkları saptanmıştır.

Üçüncü aşamada TS 802 (2016) Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları standardına uygun olarak, Nevşehir-Kaymaklı bims agregası kullanılarak çimento miktarı değişen, gri çimento bağlayıcılı 5 farklı seri; beyaz çimento bağlayıcılı 5 farklı seri beton numuneleri üretilmiş ve 28 günlük priz sürecinin sonrasında bu ürünlerin TS 699 (2009),

TS EN 196-1(2016) standartlarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bims agregalı beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel incelemeler ve analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenerek; beyaz çimento bağlayıcılı beton numunelerle, gri çimento bağlayıcılı beton numunelerin avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir.

Bims agregaları ve bims agregalı hafif betonlarla ilgili yapılan araştırma, inceleme ve analizlerin yorumlanması ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Nevşehir-Kaymaklı bölgesi bims ocağından alınan tüvenan bims agregasının boyutlarına göre ağırlıkça, en çok 8 mm boyutunda daha sonra sırasıyla 4 mm ve 16 mm boyutlarında olduğu; en az 0,5 mm boyutunda olduğu tespit edilmiştir. Elek analizi sonuçlarına göre agreganın ince malzeme oranı çok az, iri malzeme oranının yüksek oranda olduğu saptanmıştır. Ön deneysel çalışmalar kapsamında yapılan Nevşehir bimsi elek analizi sonuçlarıyla karşılaştırıldığında Kaymaklı bimslerinin 8 mm ve 4 mm boyutlarında; ön deneyler için kullanılan bimsin 4 mm ve 2 mm boyutlarında daha çok agrega içerdiği görülmüştür. Farklı bir çalışmada, Nevşehir bölgesinden temin edilmiş bimsler üzerinde yapılan elek analizinde max tane boyutunun 9,5 mm boyutunda, en çok 4 mm ve 8 mm boyutlarında agrega içerdiği görülmüştür. Diğer Nevşehir bims verileriyle Kaymaklı bimsi verileri karşılaştırıldığında, Kaymaklı bimslerinin daha iri boyutlarda agregalar olduğunu söylemek mümkündür.
- Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregasının deneyler sonucu özgül kütlelerinin 2,0 gr/cm³ olduğu saptanmıştır. Ön deneysel çalışmalar kapsamında yapılan Nevşehir bimsi özgül kütle sonuçlarıyla karşılaştırıldığında aynı değere sahip olduğu görülmüştür. Farklı bir tez çalışmasında, Nevşehir bölgesinden temin edilen bims agregası üzerinde yapılan incelemeler neticesinde özgül kütlesi 2,4 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir. Nevşehir-Kaymaklı bölgesinden alınan tüvenan bims agregasının incelendiği bir makale çalışmasında, bu bimslerin ortalama 2,135 gr/cm³ özgül kütle değerine sahip olduğu görülmüştür. Diğer bims verileriyle Kaymaklı bimsi verileri karşılaştırıldığında, bu tez çalışmasında kullanılan Kaymaklı bimslerinin özgül kütlelerinin daha düşük olduğunu söylemek mümkündür.

- Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregasının deneyler sonucu %0,4 rutubet bulundurduğu tespit edilmiştir.
- Bims örneklerinden çekilen SEM görüntülerine göre, malzeme içyapısında birbirinden çok farklı geometrik şekiller gösteren, mikro ölçekten makro ölçüğe kadar boşluklarının olduğu anlaşılmaktadır.
- Elementel analiz değerlerine göre Nevşehir – Kaymaklı bims agregasının bünyesinde en çok %78,48 oranla oksijen, %13,72 silisyum, %3,47 alüminyum, %2,33 sodyum, %1,30 potasyum, %0,31 demir, %0,30 kalsiyum, %0,10 magnezyum, ve % 0,02 oranla titanyum bulundurduğu saptanmıştır.
- Kimyasal analiz neticesinde Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin %65,4 SiO₂, %9,52 Al₂O₃, %5,01 Na₂O, %4,38 K₂O, %1,02 Fe₂O₃, %0,822 CaO ve %0,094 TiO₂ bileşenlerinden oluştuğu saptanmıştır. Farklı bir makale çalışmasında yapılan kimyasal analizler neticesinde Nevşehir bimsinin yapısında ortalama %71,12 SiO₂, %16,30 Al₂O₃, %1,72 Fe₂O₃, %0,63 CaO, %0,52 Na₂O + K₂O ve %9,7 diğer tali bileşenler bulunmaktadır. Yapılan başka bir akademik çalışmada Nevşehir bimslerinin kimyasal yapısında ortalama %71 SiO₂, %13,2 Al₂O₃, %1,1 Fe₂O₃, %1,2 CaO, %6,3 Na₂O + K₂O ve %7,2 diğer tali bileşenler bulunduğu açıklanmıştır. Diğer çalışma verileriyle Kaymaklı bimsi verileri karşılaştırıldığında, Kaymaklı bimslerinin SiO₂ ve Al₂O₃ miktarının Nevşehir bimslerinin genel SiO₂ ve Al₂O₃ miktarından daha az olduğu görülmektedir.
- Bimslerin SiO₂ yönünden sınıflandırmasına göre Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimslerinin %65,4 SiO₂ oranıyla nötr bims olduğu; Tablo 59.'daki değerlerin mukayese edilmesi durumunda, bileşenlerinin asidik bims değerlerine yakın değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.
- TGA analizi sürecinde bims numunesi, sadece ısınmayla başlangıç numune kütlesinin %3,178'ini kaybetmiştir. Deney sonunda bims numunesinin başlangıçtaki kütlesinin %10,647'sini kaybetmiştir. TGA-DSC sıcaklık – zaman grafiğine göre Nevşehir-Kaymaklı bims numunesinin ekzotermik bir karakter gösterdiği yani numunede kristalleşme görüldüğü anlaşılmaktadır.
- Deneyler ve hesaplamalar neticesinde en yüksek birim hacim ağırlık değerine sahip bims agregalı beton numunenin, G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olduğu; en düşük birim hacim ağırlık değerine sahip bims agregalı beton

numunenin, B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olduğu saptanmıştır. Gri çimento bağlayıcılı numunelerde ortalama birim hacim ağırlık değeri (d_h) $1,352 \text{ g/cm}^3$; beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde ortalama birim hacim ağırlık değeri (d_h) $1,323 \text{ g/cm}^3$ olarak hesaplanmış ve beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin daha düşük birim hacim ağırlık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Gri çimento bağlayıcılı numunelerde G.1.3 kodlu numunenin; beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde B.1.2 kodlu numunenin kendi serilerindeki ortalama birim hacim ağırlık değerine en yakın değere sahip olduğu görülmüştür. Her iki farklı bağlayıcılı gruplarda doğrusal olarak bir değişim görülmesi de genel olarak numunelerde çimento miktarı azaldıkça birim hacim ağırlık değerinin azaldığı görülmektedir. Birim hacim ağırlık değeri ile çimento miktarının doğru orantılı olduğu anlaşılmıştır.

- Yapılan kaynak araştırmaları neticesinde Nevşehir-Kaymaklı bims agregası ile üretilen tüm serilerin birim hacim ağırlık değerlerinin hafif beton sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Birim hacim ağırlık değerleri bakımından hafif olan betonların, bina yükünü azaltması ve depreme karşı daha elastik dayanım gösterdiği bilinmektedir. Bu sebeple birim hacim ağırlık değerleri bakımından, beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin tercih sebebi olacağı düşünülmektedir.
- Numunelerin kapilarite katsayısının, ilk okumadan son okumaya doğru büyük oranda azaldığı görülmektedir. İlk okumada B.1.3 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune $0,063 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$ 'lık en büyük kapilarite katsayısına sahipken, bu değer son okumada $0,0015 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$ 'ya düşmüştür. G.1.2 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune ilk okumada $0,025 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$ 'lık değerle en düşük kapilarite katsayısına sahipken, son okumada $0,0019 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$ kapilarite katsayısına gerilemiştir. Kaydedilen değerlere göre ilk okumada gri çimentolu seride ortalama $0,0426 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$, beyaz çimentolu seride ortalama $0,0526 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$; son okumada gri çimentolu seride ortalama $0,0016 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$, beyaz çimentolu seride ortalama $0,0013 \text{ cm}/\sqrt{\text{dk}}$ kapilarite katsayıları hesaplanmıştır. Bu ortalama değerlere göre beyaz çimentolu numune serisinin kapilarite katsayısı zamanla büyük oranda azalırken, gri çimentolu serinin kapilarite katsayısının zamanla beyaz çimentolu serininki kadar azalmadığı saptanmıştır.

- K tलेce su emme oranı hesaplanan değerlere göre, en yüksek olan numune %20,00 oranı ile G.1.5 kodlu gri imento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %13,833 oranı ile B.1.1 kodlu beyaz imento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama k tलेce su emme oranı, gri çimentolu seride %17,707; beyaz çimentolu seride %15,751 olarak hesaplanmış ve gri çimentolu serinin k tलेce su emme oranının beyaz çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. K tलेce su emme oranının gri çimentolu seride imento miktarının azalmasıyla ters orantılı olarak arttığı gözlemlenirken, beyaz çimentolu seride doğrusal bir değişim gözlemlenememiştir.
- Kaynar suda su emme oranı hesaplanan değerlere göre, en yüksek olan numune %22,318 oranı ile G.1.5 kodlu gri imento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %16,266 oranı ile B.1.1 kodlu beyaz imento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama kaynar suda su emme oranı, gri çimentolu seride %19,568; beyaz çimentolu seride %17,995 olarak hesaplanmış ve gri çimentolu serinin kaynar suda su emme oranının beyaz çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Kaynar suda su emme oranının gri çimentolu seride imento miktarının azalmasıyla ters orantılı olarak arttığı gözlemlenirken, beyaz çimentolu seride birbirine çok yakın değerlerde olduğu ve doğrusal bir değişim göstermediği gözlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, k tलेce su emme oranı ve kaynar suda su emme oranlarının doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Kılcal, k tलेce ve kaynar suda su emme değerleri bakımından beyaz imento agregalı numunelerin, gri imento bağlayıcılı numunelere göre daha düşük değerlerde olması ve böylelikle nemli ortam koşullarında daha iyi performans göstereceği öngörülerek, tercih sebebi olacağı düşünülmektedir.
- Kompasite (doluluk) oranı hesaplanan değerlere göre, en yüksek olan numune %71,95 oranı ile G.1.1 kodlu gri imento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %62,40 oranı ile B.1.5 kodlu beyaz imento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama kompasite oranı, gri çimentolu seride %67,59; beyaz çimentolu seride %66,14 olarak hesaplanmış ve gri çimentolu serinin kompasite oranının beyaz çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Kompasite oranının gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde imento miktarının azalmasıyla orantılı genel olarak azaldığı gözlenmiştir. Elde edilen

değerlere göre, kompasite oranı ve birim hacim ağırlık değerlerinin doğru orantılı olduğu görülmektedir.

- Kompasite oranının çimento miktarıyla doğru orantılı olarak artış göstermesi, bimsin gözenekli ve boşluklu yapısının çimentonun toz yapısıyla daha iyi bütünleşme sağladığını göstermektedir. Kullanılan bims agregasının ince malzeme oranının daha fazla kullanılması, numunenin kompasite oranını artıracağı öngörülmektedir.
- Porozite oranı hesaplanan değerlere göre, en yüksek olan numune %37,60 oranı ile B.1.5 kodlu beyaz çimento bağlayıcılı numune olurken, en düşük numune %28,05 oranı ile G.1.1 kodlu gri çimento bağlayıcılı numune olduğu tespit edilmiştir. Ortalama porozite oranı, gri çimentolu seride %32,41; beyaz çimentolu seride %33,86 olarak hesaplanmış ve beyaz çimentolu serinin porozite oranının gri çimentolu serininkinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Porozite oranının gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının azalmasıyla ters orantılı genel olarak arttığı gözlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, kompasite oranı ve porozite oranı değerlerinin ters orantılı olduğu görülmektedir.
- Elde edilen verilere göre gri çimento bağlayıcılı numunelerde eğilme dayanımı en yüksek 4,43 N/mm² değeriyle G.1.3 kodlu seride; en düşük 3,61 N/mm² değeriyle G.1.1 ve G.1.2 kodlu serilerde gözlenmiştir. Gri çimento bağlayıcılı numunelerin eğilme dayanımı değerleri beş seride de birbirine yakın değerlerde olup; ortalama eğilme dayanımı 3,876 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından G.1.3 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir.
- Elde edilen verilere göre beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde eğilme dayanımı en yüksek 4,03 N/mm² değeriyle B.1.3 kodlu seride; en düşük 3,38 N/mm² değeriyle B.1.5 kodlu seride gözlenmiştir. Beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin eğilme dayanımı değerleri beş seride de birbirine yakın değerlerde olup; ortalama eğilme dayanımı 3,76 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından B.1.3 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir.
- Eğilme dayanımı gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının artışıyla orantılı bir değişim göstermemektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu

grupların en yüksek eğilme dayanımı her ikisinde de 1.3 serisine ait olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının artışının ve azalışının eğilme dayanımını olumlu etkilemediği, dolayısıyla 1.3 serisi numunelerinin çimento miktarının ideal olduğu anlaşılmıştır.

- Eğilme dayanımı değerleri bakımından gri çimento bağlayıcılı numunelerin, beyaz çimentolu numunelere göre daha iyi performans göstermesi sebebiyle tercih edileceği düşünülmektedir.
- Elde edilen verilere göre gri çimento bağlayıcılı numunelerde basınç dayanımı en yüksek 26,73 N/mm² değeriyle G.1.3 kodlu seride; en düşük 14,69 N/mm² değeriyle G.1.5 kodlu seride gözlenmiştir. Gri çimento bağlayıcılı numunelerin ortalama basınç dayanımı 21,452 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Basınç dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından G.1.3 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir.
- Elde edilen verilere göre beyaz çimento bağlayıcılı numunelerde basınç dayanımı en yüksek 23,79 N/mm² değeriyle B.1.4 kodlu seride; en düşük 19,38 N/mm² değeriyle B.1.5 kodlu seride gözlenmiştir. Beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin basınç dayanımı değerleri beş seride de birbirine yakın değerlerde olup; ortalama basınç dayanımı 21,944 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Basınç dayanımı değerinin yüksek olması betonun kalitesini artıracığından B.1.4 kodlu serinin tercih sebebi olacağı öngörülmektedir.
- Basınç dayanımı gri çimentolu ve beyaz çimentolu serilerde çimento miktarının artışıyla orantılı bir değişim göstermemektedir. Gri çimentolu ve beyaz çimentolu grupların en yüksek basınç dayanımı sırasıyla, 1.3 ve 1.4 serilerine ait olduğu saptanmıştır. Çimento miktarının azalmasının gri çimentolu seride basınç dayanımını olumlu etkilemediği, 1.3 serisi numunenin çimento miktarının ideal olduğu; beyaz çimentolu seride değerlerin birbirine çok yakın olduğu, 1.4 serisi numunenin çimento miktarının ideal olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak beyaz çimentolu ve gri çimentolu numunelerin ortalama basınç dayanımının birbirine yakın olduğu ancak beyaz çimentolu serinin ortalama basınç dayanımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Eğilme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerinin doğru orantılı olmadığı anlaşılmaktadır.

- Basınç dayanımı değerleri bakımından beyaz çimento bağlayıcılı numunelerin, gri çimentolu numunelere göre daha iyi performans göstermesi sebebiyle tercih edileceği düşünülmektedir.
- Don tesirlerine dayanıklılık deneyleri kapsamında en iyi performans gri çimento bağlayıcılı G.1.1-A kodlu numunede gözlenmiş olup, hiçbir problemle karşılaşılmamış; en kötü performans ise gri ve beyaz çimento bağlayıcılı 1.5 serilerinden G.1.5 ve B.1.5 kodlu numunelerde gözlenmiştir. G.1.5 ve B.1.5 kodlu numunelerin köşelerinde büyük kopmalar oluşmuş ve numuneler büyük ölçüde deforme olmuştur.
- Don tesirlerine dayanıklılık analizlerinde gri çimentolu numunelerde ortalama %0,778 don kaybı, beyaz çimentolu numunelerde ortalama %0,925 don kaybı yaşandığı anlaşılmaktadır. Gri çimentolu numunelerden en büyük don kaybı ortalama %1,726 oranı ile G.1.5 serisi numunelerinde; en az don kaybı ortalama %0,496 oranı ile G.1.4 serisi numunelerinde gözlenmiştir. Beyaz çimentolu numunelerden en büyük don kaybı ortalama %1,589 oranı ile B.1.5 serisi numunelerinde; en az don kaybı ortalama %0,463 oranı ile B.1.3 serisi numunelerinde gözlenmiştir.
- Don tesirlerine dayanıklılık deney sonuçlarına göre gri çimentolu numunelerin beyaz çimentolu numunelere göre donma çözünme tesirlerine daha dayanıklı olduğu, çimento miktarının azalışının ya da artışının gri çimentolu ve beyaz çimentolu numunelerde don kaybını etkilemediği anlaşılmaktadır.
- Don tesirlerine dayanıklılık değerleri bakımından gri çimento bağlayıcılı numunelerin, beyaz çimentolu numunelere göre daha iyi performans göstermesi sebebiyle tercih edileceği düşünülmektedir.
- Yapılan maliyet araştırmaları bakımından gri çimento bağlayıcılı beton numunenin, beyaz çimento bağlayıcılı beton numuneden, gri çimento birim fiyatlarının daha uygun olması sebebiyle çok daha ekonomik olduğu görülmektedir.
- Çalışmada tercih edilen Nevşehir-Kaymaklı yöresi bimsi, ocaktan alındığı tüvenan haliyle beton karışımlarında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre herhangi bir işlem görmeden de üretim sürecine doğrudan eklenebileceği görülmüştür. Ancak yapılan kaynak araştırmaları neticesinde, içerisindeki

yabancı maddelerden arındırılarak üretim sürecine girmesi halinde elde edilen sonuçların daha iyi olması beklenilmektedir.

- Üretim süreci boyunca çok az enerji harcanılan bims agregalı betonlar, çevresel hiçbir atık oluşturmaması sebebiyle enerji tasarrufu sağlayan, çevre dostu bir yapı malzemesidir.

Nevşehir-Kaymaklı bims agregalarının, mimaride hafif duvar elemanı olarak kullanılabilirliği ile ilgili deneysel çalışmalar yapılarak; yapılan çalışmaların sonuçlarının yorumlanması, bunların neticesinde yeni bulgular elde edebilmek ve bu bulguların pratikte uygulanabilirliğini sağlamak amaçlarıyla yürütülen bu tez çalışmasında, yukarıda belirtilen hususlarda bazı sonuçlar elde edilmiştir. Bu bulguların, birçok yeni araştırma yapılmasına olanak sağlayacağı öngörülmektedir. Yapılan fiziksel ve mekanik deneyler neticesinde bims agregalı beton numunelerinin en iyi performansı gösteren serilerinin daha detaylı araştırmaları yapılarak ideal teknik parametrelere sahip bims agregalı betonun piyasa koşullarına entegre edilmesi gerekmektedir.

Çalışmadan elde edilen teknik veriler neticesinde yapılacak diğer çalışmalara katkı sağlaması ve araştırmacılara ışık tutması bakımından aşağıdaki öneriler yapılmıştır:

- Beton karışımına tüvenan haliyle eklenen Nevşehir-Kaymaklı bims agregasının, içerisindeki yabancı maddelerden saflaştırma ile arındırılarak üretim sürecine girmesi halinde sonuçların daha iyi olacağı öngörülmektedir. Bu sebeple Nevşehir-Kaymaklı bims agregasının saflaştırılarak kullanılmasının araştırmaları yapılmalıdır.
- Hafif agregaların boyutlarına göre özgül kütlelerinin değiştiği kaynak araştırmalarından görülmektedir. Çalışmada Nevşehir-Kaymaklı bims agregasının özgül kütlesi belirlenirken, karışık boyutlarda agregaların öğütülmesi işlemiyle belirlenmiştir. Bu sebeple diğer araştırmalarda Nevşehir-Kaymaklı bims agregalarının boyutlarına göre özgül kütlesi belirlenebilir.
- %65,4 SiO₂ + %9,52 Al₂O₃ + %1,02 Fe₂O₃ toplamı %75,94 olarak bulunmuştur. TS 25 (2008) tras standardında ise bu oranın minimum %70 olması istenmektedir. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası öğütülüp, TS 25 (2008)'de istenilen oranlarda sönmüş kireç ile karıştırılıp puzolanik aktivite değerine bakılmalıdır. Standartta verilen değerlerin üzerinde mukavemet elde edilmesi halinde, tarihi eserlerin

onarımında harç katkı malzemesi olarak kullanılabilir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda bu konular araştırılmalıdır.

- Nevşehir-Kaymaklı yöresi bims agregaları puzolanik aktivite özelliğine sahip olması durumunda öğütülüp sönmüş kireçle karıştırılması sonucu çimento kullanmadan kireç kumtaşı üretiminin gerçekleştirilip, gerçekleştirilemeyeceği araştırılmalıdır.
- Ülkemizdeki atmosferik koşullar sebebiyle ısı yalıtımı yapılar için önemli bir parametre olmaktadır. Bu sebeple, Nevşehir-Kaymaklı bims agregasının ısı iletim katsayısı belirlenerek diper bölgelerden çıkarılan bims agregaları ile mukayesesi yapılabilir. Ayrıca ısı yalıtım malzemesi geliştirilmesinde Nevşehir-Kaymaklı bims agregasının kullanılabilirliği araştırılmalıdır.
- Bu tez çalışmasında bims agregalı beton numunelerin bağlayıcı değişeni olarak gri ve beyaz çimento kullanılmasıyla araştırma ve incelemeleri yapılmıştır. Diğer çalışmalarda katkı maddesi olarak strafor ya da çevresel atık olan uçucu küller eklenerek incelemeleri yapılabilir.
- Nevşehir-Kaymaklı bims agregası kullanılarak üretilen hafif betonların belirli sıcaklıklardaki karakteristik özelliklerinin incelenmesi, diğer çalışmalar için yeni bir araştırma konusu olmalıdır.
- Bu çalışmada bims agregalı beton numuneler dikdörtgen prizma halinde üretilip incelenmiştir ancak plaka halinde üretimleri yapılarak incelemeleri de yapılmalıdır. Ayrıca tek plaka ve sandviç plaka olarak da üretilip incelenerek mukayesesinin yapılması isabetli olacaktır.
- Donatısız olarak Nevşehir-Kaymaklı bims agregası ile üretilen betonların hafif beton sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Diğer çalışmalarda donatılı olarak bims agregalı betonlar üretilerek taşıyıcılık özellikleri araştırılmalıdır.
- Ses yalıtımı ve akustik özelliklerine sahip malzemelerin geliştirilmesi konusunda bims agregası kullanılarak araştırmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akgül, E. (2006). *Datça Bölgesindeki Volkanik Tüflerin Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkaş, A. (2011). *Pomza Agregalı Taşıyıcı Hafif Betonun Taşıyıcılık Özelliklerinin Araştırılması*. Doktora tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Aksoy, E. (2010). *Isparta Gelincik Pomza Yataklarının Jeolojisi, Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Akyol, O. (2013). *Polistiren Taneli Köpük Katkı İle Bimsblok Duvar Elemanı Üretimine Araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Alyanak Kaya, F. (2010). *Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına Uygun Yapı Üretiminde Duvar Malzemesi Seçimine Yönelik Öneriler* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Bekar, M., Şapcı, N., & Gündüz, L. (2006). Aksaray Bölgesi Volkanik Tüf Serilerinin Sıva Malzemesi Olarak Kullanımı. *IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul.
- Bekaroğlu, M. (2012). *Kompozit Yapıda Pomza Agregası İçeren Köpük Betonun Özellikleri Ve Teknik Parametrelerin İrdelenmesi*. Yüksek lisans tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Bideci, A. (2011). *Polimer Kaplı Pomza Agregalarla Elde Edilen Betonların Özelliklerinin Araştırılması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Bikçe, M., & Akyol, B. (2017). Tasarlanmış Gerçek Yapılarda Asmolen/Plak Döşeme Dönüşümünün Yapı Maliyetine Etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 29(1), 133-144.
- Bilgil, A., & Özdel, H. (2017). Pomza Esaslı Ve İgnimbirit Katkılı Hafif Yapı Malzemesinin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 6(2), Niğde, 475-482.
- Blokbims (2020). *Lento Uygulamaları*. Erişim adresi: <https://www.blokbims.com.tr/lento-uygulamaları.html>. Erişim tarihi: 11 Ocak 2021.
- Bims Sanayicileri Derneği. (2006). *Bims (Pomza) Alt Sektör Raporu*. Ankara: Bims Sanayicileri Derneği.
- Bims Sanayicileri Derneği (2012). *Bimsblok Ürün Yelpazesi Genişliyor*. Erişim adresi: <https://www.bimsader.org.tr/14-URUN-YELPAZESİ.kalite-politikamız>. Erişim tarihi: 11 Ocak 2021.
- Ceylan, H. (2005). *Farklı Pomza Agregası Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Karakteristiği* (Yayımlanmamış doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Çağlayan, M., & Kahriman, A. (2003). Alternatif Beton Agregası Olarak “Pomza” Ve Kent Mobilyalarında Kullanılabilirliği. *III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, 286-291.
- Çamlı, H. İ. (2018). *Doğal Bir Taş Olan Pomza İle Gürültü İzolasyon Malzemesi Üretimi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Çayırılı, S. (2008). *Farklı Tür Pomzaların Kesikli Öğütme Ortamındaki Davranışlarının İncelenmesi Ve Modellenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çelik, A. G. (2010). *Bor Katkılı Perlit Karışımlardan Hafif Tuğla Üretimi Ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çiçek, Y. E. (2002). *Pişmiş Toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton Ve Perlitli Yapı Malzemelerinin Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Davraz, M. (1998). *Isparta Pomzasının Hafif Agregası Olarak Değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Davraz, M., Gündüz, L., & Şapcı, N. (2005). Pomza Madenciliği, Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör). *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi Ve Fuarı, IMCET2005*, İzmir, 397-407.
- Demir, İ., & Orhan, M. (2001). Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılması. *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi Ve Sergisi, TUMAKS2001*, Ankara, 207-211.
- Demirel, B., & Keleştemur, O. (2011). Yüksek Sıcaklığa Maruz Pomza Ve Silis Dumanı Katkılı Betonların Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerine Kür Yaşının Etkisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 7(1), Elazığ, 1-13.
- Denktaş, S. (2019). *Uçucu Küllerin Bimsblok Üretiminde Kullanımı* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Döyen, A., & Aksoy, E. (2013). Isparta Ve Gelincik Pomza Yataklarının Jeolojisi Ve Beton Yapımına Uygunluğunun Araştırılması. *S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 28(1), 25-34.
- Dündar, B. (2013). *Farklı Duvar Ve Harç Malzemeleri İle Üretilen Duvarların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Efe, T. (2011). *Yalıtımlı Hafif Beton Kiremit Üretimi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Elmakuşu, İ. (2013). *Volkanik Hafif Agregaların MgO Esaslı Yalıtım Amaçlı Plaka Üretimi Ve Değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Elmastaş, N. (2012). Türkiye Ekonomisi İçin Önemi Giderek Artan Bir Maden: Pomza (Sünger Taşı). *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi* 23(5), s. 198-206.
- Erdoğan, Y. (2007). *Asidik Ve Bazik Pomzadan Üretilen Yapı Malzemelerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Erdoğan, Y., & Yaşar, E. (2005). Nevşehir Pomzasından Üretilen Biriketlerin Isı Ve Ses İletkenlikleri Açısından Değerlendirilmesi. *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi Ve Fuarı*, İzmir, 375-384.
- Erdoğan, Y., Tolğay, A., & Yaşar, E. (2004). Nevşehir Pomzasının Agregası Olarak Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 345-354.
- Gençer, Ö. (2000). *Pomza Katkılı Bimsbeton Bloklar İle Yapılmış Yığma Yapı Üzerinde Deprem Etkisinin Araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Güdelek, Y. (2019). *Senosfer Ve Bims Agregalı, Çimentolu Hafif Kompozitlerin Araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya.
- Gül Bims (2016). *Bacalar*. Erişim adresi: <https://www.gulbims.com/ueruenlerimiz/>. Erişim tarihi: 11 Ocak 2021.
- Günaydın, M. (2006). *Nevşehir Bims Agregasından Kendiliğinden Yerleşen Hafif Beton Üretilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gündüz, L. (2001). Isı Yalıtım Agregası Olarak Pomzanın Kullanımı. 4. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 59-68.
- Gündüz, L. (2012). *Peyzaj Mimarisinde Bimsblok*. Erişim adresi: <https://www.bimsader.org.tr/16-PEYZAJ-MİMARİSİNDE-BİMS-BLOK.kalite-politikamız>. Erişim tarihi: 11 Ocak 2021.
- Gündüz, L., Hüseyin, A., & Rota, A. (2001). Türkiye Ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi. 4. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 175-188.
- Green Home Gnome (2013). *Building With Pumice: Making Blocks Out Of Pumice, Lime And Concrete*. Erişim adresi: <https://www.greenhomegnome.com/building-with-pumice-blocks/>. Erişim tarihi: 08 Ocak 2021.
- Işık, E., Karşın, A., & Kayan, Y. (2020). Pomzadan İmal Edilmiş Çelik Lif Katkılı Bimsblokların Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. *DÜMF Mühendislik Dergisi* 11(2), Diyarbakır, 723-730.
- İmpaş (2021). *Bims Briket Çeşitleri*. Erişim adresi: <https://impasgroup.com/urun/bims-briket-cesitleri/>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2021.
- İnşaat Bloğu (2021). *Beton Katkı Maddeleri, Özellikleri Ve Kullanım Şekilleri*. Erişim adresi: <https://www.aykut.ozdemir.com.tr/inşaat/beton-katki-maddeleri-ozellikleri-ve-kullanim-sekilleri.html>. Erişim tarihi: 08 Ocak 2021.

- İstanbul Maden İhracatçıları Birliği İMİB (2021). *İhracat İstatistikleri*. Erişim adresi: <https://www.imib.org.tr/tr/raporlar/ihracat-istatistikleri>. Erişim tarihi: 04 Ocak 2021.
- Kale, M. O. (2020). *Pomza Agregası Kullanılarak Üretilen Hafif Beton Özelliklerinin Uçucu Kül İkamesi İle İyileştirilmesi Üzerine Deneysel Bir Araştırma* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Kalkan, M., & Erenson, C. (2020). Atık Elek Altı Pomza Malzemesinin Killi Zemin Ortamlarında Mühendislik Karakteristikleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi* 59(3), Aksaray, 193-205.
- Kocaman, P. (2009). *Bims Agregaların Ve Bimsbeton Ürünlerin Mimarlık Ve Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koçu, N. (1997). *Konya Çevresindeki Volkanik Tüflerin Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma* (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koçyiğit, F. (2012). *Kitre Katkılı Bims Ve Çimento Karışımlarının Yeni Bir Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Konuk, H. (2003). *Hafif Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri Ve Isı Yalıtımı* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü MTA (2021). *Maden Kullanım Alanları*. Erişim adresi: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-kullanim-alanlari#pomza>. Erişim tarihi: 05 Ocak 2021.
- Mardin Sepet (2021). *Doğal Ponza Taşı (Topuk Taşı)*. Erişim adresi: <https://www.mardinsepet.com/urun/dogal-ponza-tasi-topuk-tasi>. Erişim tarihi: 02 Ocak 2021.
- Mor, R. (2007). *Bimsbetondan İmal Edilmiş Yapı Elemanlarının Isı İletim Katsayılarının İyileştirilme Çalışmaları* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Nazarca (2021). *Beton Briketler İle Bahçe Dekorasyonu*. Erişim adresi: <https://nazarca.com/beton-briketler-ile-bahce-dekorasyonu>. Erişim tarihi: 20 Ocak 2020.
- Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Araştırma Ve Uygulama Merkezi. (2020). *BİTAM Online Katalog*. Erişim adresi: <https://bitamkatalog.erbakan.edu.tr/#p=P31>. Erişim tarihi: 20 Ekim 2020.
- Nevruz, B. (2016). *Çeşitli Hafif Agregalarla Üretilen Harçların Fiziksel, Mekanik Ve Durabilite Özellikleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Oğuz, T. (2019). *Mikronize Pomza Tozu Katkılı Silikon Dış Cephe Kaplama Üretimi Ve Karakterizasyonun İncelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman.
- Özkan, Ş. G., & Tuncer, G. (2001). Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış. 4. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 200-207.
- Pomza Araştırma Ve Uygulama Merkezi. (2015). *Fizibilite Raporu*. Nevşehir: Ahiler Kalkınma Ajansı.
- Pumiceconcrete (2021). *Precast Concrete Products*. Erişim adresi: <https://www.pumiceconcrete.com/precast-concrete.html>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2021.
- Pumice World (2021). *Ürünler*. Erişim adresi: <https://pumiceworld.com/magaza/>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2021.
- Sancak, E. (2005). *Silis Dumanı Katkılı Bimsbetonların Özellikleri* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sancak, E., Şimşek, O., & Subaşı, S. (2005). Türkiye Konut Üretiminde Bimsbeton. 4. *International Advanced Technologies Symposium*, Konya, 1063-1068.
- Sancak, E., & Tatlıdıl, H. (2013). Pomza Agregalı Hafif Betonların Panel Duvar Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *S.D.U. International Journal Of Technologic Sciences* 5(2), Isparta, 87-94.
- SDÜ Pomza Araştırma Ve Uygulama Merkezi (2019). *Pomza Dünyası*. Erişim adresi: <https://www.pomzamer.sdu.edu.tr/tr/yapi-dunyasi/pomza-dunyasi-1107s.html>. Erişim tarihi: 07 Ocak 2021.
- Sert, M. (2010). *Isparta Ve Nevşehir Yöresi Volkanik Kökenli Taşların Fiziko Mekanik Özelliklerinin Belirlenerek Kullanım Alanlarının İrdelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Seyran, N. S. (2012). *Dekoratif Yalıtımlı Dış Cephe Kaplama Plaka Üretiminin Değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Soğancı, A. S. (2011). *Nevşehir Bölgesinde Bulunan Pomzaların Taşıma Gücü Ve Oturma Yönünden Geoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve İyileştirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Soylu Group (2021). *Pomzanın Tarihçesi*. Erişim adresi: <https://www.soylu.com.tr/tr/ponza-nedir->. Erişim tarihi: 01 Ocak 2021.
- Tanaçan, L. (1993). *Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit Ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması*. Doktora tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taramalı Elektron Mikroskobu*. (t.y.). Erişim adresi: <https://www.erbakan.edu.tr/bitam/sayfa/3286,2020>. Erişim tarihi: 20 Ekim 2020.
- Tatlıdıl, H. (2013). *Isparta Ve Yöresindeki Doğal Taş İle Endüstri Atıklarının Isı Yalıtımlı Panel Duvar Elemanı Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*

(Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Termal Analiz (TGA-DSC)*. (t.y.). Erişim adresi: <https://www.erbakan.edu.tr/bitam/sayfa/3300>. Erişim tarihi: 20 Ekim 2020.
- Toklu, K. (2009). *Pomza Taşından Üretilen Bimsblok Kalitesinin Artırılma Olanaklarının Araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TS 25 (2008). *Doğal Puzolan (Tras) – Çimento Ve Betonda Kullanılan – Tarifler, Gerekler Ve Uygunluk Kriterleri*. Ankara: TSE.
- TS 699 (2009). *Doğal Yapı Taşları – İnceleme Ve Laboratuvar Deney Yöntemleri*. Ankara: TSE.
- TS 802 (2016). *Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları*. Ankara: TSE.
- TS EN 196-1(2016). *Çimento Deney Metotları – Bölüm 1: Dayanım Tayini*. Ankara: TSE.
- Ulusoy, M., Gündüz, L., & Şapcı, N. (2004). Karaman Ve Civarı Pomza Oluşumlarının Hafif Beton Sektöründe Agregada Olarak Yeri Ve Önemi. 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 138-148.
- Ustam Yapı İnşaat (2021). *Duvar Tuğla Çeşitleri*. Erişim adresi: <https://ustamyapiinsaat.com/etiket/duvar-tugla-cesitleri.php>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2021.
- Uzun, Ö. (2008). *Bimsblok İle Örülen Dış Duvarların Yapısal Performansının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Alan Araştırması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- X – *Işını Floresans Spektrometresi (XRF)*. (t.y.). Erişim adresi: <https://www.erbakan.edu.tr/bitam/sayfa/7611,2020>. Erişim tarihi: 20 Ekim 2020.
- Vibroblok (2021). *Topraksız Tarım (Bims)*. Erişim adresi: <https://www.vibroblok.com/haber/2203/topraksiz-tarim-bims>. Erişim tarihi: 05 Ocak 2021.
- Yaşar, E., & Erdoğan, Y. (2005). Asidik (Nevşehir) Ve Bazik (Osmaniye) Pomzaların Yapı Sektöründe Değerlendirilmesi. *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi Ve Fuarı*, İzmir, 409-418.
- Yapı Bims (2021). *Mekanı Güzelleştiren Yeni Dekoratif Duvar ve Zemin Sistemleri*. Erişim adresi: <http://www.yapibims.com/>. Erişim tarihi: 12 Ocak 2021.
- Yapısor (2021). *Bu Döşeme Türü Hangisidir?*. Erişim adresi: <https://yapisor.com/12364/bu-doseme-turu-hangisidir>. Erişim tarihi: 11 Ocak 2021.
- Yazıcıoğlu, S., Arıcı, E., & Gönen, T. (2003). Pomza Taşının Kullanım Alanları Ve Ekonomiye Etkisi. *F.Ü. DAUM Dergisi (1)*, Elazığ, 118-123.
- Yolcu, C. (2018). *Yüksek Performanslı Taşıyıcı Hafif Beton Üretiminde Pomza Agregaların Kullanılabilirliği, Mekanik Büyüklükleri Ve Uygulama Kriterleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ZenStone Pumice (2021). *Pumice Stone*. Erişim adresi:
<https://www.zenpumice.com/Sayfa-Detay/Pumice-Stone/9/>. Erişim tarihi: 02 Ocak
2021.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Ad Soyadı : Yasemin Kızıldaş

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2017, KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve
Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : 2016, Stajyer Mimar, Aksiyal Mimarlık

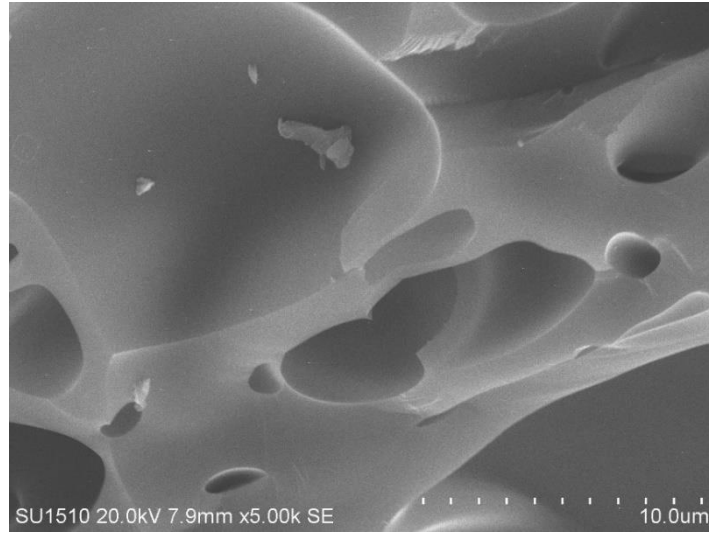
Çalıştığı Kurumlar : 2017-2018, Mimar, Konya Mimarlık
2018-2019, Mimar, Natirel Mimarlık
2019-2021, Mimar, Konya Mimarlık

Tarih: 10 Mart 2021

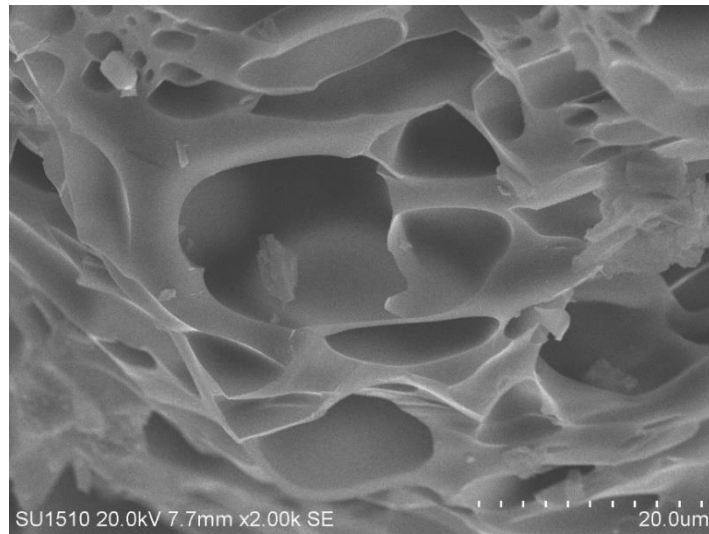
EK 1. BİMS AGREGASININ TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE İNCELENMESİ (SEM)

Bu bölümde 5.3.1. Bims Agregalarının Taramalı Elektron Mikroskobu İle İncelenmesi (SEM) konu başlığı altında geçen SEM analizlerine ait çekimlerin tamamı sunulmaktadır.

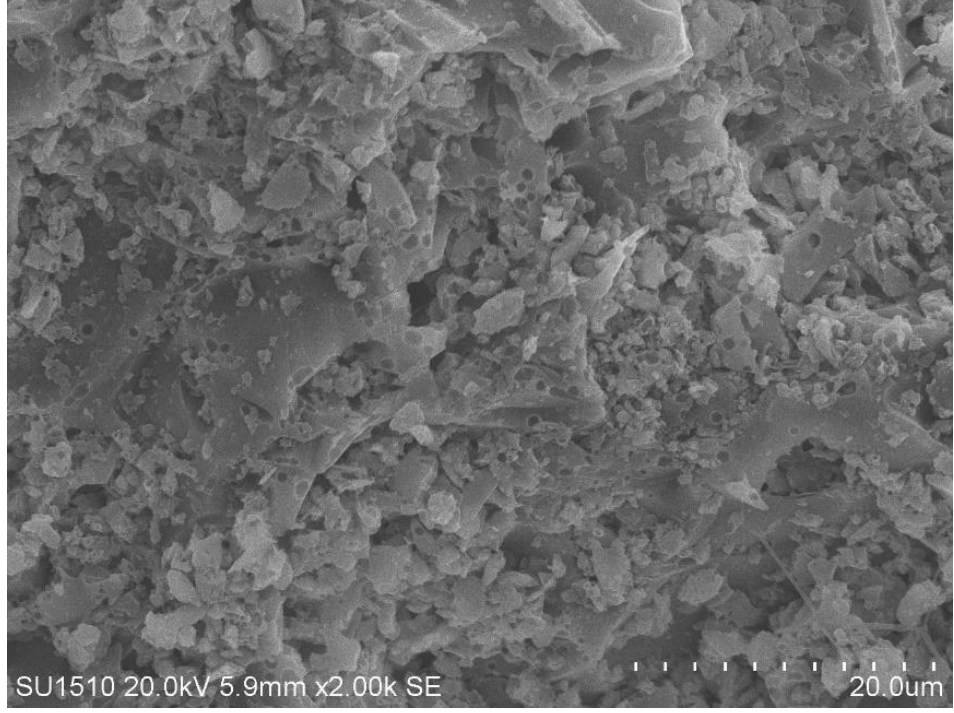
Analiz sonuçları; Şekil 70.'de 7.9 mm'lik 5000 kat büyütülmüş, Şekil 71.'de 7.7 mm'lik 2000 kat büyütülmüş, Şekil 72.'de 5.9 mm'lik 2000 kat büyütülmüş ve Şekil 73.'te yine 5.9 mm'lik 2000 kat büyütülmüş olarak gösterilmektedir.



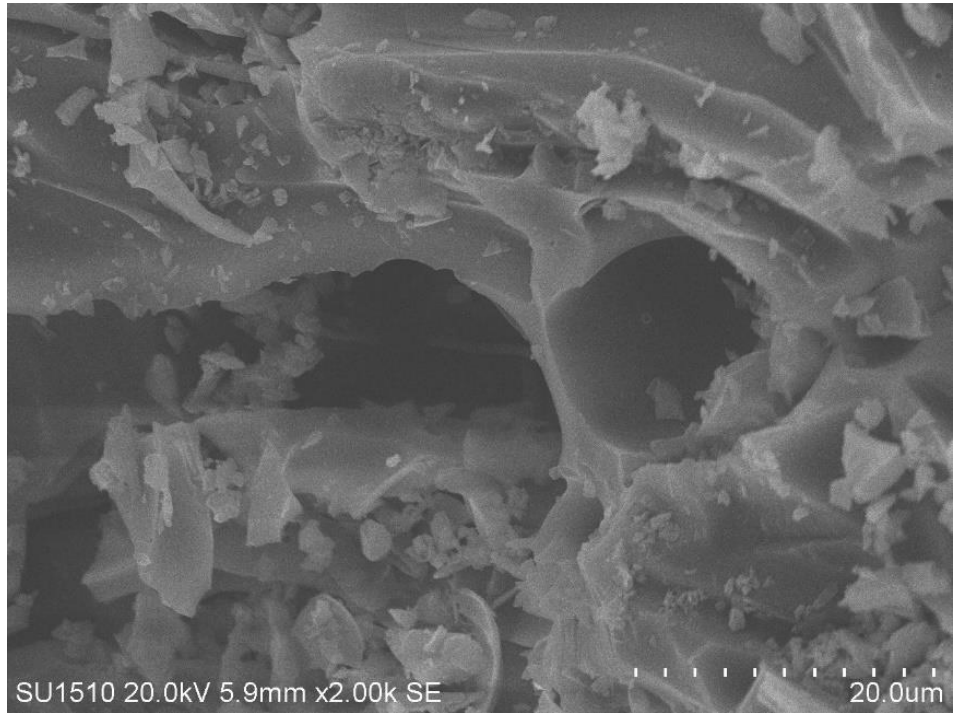
Şekil 70. Bims agregasının 7.9 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 71. Bims agregasının 7.7 mm'lik 2000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



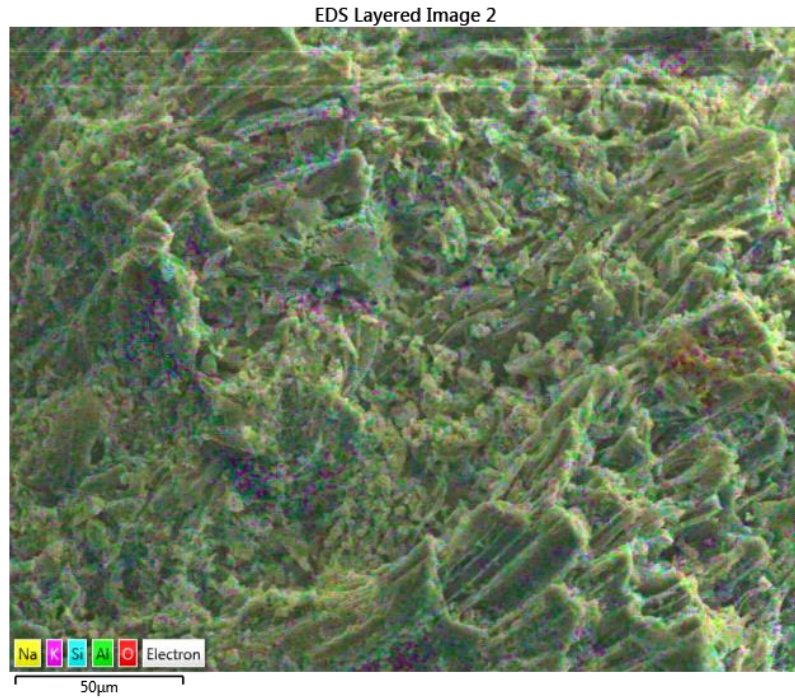
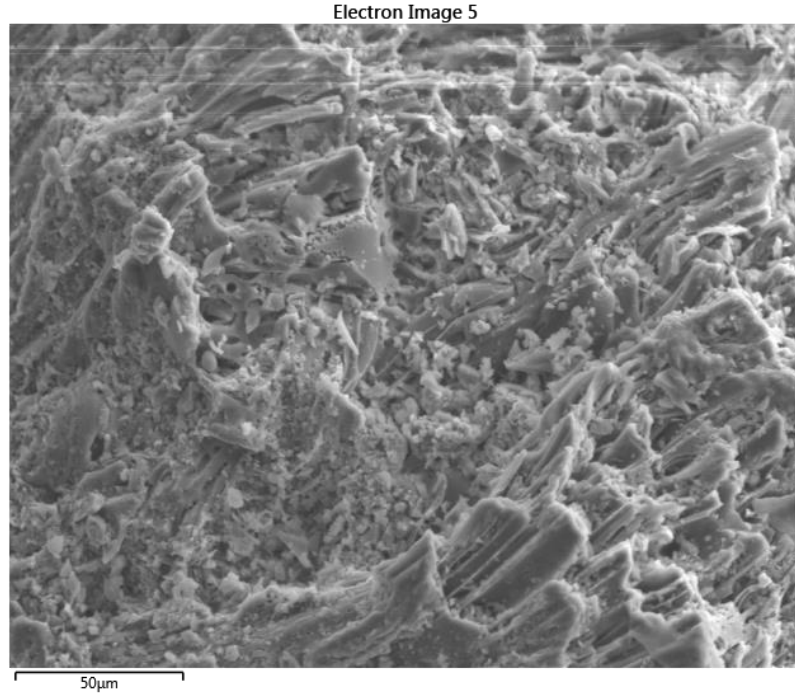
Şekil 72. Bims agregasının 5.9 mm'lik 2000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-1



Şekil 73. Bims agregasının 5.9 mm'lik 2000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü-2

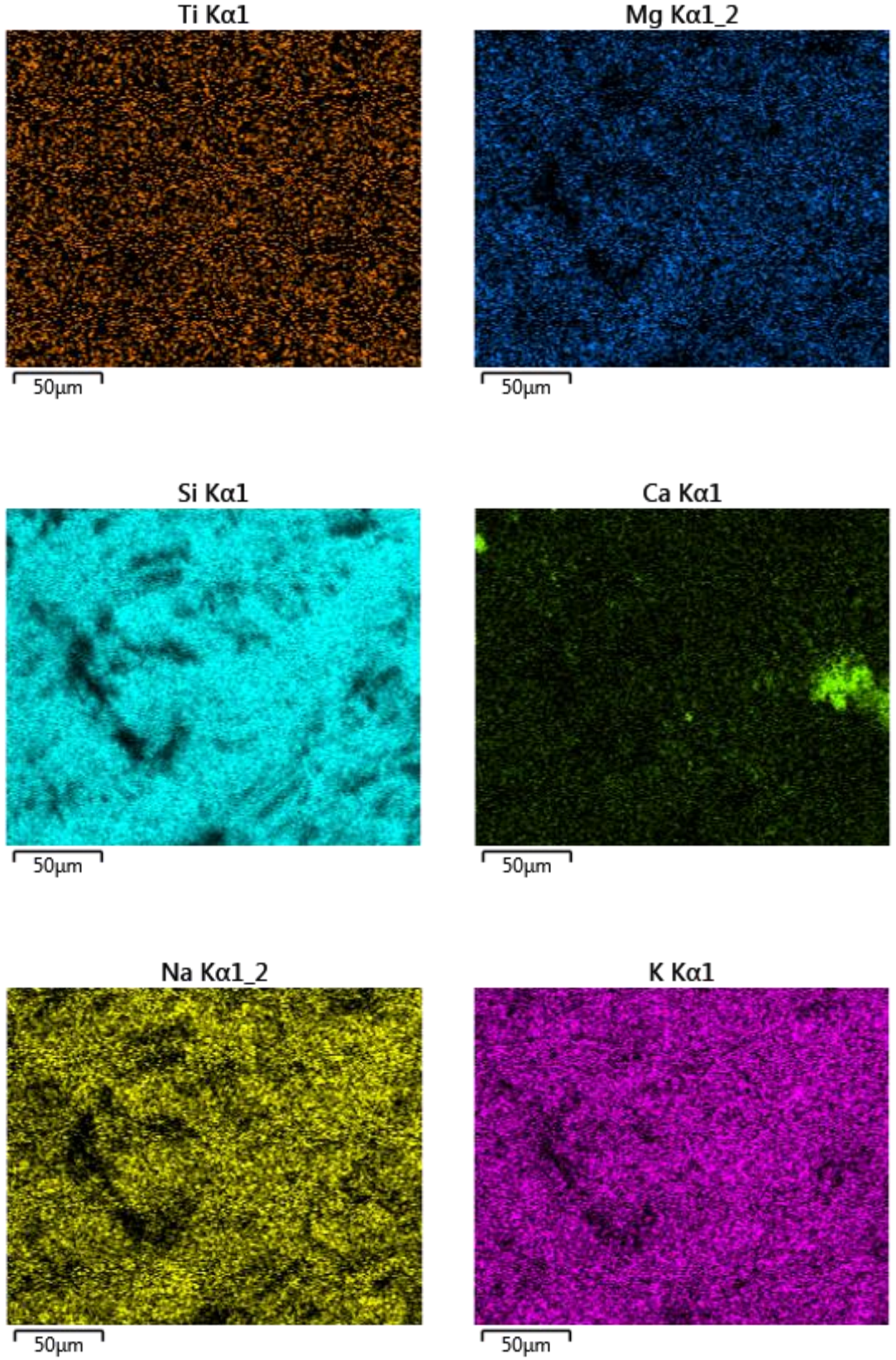
EK 2. BİMS AGREGALARININ ELEMENTEL ANALİZİ (EDS)

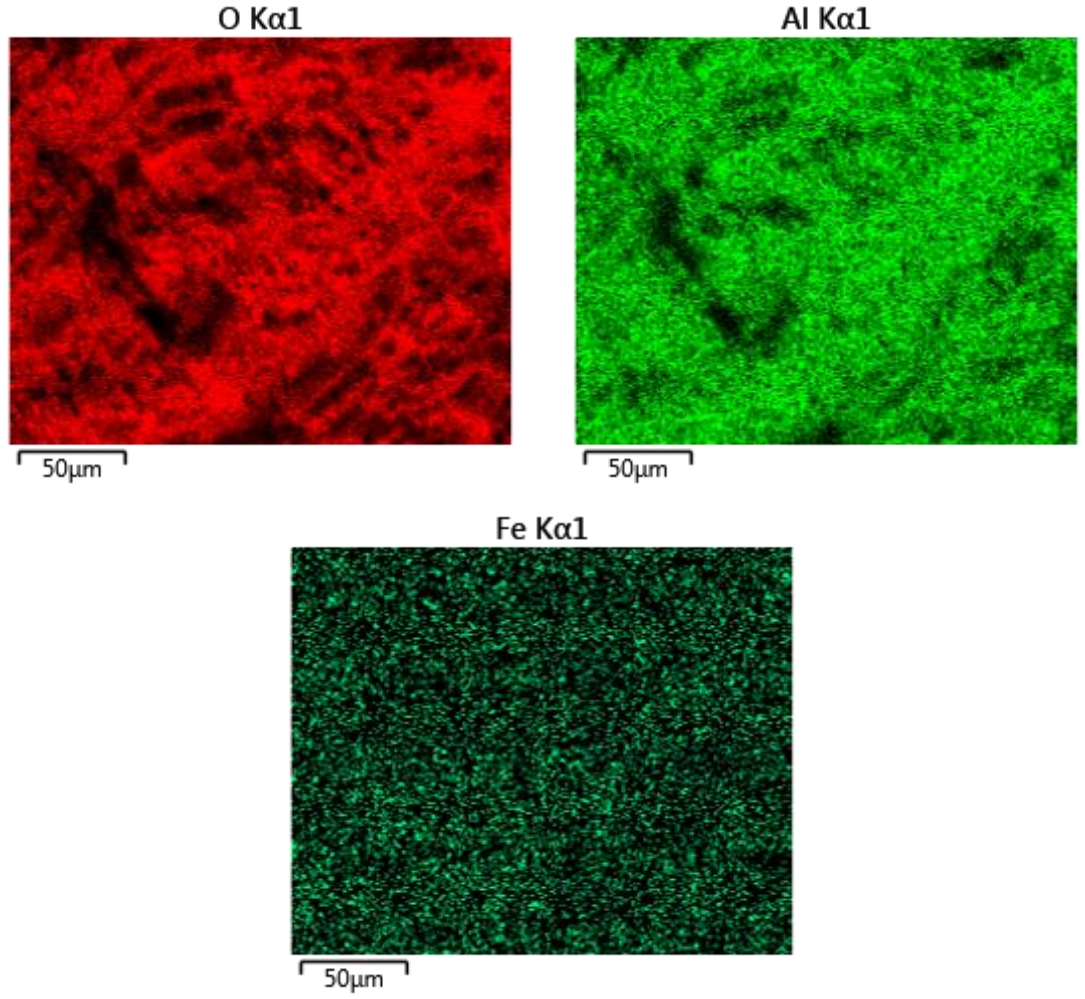
Bu bölümde elementel analizi yapılan iki ayrı bims numunesinin elementel analizine ait detaylı sonuçlar gösterilmektedir. Şekil 74.'te ilk bims agregası numunesinin SEM ve EDS görüntüleri verilmiştir.



Şekil 74. Bims agregasının SEM ve EDS görüntüsü-1

Şekil 75.'te, Şekil 74.'te SEM ve EDS görüntüleri verilen bims numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüleri verilmiştir.





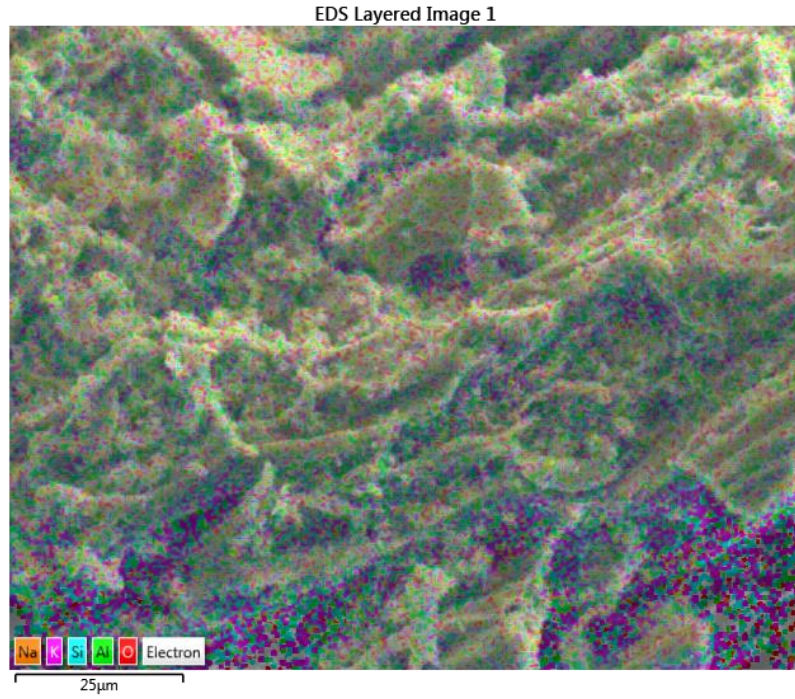
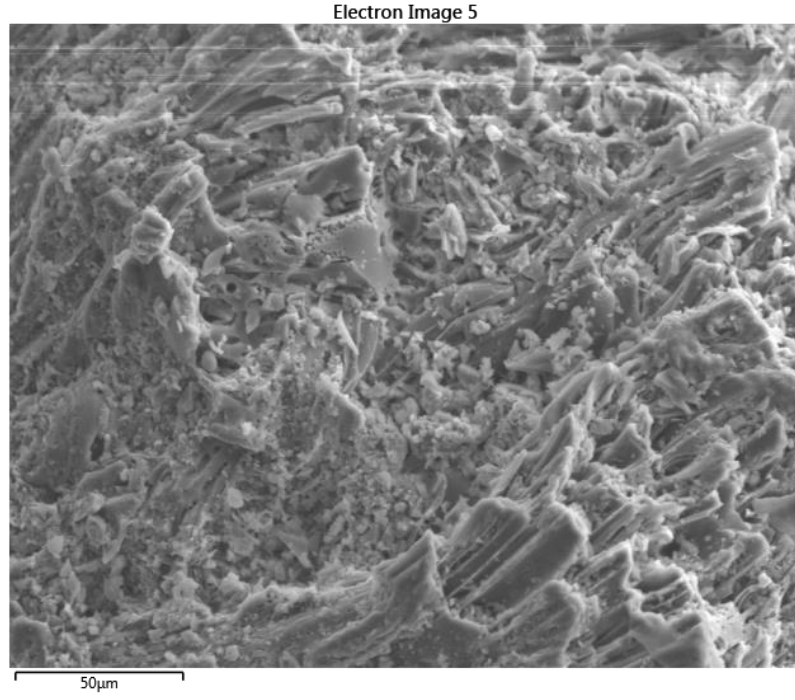
Şekil 75. Bims agregasının içerdiği tüm elementlerinin detaylı görüntüsü-1

Tablo 60.'da ilk bims agregası numunesine ait detaylı elemental analiz değerleri gösterilmektedir.

Tablo 60. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası elemental analiz (EDS) değerleri-1

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	78,25	0,06	86,30
Si	13,78	0,04	8,66
K	1,33	0,01	0,60
Na	2,40	0,03	1,84
Ca	0,35	0,01	0,16
Fe	0,30	0,01	0,09
Ti	0,02	0,01	0,01
Mg	0,10	0,01	0,07
Al	3,48	0,02	2,27
Total	100,00		100,00

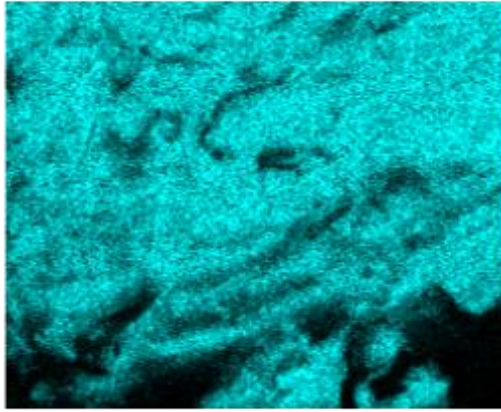
Şekil 76.'da ikinci bims agregası numunesinin SEM ve EDS görüntüleri verilmiştir



Şekil 76. Bims agregasının SEM ve EDS görüntüsü-2

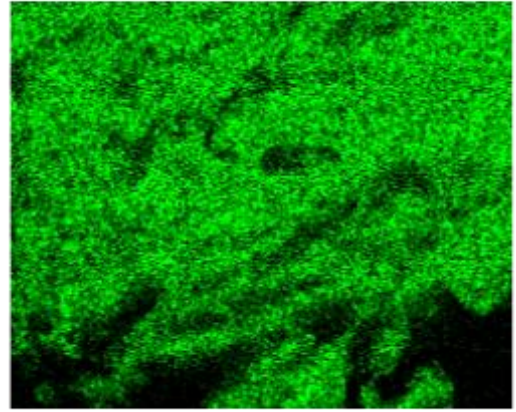
Şekil 77.'de, Şekil 76.'da SEM ve EDS görüntüleri verilen bims numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüleri verilmiştir.

Si K α 1



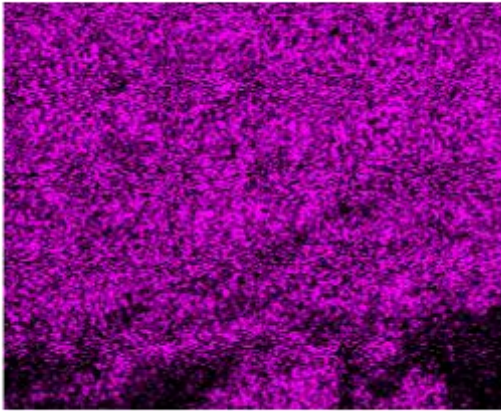
25 μ m

Al K α 1



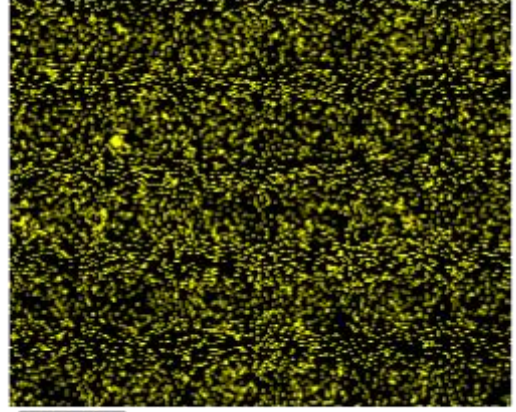
25 μ m

K K α 1



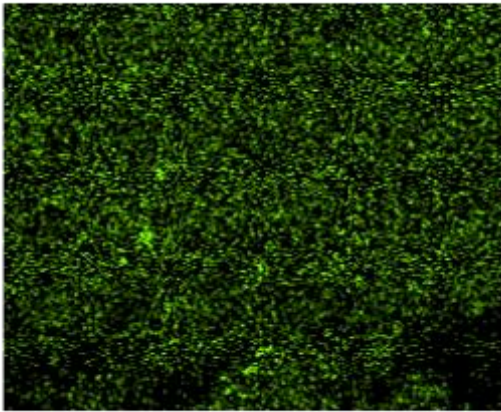
25 μ m

Fe K α 1



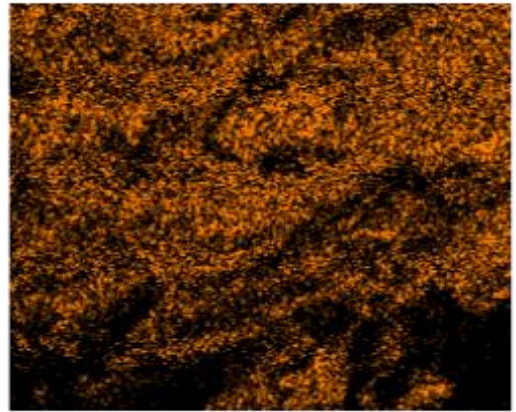
25 μ m

Ca K α 1

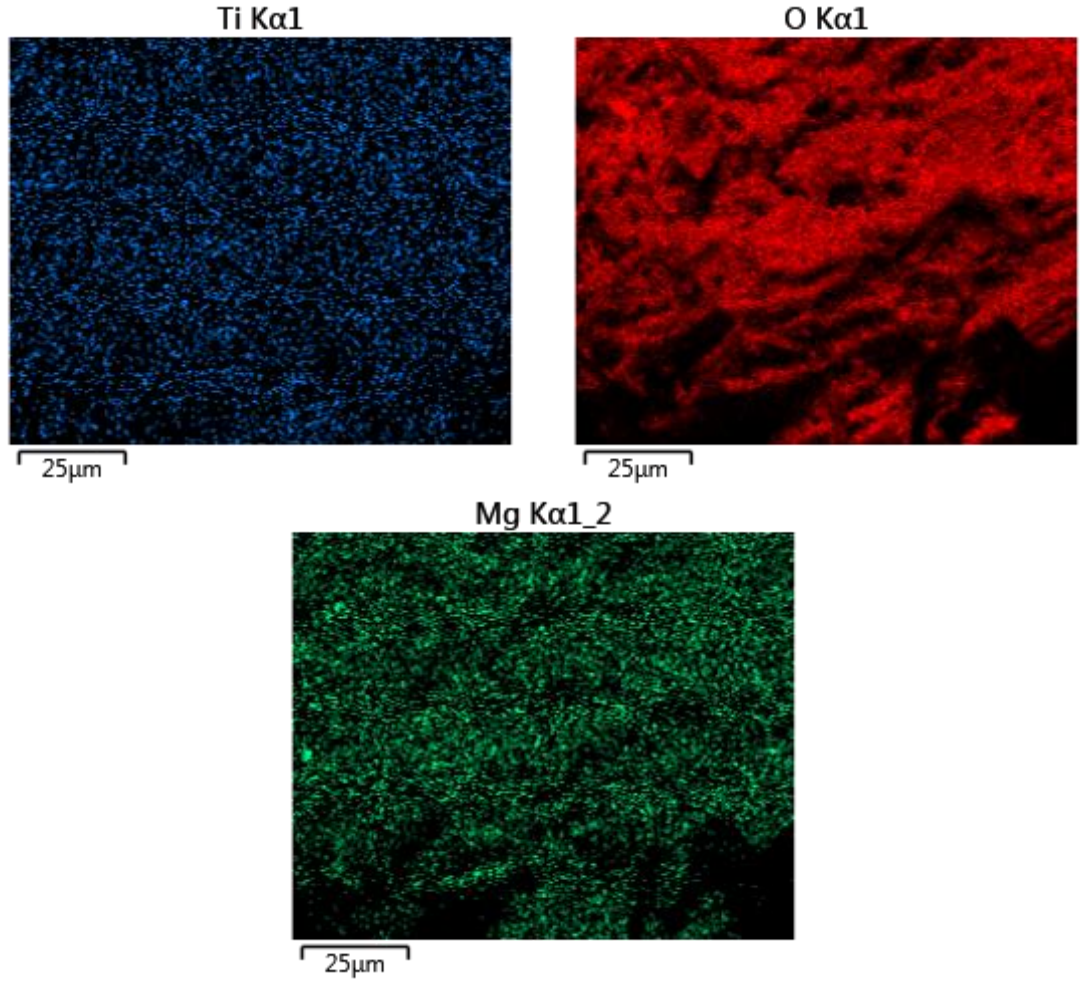


25 μ m

Na K α 1_2



25 μ m



Şekil 77. Bims agregasının içerdiği tüm elementlerinin detaylı görüntüsü-2

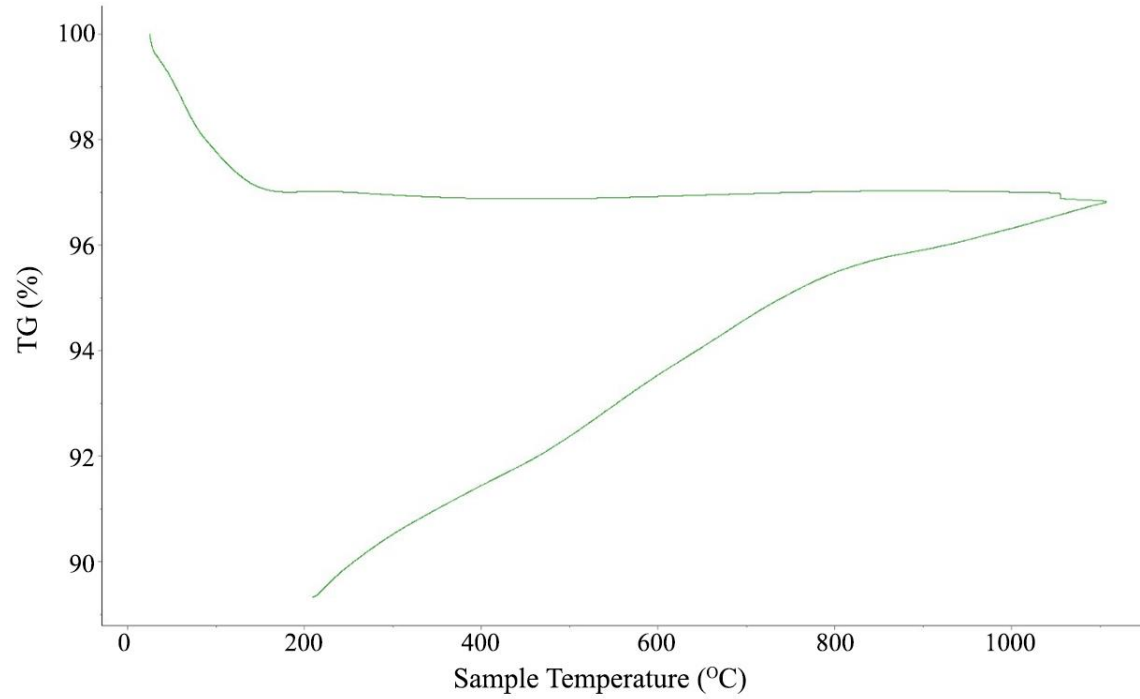
Tablo 61.'de ikinci bims agregası numunesine ait detaylı elementel analiz değerleri gösterilmektedir.

Tablo 61. Nevşehir-Kaymaklı bims agregası elementel analiz (EDS) değerleri-2

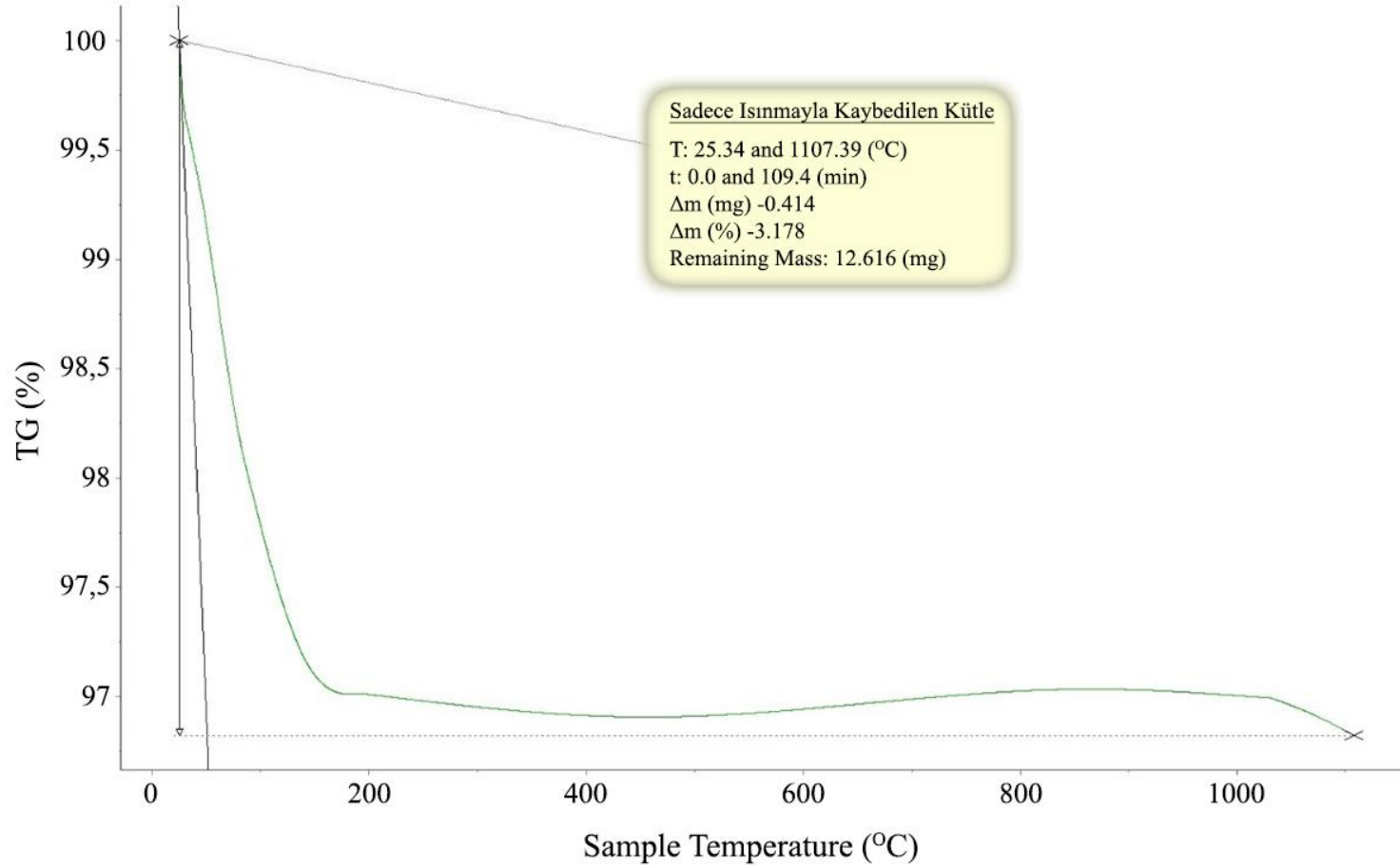
Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	78,70	0,07	86,61
Si	13,65	0,04	8,55
K	1,26	0,01	0,57
Na	2,26	0,03	1,73
Ca	0,25	0,01	0,11
Fe	0,31	0,01	0,10
Mg	0,10	0,01	0,08
Al	3,45	0,02	2,25
Ti	0,02	0,01	0,01
Total	100,00		100,00

EK 3. BİMS AGREGALARININ TERMAL ANALİZİ

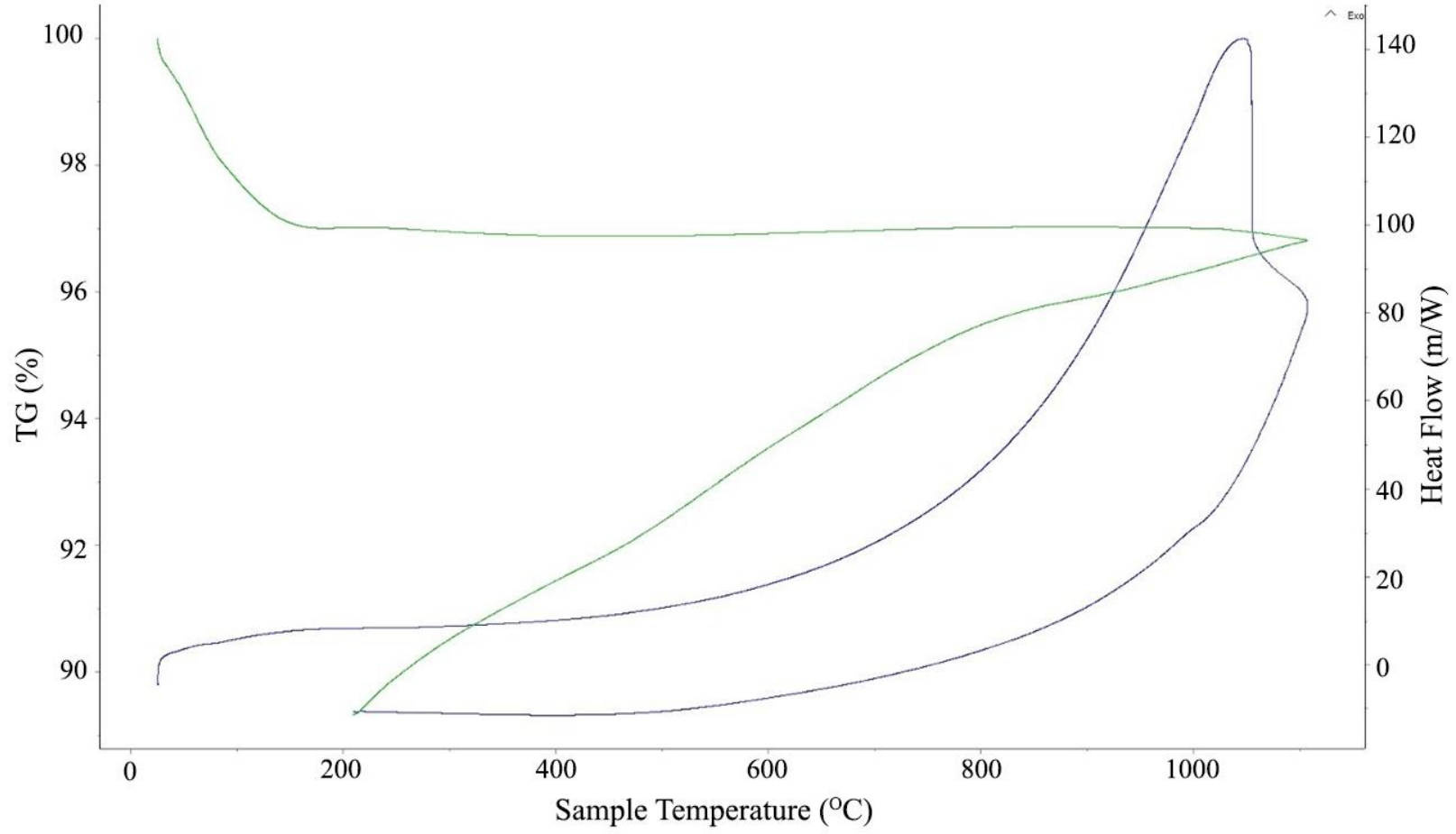
Bu bölümde bims numunesi için yapılan termogravimetrik analiz deneyine ait grafik sonuçlarının tamamı gösterilmektedir. Şekil 78.'de bims TGA – sıcaklık grafiği, Şekil 79.'da bims TGA sıcaklık – ısınmaya bağlı kütle değişim miktarı grafiği ve Şekil 80.'de bims TGA-DSC sıcaklık grafiği gösterilmektedir.



Şekil 78. Bims TGA sıcaklık grafiği



Şekil 79. Bims TGA sıcaklık – ısınmaya bağlı kütle değişim miktarı grafiği



Şekil 80. Bims TGA-DSC sıcaklık grafiği