

MÜHENDİSLİK-MİMARLIK VE TASARIM BİLİMLERİNDE AKADEMİK ÇALIŞMALAR-2019

MÜHENDİSLİK-MİMARLIK VE TASARIM BİLİMLERİNDE AKADEMİK ÇALIŞMALAR-2019

Editörler

Doç. Dr. Duygu KAVAK

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY

Dr. Ali KILIÇER

STAMPALIA
IVPE

ISBN: 978-9940-540-78-4

STAMPALIA
IVPE

STAMPALIA
IVPE

MÜHENDİSLİK-MİMARLIK VE TASARIM BİLİMLERİNDE

AKADEMİK ÇALIŞMALAR-2019

Editörler

Doç. Dr. Duygu KAVAK

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY

Dr. Ali KILIÇER

Cetinje 2019



Editörler

Doç. Dr. Duygu KAVAK

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY

Dr. Ali KILIÇER

Birinci Baskı • © Şubat 2019 /Cetinje-Montenegro

ISBN • 978-9940-540-78-4

© copyright

All Rights Reserved / Tüm hakları saklıdır

Ivpe

web: www.ivpe.me

Tel. +382 41 234 709

e-mail: office@ivpe.me



Print

Ivpe

Cetinje, Montenegro

İÇİNDEKİLER

Önsöz /-III

Hakem Kurulu /-V

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

BÖLÜM I

HİSTOGRAM TABANLI ŞABLON EŞLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE OPTİK DİSK KONUMUNUN TESPİTİ / Canan ÇELİK /-1

BÖLÜM II

BIYO-TABAKLAMA MADDESİ –VALEKS EKSTRAKTLARININ ÖZELLİKLERİ / Buket KANER & Selime MENTEŞ ÇOLAK /-13

BÖLÜM III

KERATİNLİ ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ / Selime MENTEŞ ÇOLAK & Gülizar YELDIYAR /-27

BÖLÜM IV

ZEMİNLERDE KAPLAMA OLARAK KULLANILAN ANDEZİTİN KAYMA DİRENCİNE SU İTİCİ KİMYASAL MADDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ / Mustafa Yavuz ÇELİK & Murat SERT & Zeyni ARSOY /-43

BÖLÜM V

YAPI TAŞI OLARAK KULLANILAN ANDEZİTİN SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİNİN İNCELENMESİ / Mustafa Yavuz ÇELİK & Zeyni ARSOY & Murat SERT /-57

BÖLÜM VI

ARAÇ YIKAMA TESİSİ ATIKSUYUNDAN RENK GİDERİMİNDE DK MEMBRANIN PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI / Duygu KAVAK /-71

MİMARLIK, PLANLAMA VE TASARIM ÇALIŞMALARI

BÖLÜM VII

*İSTANBUL ANADOLU YAKASIN'DA YER ALAN ALIŞVERİŞ
MERKEZLERİNİN MEKÂNSAL TASARIM-ESTETİK VE KULLANICI
MEMNUNİYETİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ / Handan
ÖZSİRKINTI KASAP /-81*

BÖLÜM VIII

*BİTLİS GARMRAG SURP NŞAN KİLİSESİ KORUMA SORUNLARI /
Dilşat Deniz BİNDAL & İrem KÖSE /-103*

HAKEM KURULU

Prof. Dr. Oğuz Gürsoy, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye

Pof. Dr. Rıdvan Karapınar, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,
Türkiye

Prof. Dr. Serdar Salman, Marmara Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Şemsi Yazıcı, Ege Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Duygu Kavak, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Selime Menteş Çolak, Ege Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
Türkiye

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

YAPI TAŞI OLARAK KULLANILAN ANDEZİTİN SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİNİN İNCELENMESİ

Investigation of water vapor transmission of andesite used as building stone

Mustafa Yavuz ÇELİK* & Zeyni ARSOY ** & Murat SERT ***

1. Giriş

Andezitler, koyu renkli mineral miktarı ve tane büyüklüğüne bağlı olarak açık gri-gri arasında değişen renkler gösterirler. İnce taneli ve volkan camı içeriği yüksek olan andezitlerin koyu gri-siyah renklere sahip olduğu gözlenir. Bozunma sonucu kahverengi, morumsu veya kırmızımsı renkler, kloritleşmeye bağlı olarak yeşilimsi-gri renklere gösterebilirler (Erkan, 2006). Volkanik kökenli olan andezitlerin renk, doku ve sertlik açısından uygun olan bazı türleri, yapılarda kullanılmaktadır. Su emmeyen, suda dağılmayan özelliği, sıkı dokulu ve koyu kırmızı renkli olmasının yanı sıra kırıldığında ve disk kesicilerde kesildiğinde düzgün yüzey veren andezitler, daha çok tercih edilebilir özelliktedirler. İç Anadolu bölgesinde (Ankara, Çankırı, Afyon) andezit üretimi son yıllarda büyük artış göstermiştir (DPT, 2001). Afyonkarahisar’da andezitlerin yapılarda kullanım görüntüleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1 Yapılarda kaplama malzemesi olarak kullanılan andezitler

Doğal yapı taşları, zamana bağlı olarak çevre koşulları gibi çeşitli etkiler nedeniyle birtakım bozulmalara maruz kalırlar. Buna “alterasyon”

* (Doç. Dr.); Afyon Kocatepe Üniversitesi, E-mail:mycelik@aku.edu.tr

** (Öğr. Grv.); Afyon Kocatepe Üniversitesi, E-mail:zeyniarsoy@aku.edu.tr

*** (Öğr. Grv.); Afyon Kocatepe Üniversitesi, E-mail:msert@aku.edu.tr

da denir. Zaman içerisinde, bu bozulmaların etkisiyle doğal yapı taşları sahip oldukları fiziksel ve mekanik özellikleri kaybetmeye başlarlar. Doğal taşlarda bozunmaya yol açan nedenler iç ve dış olarak ikiye ayrılmaktadır. Taşın veya kullanıldığı yapının kendi özellikleri (yapısal, dokusal mineralojik vs) bozunmaya yol açan iç nedenlerdir. Yapının konumu, bulunduğu zeminin özellikleri, taşın özellikleri, hatalı taş seçimi ya da kullanımında yapılan hatalar bu gruba girmektedir.

Başta atmosfer etkileri olmak üzere doğal etkenler, çevreden gelen etkiler ve insanların verdikleri zararlar ise dış nedenlerdir. Deprem, toprak kayması, sel gibi doğal afetler, iklim koşulları, nem ve sıcaklık değişimi gibi atmosfer olayları, hava kirliliği, trafik ve insanların neden olduğu hasarlar bu gruba girer.

Yapıtaşlarındaki ayrışmada, taşın bulunduğu çevrenin iklimsel özellikleri birinci derecede rol oynamaktadır. Nemli, sıcak bölgelerde kimyasal ayrışma ön plandadır ve ayrışma daha hızlıdır. Soğuk ve kurak bölgelerde ise fiziksel ayrışma ön plandadır ve daha yavaştır. Ayrışmada ana kayanın direnci önemlidir. Sert taşlar zor ayrışırken yumuşak taşlar daha kolay ayrışmaktadır (Akin, 2008).

Yapıtaşlarında ayrışmaya neden olan en önemli etkenlerden birisi sudur. Su, doğal yapı taşları içerisine çeşitli şekillerde girerek onlara zarar verebilir. Çevrimsel olarak gerçekleşen ıslanma-kuruma olaylarının yapıtaşlarında ayrışmaya katkıda bulunduğu bilinen bir gerçektir. Birçok doğal taş türü, su emmesi ile genişleme ve kuruma ile büzülme davranışı sergiler. Bu genişleme-büzülme döngüsü sırasında tane sınırlarında gerilmeler oluşur ve bu gerilmeler zamanla tanelerin ayrılmasına ve taş bünyesinde deformasyonlara yol açar (Akin, 2008).

Tavan-taban veya yan yüzeylerinden yapı içine giren su, yapı malzemesinin nem içeriği ile ısısının değişmesine neden olmaktadır. Isı ve su içeriğindeki bu değişim de malzemede büzülme ve şişme gibi hacimsel deformasyonlara yol açmaktadır. Meydana gelen bu hacimsel deformasyonlara bağlı olarak malzemede zamanla mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Daha sonra, oluşan bu mikro çatlaklardan, yapı malzemesi içerisine suyun girişi ve onun içerisindeki hareketi çok daha kolaylaşmaktadır. 3,5 A° büyüklüğünde olan su molekülleri kendilerinden daha büyük olan yapı malzemesi içerisindeki gözeneklere ve mikro fissürlere rahatlıkla girebilmekte ve üzerindeki basınca bağlı olarak da birbirleriyle bağlantılı olan gözenekler ve mikro fissürler içerisinde hareket edebilmektedir (Özdemir, 2002).

Suyun buhar halinde malzemeye ulaşması veya sıcaklık nedeniyle buharlaşması, iç yapısında yoğunlaşma bağlı olarak çeşitli ayrışmalara yol açmaktadır. Sıcaklık ve bağıl nemin fazla oluşu, bu hareketi hızlandırır. Suyun malzeme üzerindeki etkisi ya malzemenin su içinde bulunması ya

da suyun yüzeysel olarak etkisi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca buhar basıncından ortaya çıkan kondansasyon (buhar geçirimsizliği) ise malzeme içyapısını veya yüzeysel olarak malzemeyi etkilemektedir (Ekinci vd. 2007). Mermer ve doğaltaşların inşaat sektöründe yapı ve/veya kaplama taşı kullanımları durumunda, binanın ısı performans irdelenmesi gerekmektedir. Özellikle dış duvar bileşenini oluşturan kaplamaların yoğuşma hesabının yapılabilmesi için duvar kesitinde kullanılan mermerlerin, su buharı difüzyon özellikleri parametrik olarak bilinmesi gerekmektedir (Gündüz vd. 2012).

Literatürde yapı taşlarının su buharı geçirgenliği üzerine bazı çalışmalar bulunmaktadır (Beck vd. 2003; Atmaca ve Kargıcı, 2006; Mukhopadhyaya vd. 2011; Nakabayashi vd. 2011; Yu, ve Zhang, 2012; Vejmelková vd. 2013; D'Orazio ve Munafò, 2016). Ertaş (2001), buhar fazındaki nemin bina içindeki oluşumunu, hareketini, zararlarını ve engellenmesini incelemiştir. Gündüz vd. (2012), bazı mermerlerin su buharı difüzyon karakteristiklerini ortaya koymuşlardır. Pavlík vd. (2012), gözenekli yapı malzemelerinde su buharı adsorpsiyonunun deneysel ölçme ve teorik analizini yapmışlardır. Togkalidou vd. (2013), doğal ve yapay yapı malzemelerinin çeşitli mikro yapı parametrelerini inceleyerek su buharı geçirgenliği ile korelasyonunu amaçlamışlardır. Keppert vd. (2016), difüzyon direnci faktörünün toplam kumtaşı gözenekliliğine bağlı olduğunu, ancak sorpsiyon davranışının, kumtaşının spesifik yüzey alanı ve kil matrisinin varlığına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. López vd. (2017), doğal yapı taşları ve kireç harcının higrotermal özelliklerini belirlemek için yapılan laboratuvar deneylerinin sonucunda test numunesinin boyutlarının buhar difüzyon direnci faktörünü etkilediğini belirtmişlerdir.

Binalarda kaplama malzemesi olarak kullanılan andezitler, gözenekli bir doğal yapı taştır. Bu özelliğinden dolayı su emme kapasitesi de yüksektir. Özellikle tarihi yapılarda, su emme özelliğini sınırlamak için su itici kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Özellikle duvar kaplaması olarak kullanılan doğal taşların, yoğuşma hesabının yapılabilmesi için su buharı difüzyon ve su buharı geçirgenliği özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada, yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan andezitlerin su buharı geçirgenliği için normal ve su itici kimyasal madde ile kaplanmış örnekleri kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

İnşaat sektöründe yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan andezitler İncehisar (Afyonkarahisar) yöresinde bol miktarda bulunmakta ve üretilmektedir. İncehisar ilçesinin kuzeyinde yer alan Ağın dağındaki ocaklarında andezit blokları çıkarılmaktadır (Şekil 2). Deneylerde

kullanılan andezit örnekleri Afyonkarahisar-Ankara karayolu Susuz mevkiinde bulunan Karabulut Andezit firmasından alınarak Afyon Meslek Yüksek Okulu Mermer Teknolojisi atölyesinde deneylere uygun boyutlara kesilmiştir. Su buharı aktarım özelliklerinin belirlenmesi deneyinde %85 saflıkta potasyum klorür (KCl) çözeltisi kullanılmıştır. Su itici kimyasal madde olarak Teknosil marka şeffaf, siloksan esaslı, solvent bazlı ticari kimyasal madde kullanılmıştır. Su itici kimyasal madde; örnekler yıkayıp kurutulduktan sonra yüzeyine fırça ile tüm yüzeylere bir kat olarak uygulanmıştır. Örnekler, polimerizasyon işlemi sağlaması için 48 saat bekletildikten sonra deneylerde kullanılmıştır.



Şekil.2 Deneylerde kullanılan andezitin çıkarıldığı ocağın lokasyon haritası, ocağın ve andezitin yüzey görünümü

2.2. Yöntem

Andezitlerin yoğunluk, su emme, gözenek, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı gibi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde kullanılan standartlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneyde kullanılan andezitlerin su buharı geçirgenliğine etki eden en önemli özelliklerden birisi de gözenek çapı ve dağılımıdır. Bu amaçla andezit örneklerinin gözenek dağılımları, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (TUAM) cıvalı porozimetre Micromeritics Auto Pore IV 9500 cihazında belirlenmiştir.

Deneyler sonrası andezitlerde meydana gelen tuz birikimleri ve ayrışmanın belirlenmesi amacıyla SEM analiz için örnekler karbonla kaplanmış ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan LEO 1430 VP model SEM cihazı ile incelenmiştir.

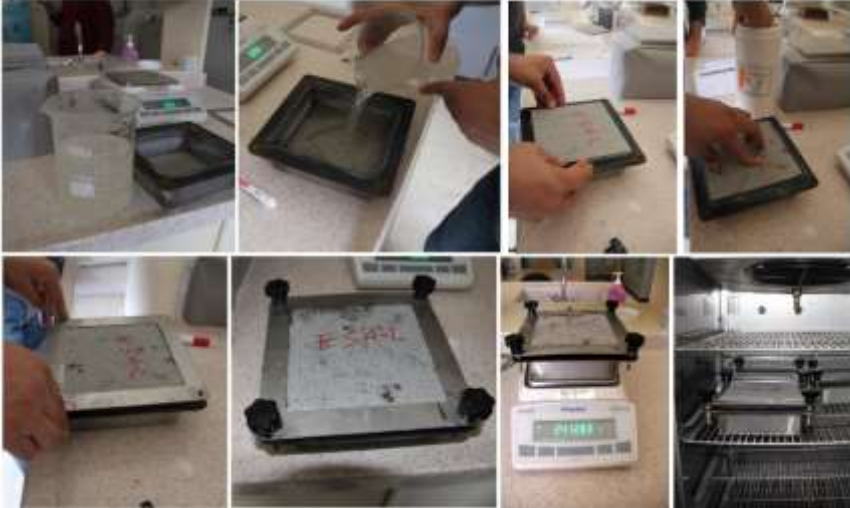
2.2.1. Su Buharı Aktarım Özelliklerinin Belirlenmesi Deneyi

İzotermal koşullar altında binalarda kullanılan ürünlerin su buharı geçirgenliğinin (permeability) ve su buharı geçirimsizliğinin (permeance) belirlenmesine yönelik kap deneyleri (cup test) yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan andezit örneklerinin Su buharı aktarım özelliklerinin belirlenmesi deneyleri TS EN ISO 12572 standardına göre belirlenmiştir.

Çizelge 1. Andezit örneklerinin fiziko mekanik testlerinde kullanılan ilgili standartlar.

Testler	İlgili standart
Yoğunluk (kg/m ³)	TS EN 1936
Ağırlıkça su emme (%)	TS EN 13755
Gözeneklilik (%)	TS EN 1936
Ultrasonik dalga hızı (km/s)	TS EN 14579
Basınç dayanımı (MPa)	TS EN 1926

Deneylerde 160x160x10 mm boyutlarında 3 adet andezit örneği kullanılmıştır. Deney örneğiyle, kurutucu (kuru kap) veya sulu doymuş solüsyon (ıslak kap) içeren bir deney kabının açık tarafına sızdırmazlık sağlanır. Daha sonra bu tertibat ısı ve nem kontrollü deney odasına yerleştirilir. Deney kabı ile oda arasındaki farklı buhar basıncı dolayısıyla, geçirgen örneklerden geçen bir buhar akışı meydana gelir. Sabit durumda su buharı iletim hızını belirlemek için tertibat periyodik olarak tartılır. Deney aşamaları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3 Su buharı aktarım özelliklerinin belirlenmesi deney yöntemi

Deneylerde %85’lik potasyum klorür (KCl) çözeltisi kullanılmıştır. Sıvı solüsyonu her bir kabın dibine minimum 15 mm’lik bir derinlik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Deney örneklerinin yerleştirildiği kap,

standartlarda istenilen teknik kullanılarak sızdırmazlık sağlanmıştır. Sıvı solüsyon ile örnek arasındaki hava boşluğu (15±5) mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney için sıcaklık, nem ve döngü ayarları istenildiği gibi ayarlanabilen iklimlendirme kabini kullanılmaktadır. Öncelikle örnekler birbirini izleyen üç günde ayrı ayrı belirlenen ağırlıklarının %5'lik bir oran dahilinde birbiriyle tutarlı olması için, ağırlıkları stabilize olacak kadar uzun bir süre boyunca (23±5) °C sıcaklık ve %(50±5) bağıl nemde bekletilir. Sonrasında aşağıdaki Çizelge 2'de verilen "Islak Hal" sıcaklık ve nem değerlerinde (Her biri 6'şar saat) 1 hafta boyunca bekletilir. Bir hafta sonrasında örnekler iklimlendirme kabininden çıkartılarak tartımları alınır. Su buharı aktarım değerleri hesaplanır.

Çizelge 2. Su buharı aktarım özelliklerinin belirlenmesi deney şartları

Ayar	Koşul °C- %RH	Sıcaklık °C	Toleranslar			
			Bağıl nem %			
			Kuru hal		Islak hal	
Ayar noktası	Tolerans	Ayar noktası	Tolerans			
A	23 – 0/50	23±0,5	0	+3	50	±3
B	23 – 0/85	23±0,5	0	+3	85	±3
C	23 – 50/93	23±0,5	50	±3	93	±3
D	38 – 0/93	38±0,5	0	+3	93	±3

Bu standart kapsamında, su buharı akış hızı (mg/saat), su buharı geçirgenlik hızı (mg/m².saat), su buharı geçirgenliği (mg/m².Pa), su buharı difüzyon direnci faktörü (μ) değerleri belirlenmektedir.

Örneklerin birbirini izleyen beher tartımı için, kütle değişim hızı, (Δm₁₂) Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\Delta m_{12} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Δm₁₂: kg/s cinsinden beher zamana düşen kütle değişimi

m₁: t₁ zamanında deney tertibatının kg cinsinden kütlesi

m₂: t₂ zamanında deney tertibatının kg cinsinden kütlesi

t₁ ve t₂: s cinsinden, birbirini izleyen tartma zamanlarıdır.

3. Bulgular ve Tartışmalar

3.1. Fiziko-mekanik Özellikleri

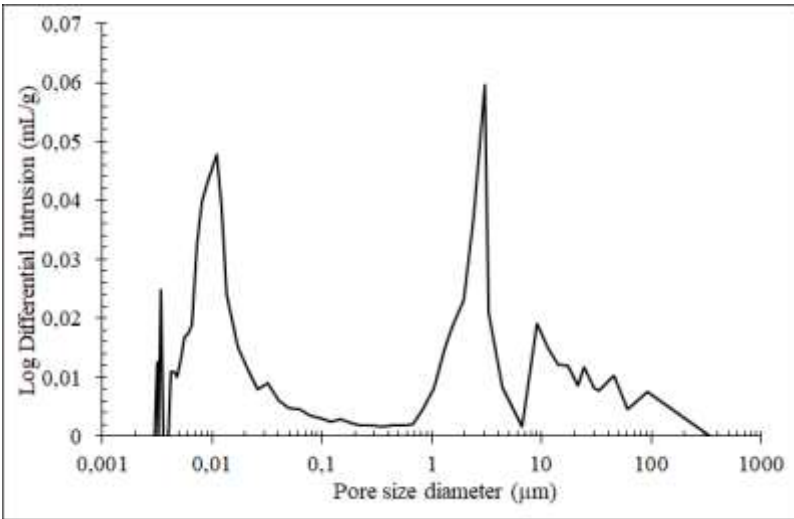
Andezit örneklerinin yoğunluk, su emme, gözeneklilik, ultrases dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Deneylerde elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Andezitin açık gözenekliliği %4,63 iken toplam gözenekliliği %19,25 olarak belirlenmiştir. Andezitin ağırlıkça su emme yüzdesi %2,44'tür. Andezit örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı ise 70 MPa olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Andezitlerin fiziko-mekanik özellikleri

	min	max	ort
Yoğunluk (gerçek) (kg/m ³)	2777,30	2787,20	2781,70
Ağırlıkça su emme (%)	1,97	3,78	2,44
Açık gözenek (%)	3,44	6,04	4,63
Toplam gözenek (%)	18,32	23,49	19,25
Ultrases dalga hızı (km/s)	3,84	4,31	4,16
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	53,05	96,75	70,00

3.2. Gözenek Boyut Dağılımı

Kayma direncinde önemli parametrelerden birisi de gözenekliliktir. Yüksek gözenekliliğe sahip olan kayaların yüzeyi de pürüzlü olabilmektedir. Traverten gibi kayalar iri gözeneklere sahiptir ve bu gözenekler yüzeyde boşluklar olarak yer alırlar. Andezitler ise mikro gözeneklere sahiptir. Andezitin gözenek boyut dağılımı cıvalı porozimetre yöntemiyle ölçülmüş olup sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Ölçüm yapılan andezit numunesinin ortalama gözenek çapı 0,0246 μm , toplam gözenek hacmi 0,0572 mL/g olarak hesaplanmıştır. Andezitin, 0,08 μm -300 μm arasında gözenek boyut dağılımına sahip olduğu görülmektedir. Gözeneklerin büyük bir kısmı da 0,01-3 μm aralığında yer almaktadır. Andezitin gözenek boyut dağılımı, çift doruklu (bimodal) olup 0,01-10 μm arasındadır. Birinci doruk 0,01 μm civarında iken ikinci doruk 3 μm civarında yoğunlaşmıştır.



Şekil 6. Andezitin gözenek boyut dağılımı.

3.3. Su Buharı Aktarım Özelliklerinin Belirlenmesi

Su buharı difüzyonu sonucu oluşan yoğunlaşma, yapı malzemelerine ve yapı malzemelerinde meydana gelen ısı geçişine olumsuz yönde etki eder.

Yapı malzemelerinde kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası sıcaklığının altına düşmesiyle oluşur. Eğer su buharı, yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmazsa, terleme olmadan yapı malzemesi içine girer. Yapı malzemesi içine difüz eden su buharının kısmi basıncı iç katmanlarda herhangi bir noktada o sıcaklıktaki su buharı doyma basıncına eşit olduğu anda yoğuşma başlar. Malzeme içinde yoğuşan su malzemenin nemini arttırır. Yoğuşan suyun miktarı, malzemenin absorbe edebileceği doyma neminden fazla ise serbest kalır ve muhtelif şekillerde malzeme içinde hareket eder. Yoğuşma yapı malzemesinin yapısını bozacağı gibi malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükseltir, ısı kayıplarını da arttırır (Heperkan vd. 2001).

İki veya daha fazla gazdan oluşan bir gaz karışımı, birbiriyle irtibatlı iki ayrı ortamda bulunursa bu iki gaz arasında konsantrasyonlar eşit oluncaya kadar molekül alışverişi olur (Dalton Kanunu). Bu olaya difüzyon (aktarma, geçiş veya yayılma) adı verilir. Nemli hava da bir çeşit gaz karışımı olduğundan, nemli hava, birbiriyle irtibatlı iki ayrı ortamda bulunursa içindeki su buharı konsantrasyonu eşitleninceye kadar iki ortam arasında su buharı molekülü geçişi olur. Difüzyon olayında temel itici güç karışımı oluşturan gazların konsantrasyon farkları yani kısmi basınç farklarıdır. Dolayısıyla buhar difüzyonunda da itici güç kısmi buhar basınçları arasındaki farktır (Ertaş, 2001).

Buhar akımının geçişi, malzemelerin kendi buhar geçirimsizlik (difüzyon) özelliğine – buhar akış yoğunluk değerlerine bağlıdır. Literatürde difüzyon özelliği yerine, çoğu uygulamalarda difüzyon direnç katsayısı (μ) değeri kullanılmakta ve buna göre farklı hesap yöntemleri uygulanmaktadır. Genel bir olgu olarak, malzeme meydana gelen yoğuşma (buharın su haline dönüşmesi) malzeme yüzeyinde gözle görülür halde “terleme” veya malzeme içinde gizli olarak “yoğuşma – kondansasyon” şeklinde görülmektedir. Malzeme yüzeyinde terleme, ortam iç sıcaklığına ve ortamdaki bağıl neme bağlıdır. Eğer, ortam iç sıcaklığı ile malzeme yüzey sıcaklığı arasındaki fark olan soğuma derecesi artarsa, terleme görülür. Malzemenin ısı derecesinin yükseltilmesi, bu soğuma derecesini azaltır (Gündüz vd. 2012).

Yapı taşı olarak kullanılan andezitin su buharı aktarım özellikleri TS EN ISO 12572 standardına göre belirlenmiş olup normal andezitler ait sonuçlar Çizelge 4’de, koruyucu kimyasal madde sürülmüş andezitlerde elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5’de verilmiştir. Su buharı aktarım deneyinde andezit örneklerinin kütle ağırlık değişimleri %si grafiği Şekil 7’de, su buharı aktarım deneyinde andezit örneklerinin buhar geçirgenliği grafikleri ise Şekil 8’de verilmiştir. Su buharı aktarım deneyinde andezit örneklerinin kütle ağırlık değişimleri normal andezitlerde %1,41, koruyucu sürülmüş andezitlerde ise %0,89 azalmıştır.

Çizelge 4. Normal andezitin su buharı aktarımı deney sonuçları

Örnek Boyutları (mm)	160x160x10	160x160x10	160x160x10
Örnek Ağırlığı (g)	508,80	530,03	524,69
Su Hacmi (ml)	700	700	700
Kabin Ağırlığı (g)	1133,51	1122,77	1126,38
Su+ Örnek+Kap Ağırlığı (g)	2415,77	2425,34	2406,21
1. Tartım	2412,61	2422,93	2403,32
2. Tartım	2399,55	2409,68	2394,39
3. Tartım	2387,60	2398,99	2387,64
4. Tartım	2377,11	2388,16	2381,10
5. Tartım	2377,11	2388,16	2381,10
Su Buharı Akış Hızı (mg/h)	161,08	154,92	104,63
Ortalama Sonuç (mg/h)		140,21	
Su Buharı Geçirgenlik Hızı (mg/m ² .h)	7661,51	7368,21	4976,22
Ortalama Sonuç		6668,65	
Su Buharı Geçirgenliği (mg/m ² .Pa)	260,29	250,32	169,06
Ortalama Sonuç		226,56	
Su Buharı Difüzyon Direnci Faktörü (μ)	0,14	0,15	0,21
Ortalama Sonuç		0,17	

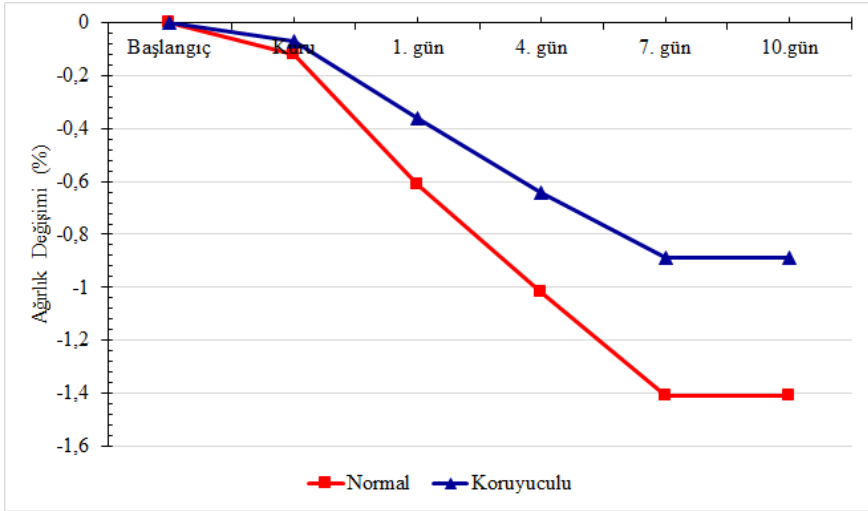
Çizelge 5. Kimyasal koruyucu sürülmüş andezitin su buharı aktarımı deney sonuçları

Örnek Boyutları (mm)	160x160x10	160x160x10	160x160x10
Örnek Ağırlığı (g)	519,61	526,55	529,38
Su Hacmi (ml)	700	700	700
Kabin Ağırlığı (g)	1133,51	1122,77	1126,38
Su+ Örnek+Kap Ağırlığı (g)	2422,57	2412,84	2414,17
1. Tartım	2421,03	2411,13	2412,5
2. Tartım	2415,43	2404,13	2404,22
3. Tartım	2410,91	2396,39	2396,46
4. Tartım	2406,51	2390,07	2388,73
5. Tartım	2406,51	2390,07	2388,73
Su Buharı Akış Hızı (mg/h)	66,92	94,87	106,00
Ortalama Sonuç (mg/h)		89,26	
Su Buharı Geçirgenlik Hızı (mg/m ² .h)	3182,72	4512,49	5041,62
Ortalama Sonuç		4245,61	
Su Buharı Geçirgenliği (mg/m ² .Pa)	108,13	153,30	171,28
Ortalama Sonuç		144,24	
Su Buharı Difüzyon Direnci Faktörü (μ)	0,34	0,24	0,21
Ortalama Sonuç		0,26	

Bir malzemenin su buhar akış yoğunluğu (su buharı geçirgenlik hızı) ne kadar büyük ise, o malzeme o kadar daha iyi difüzyon yapma yeteneğine

sahiptir. Diğer bir deyişle, su buharı akış yoğunluğu ne kadar büyük bir değer ise, o malzeme o kadar nefes alabilirliğine imkân sağlıyor anlamına da gelmektedir (Gündüz vd. 2012). Normal andezitlerde su buharı geçirgenlik hızı ortalaması 6668,65 mg/m²h iken kimyasal koruyucu sürülmüş andezitlerde 4245,61 mg/m²h olarak ölçülmüştür. Kimyasal koruyucu madde andezitlerde su buharı geçirgenlik hızı ortalamasını %57,07 oranında azaltmıştır. Su buharı difüzyonu istenilen durumlarda koruyucu su itici kimyasal maddelerin sınırlı düzeyde kullanılması gerekmektedir.

Normal andezitlerde su buharı akış hızı ortalaması 140,21 mg/saat iken kimyasal koruyucu sürülmüş andezitlerde 89,26 mg/h olarak ölçülmüştür. Kimyasal koruyucu madde andezitlerde su buharı akış hızı ortalamasını %57,08 oranında azaltmıştır. Su buharı geçirgenliği normal ve kimyasal koruyuculu andezitlerde sırasıyla 226,56 mg/m².Pa ve 144,24 mg/m².Pa (%57,07 azalma) olarak hesaplanmıştır. Aynı örneklerde su buharı difüzyon direnci faktörü (μ) ise sırasıyla 0,17 ve 0,26 (%52,94 azalma) olarak belirlenmiştir. Silan esaslı koruyucu kimyasal madde andezitin su buharı aktarım verilerinde azalmalar sağlamıştır.

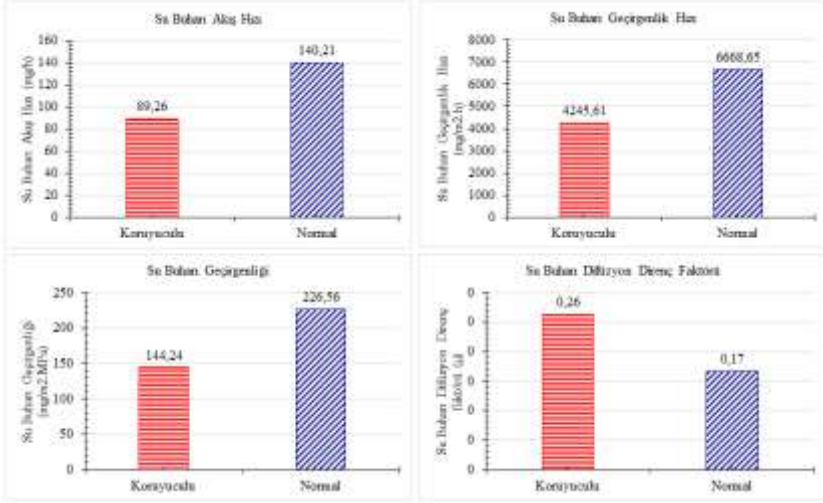


Şekil 7. Su buharı aktarım deneyinde andezit örneklerinin kütle ağırlık değişimleri %si grafiği

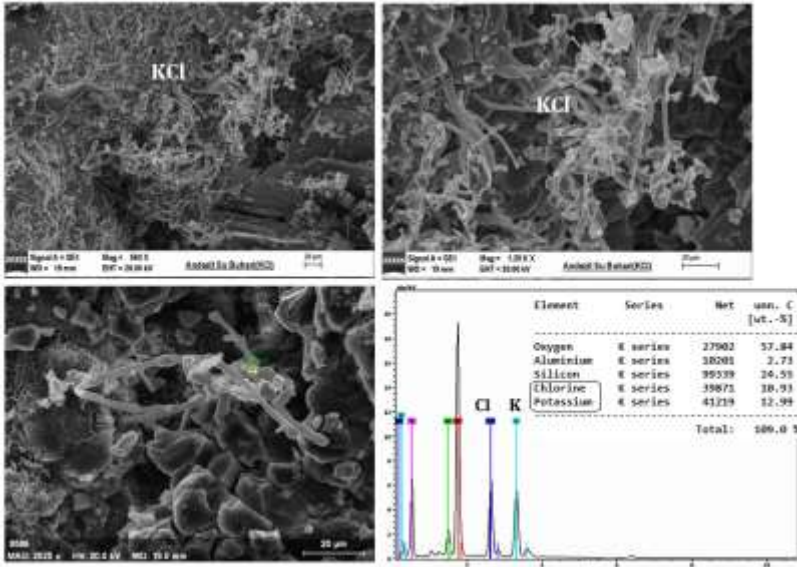
3.4. Su Buharı Geçirgenliği Deneyi Sonrası Andezitlerin SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile İncelenmesi

Su buharı geçirgenliği deneyi sonrası andezit yüzeylerinde ve gözeneklerinde oluşan birikinti tuz (potasyum klorür-KCl) varlığı Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile araştırılmıştır. Tuz minerali olduğu belirlenen alanlarda elementel EDX analizi yapılmıştır. Andezit yüzeyinde ve gözeneklerde belirlenen potasyum klorür-KCl kristalleri ve

elde edilen EDX grafikleri Şekil 9’da verilmiştir. Potasyum klorür-KCl-Silvin kristallerinin genellikle taneler arası boşluklarda ve yüzeylerde biriktiği gözlenmiştir. Silvin kristalleri uzamış kristaller halinde tespit edilmiştir. Bu kristallerin silvin olduğu EDX analizinde belirlenen potasyum ve klor elementleri varlığıyla teyit edilmiştir.



Şekil 8. Su buharı aktarım deneyinde andezit örneklerinin buhar geçirgenliği parametreleri grafikleri



Şekil 9. Su buharı geçirgenliği deneyinde andezit yüzeyinde biriken tuz (KCl) minerallerinin görünümü ve EDX analizi

4. Sonuçlar

Yapılarda kullanılan kaplama malzemelerinde kışın ortaya çıkan terleme veya yoğunlaşma olayı da ayrışma açısından önem taşımaktadır. Yapı malzemesi yüzeyinde yoğunlaşmayan su buharı, doğrudan malzeme içerisine girmektedir. Binalarda kaplama malzemesi olarak kullanılan andezitler gözenekli bir yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı su emme potansiyeli de yüksektir. Bu nedenle özellikle yüksek gözenekli yapı ve kaplama taşları içinde yoğunlaşan su, malzemenin su oranını arttırır. Yoğunlaşan suyun miktarı, malzemenin absorbe edebileceği doyma neminden fazla ise serbest kalır ve malzeme içinde hareket eder. Yoğunlaşma, yapı malzemesinin yapısal özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir ve bu da toplam ısı transferi katsayısını yükselterek ısı kayıplarının artmasına yol açar. Bu nedenle yapı malzemesi olarak kullanılan andezitlerin su buharı geçirgenliği özelliklerinin ortaya konulması amacıyla deneysel çalışmalar yapılmış olup sonuçlara aşağıda özetlenmiştir.

Andezit örneklerinin su buharı aktarım deneyinde kütle ağırlık kaybı değişimleri normal andezitlerde %1,41, koruyucu andezitlerde ise %0,89 olarak ölçülmüştür. Su buharı akış yoğunluğu değerinin büyük olması istenir çünkü bu durum binanın nefes alması ile izah edilmektedir. Normal andezitlerde su buharı geçirgenlik hızı ortalaması 6668,65 mg/m²h, kimyasal koruyucu sürülmüş andezitlerde ise 4245,61 mg/m²h olarak ölçülmüştür. Kimyasal koruyucu madde, andezitlerde su buharı geçirgenlik hızı ortalamasını %57,07 oranında azaltmıştır. Su buharı difüzyonu istenilen durumlarda koruyucu kimyasal maddelerin sınırlı düzeyde kullanılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince 17.MYO.02 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akın, M. (2008). Eskipazar (Karabük) travertenlerinin bozunmasının araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 263 s. (Yayımlanmamış).
- Atmaca, Ş.U. Kargıcı, S. (2006). Konya'da kış aylarında yapı malzemelerinde oluşan buhar geçişinin örnekle incelenmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 47:553, 55-62
- Beck, K. Al-Mukhtar, M. Rozenbaum, O. Rautureau, M. (2003). Characterization, water transfer properties and deterioration in tuffeau: building material in the Loire valley-France. *Building and Environment*, Elsevier, 38, 1151-1162.
- D'Orazio, M. Munafò, P. (2016). A methodology for the evaluation of hygrometric and mechanical properties of consolidated Stones.

International Journal of Architectural Heritage, 10:5, 517-525.

- DPT. (2001). Sekizinci beş yıllık kalkınma planı. Madencilik özel ihtisas komisyonu, endüstriyel hammaddeler alt komisyonu yapı malzemeleri çalışma grubu raporu, *DPT:2616-ÖİK:627*, Ankara.
- Ekinci, C.E., İşçi, N. ve Alyavuz, F. (2007). Yapılar nasıl hastalanır? *e-Journal of New World Sciences Academy Natural and Applied Sciences*, 2(1), A0014, 9-21.
- Erkan, Y. (2006). Magmatik Petrografi, Ankara: (5. Baskı), *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*.
- Ertaş, K. (2001). Binalarda buhar difüzyonu olayının irdelenmesi. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım Kongresi*, 7-19, Eskişehir-Türkiye.
- Gündüz, L., Şapçı, N. ve Karcı, M. (2012). Mermerlerin su buharı difüzyon karakteristikleri ve nefes alabilirlik. *Mersem'2012 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, 739-749, Afyonkarahisar.
- Heperkan, H.A., Bircan, M.M. Sevindir, M.K. (2001). Yapı malzemelerinde buhar difüzyonu ve yoğuşma, *5. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 461-470.
- Keppert, M. Žumár, J. Čáchová, M., et al., (2016). Water vapor diffusion and adsorption of sandstones: influence of rock texture and composition, *Advances in Materials Science and Engineering*, Article ID 8039748, 7 pages.
- Kłopotowska, A.K. and Łukaszewski, P. (2014). The influence of the salt mist on the deterioration of rock materials. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 36(1): 37-45.
- López, O., Torres, I., Guimarães, A.S., Delgado, J.M.P.Q. and de Freitas V.P. (2017). Inter-laboratory variability results of porous building materials hygrothermal properties. *Construction and Building Materials*. 156: 412–423.
- Mukhopadhyaya, P.; Batcheller, D.; Kumaran, M. K.; Lackey, J. C.; Van Reenen, D.; Normandin, N. (2011). Correlation between water vapour and air permeability of building materials: experimental observations. *Journal of ASTM International (JAI)*, 8, 3, pp. 1-14.
- Nakabayashi, S. Nagano, K. Nakamura, M. Togawa, J. Kurokawa A. (2011). Improvement of water vapor adsorption ability of natural mesoporous material by impregnating with chloride salts for development of a new desiccant filter. *Adsorption*, 17:675–686
- Pavlík, Z., Žumár, J., Medved, I. and Černý, R. (2012). Water Vapor Adsorption in Porous Building Materials: Experimental Measurement and Theoretical Analysis. *Transp Porous Med.* 91:939–954.

- Özdemir, A. (2002). Bazı yapı malzemelerin kılcal su emme potansiyelleri, Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya, 26 (1), 19-32.
- Togkalidou, T., Karoglou, M., Bakolas, A. Giakoumaki. A. and Moropoulou, A. (2013). Correlation of water vapor permeability with microstructure characteristics of building materials using robust chemometrics. *Transp Porous Med.* 99:273–295.
- TS EN ISO 12572. (2001). Binalarda kullanılan malzemelerin ve ürünlerin higrotermal performansı-Su buharı aktarımı özelliklerinin belirlenmesi, TSE, Ankara.
- TS EN 13755. (2014). Doğal taşlar-deney yöntemleri-atmosfer basıncında su emme tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 1936. (2010). Doğal taşlar-deney yöntemleri-gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 14579. (2006). Doğal taşlar-deney yöntemleri-ses hızı ilerlemesinin tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 1926. (2013). Doğal taşlar-deney yöntemleri-tek eksenli basınç dayanımı tayini, TSE, Ankara.
- Vejmelková, E. Keppert, M. Reiterman, P. Černý, R. (2013). Mechanical, hygric and thermal properties of building stones. Proc. of the 13th Int. Conf. on Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture STREMAH 2013, ed. C.A. Brebbia, WIT Press: Southampton, pp. 357-367.
- Yu, S. Zhang, X. (2012). Hygrothermal characterization of porous building materials-new research method on water vapor transmission. *Advanced Materials Research*, 418-420, 903-907