

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS POMZASI VE AHLAT TAŞI KARIŞIMININ YALITIM MALZEMESİ OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Melek ERDEM

OCAK 2022

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS POMZASI VE AHLAT TAŞI KARIŞIMININ YALITIM MALZEMESİ OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hazırlayan
Melek ERDEM

Danışman
Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN
Dr. Öğr. Üyesi Faruk ORAL
Dr. Öğr. Üyesi Hasan OKTAY

OCAK 2022

ONAY

Melek ERDEM tarafından hazırlanan “**Bitlis Pomzası İle Ahlat Taşı Karışımının Yahtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması**” adlı tez çalışması 07/01/2022 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

(Başkan) (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Faruk ORAL

(Üye)

Dr. Öğr. Üyesi Hasan OKTAY

(Üye) (varsa)

İmza

Bu tezin kabulü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL

Enstitü Müdürü

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Bitlis Pomzası İle Ahlat Taşı Karışımının Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim07/01/2022

Melek ERDEM



ÖZET

BİTLİS POMZASI VE AHLAT TAŞI KARIŞIMININ YALITIM MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Melek ERDEM

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

Ocak 2022, 65 sayfa

Bu çalışmada Bitlis yöresinden alınan pomza malzeme ve Ahlat Taşı karışımları 0,5 mm 2 mm ve 4 mm olmak üzere üç farklı tane boyutunda karıştırılarak hazırlanmıştır. Ayrıca pomza ve Ahlat Taşı kendilerine saf özellikleriyle karışım yapılmadan da deneye tabii tutulmuştur. Deney örnekleri Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı karıştırılıp on beş farklı karışımda hazırlanmıştır. Karışımların tümünde bağlayıcı olarak (PÇK 52,5 R) çimentosu kullanılmıştır. Numunelere 7 günlük su kürü uygulanıp, kurutulup güçlendirmeye hazır hale geldikten sonra deneylere tabii tutulmuştur. Numunelere uygulanacak testler cihaz kapasitesine göre ısıl iletkenlik katsayısını ölçmek için 5x5x5x cm kalıplarda, basınç dayanımı, kapılar su emme deneyi üç noktada eğilmede çekme deneyi için ise 4x4x16 cm kalıplarda hazırlanmıştır. Ayrıca saf pomza ve saf Ahlat Taşı aynı kalıp boyutlarında aynı testlere tabii tutulmuştur. Karışımlarda çimento oranı sabit tutulup kullanılan malzemenin gözenekli yapısına göre farklılık gösterdiği için karışımlarda su oranı farklı kullanılmıştır. Numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Örneklerin ısıl iletkenlik, basınç dayanımı, kapılar su emme deneyi, eğilmede çekme dayanımı, ultrasonik ses geçiş hızı testi, porozite ve su emme deneyleri yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Bitlis Pomzası, Ahlat Taşı, Gözeneklilik, ısıl iletkenlik, Yalıtım

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE USE OF BITLIS PUMICE AND AHLAT STONE MIXTURE AS INSULATION MATERIAL

Melek ERDEM

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Engineering

Advisor: Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

January 2022, 65 pages

In this study, pumice material and Ahlat stone mixtures taken from Bitlis region were prepared by mixing in three different grain sizes as 0.5 mm, 2 mm and 4 mm. In addition, pumice and pear stone, with their unique properties, were tested without mixing. Experimental samples were prepared in fifteen different mixtures by mixing Bitlis pumice and Ahlat stone (PÇK 52,5 R) was used as a binder in all of the mixtures. After 7 days of water curing was applied to the samples, they were dried and ready for strengthening, they were subjected to experiments. The tests to be applied to the samples were prepared in 5x5x5 cm molds to measure the thermal conductivity coefficient according to the device capacity, and in 4x4x16 cm molds for the compressive strength, capillary water absorption test and the tensile test in bending at three points. In addition, pure pumice and pure Ahlat stone were subjected to the same test in the same mold dimensions. Since the cement ratio in the mixtures is kept constant and differs according to the porous structure of the material used, the water ratio is used differently in the mixtures. The samples were removed from the molds after 24 Hours. Thermal conductivity, compressive strength, capillary water absorption test, tensile strength in bending ,ultrasonic sound transmission velocity test porosity and water absorption tests were carried out.

Keywords: Bitlis Pumice, Ahlat Stone, Porosity, Thermal conductivity, Insulation

TEŞEKKÜR

Hazırladığım bu çalışmada beni her zaman destekleyen ve çalışmamın bütün aşamalarında her türlü yardımı gösteren değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN, deneylerimde bana yardımlarını esirgemeyen Harran Üniversitesi Prof. Dr. Hüsamettin BULUT, Arş. Gör. Yunus DEMİRTAŞ Arş. Gör. Nergiz ÜLKER Bitlis Eren üniversitesi Arş. Gör. Sümeyra KAYA, Arş. Gör. Erden Ozan KARACA, Arş. Gör. Muhammed Tanyıldız'a, Yüksek lisans öğrencisi makine mühendisi Yasin KAN, malzemelerimin temininde büyük yardım ve katkılarında bulunan makine mühendisi Emrah BALKIN'a, Adana çimento fabrikası, Ahlat pomza fabrikası, Ahlat Muğdatoğlu Taşcılığ'a, Tatvan Sahil Mermer'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana her konuda yardımını esirgemeyen her zaman teşvik eden sabırla dinleyen başta kıymetli babam ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı 0.5 mm, 2 mm ve 4 mm boyutlarına getirilip aynı boyutlar kendi aralarında farklı oranlarda karıştırılarak; ısı iletkenlik katsayısı kapılar su emme, basınç mukavemeti, ultrasonik ses geçirgenlik hızı, eğilmede çekme dayanımının deneysel olarak tespiti yapı ıp yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması için yapılmıştır. Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı karışımının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ahlat Taşı duvarlarda yalıtım malzemesi olarak kullanılırken, yalıtım için gözenekli bir yapıya sahip Bitlis Pomzası ile karıştırılarak yalıtıma olan etkisi araştırılmıştır.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ONAY	iii
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Günümüzde Yalıtım ve Yapılarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri.....	3
1.1.1. Yalıtım Teknikleri.....	4
1.1.1.1. Isı Yalıtımı.....	4
1.1.1.1.1. İletim.....	4
1.1.1.1.1.1. Isıl iletkenlik	6
1.1.1.1.2. Taşınım	6
1.1.1.1.3. Işınım	7
1.1.1.2. Yangın Yalıtımı.....	8
1.1.1.3. Su Yalıtımı	9
1.1.1.4. Ses Yalıtımı	9
2. MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1. Materyal	11
2.1.1. Çimento.....	11
2.1.2. Su	12
2.1.3. Elek	12
2.1.4. Pomza.....	13
2.1.5. Ahlat Taşı.....	16
2.2. Yöntem.....	19
2.2.1. Karışımların Hazırlanması	19
2.3. Yalıtım Malzemelerine Uygulanan Testler	25
2.3.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneyler.....	25

2.3.1.1. Yığmsal Yoğunluk, Su Emme ve Gözeneklilik	25
2.3.1.2. Kapilarite (kılcal Su Emme) Deneyi	26
2.3.2. Isıl Testler	27
2.3.2.1. Isıl iletkenlik Katsayısı Deneyi	27
2.3.3. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneyler	30
2.3.3.1. Ultrasonik Ses Geçirgenlik Hız Tayini Deneyi	30
2.3.3.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi	31
2.3.3.3. Basınç Dayanımı Deneyi	32
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	34
3.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneylerin Sonuçları	35
3.1.1. Yığmsal Yoğunluk, Su Emme Ve Gözeneklilik	35
3.1.2. Kapilarite (kılcallık) Su Emme Deneyi	38
3.2. Isıl Testler	47
3.2.1. Isıl İletkenlik Deneyi	47
3.3. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneylerin Sonuçları	50
3.3.1. Ultrasonik Ses Geçirgenlik Hız Tayini	50
3.3.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi	53
3.3.3. Basınç Dayanımı Deneyi	56
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
5. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Bazı malzemelerin oda sıcaklığındaki ısı iletkenlik katsayıları.....	6
1.2. Konveksiyon(taşınım) ısı transferi katsayısının tipik değeri.....	7
1.3. Bazı malzemelerin 300K 'da yayılığı.....	8
1.4. Sesin çeşitli ortamlarda yayılma hızı.....	9
2.1. 52,5 R Portland çimentosunun Özellikleri.....	12
2.2. Asidik Pomzanın kimyasal özellikleri.....	14
2.3. Ahlat Taşının kimyasal özellikleri.....	17
2.4. Kullandığımız numunelerin oranları.....	24

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>SEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Bir binada oluşan ısı kaybı.....	2
1.2. Isının yayılma yolları.....	4
1.3. Bir duvardan geçen ısı transferi.....	5
2.1. Pomzanın kayaç olarak genel görünümü.....	13
2.2. Pomza Türkiye Rezerv Haritası.....	14
2.3. 0,5 mm'lik Asidik Pomza.....	15
2.4. 2 mm'lik Asidik Pomza.....	15
2.5. 4 mm'lik Asidik Pomza.....	16
2.6. Taş ocaklarından çıkarılan Ahlat Taşı.....	17
2.7. 0,5 mm'lik Ahlat Taşı.....	18
2.8. 2mm'lik Ahlat Taşı.....	18
2.9. 4mm'lik Ahlat Taşı.....	19
2.10. 0,5mm,2mm ve 4mm'lik malzemeler.....	20
2.11. Numunede kullanılan karışımlar.....	21
2.12. Kalıpların yağlanması.....	21
2.13. Karışımların kalıplara dökülmesi.....	22
2.14. Numunelerin kalıptan çıkarılması.....	23
2.15. Arşimed prensibi.....	25
2.16. Kapılar su emme deneyinin yapılışı.....	27
2.17. Isıl iletkenlik katsayısı için hazırlanan numuneler.....	28
2.18. Hot disk TPS 500S termal özellik ölçümü.....	29
2.19. Hot disk TPS 500S termal özellik ölçümü.....	29
2.20. Ultrasonik ses geçirgenlik deneyinin yapılışı.....	31
2.21. Eğilmedeçekme test cihazı.....	31
2.22. Basınç dayanımı deneyinin yapılışı.....	33
3.1. Yüzey kurusu ağırlığı grafiği.....	34
3.2. Etüv sonrası ağırlıkları.....	35
3.3. Numunelerin kuru yoğunluk grafiği.....	36
3.4. Numunelerin su emme kapasiteleri.....	37
3.5. Numunelerin porozite (gözeneklilik) değerleri.....	37

3.6. 0,5 mm çapı %100PA ve %0 AT karışımının kapılar su emme katsayısı grafiği.....	38
3.7. 0,5 mm çapında ve %75PA ve%25 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	38
3.8. 0,5 mm çapında %50PA ve %50AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	39
3.9. 0,5 mm çapında %25PA ve % 75 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	39
3.10. 0,5 mm çapında %0 PA ve % 0AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	40
3.11. 2 mm çapında %100PA ve %0 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	40
3.12. 2 mm çapında %75PA ve %25 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	41
3.13. 2 mm çapında %50PA ve %50 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	41
3.14. 2 mm çapında %25PA ve %75 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	42
3.15. 2 mm çapında %0 PA ve % 100AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	42
3.16. 4 mm çapında %100PA ve %0 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	43
3.17. 4 mm çapında % 75 PA ve %25AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	43
3.18. 4 mm çapında %50PA ve %50 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	44
3.19. 4 mm çapında %25 PA ve % 75 AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	44
3.20. 4 mm çapında %0 PA ve %100AT karışımının kapılar su emme grafiği.....	45
3.21. Saf pomzanın kapılar su emme katsayısı.....	45
3.22. Saf Ahlat Taşının kapılar su emme katsayısı grafiği.....	46
3.23. 300sn de 17 numunenin kapılar su emme oranının karşılaştırılması.....	47
3.24. Isıl iletkenlik katsayısı grafiği.....	48
3.25. Numunelerin ısı iletkenlik katsayıları grafiği.....	49
3.26. USG sonuçları grafiği.....	51
3.27. Numune türü ve boyutuna göre USG deney grafiği.....	51
3.28. Eğilmede çekme dayanım grafiği.....	53
3.29. Numunenin boyutlarına göre eğilmede çekme dayanım grafiği.....	54
3.30. Eğilmede çekme dayanımı sonucu numuneler.....	55
3.31. Basınç dayanım grafiği.....	56
3.32. Numune çeşidine ve boyutuna göre basınç grafikleri.....	57

SİMGELER DİZİNİ

λ	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/m K)
α	Isı Yayılım Katsayısı(m ² /s)
c	Özgül Isı (kj/kgK)
Q	Emilen Su Miktarı (cm ³)
A	Su İle Temas Eden Kesit Alanı (cm ²)
T	Geçen Zaman (sn)
k	Kapilarite Katsayısı (cm ² /sn)
h	Taşınım Isı Transferi
A	Taşınımın Olduğu Yüzey Alanı
T	Yüzey Sıcaklığı
T_{∞}	Yüzeyden Yeteri Kadar Uzaklıkta (Yüzey Sıcaklığının Doğrudan Etki Alanına Girmeyen) Akışkan Sıcaklığı
ε	Yüzeyin Yayıcılığı
V	Katı kısım (görünür) hacmi
V_b	Açık boşlukların hacmi
m	Betonun su emme kapasitesi
ϕ	Etkin porozite
m	Betonun su emme kapasitesi
ρ_s	Suyun yoğunluğu
ρ_k	Betonun kuru özgül ağırlığı

KISALTMALAR DİZİNİ

BP	Bitlis Pomzası
AT	Ahlat Taşı
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
K	Kelvin



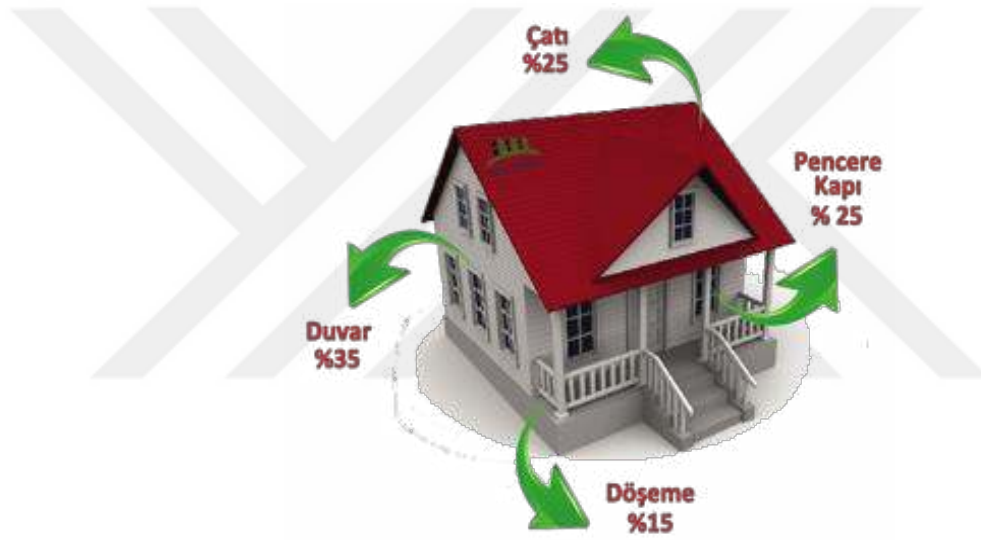
1. GİRİŞ

Ülkemizde sürekliliğini koruyan en önemli sorunlardan biri enerji tasarrufudur. Özellikle konutlarda yakıt tasarrufu için ısı yalıtımı sürekli araştırma konusu olmuştur. Son zamanlarda hafif yapı malzemelerine verilen önem giderek artmaktadır. Yüksek ısı ve ses yalıtımı depremin yük ve davranışları karşısında elastikiyet ve alternatiflerine göre ekonomik oluşu ile kolay sıva tutmasıyla pomza agregası inşaat ve yapı endüstrisinde kullanım alanına sahiptir. Pomza agregası sadece inşaat sektörü değil farklı sektörlerde de kullanılmaktadır. Fakat pomza kullanım kriterleri endüstri alanlarında uygulanabilirliği pomza ile ilgilenen kuruluşlar tarafından deneysel ve gözlemsel incelemeler yeterli seviyeye ulaşamamıştır [1]. Pomza agregası volkanik patlamalar sonucu meydana gelip ani soğumalar ile bünyesinde bulunan gaz ve buharın uzaklaşması sonucu boşluklu bir yapı kazanan volkanik bir kayadır [2]. Asidik pomza ve bazik pomza olmak üzere iki çeşittir. Hafif agrega sınıfına giren pomzanın yoğunluğu $2,4 \text{ g/cm}^3$ 'den düşüktür [3]. Asidik pomzanın rengi kirli beyazdır ve Mohs skalasına göre sertliği ise 5-6, yoğunluğu $0.5-1 \text{ gr/cm}^3$ 'dür. Bazik pomzanın rengi siyah veya kahverengidir. Asidik pomzaya göre daha ağırdır. Sertliği Mohs skalasına göre 1-2, yoğunluğu $5-6 \text{ gr/cm}^3$ 'dür. Teorik olarak kimyasal bileşimi; Al_2O_3 (%) 13-15, Fe_2O_3 (%) 1-3, SiO_2 (%) 60-70, CaO (%) 1-2, MgO (%) 1-2, Na_2O (%) 7-8, K_2O (%) 7-8, az miktarda halde çeşitli oranlarda TiO_2 ve SO_3 bulunabilir [4].

Karışımlarımızda yoğunluğu daha düşük olan asidik pomza kullandık. Karışımımıza eklediğimiz diğer malzememiz ise ısı iletkenlik katsayısı düşük olup, yalıtım malzemesi olarak kullandığımız yöremize ait olan Ahlat Taşıdır. Nemrut Krater Gölü eteklerinde volkanik malzemenin soğuyup katılaşması sonucu meydana gelen piroklastik kayaç türü olan andezitik tüfler oluşur. Ahlat Taşı Doğu Anadolu Bölgesinde Nemrut Dağının andezit tüflerindendir [5]. Nemrut kraterin patlaması sonucu oluşan piroklastik kayaç olan Ahlat Taşı bolca pumis ve volkanik cam içerir. ProGEO (Avrupa Jeolojik Mirası Koruma Kurumu) jeosit ölçütlerine uyduğu, belli bir zamana ve belli bir yöreye ait özel oluşumlar olduğu belirtilmiştir [6]. Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Nemrut Yanardağının patlaması sonucu püsküren lavlardan, çevreye yaklaşık olarak 100 km^3 hacminde piroklastik malzeme yayıldığı ve bunların bazen farklı kalınlıklarda olup ignimbritler şeklinde olduğu, bunun yanında trakit, tuf, grive siyah obsidyenlerden meydana geldiği belirtilmiştir [7,8,9]. Ahlat Taşının günümüzdeki kullanım alanları sınırlı olmasının nedeni basınç dayanımının düşük olmasıdır [10]. Ahlat Taşı bölgemizde genellikle kaplama duvar malzemesi ve cami mimarisinde kullanılmaktadır. Ülkemizde hem ekonomik olup hem de kolay

elde edildiğinden dolayı doğal yapı malzemesi inşaat sektöründe farklı amaçlarla kullanılmaktadır [7].

Tez kapsamında Ahlat Taşı ve Bitlis Pomzası karışımının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. BP (Bitlis Pomzası) ve AT (Ahlat Taşı) 0,5 mm, 2 mm, 4 mm tane boyutlarına getirilerek BP ve AT aynı tane boyutlarına getirilip karıştırılarak deneylere tabii tutulmuştur. Yalıtımın büyük bir bölümü enerjinin israf edilmemesidir [11]. Binalarda yapılan ısı yalıtımının amacı hava kirliliğini azaltmak, ısı kayıplarının açtığı olumsuzlukları uzaklaştırmak, enerji tasarrufu sağlamak, rahat ve konforlu bir yaşam sağlamaktır [12]. Isı kaybı en fazla beton kiriş ve duvarlarda olur. Binalarda ısı kaybını önleyerek enerji tüketimi minimum seviyeye indirilmelidir. Yalıtımı iyileştirirken basınç dayanımı da göz önünde bulundurmalıyız [13].



Şekil 1.1. Bir binada oluşan ısı kayıpları [14]

Betonun ısı, ses ve mekanik özelliklerini en çok etkileyen; betonun hacimce büyük bir kısmını oluşturan agregalardır. Gözenekli ve hafif yapıya sahip agregaların kullanılmasıyla hafif betonlar üretilebilmektedir. Normal ağırlıklı agrega yerine, boşluklu agrega kullanılmalıdır. Amaç hava boşlukları oluşturarak yoğunluğu düşürmektir. Bu hava boşlukları agrega içinde veya harç içinde oluşur. Fakat bu boşluklar basınç dayanımını düşürür. Hafif betonlar kullanımına göre; taşıyıcı olmayan duvarlar, taşıyıcı hafif betonlar ve yalıtım blokları olarak sınıflandırılabilir [15]. Isı yalıtımı bakımından; hafif agregalı beton ve blokları normal agregalı beton ve bloklardan üstün özellikler taşımaktadır. Bu sebepten dolayı hafif agregalı beton ve blokların günümüzde konut yapımında kullanılmasının önemi artmıştır [16]. Normal koşullarda yalıtım malzemesi gözenekli malzemeler, bağlayıcı, kimyasal madde ve diğer katkılardan oluşur. Hava, pomza, su buharı, kağıt,

cam, kumaş vb. maddeler gözenekli malzemelerdir. Yapıda genelde ıslatıcı kürleştirici, yanma geciktirici, su ve buhar uzaklaştırıcı olarak bulunanlar ise kimyasal maddelerdir [13]. Bağlayıcı olarak portland çimentosunu kullanıldı. Yalıtım malzemeleri genellikle boşluklarında gaz ve hareketsiz hava bulunan boşluk bakımından her yere eşit dağılmadığından dolayı heterojen bir malzemedir. Bu malzemeler madde yapısına göre açık veya kapalı hücreli veya lifli olabilirler. Isıl iletkenliğine bu malzemelerin içindeki gazın cinsi etki eder. Isıl iletkenliğinde malzemenin yoğunluğu ve sıcaklığı da etkilidir [17]. Yalıtım malzemesinin yapısı, donma ve aşınma gibi dış etkilere karşı dayanımı, hafif olmaları, ısı ve ses yalıtım özellikleri, sertliği, elastisite ve mekanik dayanımı, yangın geciktiriciliği, ekonomikliği, kolay üretimi ve işlenebilmesi ile kullanım ve uygulama kolaylığı gibi bir takım özellikler tercih edilmesinde etkilidirler [18]. Yalıtım malzemelerinde ekonomikliği sağlarken çevreye zararının da minimum olması göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı karışımının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmanın gerçekleşmesi için teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu tez kapsamında yapılacak işlemler farklı aşamalarda gerçekleşmiş olup şu şekilde özetlenebilir:

Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı temin edildikten sonra istenilen boyutlara getirilmiştir. Kırılan BP ve AT 0,5 mm, 2 mm ve 4 mm olmak üzere üç farklı elekten geçirilmiştir. Bağlayıcı malzeme olarak Adana Çimento Fabrikasından 52,5 R Portland çimentosu kullanılmıştır. Numunemizde kimyasal olarak saf su kullanılmıştır. BP ve AT 0,5 mm tane boyutu, 2 mm tane boyutu ve 4 mm tane boyutuna getirildikten sonra aynı tane boyutları belli oranlarda karıştırılmıştır. Saf BP ve saf AT'da deneylere tabi tutulmuştur.

1.1. Günümüzde Yalıtım ve Yapılarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri

Yalıtım Fransızca kökenli izolasyon ve Arapça kökenli tecrit kelimelerin karşılığı olarak yapının içindeki varlıkları; nem, yangın, su, ses, sıcak ve soğuğa karşı alınan önlem ya da yapılan faaliyetlerin toplamı olarak ifade edilir. Yalıtım ile yapıları iç ve dış etkenlerden koruyabiliriz. Kullanıcı için sağlıklı, huzurlu ve konforlu rahat edeceği mekânlar oluşturmak ve yapıların ömrünü uzatmak için yalıtım gereklidir [19]. Yalıtım ses, ısı, yangın ve su yalıtımı olarak dört ana başlıkta toplanır. Dünya geneliyle kıyaslama yaptığımızda yalıtımla ilgili çalışmalarımızın yetersiz olduğu görülmüştür. Yapılarda uzun yıllar boyunca hafif betonlar kullanılmıştır. Bu betonların uygulanması için yoğunluk dayanımdan daha önemlidir. Aynı dayanım seviyelerinde yoğunluk azaltılırsa; maliyet düşer, temel büyüklük ve kendi ağırlığı azalır [20].

1.1.1. Yalıtım Teknikleri

Yalıtım teknikleri için ısı, su, ses ve yangın yalıtımı ele alınıp günümüzde uygulanan yalıtım malzemeleri anlatılacaktır.

1.1.1.1. Isı Yalıtımı

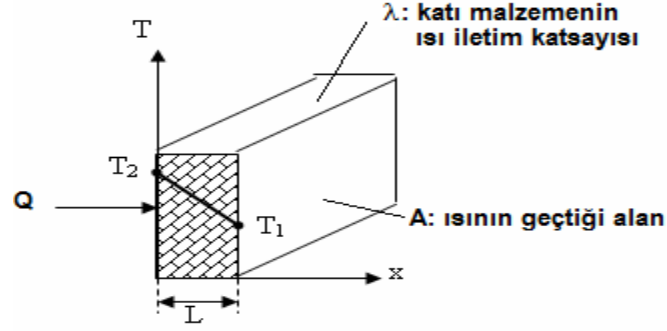
Soğuk veya sıcak havanın ısı köprüleri vasıtasıyla konut içinden çıkmasıyla veya girmesini engellemek adına yapılan işlemlere ısı iletimi denir [21]. Isı bir ortamdan diğer ortama iletim, taşınım ve ışıma yolu olmak üzere üç şekilde (Şekil.1.2)'de görüldüğü gibi gerçekleşir. Isı yalıtımında ısı kaybı iklim özellikleri, çevresel faktörler ve mekânın bulunduğu yönler de etkiler.



Şekil 1.2. Isının yayılma yolları

1.1.1.1.1. İletim

Parçacıklar arası etkileşim sonucu yüksek enerjili parçacıktan düşük enerjili parçacığa enerji aktarımıdır. Gazlarda, sıvılarda ve katılarda iletim olabilir. Kafesteki moleküllerin titreşimleri ve serbest elektronlarda enerji aktarımı sonucu gerçekleşir. Sıvılarda ve gazlarda ise moleküllerin gelişi güzel hareketlerinde çarpışmaları ve yayılmasıyla olur.



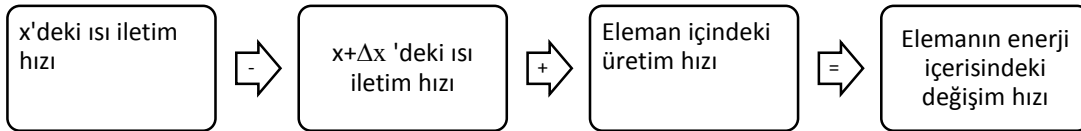
Şekli 1.3. Bir duvardan geçen ısı transferi

Şekil 1.3'deki 'A' alanına , 'L' kalınlığında sahip katı malzemenin T_1 sıcaklığındaki yüzeyinden T_2 sıcaklığındaki yüzeyine iletimle aktarılan ısı miktarı;

$$Q = \lambda A (T_2 - T_1) / L$$

ile hesaplanır [22]. Bu denklemde λ orantı sabiti, ısı iletkenlik (W/mK) olarak ifade edilir. Duvarda A ve L birim olarak kabul edilirse yüzeyden geçen ısı enerji miktarı doğrudan ısı iletkenlik katsayısı ile orantılı olduğunu kabul edebiliriz.

Şekil 1.3'deki gibi görünen duvarda alanı A olan " $\Delta x = L$ " kalınlıklı, dik duvar malzemesinden geçen tek boyutlu ısı transfer enerji dengesini yazarsak:



" λ ", genelde T sıcaklığına bağlıdır ve dolayısıyla ısı iletkenlik türevin dışına çıkartılamaz. Bazı durumlarda ısı iletkenlik ortalama değer civarında sabit kalır. Bu durumda sabit iletkenli, zamana bağlı ve ısı üretimi olmayan duvarlarda denklem:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$$

Burada α , ısı yayılım olup malzemenin ısı iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk özelliklerine bağlı bir katsayıdır [22].

1.1.1.1.1. Isıl iletkenlik

Malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin ölçüsüne ısı iletkenlik denir. Malzeme iyi bir ısı iletken ise yüksek ısı iletkenlik, ısı iletkenlik değeri düşük ise malzemenin ısı yalıtkan olduğu ifade edilir [22]. Çizelge 1.1 'de, bazı bilinen malzemelerin oda sıcaklığında ısı iletkenlikleri verilmiştir. Çizelge 1.1 'de, görüldüğü gibi hava çok iyi bir yalıtıcıdır.

Çizelge 1.1.Bazı malzemelerin oda sıcaklığında ısı iletkenlik katsayıları [22]

Madde	λ , W/mK
Elmas	2300
Gümüş	429
Bakır	401
Altın	317
Alüminyum	237
Demir	80.2
Cıva	8.54
Tuğla	0.72
Su	0.613
Ahşap (meşe)	0.17
Helyum (gaz)	0.152
Yumuşak kauçuk	0.13
Cam elyafı	0.043
Hava (gaz)	0.026
Üretan, sert köpük	0.026

1.1.1.1.2. Taşınım

Bir katı yüzey ile ona bitişik hareket halindeki gaz veya sıvı arasında enerjinin aktarılmasına taşınım denir. Taşınım da akışkan ne kadar hızlı hareket ederse ısı aktarımında o kadar büyük olur [22]. Sıcaklık farkı ısı taşınım hızı ile orantılıdır. Newton'un soğutma kanunu ile uygun şekilde;

$$Q_{\text{taşınım}} = hA_s (T_s - T_{\infty}) \text{ olarak ifade edilir.}$$

h : Taşınım ısı transferi katsayısı

A :Taşınımın olduğu yüzey alanı

T :Yüzey sıcaklığı

T_{∞} :Yüzeyden yeteri kadar uzaklıkta (yüzey sıcaklığının doğrudan etki alanına girmeyen) akışkan sıcaklığı

Dikkat edilirse katının yüzey sıcaklığı yüzeydeki akışkan sıcaklığına eşittir. Taşınım katsayısı (h) akışkanın bir özelliği değildir. Bu katsayı deneysel olarak bulunmuştur ve değeri akışkan hareketinin tabiatına, yüzey geometrisine, akışkanın yüzey hızına ve akışkan özelliklerine bağlı bir parametredir [22]. Çizelge 1.2’te akışkanların tipik taşınım katsayısı, h değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.2. Konveksiyon (taşınım) ısı transfer katsayısının tipik değerleri [22]

Taşınım tipi	h , W/m ² °C
Gazların serbest taşınımı	2-25
Sıvıların serbest taşınımı	10-1000
Gazların zorla taşınması	25-250
Sıvıların zorla taşınması	50-20,000
Kaynama ve yoğunlaşma	2500-100,000

Aynı zamanda h taşınım ısı transfer katsayısı sıcaklık farkına göre de değişmektedir. Sıcaklık farkının büyüklüğüne bağlı olarak artmaktadır. Dolayısıyla bir malzemenin yüksek ısı dirence sahip olabilmesi için boşluk sayısına yüksek boşluk oranına, boşluk büyüklüğünün içerisindeki havayı hareket ettirmeyecek şekilde küçük olması gerekmektedir [13].

1.1.1.1.3. Işınım

Molekül ve atomların elektronik düzenlerindeki değişmelerinden dolayı (fotonlar) elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılmasına ısınım denir. Işınım ısı transferinde bir aracı ortam gerekmez [22]. Işınım ısı transferi boşlukta yavaşlamaz en hızlı ışık hızında olanıdır. Buna en güzel örnek güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşmasıdır. Literatür çalışmasında iletimle ilgili yapılan çalışmalarda malzemenin geçen ısı transferini azaltmak, taşınım ve iletim transferinin ortadan kaldırmak için malzeme içine hava vakumlamışlardır. Fakat ısı transfer geçişinde ısımadan dolayı yeteri kadar düşüş elde edilmemiş bu sebepten dolayı farklı yöntemlere başvurmuşlardır. Bu

yöntemlerden biri havanın ısı iletkenliğinden daha düşük olan bir gazın hava ile yer değıştirmesi, diğ er yöntem ise malzeme içindeki hava basıncı azaltılması ile yüksek yalıtım sağ lanmıştır. Bu yöntemden sonra “VIP” yani vakumlanmış izolasyon ü retilmiştir [23]. Opaklaşt ırıcı maddeler eklenerek ve malzemenin iç basıncı düşürölerek ışı nımdan kaynaklı ısı transfer miktarı azaltılmak istenmiştir. Düşük yayıcı yüzeylerin kullanımı ışı nımdan kaynaklı ısı transfer oranını azalttığı yıllardır bilinmektedir. Işı ma enerjisi dünya üzerinde olduğ undan çok daha yüksektir ve uzayda ısı yalıtım malzemelerinde kullanılan hava torbacıkları yoktur. Bu sebepten dolayı ışı mada nı kaynaklı ısı transferini çekirdek malzemesi olarak çok katmanlı yansıtıcı folyoların (örn. Alüminyum) kullanımı azaltmıştır [24]. Isıl ışı nım için mutlak sıfırın üstündeki sıcaklık yeterlidir ve bu sıcaklığ ın üstündeki tüm cisimler ısı l ışı nım yayar. Siyah cisimlerin yüzey yayıcılığı 1’dir. Burada “ ϵ ” yüzeyin yayıcılığıdır. “ σ ” değeri Stefan-Boltzman sabiti ve değeri $0 < \epsilon < 1$ dir.

Çizelge 1.3. Bazı malzemelerin 300K’de yayıcılığı [22]

Malzeme	Yayıcılık, ϵ
Alüminyum folyo	0.07
Eloksallı alüminyum	0.82
Parlak bakır	0.03
Parlak altın	0.03
Parlak gümüş	0.02
Parlak paslanmaz çelik	0.17
Siyah boya	0.98
Beyaz boya	0.90
Beyaz kağıt	0.92-0.97
Asfalt döşeme	0.85-0.93
Kırmızı tuğla	0.93-0.96
Ahşap	0.82-0.92
Toprak	0.93-0.96
Su	0.96

1.1.1.2. Yangın Yalıtımı

Can ve mal güvenliğini sağlayarak yangınların yıkıcı etkisini gidermeye yöneliktir. Yangının yayılmasını önlemek için pasif sistemlere ihtiyaç vardır. Bu pasif sistemler binada

yapısal yangın korunumu ve yangın güvenliğinin sağlanmasıdır. Pasif yangın sisteminde kullanılan malzemeler yangının yayılmasını önleyerek ve yangın anında yapıdaki insanların dışarı çıkmasına imkan verir [25].

1.1.1.3. Su Yalıtımı

Yapıları nemin ve suyun zararlı etkilerinden korumak için yapılan çalışmalar su yalıtımını kapsar. Su yazın buharlaşarak, kışın da donarak çatlaklıklara yol açıp beton yapısında bozulmalar meydana getirir. Su insan konforu açısından da binalarda zararlı küf, mantar gibi maddelerin oluşumuna yol açabilir. Aynı zamanda su yalıtım malzeme içerisine girerek yalıtkan özelliğini kötüleştirerek ısı iletkenliğini artırır [25].

1.1.1.4. Ses Yalıtımı

Ses; bir tür mekanik enerji çeşidi olup, moleküllerin titreşim yoluyla dalgalar haindeki şeklindedir. Ses ortam özelliklerine bağlı olarak her ortamda aynı yayılmaz, sesin yayılma hızı ise $V_{katı} > V_{sıvı} > V_{gaz}$ şeklinde sıralanır. Yoğunluk ve sıcaklık arttıkça sesin yayılma hızı artar [26].

Çizelge 1.4. Sesin çeşitli ortamlarda yayılma hızı [27]

Ortam	Yayılma Hızı (m/sn)
Hava (21°C)	344
Mantar	500
Kurşun	1200-2400
Su	1450
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3200-3600
Tahta	3300-4300
Tuğla	3600
Dökme Demir	3500-5600
Mermer	3800
Cam	4000-5600
Pirinç	4700
Demir	5100-6000

Bakır	3600-4760
Çelik	5800-6000
Alüminyum	5100-6400



2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bitlis yöresine ait Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı'ndan farklı boyutlarda karışım hazırlanarak yalıtım özelliği araştırılmıştır. Bu çalışma için farklı deneysel ve teorik çalışmalar yapılmıştır. Materyal ve yöntem adı verilen bu kısımda kullanılacak olan malzemeler ve özelliklerinin açıklanması ve yapılan deneyler açıklanmıştır.

2.1. Materyal

2.1.1. Çimento

Deneysel çalışma boyunca Adana çimento fabrikasından 52,5 R portland çimentosu kullanılmıştır. Kimyasal bileşimi oldukça çeşitlilik göstermektedir. Kalkerli ve killi malzemelerin uygun bir kombinasyonunun yakılmasıyla elde edilen portland çimentosu hidrolik silika çimentolarından olup az miktarda alçının pulverize edilerek üretilen hidrolik bir bağlayıcıdır. Çimentonun ısı iletkenliği ve aynı zamanda dayanımı çok yüksek olduğu için malzeme içindeki çimentonun en az olması istenilir. Fazla miktarda çimento kullanımı yüzeyde çatlaklıklara, sünmeye, rötreye neden olurken az miktarda çimento kullanımı ise beton kalitesi ve dayanımını düşürür. Aynı zamanda yüksek boşluklu agreganın dayanımını artırmada kullanılacak çimentonun dayanımı yüksek olması çok etkilidir [28]. Kullanılan çimentonun üretici firma tarafından belirlenen kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. 52,5 R Portlant çimentonun özellikleri

Kimyasal Bileşik (%)	Çimento				
CaO	67.19				
SiO ₂	20.86				
Al ₂ O ₃	0.45				
Fe ₂ O ₃	3.27				
MgO	0.4				
SO ₃	3.34				
K ₂ O	1.05				
Na ₂ O	0.05				
C	-				
S	-				
Özgöl ağırlık (g/cm ³)	3.16				
Renk	Beyaz				
Kızdırma kaybı	2.54				
Özgöl yüzey(cm ² /g)	5710				
Basınç dayanımı (MPa)	<table><tr><td>2gün</td><td>28 gün</td></tr><tr><td>min 30</td><td>min 52.5</td></tr></table>	2gün	28 gün	min 30	min 52.5
2gün	28 gün				
min 30	min 52.5				

2.1.2. Su

Suyun kalitesi beton üretiminde çok önemlidir. Suyun safsızlığı yüzeyde lekelere neden olabilir. Beton oluşumunu olumsuz etkileyebilir. Özellikle duvar malzemesinde (mantolama) daha hassastır. Bu sebepten dolayı karışımlarda saflaştırılmış su kullanılmıştır.

2.1.3. Elek

Bu çalışmada çimentolu kompozit malzemesi olarak üretilen numunelerimizde değişken tane boyutlu Ahlat Taşı ve BP kullanılmıştır. Bu doğrultuda çalışmamızda tane boyutlarını ayırmak için 0,5 mm ,2 mm ve 4 mm aralıklı elekler kullanılmıştır.

2.1.4. Pomza

Düşük yoğunluklu, gözenekli, kimyasal ve fiziksel etkenlere karşı dayanıklı, açık renkli, süngerimsi, boşluklu camsı volkanik bir kayadır [29].



Şekil 2.1.Pomzanın kayaç olarak genel görünümü [30]

Pomza oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk edip ani soğuyarak makrodan mikroya kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası bağlantısız boşluklar olduğundan ses ve ısı yalıtımı yüksek permeabilitesi düşüktür. İçerdiği gözenekler görülebilecek boyutlardan mikroskobik boyutlara kadar her biri birbirinden camsı bir zarla ayrılmıştır. Suda uzun süre yüzebilen hafif yalıtımı yüksek bir kayadır. Mohs skalasına göre sertliği 5-6'dır [29]. Çalışmamızda kullandığımız pomza agregası Bitlis Yöresine ait olan asidik pomzadır. Pomza çok hafif olduğu için blokların yapılanmasında, beton briket ve gözenekli olduğu için inşaatlarda ses ve ısı yalıtımında kullanılmaktadır [31]. Türkiye'de Doğu Anadolu, Orta Anadolu ve Batı Anadolu'da geniş alanlara yayılmış çok fazla pomza yatakları vardır [29]. Pomza bazik ve asidik pomza olarak iki çeşittir. En yangın çeşidi asidik pomza olup rengi beyaz kirli renktedir. Bazik pomza ise siyahımsı veya kahverengimsi renktedir. Asidik pomzanın yoğunluğu bazik pomzaya göre daha az olup 0,5-1 gr/cm³ arasındadır. Bazik pomzanın yoğunluğu ise 1-2 gr/cm³ arasında değişmektedir. Pomza bileşiminde; % 7-8 Na₂O - K₂O, % 1-2 CaO, % 60-75 SiO₂, %1-3 Fe₂O₃, % 60-75 SiO₂ ve az miktarda SO₃ ve TiO₂ den oluşmaktadır [32]. Pomza silikat esaslı gözenekli bir yapıya sahip volkanik kökenli bir madendir [33]. Dünyadaki rezervinin %15'lik kısmı ülkemizde bulunur. Ülkemiz rezervinin %45'i Bitlis ili sınırları içerindedir [34].



Şekil 2.2. Pomza Türkiye Rezerv Haritası [35]

Kullandığımız pomza Bitlis /Ahlat yöresinden temin edilip tane boyutları 0,5 mm, 2 mm ve 4 mm'dir. Maksimum tane çapı 4 mm seçilmiştir. Numunelerimizde kullandığımız pomza asidik Bitlis Pomzasıdır. Sahip olduğu kimyasal özellikler Çizelge 2.1' de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. Asidik Pomzanın kimyasal özellikleri [36]

Kimyasal içerik	Yüzdelik değeri
SiO ₂	% 70
Al ₂ O ₃	% 14
Fe ₂ O ₃	% 2,5
CaO	% 0,9
Na ₂ O+K ₂	% 9
MgO	% 0,6
Kızdırma kaybı	% 3



Şekil 2.3. 0,5 mm'lik Asidik Pomza



Şekil 2.4. 2 mm'lik Asidik Pomza



Şekil 2.5. 4 mm'lik Asidik Pomza

2.1.5. Ahlat Taşı

Van Gölü havzasında bulunan Ahlat ilçesi; deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1700 m olup, Van Gölüne bakan eğimli platolar üzerinde kurulmuş, Süphan ve Nemrut dağları arasında olan Bitlis iline bağlı bir ilçedir. Ahlat Taşının bölgede kullanımı çok yaygındır. Bolca pumis ve volkanik cam içeren, Nemrut Kraterinin patlaması sonucunda oluşan, piroklastik kayalardandır. Ahlat Taşının, belli bir yöreye ve belli bir zamana ait özel oluşumlar olduğu ProGEO (Avrupa Jeolojik Mirası Koruma Kurumu) ile belirlenmiştir [6]. Nemrut yanardağından püsküren lavlardan, çevreye yaklaşık olarak 100 km³ hacminde piroklastik malzeme yayıldığı ve tuf, trakit, siyah ve gri obsidyenlerden meydana geldiği bunun yanında bunların yer yer farklı kalınlıklarda ignimbritler şeklinde olduğu, belirtilmiştir [7,8,9]. Ahlat Taşının günümüzdeki kullanımı sınırlı olmasının nedeni basınç dayanımının düşük olmasıdır [10]. Ahlat Taşı dayanımı düşük olduğu için bina gibi yapıların taşıyıcı kısımlarında kullanılmaktadır. İnce ve iri agrega, çimento, su ve katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen, zamanla sertleşerek mukavemet kazanan yapı malzemesine beton denir [37,38].

Çizelge 2.3. Ahlat Taşının kimyasal özellikleri [39]

Bileşen	Ağırlık %'si
Na ₂ O	5,51
MgO	0,24
Al ₂ O ₃	16,01
SiO ₂	64,11
K ₂ O	4,48
CaO	1,64
TiO ₂	0,44
Fe ₂ O ₃	4,91



Şekil 2.6. Taş Ocaklarından Çıkarılan İşlenmemiş Ahlat Taşı [40]



Şekil 2.7. 0,5 mm'lik Ahlat Taşı



Şekil 2.8. 2 mm'lik Ahlat Taşı



Şekil 2.9. 4 mm’lik Ahlat Taşı

Ahlat Taşı 0.5 mm, 2 mm ve 4 mm tanecik boyutlarına dönüştürülmüştür. Aynı boyutlu Ahlat Taşı ve Bitlis Pomzası kendi aralarında belli oranlarda karıştırılmıştır.

2.2. Yöntem

Numunelerimizi hazırlarken Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı temin edildikten sonra 0.5 mm, 2 mm ve 4 mm boyutlarına dönüştürülmüştür. Ayrıca saf BP ve saf Ahlat Taşının da bazı özelliklerini araştırmak adına deneylere tabii tutulmuştur.

2.2.1. Karışımların Hazırlanması

Şekil 2.10’da da görüldüğü gibi kullandığımız malzemeler 0.5 mm, 2 mm ve 4 mm’lik boyutlara getirilmiştir. Tane boyutlandırmaları tamamlandıktan sonra oranlar belirlenmiştir. Bu çalışmada oranları farklı kullanarak 0,5 mm tane boyutları kendi aralarında, 2 mm tane boyutları kendi aralarında ve 4 mm tane boyutları kendi aralarında sırasıyla % 100 BP ve % 0 AT, % 75 BP ve % 25 AT, % 50 BP ve % 50 AT, % 25 BP ve % 75 AT, % 0 BP ve % 100 AT olarak kullanılmıştır.



Şekil 2.10. 0,5 mm, 2 mm ve 4 mm’lik kullanılan malzemeler

Literatür çalışmalarında 1:3:0,5 oranı, 450 gr çimento, 1350 gr kum ve 225 gr su TS EN 196-1 standartlarına uygun olarak kullanılmıştır. Fakat biz karışımlarımızda ne kadar bu oranı kullanmak istesek de kullandığımız malzemelerin su emme oranları farklı olduğundan dolayı çimento ve su oranı farklı kullanılmıştır. Çimento oranı istenilenden az olursa dayanım düşer. Fazla olursa yüzeyde çatlaklıklar ve rötreye neden olur. Toplamda 540 gr malzeme, (BP veya AT) 230 gr çimento kullanılmıştır. Su oranı ise numunelerin alabileceği kadar su kullanılmıştır. Bunun sebebi ise kullandığımız malzemelerin su emme oranları ve permabilitesinden kaynaklanmaktadır. Karışım oranlarına karar verildikten sonra üretim işlemlerine geçildi. Basınç deneyi, üç noktada çekmede eğilme deneyi, ultrasonik ses deneyi için 15 adet 4x4x16 cm’lik kalıplara ve ısı iletkenlik deneyimiz için ise 15 adet 5x5x5 cm’lik kalıplar kullanıldı. Deneyler yapılmadan önce 7 günlük su küründe bekletilmiştir. Daha sonra 24 saat 25°C oda sıcaklığında bekletilip etüvde kurutularak deneylere tabii tutulmuştur.



Şekil 2.11. Numunede kullanılan karışımlar



Şekil 2.12. Kalıpların yağlanması

Numuneler kalıplardan çıkarmak için yağlama işlemi yapıldı.



Şekil 2.13. Karışımların kalıplara dökülmesi



Şekil 2.14. Numunelerin kalıptan çıkarılması

Karışımlar kalıplara döküldükten 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır.

Çizelge 2.4. Kullanılan Numune Oranları

Numune No	Boyut (mm)	% BP oranı	% AT oranı
1	0,5	%100	% 0
2	0,5	%75	% 25
3	0,5	%50	% 50
4	0.5	%25	% 75
5	0,5	%0	% 100
6	2	%100	% 0
7	2	%75	% 25
8	2	%50	% 50
9	2	%25	% 75
10	2	%0	% 100
11	4	%100	% 0
12	4	%75	% 25
13	4	%50	% 50
14	4	%25	% 75
15	4	%0	% 100
16	Saf Bitlis Pomzası		
17	Saf Ahlat Taşı		

2.3. Yalıtım Malzemelerine Uygulanan Testler

2.3.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneyler

2.3.1.1. Yığinsal Yoğunluk, Su Emme ve Gözeneklilik

ASTM C138 (2001) ve ASTM C 948 (2000)'de belirtilen standartlara göre hazırlanan her seriye ait 5x5x5x cm boyutlarındaki 17 adet küp numunelerin 7. gün sonunda her biri ilk olarak kür havuzundan çıkarıldıktan hemen sonra Şekil 2.15’de görülen kafes örgülü Arşimed terazisine konuldu.



Şekil 2.15. Arşimed prensibi

Numune su dolu kovanın içine su yüzeyinden en az 5cm daha aşağıda kalacak şekilde daldırılır ve en az 10 defa su içerisine daldırılıp çıkartılır. Belli aralıklarla çalkalama yoluyla numunedeki hapsolmuş hava uzaklaştırılır ve kefe hariç numune kütlesi 0,1 gram hassasiyetle tartılır (Mds). Daha sonra tel sepetten çıkarılan numune nemli bez ile silinerek bekletilmeksizin havadaki kütlesi tartılır (Mdh) ve numune etüvde 105 ± 3 °C’de değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur, desikatörde soğutulur ve böylece numune kütlesi 0,1 gram hassasiyetle tartılarak bulunur (Mk). Son olarak numunelerin boyutları kumpasla birkaç kez 0.1 mm hassasiyetle ölçülerek ortalama değerler bulunur ve bu değerlerden numune hacmi (V) hesaplanır [13].

$$m = \frac{(M_{dh} - M_k)}{M_k} \times 100$$

$$V = \frac{M_{dh} - M_{ds}}{\rho_s}$$

$$V_b = \frac{M_{dh} - M_k}{\rho_s}$$

$$\phi = \frac{V_b}{V} \times 100$$

$$\rho_k = \frac{M_k}{V}$$

burada;

ρ_k : Betonun kuru özgül ağırlığı, kg/m^3

V: Katı kısım (görünür) hacmi, m^3

V_b : Açık boşlukların hacmi, m^3

ϕ : Etkin porozite, %

m: Betonun su emme kapasitesi, %

ρ_s suyun yoğunluğu olup genel olarak $1000 kg/m^3$ alınır

2.3.1.2. Kapilarite (kılcal Su Emme) Deneyi

Bu deneyin amacı kılcal su geçirme katsayısını bulmaktır. Beton üretimlerinde ne kadar dikkat edilirse de kılcal çatlaklıklar oluşmaktadır. Beton su ile temas edilirse kılcal çatlaklıklar oluşur ve bu çatlaklıklardan su emilir. Kılcal çatlaklıklar oluşturulur ve su bu çatlaklıklardan yukarıya doğru emilir buna kapilarite denir [41].

Tez kapsamında 17 numuneye bu deney yapılmıştır. Numuneler 5 mm su içerisinde kalacak şekilde su içine konulduktan sonra 5, 20, 50, 100, 180, 300, 1380, 1440 dakikalarda suda bekletilip daha sonra suya temas eden yüzeyleri kurutulmuştur ve tartılmıştır. Deneyin yapılışı şekil 2.16'da gösterilmiştir. Elde edilen veriler su emme grafiği oluşturularak su emme katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 2.16. Kapilar su emme deneyinin yapılışı

$$(Q/A)^2 = k \cdot t$$

Q:Emilen su miktarı (cm³)

A:Su ile temas eden kesit alanı (cm²)

t:Geçen zaman (sn)

k:Kapilarite katsayısı (cm²/sn)

2.3.2. Isıl Testler

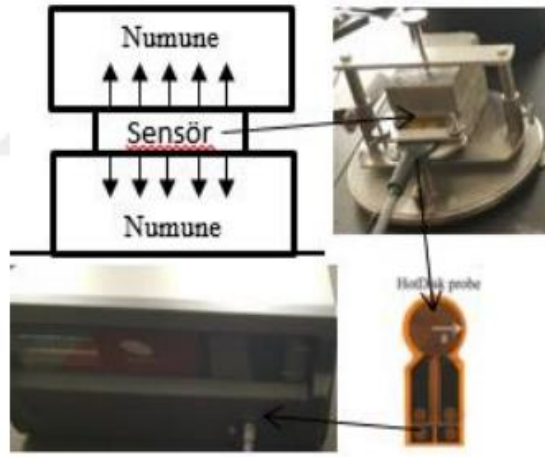
2.3.2.1. Isıl iletkenlik Katsayısı Deneyi

Tez kapsamındaki asıl amacımız Bitlis Pomzası ve Ahlat Taşı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu deneyimiz için 15 adet 5x5x5 cm boyutunda numuneler hazırlanmıştır. Ayrıca saf Bitlis Pomzası ve saf Ahlat Taşı da aynı ebatlara getirilerek deneye tabi tutulmuştur.



Şekil 2.17. Isıl iletkenlik katsayısı için hazırlanan numuneler

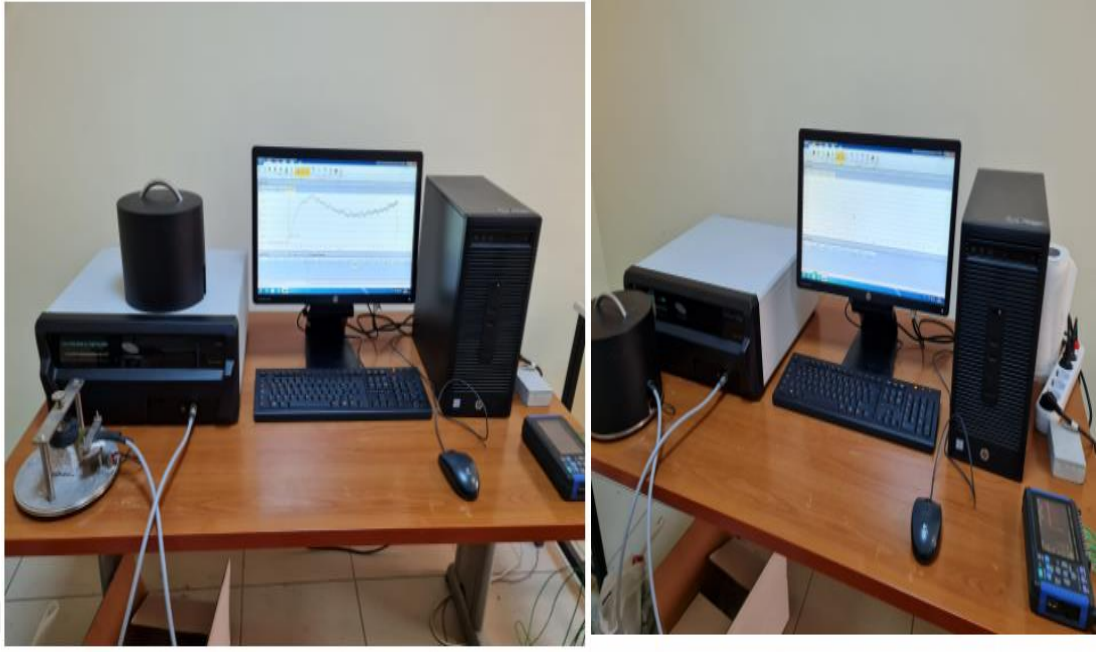
Yalıtım için en önemli deney ısıl iletkenlik değerinin bilinmesidir. Alman DIN normu 4108' e ve TS 825'e göre 0.060 kcal/mh°C (0.07 W/mK) ısıl iletkenlik değerinin altında kalan malzemelere “ısı yalıtım malzemesi”, bu değer üstünde kalan malzemelere yapı malzemesi diyoruz [42]. Numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri standart bir ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Şekil 2.18'de gösterilen Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan ısıl özellik ölçümü için disk ısı kaynağı yöntemiyle (Hot Disk), ısıl difüzyon ölçümü, özgül ısıl değeri ve ısı iletim katsayısı yapan Hot Disk TPS 500 S Termal Özellik Analizörü kullanılmıştır. Hot disk sensör normal koşullarda aynı özellikteki iki malzeme arasına yerleştirilir. Fakat aynı özellikte iki malzeme yoksa hot disk sensörü malzeme üzerine yerleştirebiliriz. Bu işlem bittikten sonra malzeme sıcaklığı, ölçüm zamanı ve ısıtıcı gücü girilir. Ve ölçüm gerçekleştirilerek ısıl iletkenlik katsayısı değeri belirlenir.



Şekil 2.18. Hot Disk TPS 500 S termal özellik ölçümü [43]

Hot disk sensörü aynı özellikte tek malzeme olduğu için numunenin üzerine yerleştirildi. Ortam sıcaklığı 25°C oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Numunelerin ısı iletkenlik katsayısı üç yüzeyden değerler alınıp ortalama değer baz alındı. Şekil 2.19’ da görüldüğü gibi hot disk sensörü malzeme üzerine yerleştirilmiştir. Yalıtımda istenilen düşük ısı iletkenliktir. Bunun için malzemenin gözenekli olması çok önemlidir. Şekil 2.19’da görüldüğü gibi malzeme hazne içerisine yerleştirilir. Hot disk sensörü malzeme üzerine yerleştirilir ve malzeme de hot disk sensörü de kaymasın diye aparatlarla tutturulup sağlamlaştırılır.





Şekil 2.19. Hot Disk TPS 500 S termal özellik analizörü ve ölçümü

2.3.3. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneyler

2.3.3.1. Ultrasonik Ses Geçirgenlik Hız Tayini Deneyi

Tez kapsamımızda uygulanan bu deney sertleşmiş beton deneylerinde kullanılır. Bu deney tahribatsız yöntemlerdendir. UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) olarak da bilinir. Deneyimizde Pundit cihazı kullanılmıştır. Cihazımızda iki prob bulunmaktadır. Böylece malzemeden geçen ses geçirgenlik hızı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan 4x4x16 cm boyutlarında ve 7 günlük su kürünü tamamladıktan ve 24 saat oda sıcaklığında bekletilip, etüvde kurutulduktan sonra bu deney uygulanmıştır. Problar ölçümü yapılacak numunenin karşılıklı iki yüzeyine temas edilip hızları okunmuştur. Probların malzeme yüzeyine daha iyi yapışıp daha sağlıklı ve hassas ölçüm yapmak için vazelin kullanılmıştır. Her numune için 3 kez ölçüm alınıp deney sonucu için ortalamaları alınmıştır.



Şekil 2.20. Ultrasonik ses geçirgenlik deneyinin yapılışı

2.3.3.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi

Hazırladığımız 4x4x16 cm boyutlarındaki yapı malzemesi numuneleri 7 günlük kür yaşını tamamladıktan sonra numuneler laboratuvar sıcaklığına gelip üç noktalı eğilmede çekme deneyi yapılmıştır. Numuneler hassas bir şekilde cihaza yerleştirildikten sonra deney yapılmıştır. Deneyde bilgisayar kontrollü eğilmede çekme cihazı kullanılmıştır ve deney başına düşen sehim değerleri not edilip bu değerler kullanılarak yük-sehim grafikleri oluşturulmuştur. Eğilmede çekme deneyinde kullanılan cihaz Şekil 2.21’de sunulmuştur. Ayrıca deney ilgili Türk Standardına uygun olacak şekilde yapılmıştır [44].



Şekil 2.21. Çalışmada kullanılan eğilmede çekme test cihazı

2.3.3.3. Basınç Dayanımı Deneyi

Hafif betonlar normal betonlara göre daha yüksek ısı iletimi ve daha düşük yoğunluğa sahiptir. Fakat binalarda yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi için mekanik özelliklerinin de iyi olması gerekir. Bunların başında mekanik özellik denince beton için akla gelen basınç dayanımıdır. Minimum dayanım dereceleri (28 günlük kür yaşını tamamlayan malzemeler) yük taşıyan bloklar için 5.0 MPa olarak ve tüm dolgu duvar blokları için 2,8 MPa olarak belirlenmiştir [45].

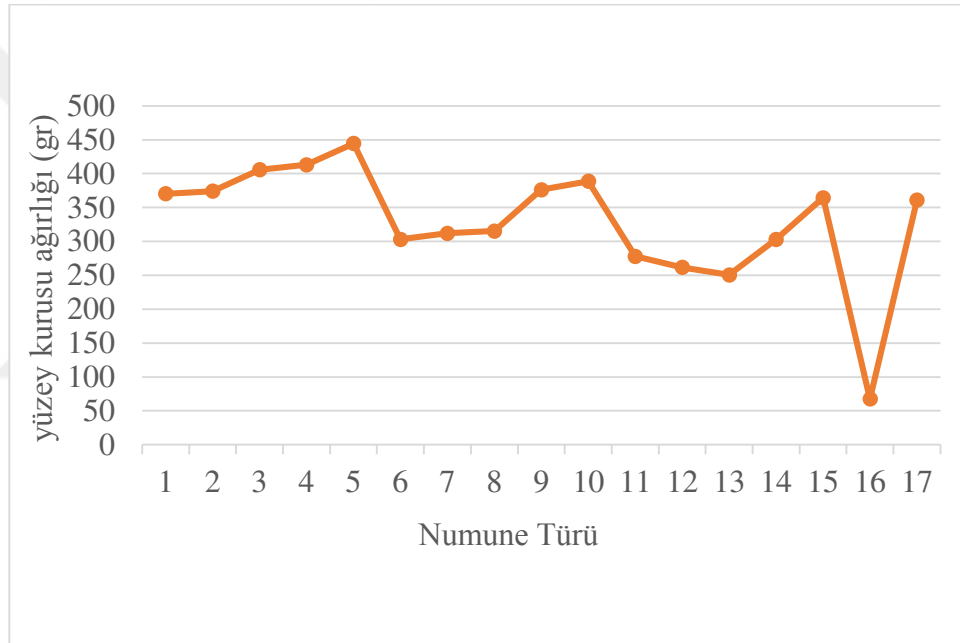
Eğilme dayanımı deneyi sonrası her numuneye basınç dayanım deneyi uygulanmıştır. 4x4x16 cm'lik numunelere basınç dayanım testi 7 günlük kür yaşını tamamladıktan sonra uygulanmıştır. Numuneler cihazın çeneleri arasına hassas bir şekilde yerleştirildikten sonra basınç dayanımı verileri kaydedilmiştir. Basınç dayanım deneyin daha sağlıklı olması için her numunenin 2 defa basınç değeri alınıp deney için ortalamaları alınmıştır.



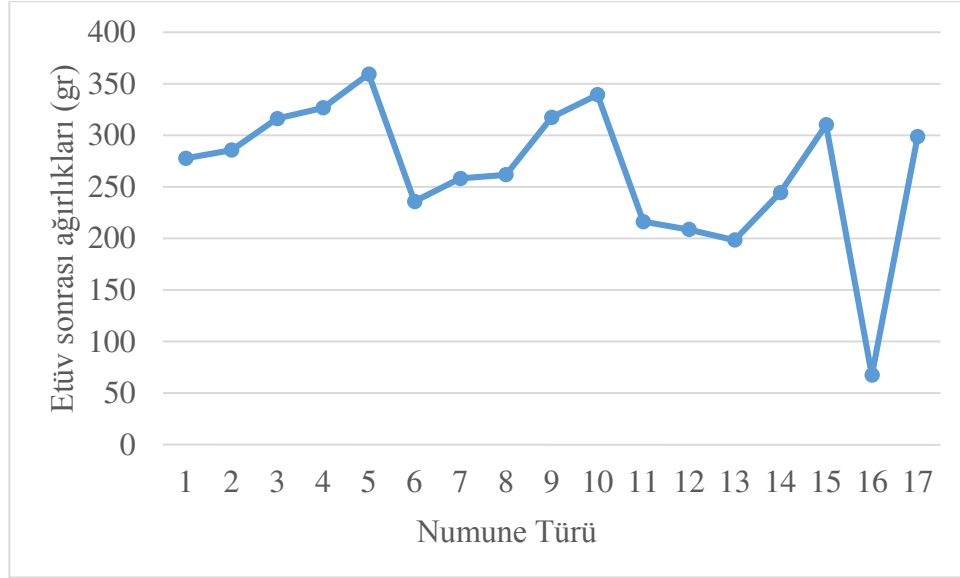
Şekil 2.22. Basınç dayanımı deneyinin yapılışı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında üretilen tüm numunelerin doymun yüzey kuruşu ağırlıkları ve etüv sonrası ağırlıkları hesaplanmıştır. Numuneler 7 günlük kür yaşını tamamladıktan sonra 24 saat oda sıcaklığında kurutulup, yüzey kuruşu ağırlığı alınmıştır. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi yüzey kuruşu ağırlığı en fazla olan 5 nolu numunemizdir. Bu numunemiz (0,5 mm tanecik boyutunda) %100 Ahlat Taşı’dır. Karışımlarımızda BP ve AT’nin boyut ve gözeneklerinden dolayı su emme oranı farklı olup çimento oranı sabit tutulmuştur. Yüzey kuruşu ağırlığı en düşük olan numune ise saf BP’dır. Numunelerimiz 110 °C etüv sıcaklığında kurutulup, etüv sonrası ağırlıkları belirlenip Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.Yüzey kuruşu ağırlığı grafiğı

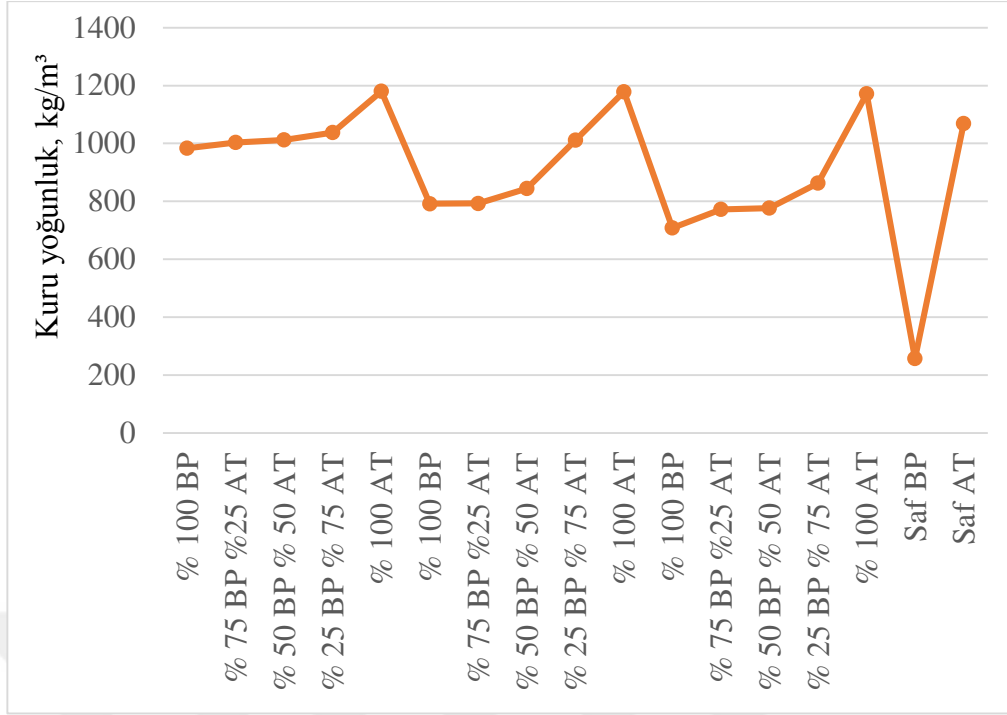


Şekil 3.2. Etüv sonrası ağırlıkları grafiği

3.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneylerin Sonuçları

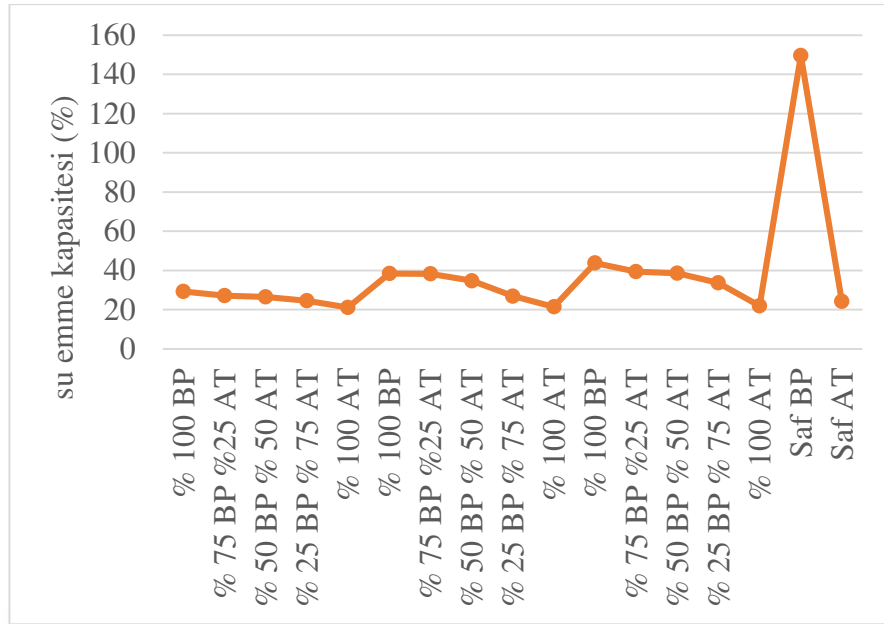
3.1.1. Yığinsal Yoğunluk, Su Emme Ve Gözeneklilik

Numunelere yığinsal yoğunluk, su emme ve gözeneklilik deneylerinin yapılması için yeni numuneler hazırlandı. Numunelerin tekrardan kuru yoğunluğu grafiği oluşturuldu. Şekil 3.3’de görülen kuru yoğunluğu en büyük olan (0,5 mm tane boyutundaki) 5 nolu % 100 BP olup, en düşük kuru yoğunluğa sahip olan 16 nolu saf BP’dır.



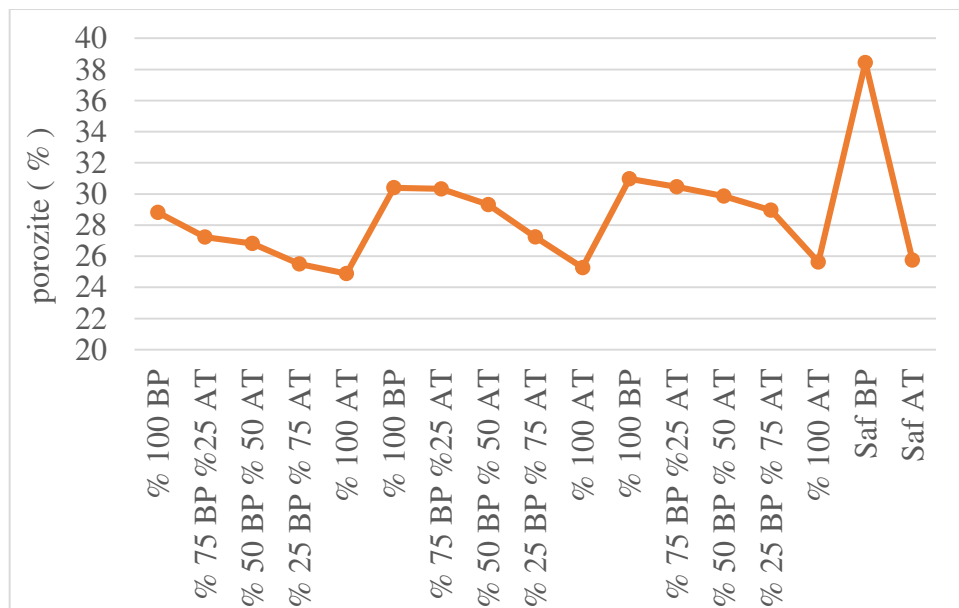
Şekil 3.3. Numunelerin kuru yoğunluk değerleri

Şekil 3.4 'de görüldüğü gibi su emme kapasitesi en yüksek 16 nolu saf BP'dır. Numunelerimizde AT oranı artıkcı su emme kapasitesi azalırcı. Su emme kapasitesi en düşük olan 5 nolu (0,5 mm tane boyutu) numune olan % 100 AT'dir. % 100 AT olan numunelerde 5 nolu (0,5 mm tane boyutu), 10 nolu (2 mm tane boyutu) numuneye göre, 10 nolu numune ise 15 nolu (4 mm tane boyutu) numuneye göre su emme kapasitesi daha düşüktür. % 100 BP kullandığımız numuneleri karşılaştırdığımızda 1 nolu numune (0,5 mm tane boyutu), 6 nolu (2 mm tane boyutu) numuneye göre, 6 nolu numune ise 11 nolu (4 mm tane boyutu) numuneye göre su emme kapasitesi daha düşüktür. Porozite (gözeneklilik) artıkcı su emme kapasitesi de artar. AT kullandığımız numunelerin porozite (gözeneklilik) değercileri BP kullandığımız numunelere göre daha düşüktür. Dolayısıyla porozite değercileri su emme değercilerini doğrudan etkiler.



Şekil 3.4. Numunelerin su emme kapasitesi

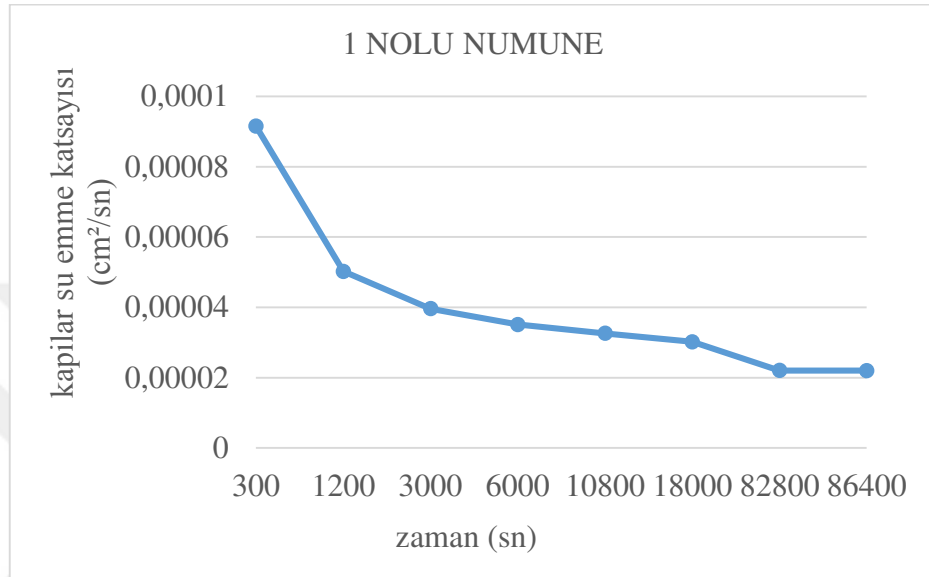
Numunelerin porozite oranı grafiği Şekil 3.5 'de gösterilmiştir. Gözeneklilik ve su emme oranları en fazla olan Saf BP'dir. Porozite (gözeneklilik) oranı artan numunelerde su emme oranlarında artış gözlemlenmiştir. Porozite oranları azalan numunelerde su emme oranları azalmıştır. Porozite ve su emme değerleri doğru orantılıdır. Porozite (gözeneklilik) oranı en düşük olan 5 nolu (0,5 mm tane boyutunda) % 100 AT'dır. Numunelerde kullanılan AT oranı artıkça % porozite oranı azalır. BP'sı kullandığımız numunelerin porozite oranı AT kullandığımız numunelere göre daha yüksektir.



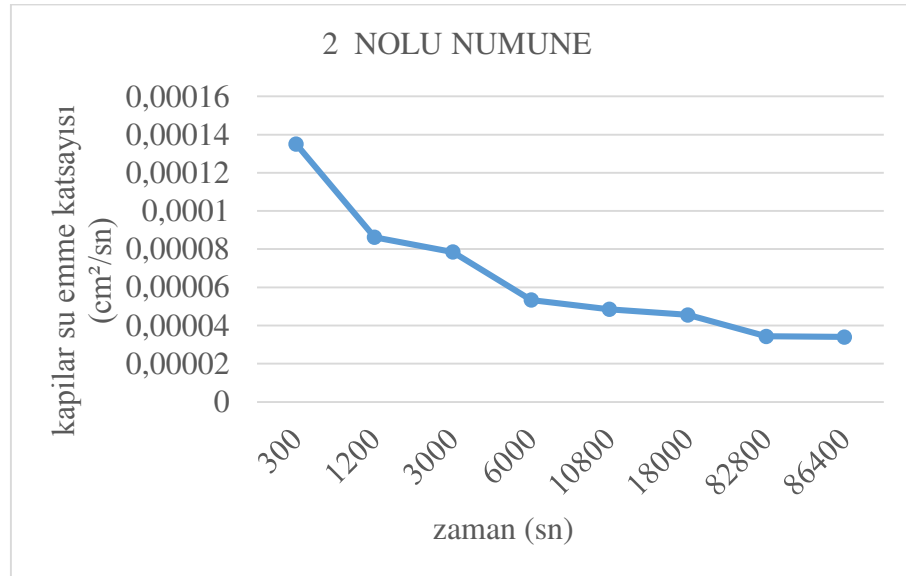
Şekil 3.5. Numunelerin porozite (gözeneklilik) değerleri

3.1.2. Kapilarite (kılcallık) Su Emme Deneyi

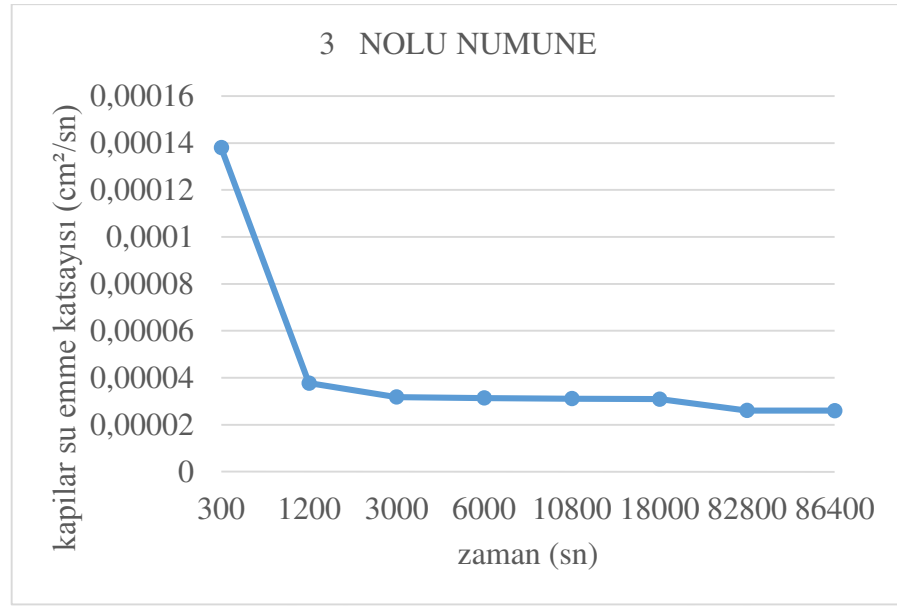
Tez çalışması kapsamında üretilen numunelerin kapilar su emme sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Şekil 3.23’de görüldüğü gibi numunelerin kapilar su emme oranı en fazla 300 sn’dir.



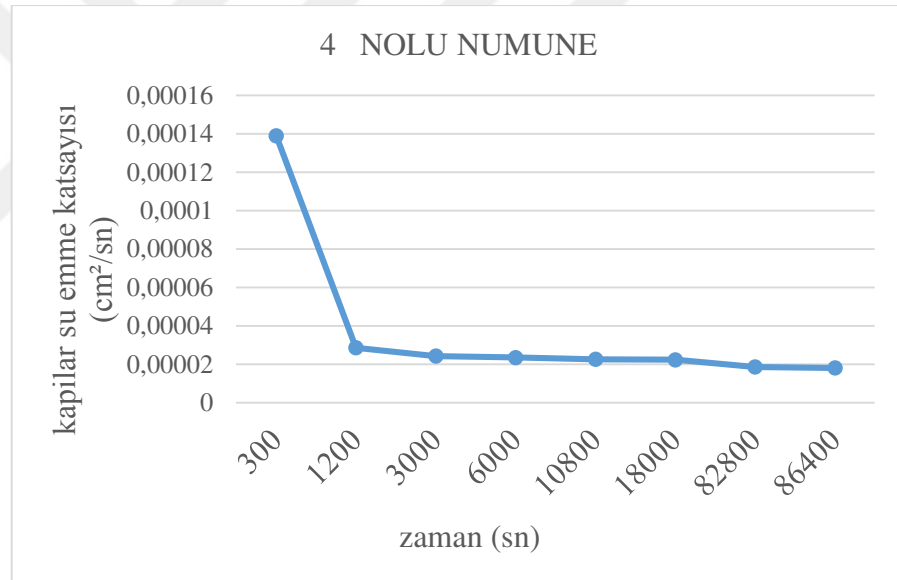
Şekil 3.6. 0,5 mm tane boyutu % 100 BP karışımın kapilar su emme katsayısı grafiği



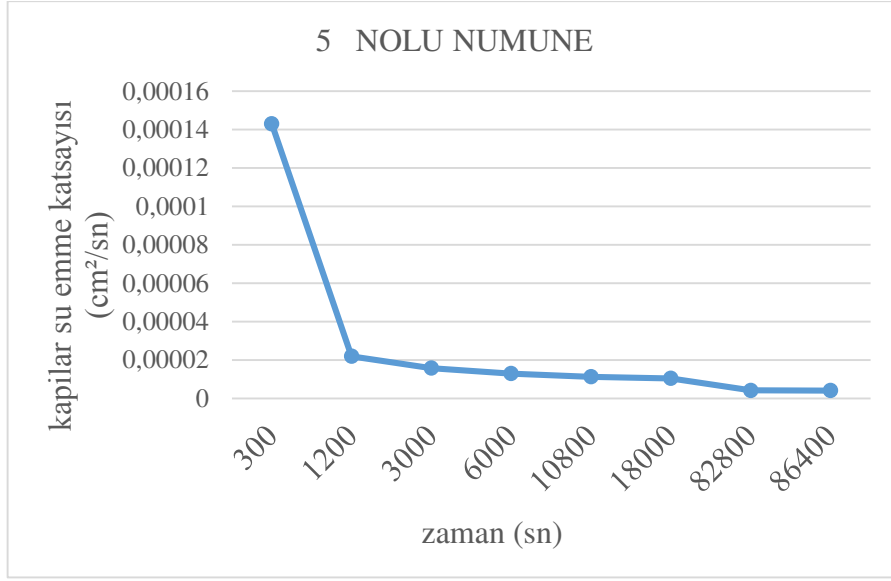
Şekil 3.7. 0,5 mm tane boyutu ve % 75 BP ve % 25 AT karışımının kapilar su emme grafiği



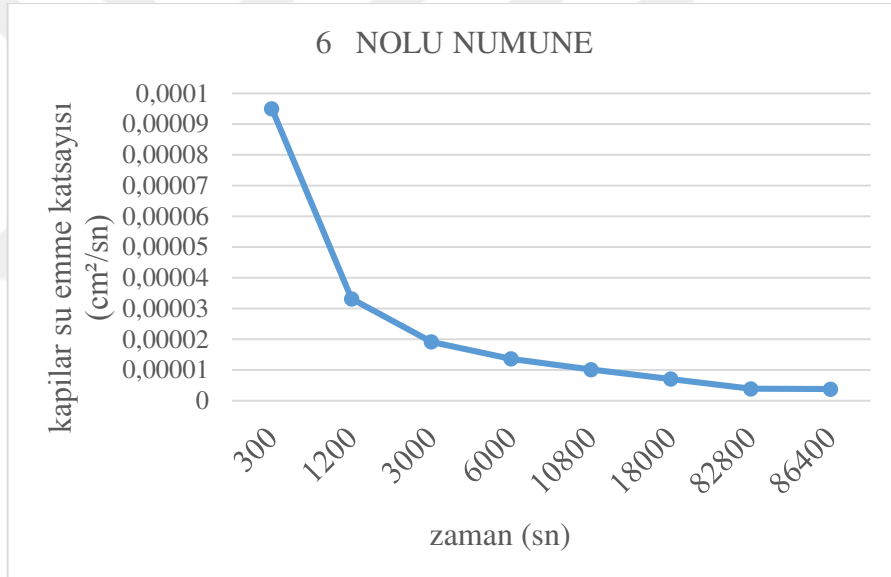
Şekil 3.8. 0,5 mm tane boyutu % 50 BP ve % 50 AT karışımının kapilar su emme grafiği



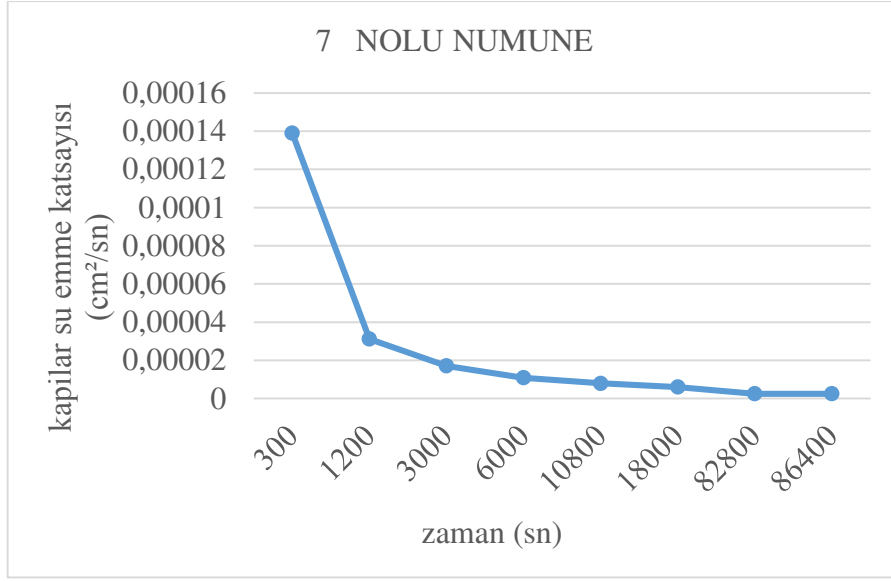
Şekil 3.9. 0,5 mm tane boyutu % 25 BP ve % 75 AT karışımının kapilar su emme grafiği



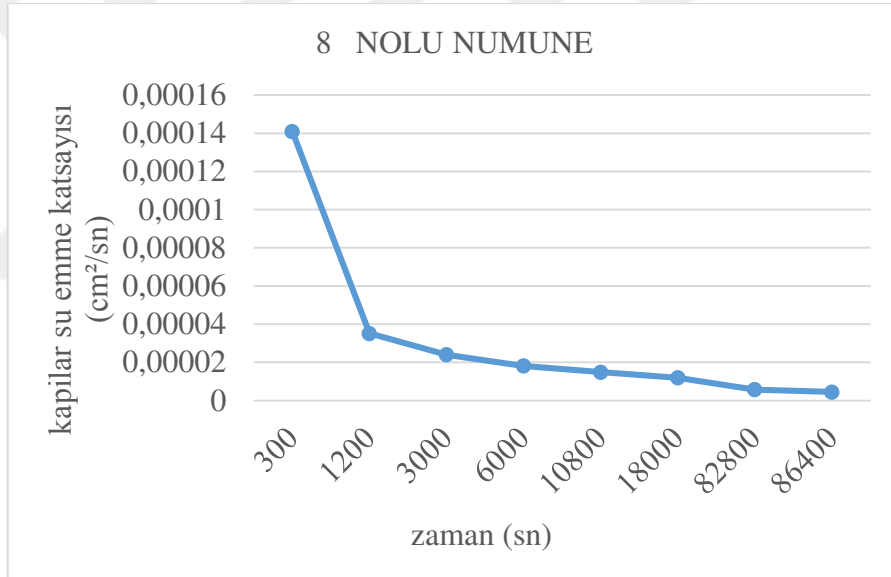
Şekil 3.10. 0,5 mm tane boyutu % 100 AT karışımının kapilar su emme grafiği



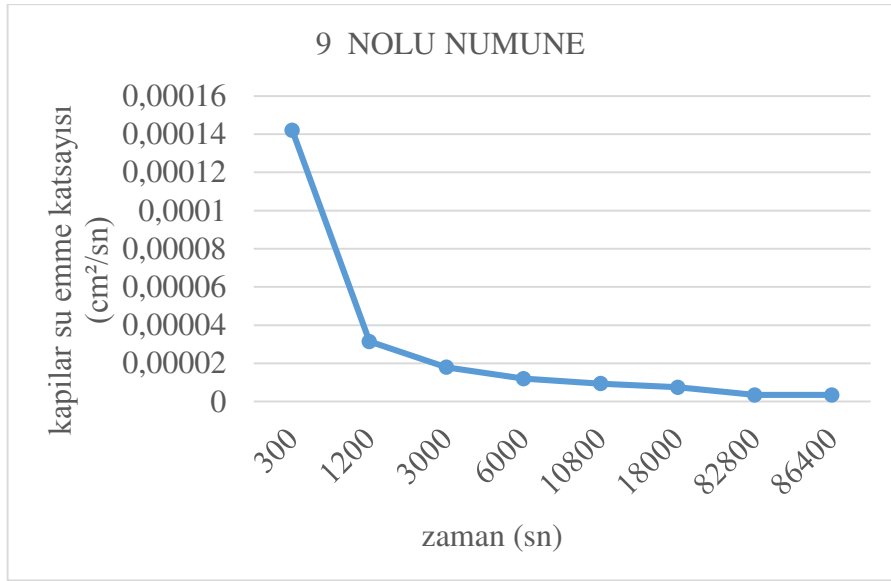
Şekil 3.11. 2 mm tane boyutu % 100 BP karışımının kapilar su emme grafiği



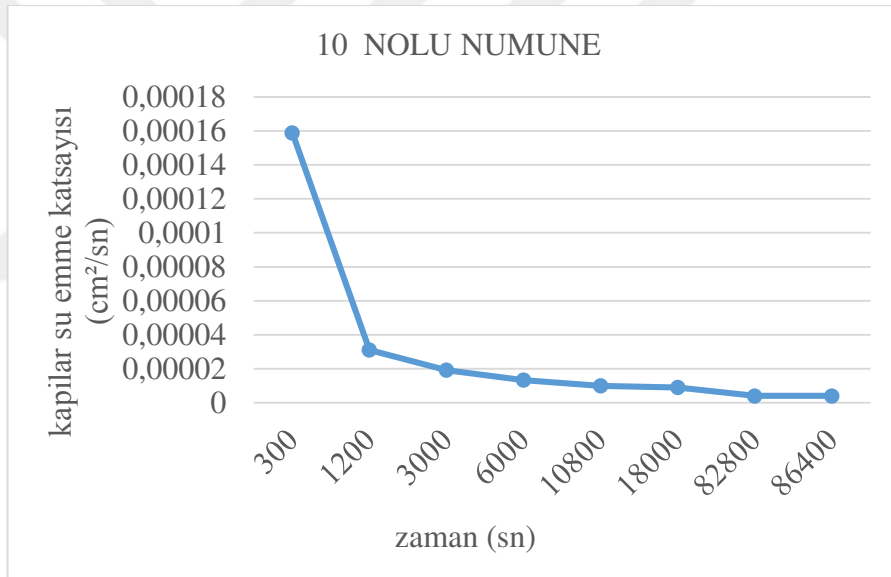
Şekil 3.12. 2 mm tane boyutu % 75 BP ve % 25 AT karışımının kapilar su emme grafiği



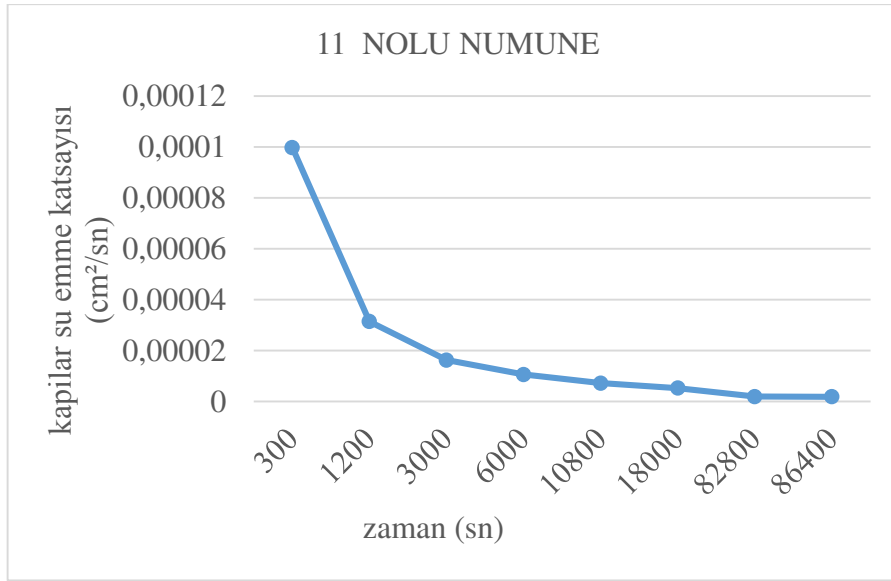
Şekil 3.13. 2 mm tane boyutu % 50 BP ve % 50 AT karışımının kapilar su emme grafiği



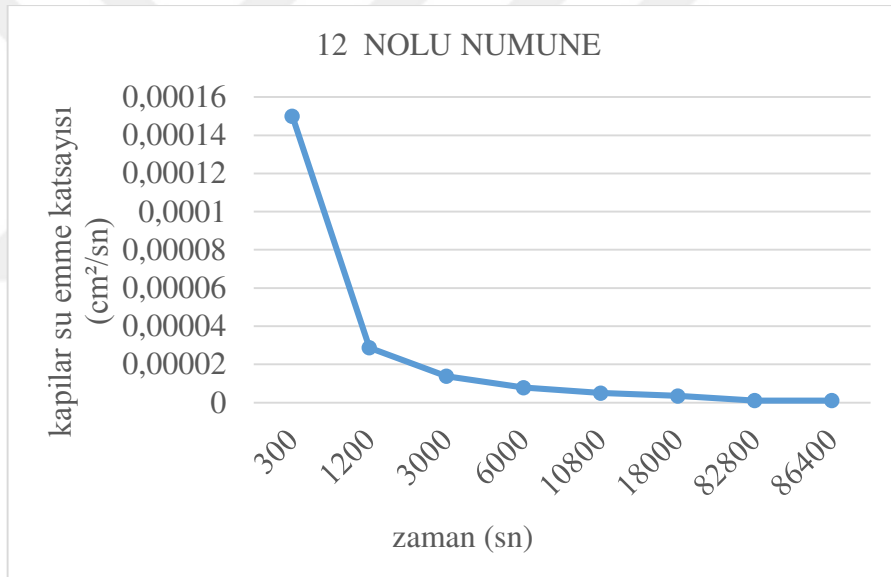
Şekil 3.14. 2 mm tane boyutu % 25 BP ve % 75 AT karışımının kapilar su emme grafiği



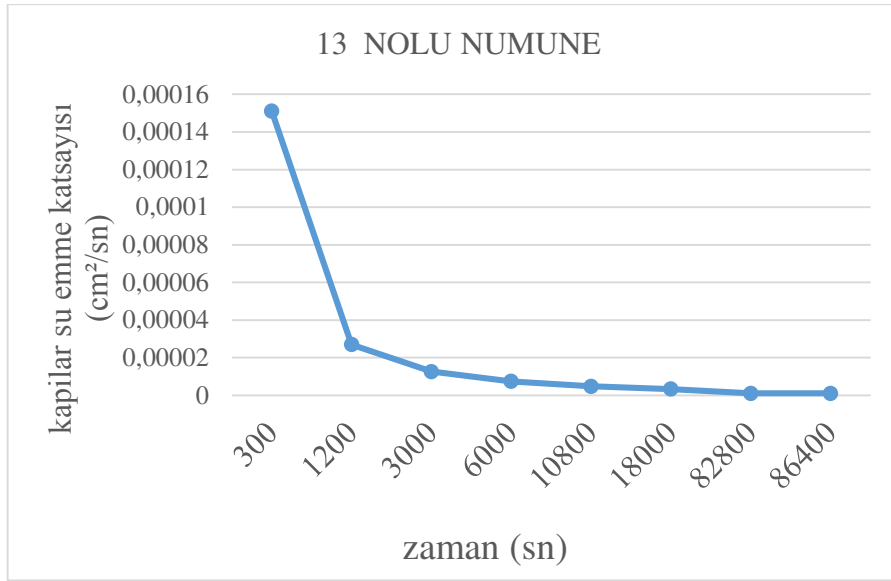
Şekil 3.15. 2 mm tane boyutu % 100 AT karışımının kapilar su emme grafiği



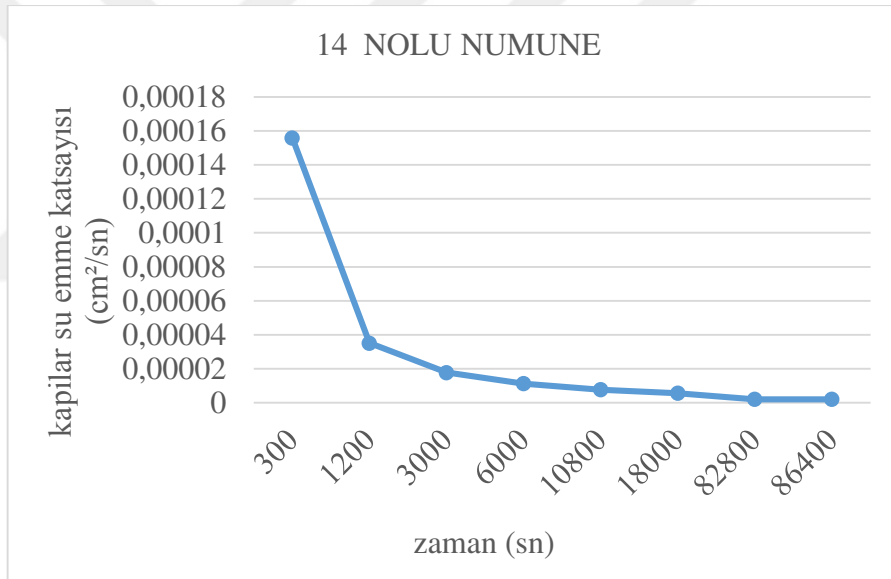
Şekil 3.16. 4 mm tane boyutu % 100 BP karışımının kapilar su emme grafiği



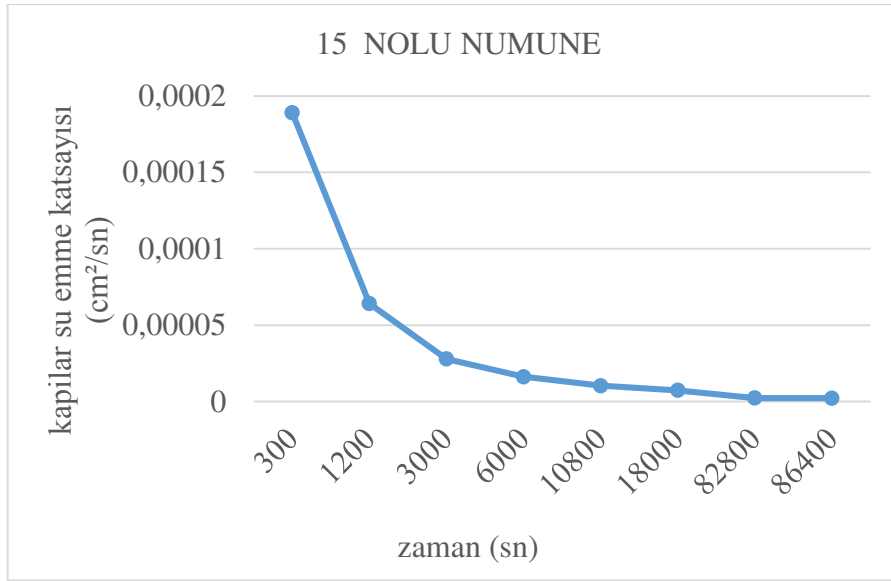
Şekil 3.17. 4 mm tane boyutu % 75 BP ve % 25 AT karışımının kapilar su emme grafiği



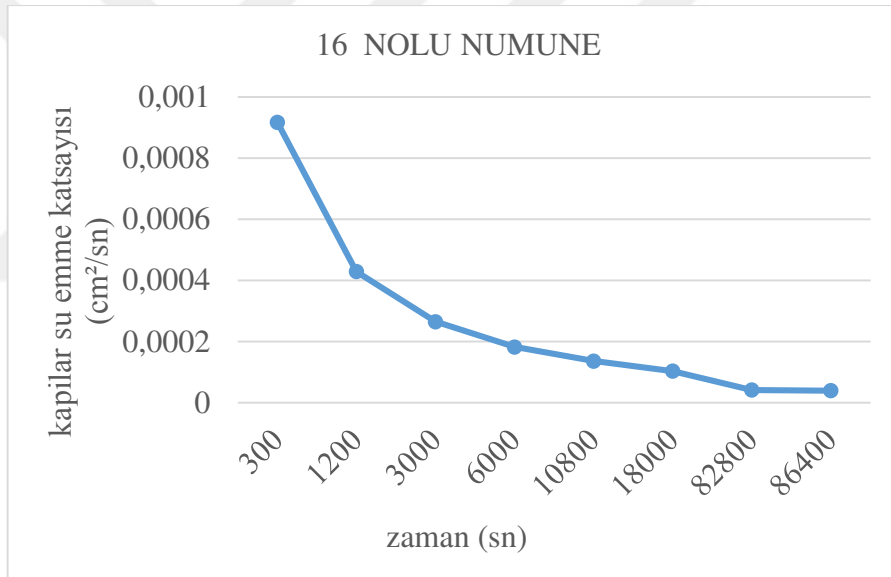
Şekil 3.18. 4 mm tane boyutu % 50 BP ve % 50 AT karışımının kapilar su emme grafiği



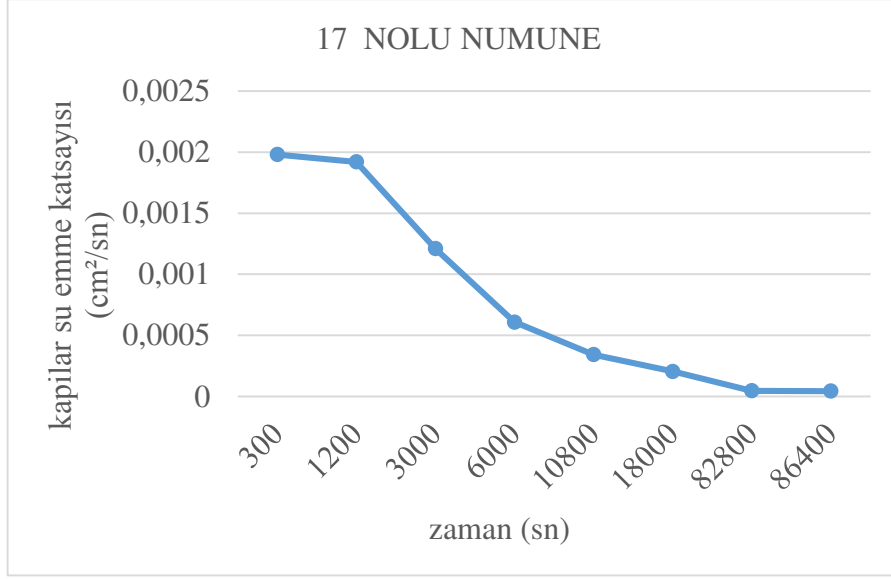
Şekil 3.19. 4 mm tane boyutu % 25 BP ve % 75 AT karışımının kapilar su emme grafiği



Şekil 3.20. 4 mm tane boyutu % 100 AT karışımının kapilar su emme grafiği



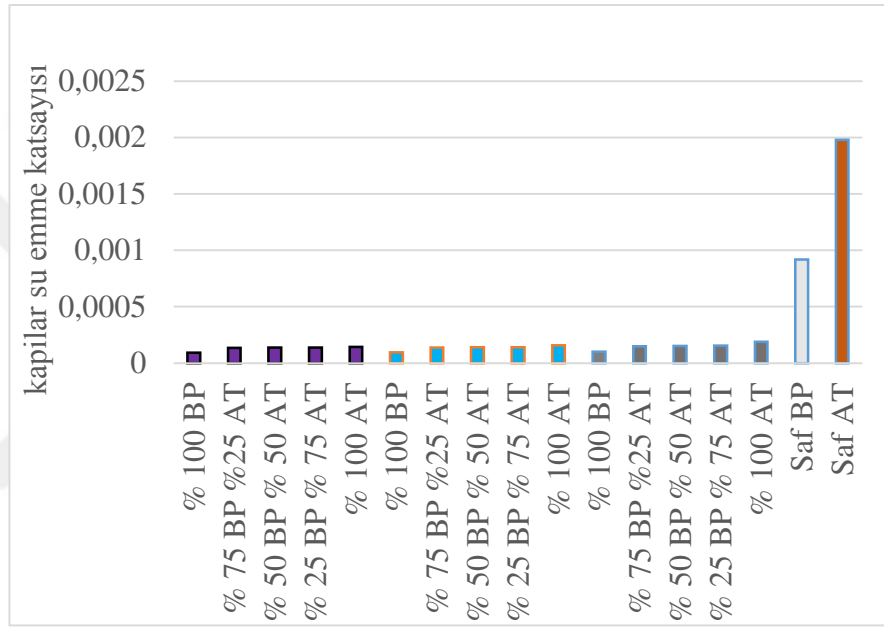
Şekil 3.21. Saf BP'nin kapilar su emme katsayısı



Şekil 3.22. Saf Ahlat Taşı'nın kapilar su emme katsayısı grafiği

Şekil 3.23'de 17 numunenin 300sn'deki kapilar su emme katsayıları karşılaştırılmıştır. (Grafiklerde gösterilen mor renk 0,5 mm tane boyutu, mavi renk 2 mm tane boyutu, gri renk 4 mm tane boyutunu, beyaz renk saf BP ve kahverengi ise AT ifade etmektedir) 300 sn'de kapilar su emme oranı yüksek olan saf Ahlat Taşıdır. Numuneler değerlendirildiğinde BP içerikli numunelerin AT içerikli numunelere göre kapilar su emme katsayısının daha düşük olduğu gözlenmiştir. AT boşluk miktarı daha düşük olup, por çapı (gözenek) BP'sına göre daha küçüktür ve boşluklar sıralı olarak dizilmiştir. Por çapının büyümesi kapilaritenin ilerlemesine engeldir [46]. AT'nın gözenekleri arasındaki boşluklar BP'sına göre daha küçüktür ve BP'sının porları camsı bir zarla çevrilmiştir. Küçük tane boyutunda bulunan AT büyük tane boyutunda bulunan BP'a göre kapilar su emme katsayısı daha büyüktür. Literatürde farklı yörelere ait pomza taşının pozolonik aktivitesini araştıran akademik çalışmalar olup, Ahlat Taşının toz olarak beton bünyesinde katkı olarak kullanımı sonrası pozolonik aktivitesinin olduğunun akademik çalışması yapılmıştır [47]. Bu sebeple Bitlis Pomzası ile üretilen numunelerin AT içeren numunelere göre çimentoya dayanımı ve bağlayıcılığı daha yüksektir kanısına varılmıştır. Karışımlar incelendiğinde 0,5 mm tane boyutundaki 1 nolu numune 2 mm tane boyutundaki 6 nolu numuneye göre ve 6 nolu numune ise 4 mm tane boyutundaki 11 nolu numuneye göre kapilar su emme katsayısı daha düşüktür. % 75 BP ve %25 AT karışımlarında (0,5 mm tane boyutundaki) 2 nolu numune, (2 mm tane boyutundaki) 7 nolu numuneye göre, 2 nolu numune ise (4 mm tane boyutundaki) 12 nolu numuneye göre kapilar su emme oranı daha düşüktür. % 50 BP ve % 50 AT karışımında; (0,5 mm tane boyutundaki) 3 nolu numune, (2 mm tane boyutundaki) 8 nolu numuneye göre, 8 nolu numune ise (4 mm tane boyutundaki) 13 nolu numuneye göre kapilar su emme oranı daha düşüktür. % 25

BP ve % 75 AT karışımı karşılaştırdığımızda (0,5 mm tane boyutundaki) 4 nolu numune, (2 mm tane boyutundaki) 9 nolu numuneye göre, 9 nolu numune ise (4 mm tane boyutuna 9 göre 14 nolu numuneye göre kapilar su emme katsayısı düşüktür. Ve % 100 AT karışımlarında(0,5 mm tane boyutundaki) 5 nolu numune, (2 mm boyutundaki) 10 nolu numuneye göre ve 10 nolu numune ise (4 mm tane boyutundaki) 15 nolu numuneye göre kapilar su emme katsayısı daha düşüktür. 300 sn'deki kapilar su emme oranı saf AT için 0,00198 cm²/sn iken saf BP için 0,000918 cm²/sn'dir. Kapilar su emme katsayıları karşılaştırıldığında AT karışım yüzdesi fazla olan numunelerin kapilar su emme katsayıları daha yüksektir.



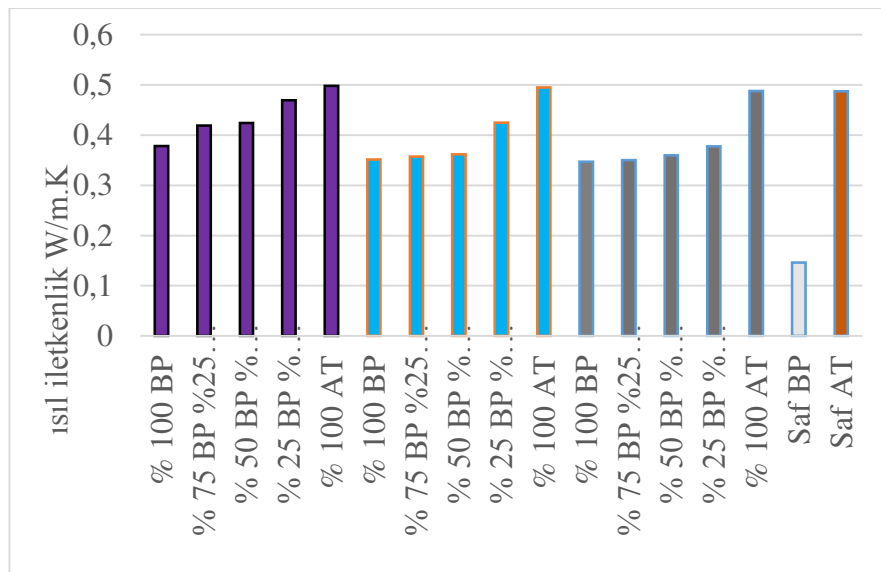
Şekil 3.23. 300 sn'de 17 numunenin kapilar su emme oranının karşılaştırılması

3.2. Isıl Testler

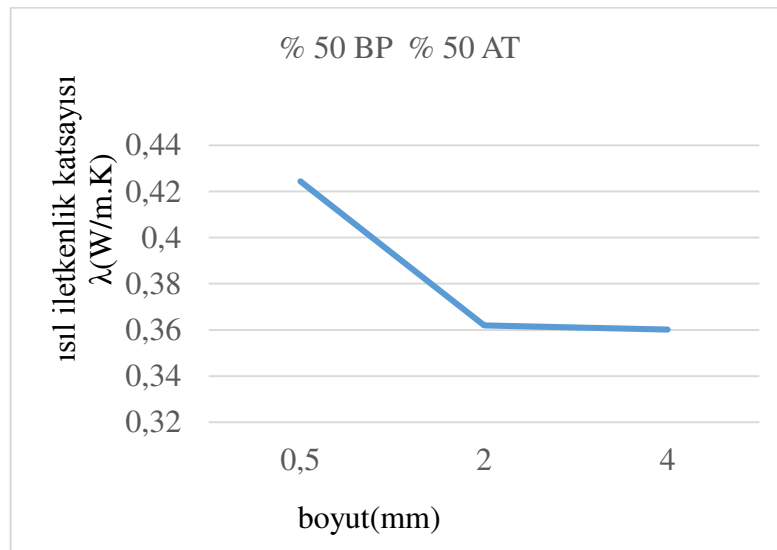
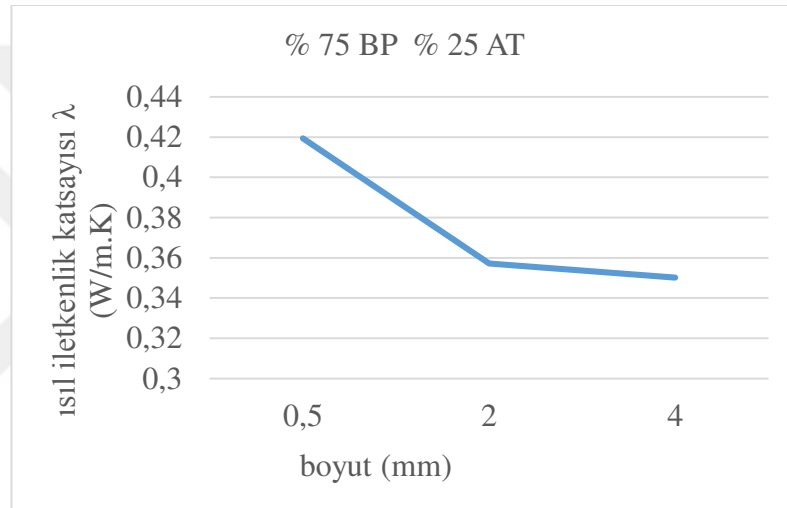
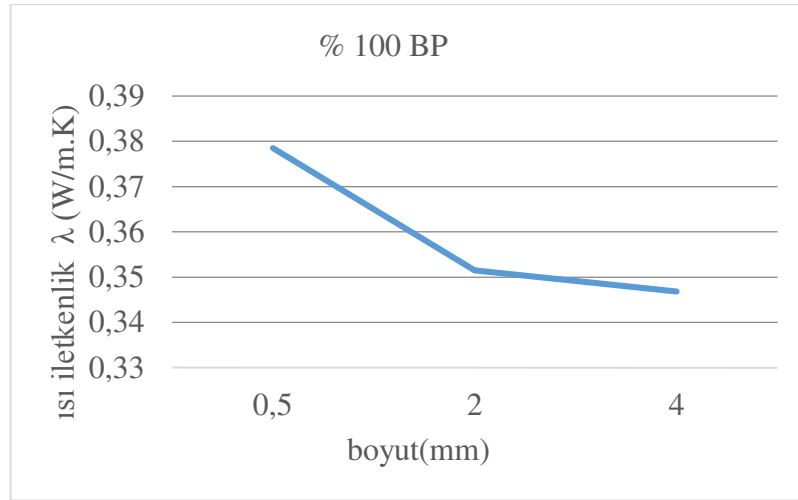
3.2.1. Isıl İletkenlik Deneyi

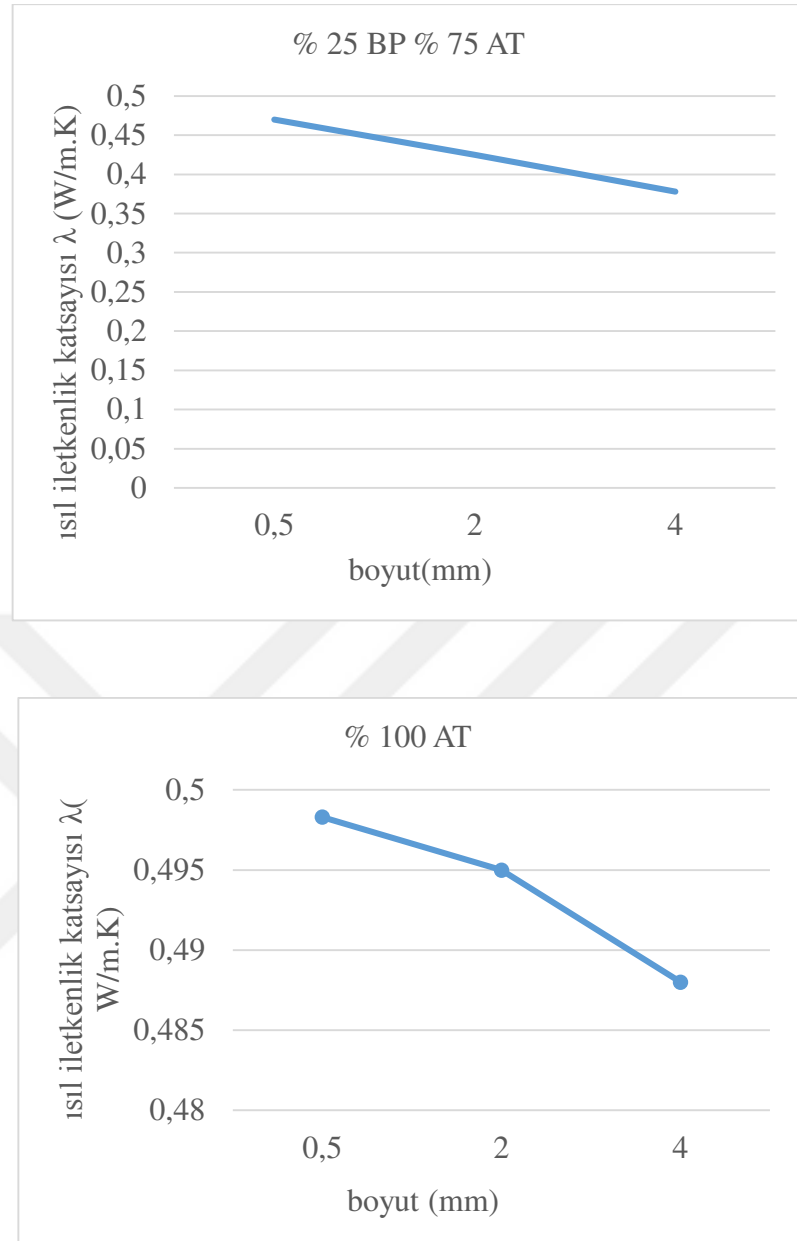
Numunelerin ısı iletkenlikleri 0.3468W/mK ila 0.4983 W/mK arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bitlis Pomzası kullandığımız karışımların ısı iletkenlik katsayıları daha düşüktür. BP'nin ısı iletkenlik katsayısı 0,1459W/mK iken saf Ahlat Taşının ısı iletkenlik katsayısı 0,4875 W/mK'dır. Şekil 3.24'de görüldüğü gibi ısı iletkenlik katsayısı en düşük 16 nolu numune olan Bitlis yöresine ait saf BP'dir. Isı iletkenlik katsayısı en yüksek olan ise 5 nolu numune olan Bitlis yöresine ait saf BP'dir. Isı iletkenlik katsayısı en yüksek olan ise 5 nolu numune olan % 100 AT'dır. Tanecik boyutu küçüldükçe ısı iletkenlik katsayısı yüksek olur. % 100 AT olan Şekil 3.3'de görüldüğü gibi 5 nolu, 10 nolu ve 15 nolu numunenin ısı iletkenlik

katsayılar saf Ahlat Taşından daha yüksek olmasının sebebi numunede çimento olmasıdır. Bu durumda AT 'nin ısı iletkenlik katsayısı fazla olduğundan karışıma katılmasının gerekli olmadığı anlaşılmaktadır. Karışımlar değerlendirildiğinde 15 farklı karışım türünde ısı iletkenlik katsayısı en düşük olan 4 mm tane boyutundaki % 100 BP'dır. % 100 BP karışımlarında 0,5 mm, 2 mm ve 4 mm tane boyutlarındaki karışımlar karşılaştırıldığında ısı iletkenlik katsayısı en düşük olan 4 mm boyutundaki karışımlardır. Bu da gösteriyor ki gözenek sayısı ve gözenek büyüklüğü ısı iletkenliği doğrudan etkiler. Karışım yaptığımız numunelerden ısı iletkenlik katsayısı en yüksek olan (0,5 mm tane boyutundaki) % 100 AT olan 5 nolu numunedir. Numunelerde kullanılan malzemelerden AT oranının artması ısı iletkenlik katsayısını artırır. BP'nın ısı iletkenlik katsayısı Ahlat Taşına göre daha düşüktür. Malzemenin gözenekli olması ısı iletkenlik katsayısını düşürür. Dolayısıyla yalıtım özeliği artar. Fakat malzemenin mekanik dayanımı da çok önemlidir. Dikkat edildiğinde 4 mm tane boyutundaki numunelerin ısı iletkenlik katsayısı 2 mm tane boyutundaki numunelere göre, 2 mm tane boyutundaki numunelerin ısı iletkenlik katsayısı ise 0,5 mm tane boyutundaki numunelere göre daha düşüktür. Bu da gözenek boyutunun ısı iletkenlik üzerindeki etkisini göstermektedir. Karışımların ısı iletkenlik katsayıları Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Karışım yapılan numuneler içerisinde ısı iletkenlik katsayısı en düşük olan 4 mm tane boyutundaki % 100 BP'dır. Karışımlarımızda AT oranı arttıkça ısı iletkenlik katsayısının yükseldiği görülmektedir. Şekil 3.4'de aynı oranda karıştırılan numunelerin (0,5 mm, 2 mm ve 4 mm) tane boyutları karşılaştırılarak ısı iletkenlik katsayıları değerlendirildiğinde 4 mm tane boyutundaki numunelerin ısı iletkenlik katsayılarının daha düşüktür. Şekil 3.24'te mor renk 0,5 mm, mavi renk 2 mm ve gri renk 4 mm tane boyutunu, beyaz renk saf BP ve kahverengi ise AT'nı ifade etmektedir.



Şekil 3.24. Isı iletkenlik katsayısı grafiği





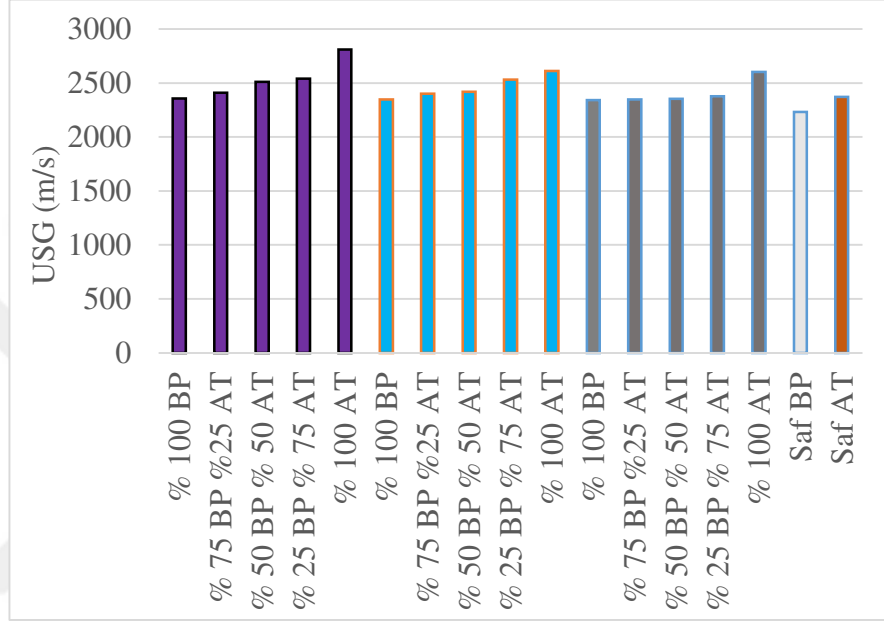
Şekil 3.25. Numunelerin ısı iletkenlik katsayıları grafiğı

3.3. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Uygulanan Deneylerin Sonuçları

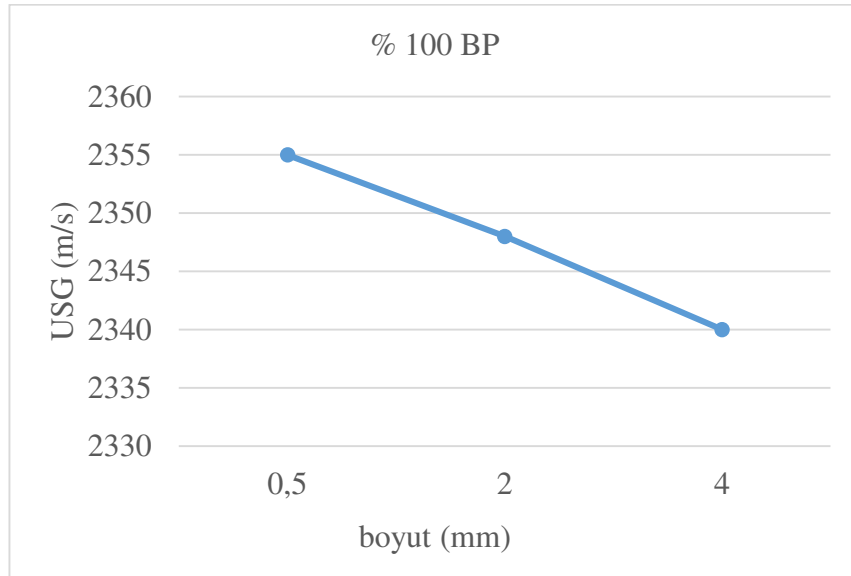
3.3.1. Ultrasonik Ses Geçirgenlik Hız Tayini

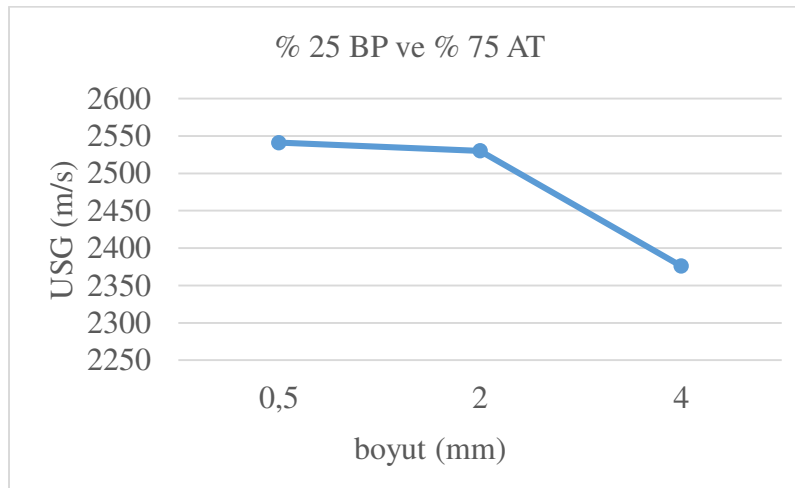
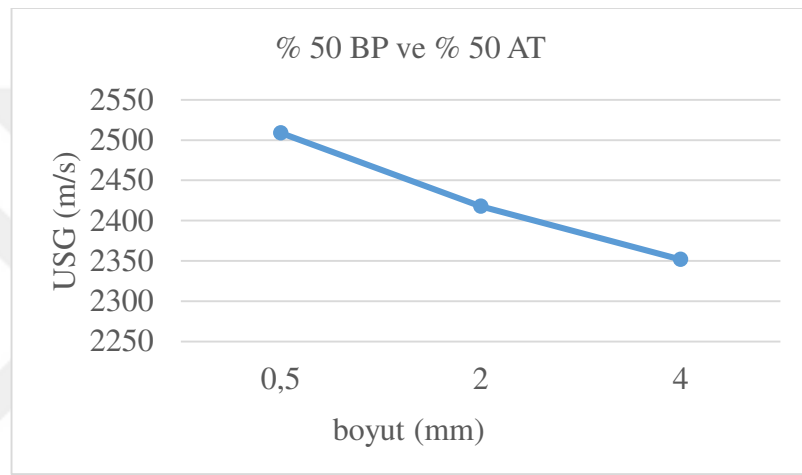
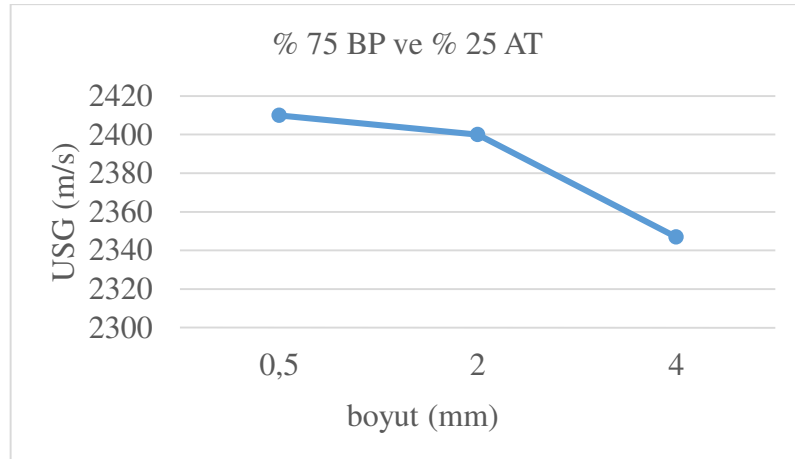
Basınç dayanımı (testi) yapılmadan önce Ultrasonik ses geçirgenlik hız tayini testi yapıldı. Amaç; betonun dayanımı hakkında bilgi verilmesidir. Tahribatsız yöntemlerden biridir. Deneylere tabi tutduğumuz 17 numunenin ses dalgasının numunenin içerisinde geçme hızı yüksek ise dayanımın da yüksek olacağını belirtmektedir [48,49]. Şekil 3.26'da görüldüğü gibi USG deney sonucunda en yüksek değer 5 nolu numune olan (0.5 mm tane boyutunda) % 100 AT'dır.

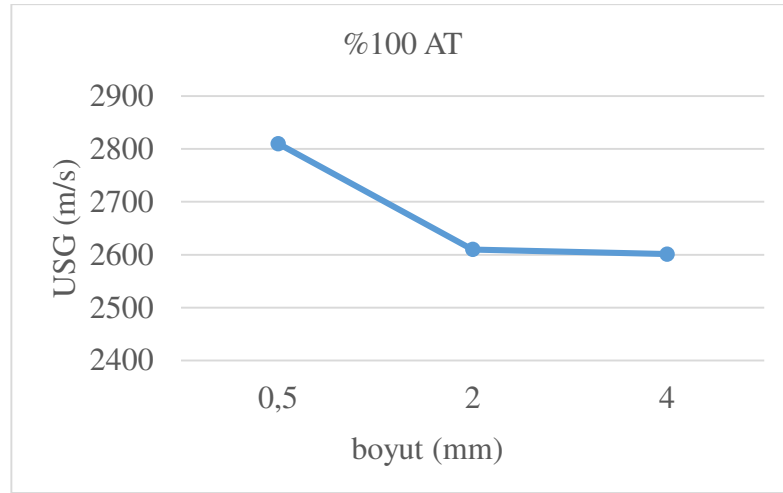
Genellikle Ahlat Taşı kullandığımız karışımlarda USG değerleri daha yüksek çıkmıştır. USG değeri en düşük olan numune Bitlis Pomzasıdır. Karışım olarak ise en düşük USG değeri 11 nolu (4 mm tane boyutundaki) % 100 BP'dır. Saf Ahlat Taşı % 100 AT olan 5, 10 ve 15 nolu numuneye göre çimento kullanıldığı için USG değeri daha düşük çıkmıştır. Porozite (gözeneklilik) değerleri ile USG değerleri ters orantılıdır. Porozite değeri düşük olan numunelerin USG değerleri daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 3.26. USG sonuçları grafiği



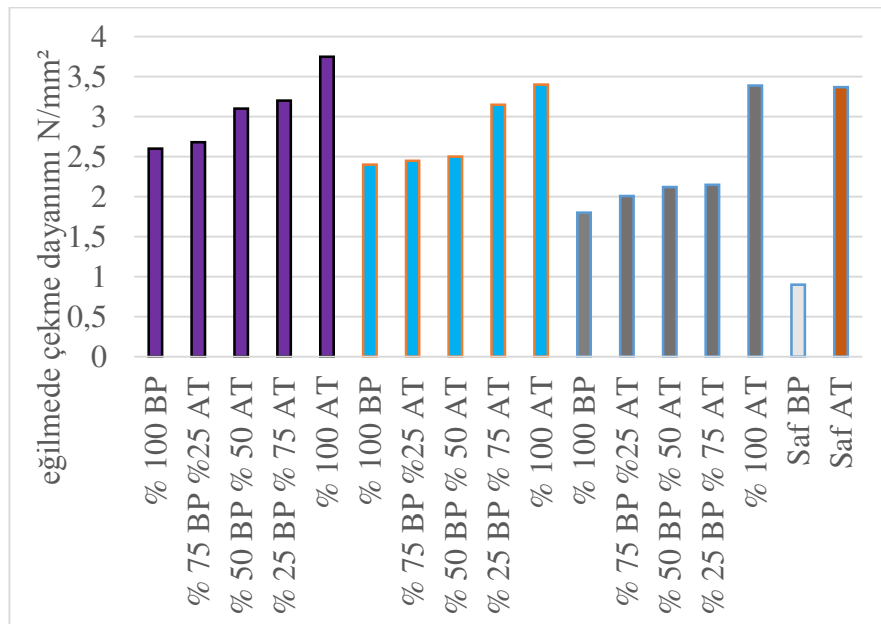




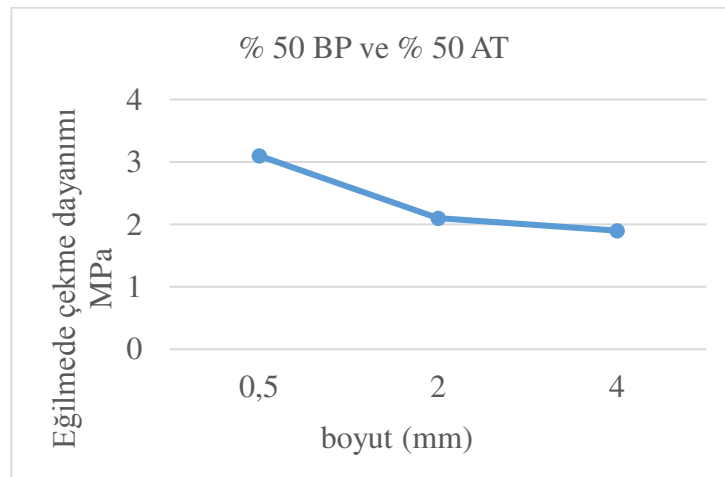
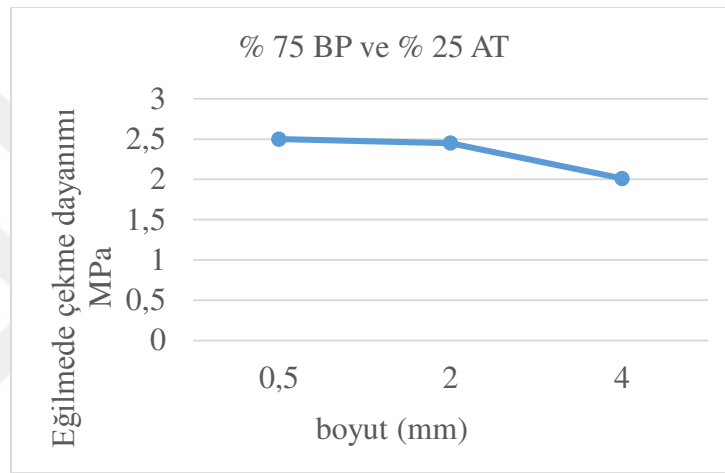
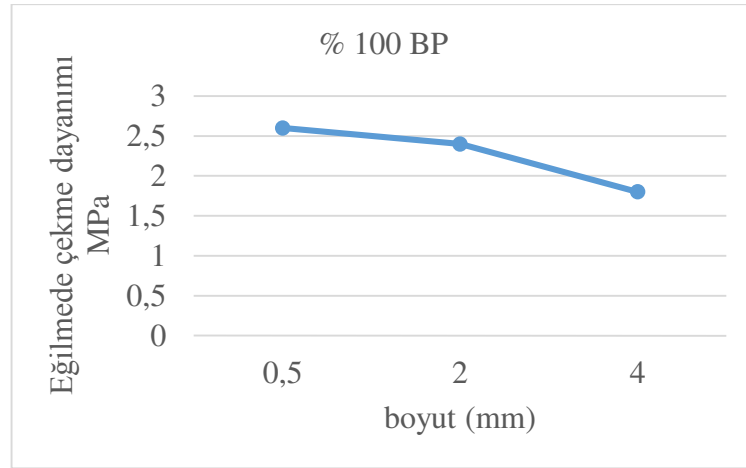
Şekil 3.27. Numune türü ve boyutuna göre USG deney grafiği

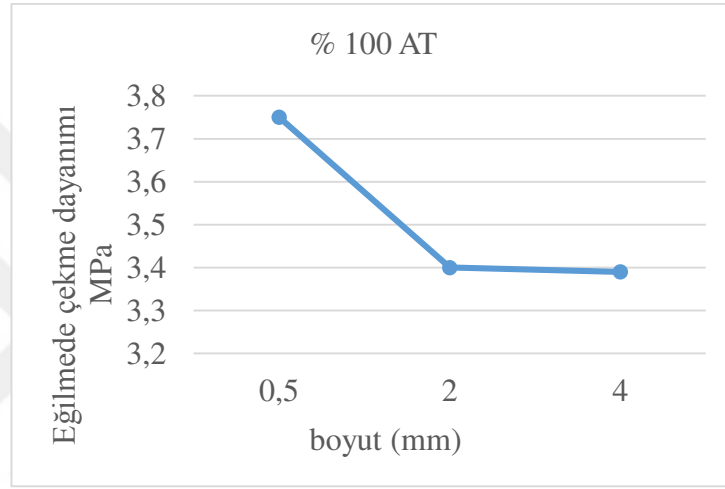
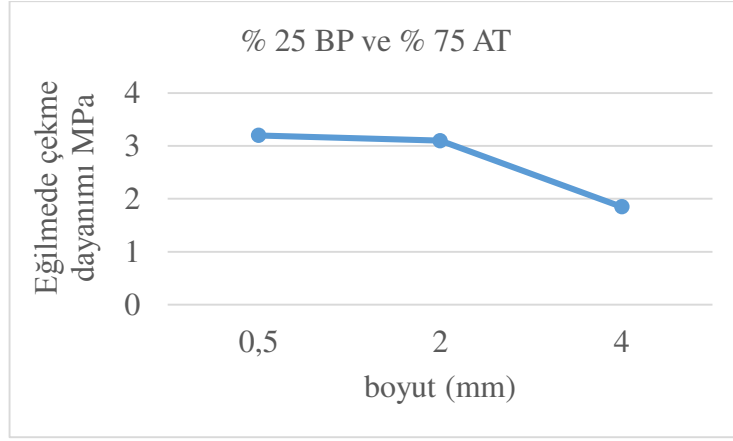
3.3.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi

Şekil 3.28’de görüldüğü gibi çekme dayanımı en yüksek olan 5 nolu numune (0,5 mm tane boyutundaki) % 100 AT’dır. Çekme dayanım testi en düşük olan saf BP’dır. Karışımlarımızda USG deney sonuçlarında da en yüksek değer 5 nolu numune en düşük değer ise 11 nolu numunedir. Genellikle numune içerisindeki sesin hızı yüksek ise numunenin dayanımı da yüksektir. Saf Ahlat Taşının çekme dayanımı saf BP’dan daha yüksektir. Bunun nedeni BP’nın gözenek miktarının fazla olmasıdır. Eğilmede çekme dayanımı ile porozite (gözeneklilik) ters orantılı olup, porozite değeri artan numunelerin çekme dayanımı düşüktür.

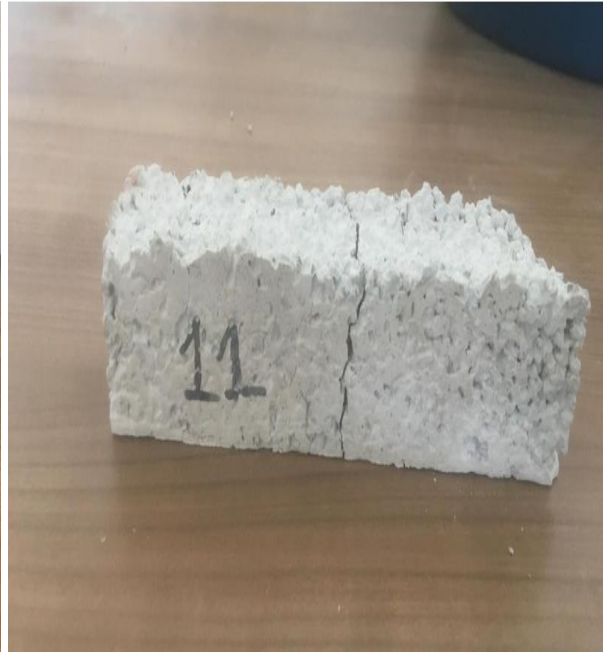


Şekil 3.28. Eğilmede çekme dayanım grafiği





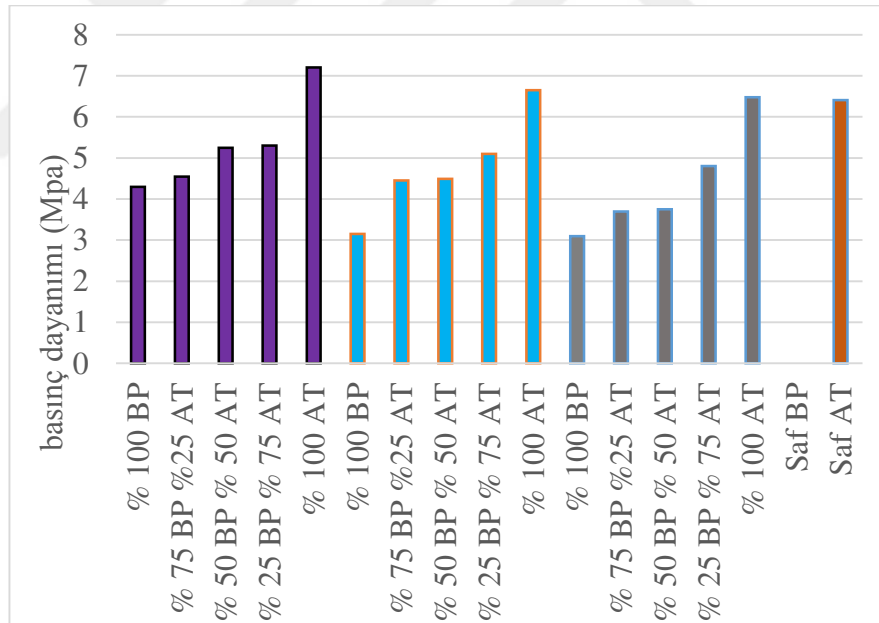
Şekil 3.29. Numunenin boyutlarına göre eğilmede çekme dayanım grafiği



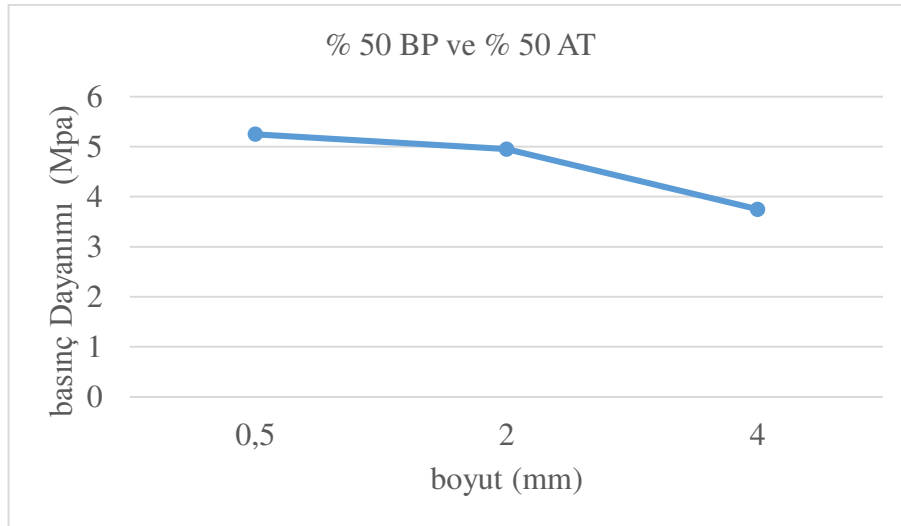
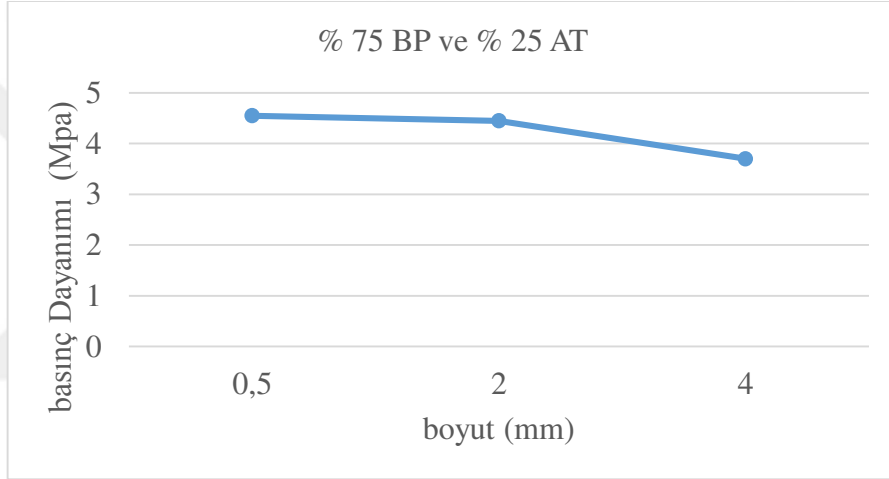
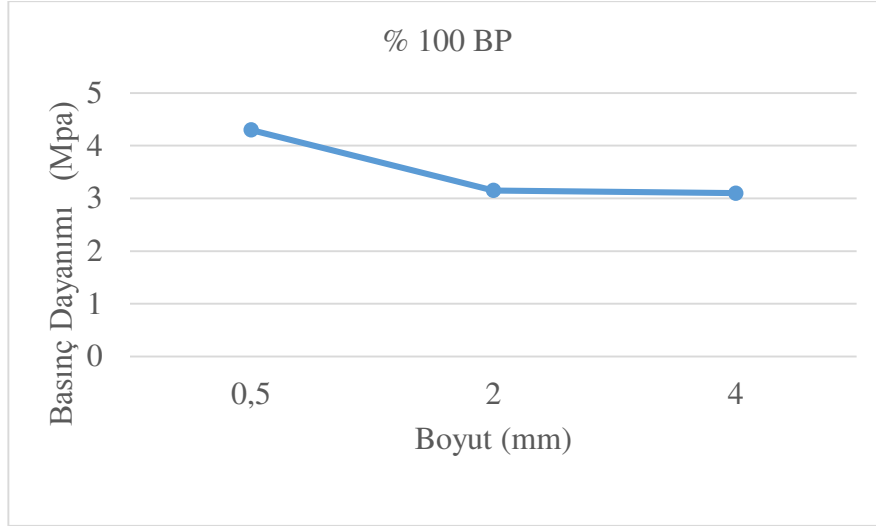
Şekil 3.30. Eğilmede çekme dayanımı sonucu numuneler

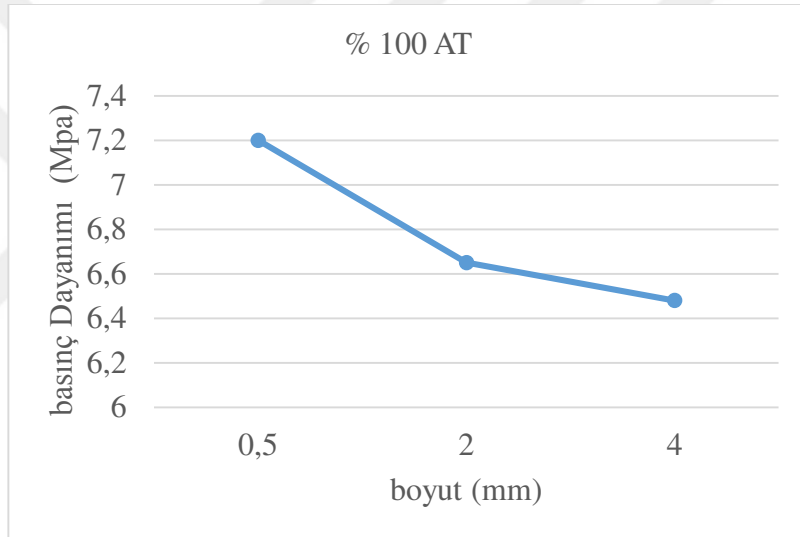
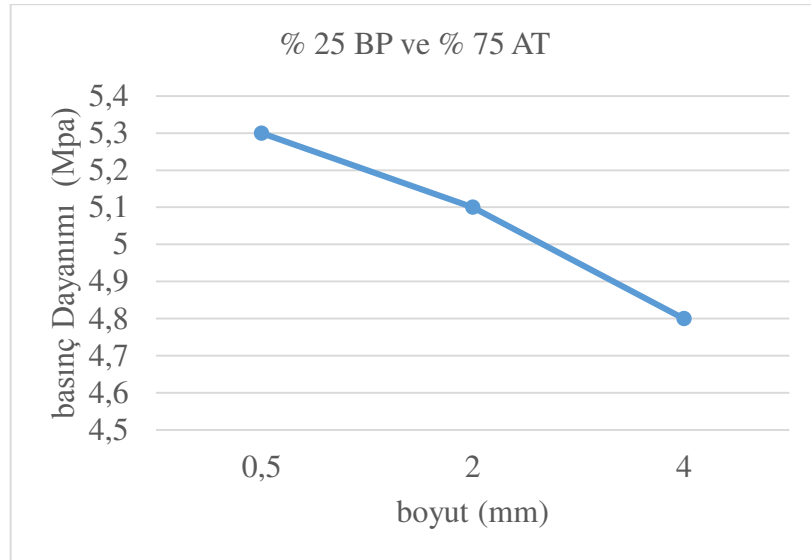
3.3.3. Basınç Dayanımı Deneyi

Çalışmada basınç dayanımı 7 günlük (su kürü) kür yaşını tamamlayan numunelere uygulanmıştır. Kür yaşı arttıkça dayanımında artması gerekir. 28 günlük kür yaşını tamamlayan numunelerin dayanımları daha yüksektir. Bunun sebebinin çimento içindeki bazı bileşenlerin su ile tepkimeye girdiğinde çimentoda bağ yapısı sebebiyle mukavemetini artırır. Şekil 3.31’de gösterildiği (mor renk 0,5 mm tane boyutunu mavi renk 2 mm ve gri renk 4 mm tane boyutundadır. Kahverengi saf AT’nı ifade etmektedir.) gibi basınç dayanımı en yüksek olan 5 nolu numunedir. Bu numune (0,5 mm tane boyutunda) olup % 100AT’dır. Genellikle Ahlat Taşı olan serilerin daha yüksek sonuçlar verdiği en düşük basınç dayanımı ise 11 nolu numune yani %100 BP karışımıdır. Saf BP’sının dayanımı çok düşük olduğundan dolayı cihaz okumadı. Saf Ahlat Taşı dayanımı ise 6,41 MPa’dır. Genel olarak pomza için % 100 BP karışımlarında 0,5 mm, 2 mm ve 4 mm’deki basınç dayanımları saf BP’a göre yüksektir. Dolayısıyla çimento ve su oranı pomza da dayanımı artırmıştır.



Şekil 3.31. Basınç dayanım grafiği





Şekil 3.32. Numune çeşidine ve boyutuna göre basınç grafikleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, BP ve Ahlat Taşı karışımının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

1. Isıl iletkenlik katsayısı, su emme oranı, Ultrasonik ses geçirgenlik hız tayini testi, üç noktalı eğilmede çekme dayanımı ve basınç dayanımı en yüksek olan (0,5 mm tane boyutundaki) % 100 AT olan 5 nolu numunedir.
2. Elde edilen numunelerin ısı iletkenlik katsayıları 0,3468 W/m.K ile 0,4983 W/m.K arasında değişmektedir. Isıl iletkenlik katsayısı en düşük olan 0,01459 W/m.K ile saf BP'dır. (4 mm tane boyutunda) % 100 BP'sı olan 11 nolu numunenin. ısı iletkenlik katsayısı 0,3468 W/m.K'dır..
3. Isıl iletkenlik katsayı grafiğinde görüldüğü gibi ısı iletkenlik katsayısı 0,07 W/m.K değerinden büyük olduğundan dolayı tüm numuneler ancak yapı malzemesi olarak kullanılabilir.
4. 16 nolu (saf BP) hariç tüm malzemelerin basınç dayanımı 2,8MPa'dan büyük olduğundan dolayı ancak duvar malzemesi olarak kullanılabilir..
5. Basınç dayanımı çok düşük olan saf BP'sı duvar malzemesi olarak kullanılamaz iken saf BP öğütölüp farklı tane boyutuna getirildikten sonra (0,5 mm, 2mm ve 4 mm tane boyutundaki % 100 BP olan numuneler) çimento karışımı ile mukavemeti artırıldı. Ve basınç dayanımı 2,8 MPa'dan büyük olduğu için yapı malzemesi (duvar) olarak kullanılabilir.
6. Üç noktalı eğilmede çekme dayanımında tüm numuneler 5 Mpa değerinin altında olduğu için kiriş malzemesi olarak kullanılamaz.
7. Saf BP ve saf AT kılcallık su emme katsayısı yüksek iken bu malzemeler öğütölüp karıştırıldığında kapılar su emme katsayısı düşmüş oldu.
8. Numuneler karşılaştırıldığında 12 nolu ve 13 nolu (4 mm tane boyutunda) numunelerin ısı iletkenlik katsayıları ve kapılar su emme katsayısı düşük, dayanımı yüksek olduğundan dolayı bu numuneler yapı malzemesi olarak kullanılabilir.
9. Numunelerin kılcallık katsayılarına bakıldığında 17 nolu numunenin (saf Ahlat Taşı) kapılar su emme oranı en yüksek olanıdır. AT'nin boşluk miktarı daha düşük olup, saf AT'nin (gözenek) por çapı saf BP'sına göre daha küçük ve boşluklar sıralı olarak dizildiği için saf AT'nin kapılar su emme katsayısı saf BP'dan daha yüksektir.

10. Porozite ve su emme oranları doğru orantılı olup, porozite oranı artıkça su emme oranı artacaktır. AT kullandığımız numunelerde su emme ve porozite oranı daha düşüktür. Su emme ve porozite (gözeneklilik) oranı en fazla olan saf BP'dır.
11. Porozite ve ısı iletkenlik ters orantılıdır. Porozite (gözeneklilik) artıkça ısı iletkenlik katsayı değeri düşecektir. 5 nolu (0,5 mm tane boyutu % 100 AT) numunenin porozite değeri en düşük, ısı iletkenlik katsayısı ise en yüksek olandır. 11 nolu (% 100 BP) numunenin porozite (gözeneklilik) yüksek, ısı iletkenlik katsayısı ise düşüktür.
12. Porozite (gözeneklilik) oranı artıkça basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve USG değeri azalacaktır.
13. Porozite (gözeneklilik) değerleri su emme değerleri ile doğru orantılı iken, ısı iletkenlik katsayısı, kapılar su emme, basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve USG ile ters orantılıdır.
14. İşlenmiş malzemelerin dayanımları daha yüksek ancak daha maliyetli olmaktadır.
15. Saf AT'nın su emme oranı yüksek olduğundan yapı malzemesi olarak kullanılmasının sakıncaları mevcut olup, bu sakıncalar ancak malzemenin işlenmesiyle giderilebilir.
16. Saf BP'sının ısı iletkenlik katsayısı düşük olduğundan dolayı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir.
17. BP ve AT karışımları malzemenin dayanımını artırırken ısı iletkenlik katsayısını da artırdığından yapı malzemesi (duvar) olarak kullanılabilirken yalıtım malzemesi olarak kullanılmamaktadır.
18. Bu çalışmada numuneler 7 günlük kürlenmeye bırakılmıştır. Ancak daha uzun kür sürelerine tabi tutulması halinde dayanım değerleri daha yüksek çıkacaktır.

5. KAYNAKLAR

- [1] <https://pomzamer.sdu.edu.tr> (Erişim tarihi:05.06.2021)
- [2] James A, Barr Jr, 1949. Pumice and Pumrite Industrial Minerals and Rocks, New York.
- [3] şimşek O, 2007. Yapı Malzemeleri II. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [4] Köktürk U, 1993. Endüstriyel Hammaddeler. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları. İzmir.
- [5] Boran A, 1994. Van Gölü Çevresindeki Tek Kubbeli Camilerin Türk Sanatındaki Yeri. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.
- [6] Kazancı N, Gürbüz A, 2014. Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları. Türkiye Jeoloji Bülteni, 57 (1): 19-44.
- [7] şimşek O, Erdal M, 2004. Ahlat Taşının (İgnimbrit) Bazı Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 17 (4): 71-78.
- [8] Ercan T, Fujitami T, Madsuda JL, Notsu K, Ui T, 1990. Doğu ve Güneydoęu Anadolu Neojen-Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 110: 143-164.
- [9] Aydar E, Gourgaud A, Ulusoy I, Digonnet F, Labazuy P, Sen Tolluoglu AU, 2003. Morphological Analysis of Active Mount Nemrut Stratovolcano, Eastern Turkey: Evidences and Possible Impact Areas of Future Eruption. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 123 (3-4): 301-312.
- [10] Bakış A, Işık E, Hattatoęlu F, Akıllı EA, 2014. Jeolojik Miras Nitelikli Ahlat taşı' nın İnşaat Sektöründe Kullanımı. III. Uluslararası Ahlat-Avrasya Bilim, Kùltür ve Sanat Sempozyumu, Ankara, s: 44-58.
- [11] TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2005. Yalıtım. Merkez içi Eğitim Merkezi Yayınları. Ankara.
- [12] Rubacı E, 2006. Yařanan Konutlarda Enerji Tasarrufu. Martav Yalıtım A.ř 2006, 25-36
- [13] Oktay H, 2017. Yalıtım Özelliği Yüksek Yapı Malzemelerinin Geliştirilmesi Ve Isıl Performanslarının İncelenmesi. Doktora Tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- [14] TS 825, 2009. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [15] Sancak E, 2005. Silis Dumanı Katkılı Bims Betonların Özellikleri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- [16] Serin G, Çankıran O, Başıyigit C, Fenkli M, Taş HH, 2007. Normal, Hafif ve Yarı Hafif Beton Blokların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1: 15-22.
- [17] ASTM, C203–99, 2017. Standard Test Methods for Breaking Load and Flexural Properties of Block-Type Thermal Insulation. ASTM International: West Conshohocken, PA.
- [18] Kalaycı F, 2016. Perlit Esaslı Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- [19] Bayraktar D, 2016. Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (1): 59-66.
- [20] Rossignolo JA, Agnesini MV, Morais JA, 2003. Properties of High- Performance LWAC for Precast Structures With Brazilian Light Weight Aggregates. Cement and Concrete Composites, 25 (1): 77-82.
- [21] <https://www.gnyapi.com.tr/isi-yalitimi-nedir/> (Erişim tarihi:04.08.2021)
- [22] Çengel YA, Tanyıldızı V, Dağtekin İ, 2011. Isı ve kütle transferi. Güven Kitabevi. İzmir.
- [23] Bayrakçı HC, Davraz M, Başpınar E, 2011. Yeni Nesil Isı Yalıtım Malzemesi Vakum Yalıtım Paneli. SDU Teknik Bilimler Dergisi, 1 (2): 1-12.
- [24] Kwon JS, Jang CH, Jung H, Song TH, 2009. Effective Thermal Conductivity of Various Filling Materials for Vacuum Insulation Panels. International Journal of Heat and Mass Transfer, 52 (23): 5525-5532.
- [25] Şen AO, 2006. Şen Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiye’de Yalıtım. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [26] Kidner MR, Hansen CH, 2008. A Comparison and Review of Theories of the Acoustics of Porous Materials. International Journal of Acoustics and Vibration, 13 (3): 112-119.
- [27] Özgüven HN, 2008. Gürültü Kontrolü. Türk Akustik Derneği Yayını. Ankara
- [28] Doğmuş R, 2016. Hafif Agregalar Kullanılarak Yalıtım Özelliği Yüksek Duvar Yapı Malzemelerinin Geliştirilmesi, Isıl ve Ses Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- [29] Gündüz L, Sarışık A, Tozaçan B, Davraz M, Uğur İ, Çankıran O, 1998. Pomza Teknolojisi. İsbay Yayıncılık. Isparta.
- [30] Bekaroğlu M, 2012. Kompozit Yapıda Pomza Agregası İçeren Köpük Betonun Özellikleri ve Teknik Parametrelerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- [31] Köktürk U, 1997. Endüstriyel Hammaddeler. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayıncılık. İzmir.
- [32] Özkan G, Tuncer G, 2001. Pomza Madenciliğine Genel bir Bakış. IV. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim 2001, İzmir, s: 200-207.
- [33] Taşkın V, 2016. Bitlis Pomzası İle Kendiliğinden Yerleşen Hafif Beton Tasarımı ve Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
- [34] Elmastaş N, 2012. Türkiye Ekonomisi İçin Önemi Giderek Artan Bir Maden Pomza (Sünger Taşı). Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 23 (5): 197-206.
- [35] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-yataklari> (Erişim Tarihi: 26.10.2021)
- [36] Varol OO, 2016. Bitlis ve Van İllerinde Pomza Madenciliğine Genel bir Bakış. Bilimsel Madencilik Dergisi, 55 (3): 27-34.
- [37] Akman Pek AN, Akman MS, 2012. Kıyı ve Açık Deniz Yapılarında Beton. Maya Basın Yayıncılık. İstanbul.
- [38] Dal M, Kılınç C, Eren E, Işık A, 2013. Beton Teknolojisi ve Beton Teknolojisi Laboratuvarı. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi Yayıncılık, İstanbul.
- [39] Kazancı N, Gürbüz A, 2014. Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları. Türkiye Jeoloji Bülteni, 57 (1): 19-44.
- [40] <http://www.ahlattasi.com> (Erişim Tarihi: 01.11. 2021).
- [41] <https://abs.firat.edu.tr> (Erişim tarihi: 02.11.2021).
- [42] Aydın İ, 2010. Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [43] Işiker Yusuf, 2018. Enerji Verimli Alternatif Yapı Malzemelerinin Isıl Performanslarının Belirlenmesine Yönelik DeneySEL Yöntem Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Şanlıurfa.
- [44] TS EN 12390-5, 2019. Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- [45] Oktay H, Yumrutaş R, Akpolat A, 2015. Mechanical And Thermo Physical Properties of Light Weight Aggregate Concretes. Construction And Building Materials, 96: 217-225.
- [46] Bogas JA, Gomes MG, Real S, 2015. Capillary absorption of structural light weight aggregate concrete. Materials and Structures, 48 (9): 2869-2883.
- [47] Erdal M, Şimşek O, 2011. Ahlat Taşı (Ignimbrit) Atıklarının Taşunu Olarak Beton içinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Politeknik Dergisi, 14 (3): 173-177.
- [48] Erdoğan YT, 2013. Beton. ODTÜ Yayıncılık. Ankara.

- [49] Bozkurt N, Karaca EO, 2019. Atık Taş Tozları ile Üretilen Harçların Dayanım ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi, 31 (1): 11-20.



ÖZGEÇMİŞ

■■■■■■■■■■ yılında ■■■■■■■■■■'da doğdum. İlköğretimi ■■■■■■■■■■ İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu ■■■■■■■■■■'nda ve liseyi ■■■■■■■■■■ Lisesi'nde tamamladım. ■■■■■■■■■■ yılında kazandığım ■■■■■■■■■■ Mühendislik Fakültesi Bölümü'nden ■■■■■■■■■■ mezun oldum. 02/02/2018'de ■■■■■■■■■■ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladım. ■■■■■■■■■■ yüksek lisansımı tamamladım. Yabancı dilim İngilizce'dir.

Melek ERDEM