

Bazı Yapı Malzemelerin Kapiler Su Emme Potansiyelleri *Capillary Water Sorption Potentials Of Some Building Materials*

Adnan ÖZDEMİR,

Selçuk Üniversitesi,, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya

(e-posta: aozdemir@selcuL.edu.tr).

ÖZ

Konya ve yakın çevresindeki yapılarda özellikle tarihi yapılarda, yapı malzemesi içerisine kapilarite yoluyla alınan suyla bu malzemelerde satıl bozulmaları oluşmaktadır. Kapiler su emme miktarının yapı malzemesi türüne göre değişiminin belirlenebilmesi amacıyla yörede kullanılan doğal ve suni yapı malzemelerinin kapiler su emme potansiyelleri incelenmiş, belirlenen kapiler su emme katsayılarının malzemelerin diğer indeks özellikleriyle ilişkileri araştırılmıştır.. Çalışmada tarihi ve güncel yapılarda kullanılan andezitik tuf (Sille taşı), traverten, kireçtaşı ve granit gibi doğal yapı taşları ile gaz beton, beton ve pomza (bims) kumuyula yapılan bims betonu gibi yapay yapı malzemelerin kapiler su emme potansiyelleri belirlenmiştir, Kapiler su emme deneyleri her bir yapı malzemesinden alınan 7 adet 2x5x10 cm boyutlarındaki prizmatik örnekler üzerinde yapılmıştır. Kapiler su emme katsayısının,, gaz betonda 7.3, bims betonda 3.6, betonda 4, andezitik tuf te 2.9, travertende 0.1, kireçtaşında 0.4, granitte ise 0.08 kg/(m²saat^{0.5}) olduğu deneylerle tespit edilmiştir. Andezitik tufün yaygın olarak kullanıldığı tarihi, yapılarda meydana gelen nemlenmede bu yapı taşında belirlenen kapiler su emme katsayısının yüksek olmasının önemli derecede etken olduğu sonucuna varılmıştır. Yine bu çalışmada kapiler su emme katsayısının malzemenin diğer fiziksel özellikleriyle bağlantısını gösteren bazı eşitliklerde tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Andezitik tuf, granit, kapilarite, kireçtaşı, traverten, yapı malzemeleri

EXTENDED SUMMARY

Surface damages, in the building materials, are occurred due to the capillary water sorption in many building especially historical building at the Konya City and around. In this study, capillary water sorption potential of the natural and artificial building materials which used on the building in the Konya district are investigated. The variation capillary water sorption coefficients with other index properties of these materials are researched so that variation of amount of capillary water sorption is determined for material type,. Capillary water sorption potentials are investigated, on the natural building stones such as andesitic tuff used on historical and actual buildings,, trevertine, limestone and granite with artificial building materials such as gas concrete, concrete and pumice concrete made from pumice sand with cement. All capillary water sorption experiments are carried out on seven piece samples which taken from every material with prismatic shape and same dimension such as 2 x 5 x 10 cm. In experiments., capillary water sorption coefficients for gas concrete, pumice concrete, concrete, andesitic tuff trevertine,, limestone, granite, were calculated in kg/(m².saat^{0.5}) as 7.3, 3.6, 4, 2.9,, 0.1, 0.4, 0.08 respectively., It is consequence that highly capillary water sorption coefficients of andesitic tuff caused on wetting which occurred in the historical building.. In addition, regression relationships between capillary water sorption coefficient and other index properties of materials is determined in this study.

Key words: Andesitic tuff, granite, capillary, limestone,, trevertine, building materials

GİRİŞ

Tavan-taban veya yan yüzeylerinden yapı içine giren su, yapı malzemesinin, nem içeriği ile ısısının değişmesine neden olmakta, ısı ve su içeriğindeki söz konusu bu değişim, de malzemede büzülme ve şişme gibi hacimsel deformasyonlara yol açmaktadır. Islanmayla oluşan deformasyon normal yoğunluktaki betonda. %0.03, mermer ve kireçtaşında %0.00r, kumtaşında ise %0.07 boyutlarındadır. Meydana gelen bu hacimsel deformasyonlara bağlı olarak malzemede zamanla mik.ro 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 mikrofissurlere rahatlıkla girebilmekte ve üzerindeki basınca bağlı olarak da birbirleriyle bağlantılı olan gözenekler ve mikrofissurler içerisinde hareket edebilmektedir. Yapı malzemesine doğrudan veya dolaylı yollarla giren su, yapılarda hasarlara, küflenmeyle de satıh bozulmalarına neden olmaktadır. Yine kapiler su emmeyle iç mekanlardaki havanın nem oranı sürekli değişmekte ve bunun sonucu olarak da yapı malzemeleri ile burada yaşayan canlılar genelde olumsuz yönde etkilenmektedir..

Kapilerite ile çekilen su ve nemden dolayı Konya kent merkezinde yer alan birçok yapıda iç ve dış yüzeylerin bozulduğu, özellikle tarihi yapılarda sanat değeri yüksek süslemelerin önemli derecede zarar gördüğü bilinmektedir.. Daha önce inşa edilen yapılarda kapiler su emmeye bağlı olarak gelişen nemlenme zararlarının azaltılması veya ortadan kaldırılması ile yeni inşa edilecek yapılarda uygun malzeme seçiminin, yapılabilmesi için yapı malzemelerin

kapiler su emme katsayılarının bilinmesi gerekmektedir. Ancak Konya çevresinde kullanılan doğal yapı malzemelerinin kapiler su emme potansiyellerinin tespitine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.. Bundan dolayı Konya çevresinde inşa edilen yapılarda kullanılan kireçtaşı, traverten, granit, ve andezitik tuf gibi doğal yapı malzemeleri ile beton, bims betonu ve gaz betonu gibi yapay yapı malzemelerin, kapiler su emme potansiyelleri incelenmiş ve kapiler su emme katsayıları tespit edilerek,, bu katsayıların diğer malzeme indeks özellikleriyle olan ilişkileri araştırılmıştır. Yine çevrede kullanılan, yapı malzemelerinin kapiler su emme potansiyellerinin birlikte değerlendirilip yorumlanabilmesi ve mukayeselerinin ortaya konulması amacıyla doğal yapı malzemeleri yanında yapay malzemeler de bu çalışma kapsamına alınmıştır., Böylece özellikle tarihi yapılarda meydana gelen nemlenme ile yapı malzemesi ilişkisinin ortaya konulması temin edileceği gibi yörede yeni inşa edilecek yapılar için seçilecek malzemelerin kapiler su emme potansiyelleri hususunda. veri temini sağlanacaktır..

MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada,, Konya ve çevresinde yapı malzemesi olarak yaygınca kullanılan kireçtaşı, andezitik. tuf, traverten, granit gibi doğal yapı malzemeleri ile,, beton» bims beton ve gaz beton gibi yapay yapı malzemesi örnekleri üzerinde çalışılmıştır. Kireçtaşları Konya çevresinde Üst Miyosen yaşlı Ulu Muhsine formasyonundan, andezitik tefler Küçük Muhsine formasyonundan,, granitler Aksaray granit ocağından, travertenler ise Karaman civarında işletilen ocaklardan alınmıştır., Diğer taraftan deneylerde Ytong olarak bilinen ve izmir'de üretilen gaz betondan, Karaman - Niğde civarında çıkarılan pomza kumundan (bims kumu) üretilen bims betonundan ve po.rtlı.nd çimentosundan yapılmış beton örnekleri kullanılmıştır, İncelenen doğal yapı

malzemeleri Orta Anadolu'da oldukça yaygın olarak, kullanılmaktadır. Yörede- daha çok Sille Taşı olarak bilinen andezitik tüfler Konya ve çevresinde yapılan günümüze kadar gelmiş olan bir çok Selçuklu eserinde ve diğer tarihi yapılarda kullanılmıştır. Diğer taraftan gaz beton ile bims beton gibi yapı malzemelerinin üretimi ile kullanımı ses ve ısı yalıtımını sağlaması yanında, hafif olmaları nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır., Bundan dolayı pomza kumundan (bims kumu) üretilen blok tuğla ve gaz beton gibi hafif yapı malzemeleri de inceleme kapsamında düşünülmüştür. Yukarıda değinilen malzemelerin her birisinden öncelikle 7 adet 5 x 10 x 2 cm boyutlu prizmatik örnekler hazırlanarak bu örnekler üzerinde birim hacim ağırlığı, doğal su içeriği,, atmosfer basıncı altında ağırlıkça ve hacimce su emme potansiyeli,, özgül ağırlık ve porozite gibi fiziksel özellikler belirlenmiş, daha sonra da, kapiler su emme deneyleri, yapılmıştır.

Örneklerin hazırlanmasında ve deneylerde. TSE 699- Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları (TSE, 1987) ile TSE 4045-Yapı Malzemelerinde Kapiler Su Emme Tayini (TSE,, 1984) standardına uyulmuştur. Temel, kapilerite teorisi, kapiler su emme ($W\text{-kg/m}^2$) ve kapiler su emme katsayısının ($A\text{-kg/m}^2\cdot\text{s}^{-0.5}$) tespitine ilişkin diğer teorik ve uygulamalarla ilgili detaylar

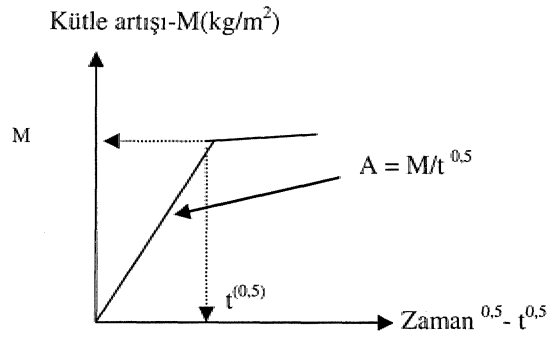
Collins (1962; Saydam 1973'ten), Vos (1965), Davis (1969),,, Nielsen (1972), Nielsen vd., (1986), Domeniça ve Schwartz (1990), Wittig ve Lingott(1992), Volkwein (1993), Atkins (1994), Hall (1994), Adan. (1995), Freitas vd., (1995), Brocken ve Pel (1995), Sosoro ve Reinhardt (1995),,, Janz (1997), de verilmektedir.

Kapiler su emme. deneylerinde yapı malzemelerinden hazırlanan 2cm x 5cm x 10 cm boyutlarındaki prizmatik örneklerin en büyük yüzeylerinin ($5\text{cm} \times 10\text{cm} = 50\text{cm}^2$) suyla temas ettirilerek 24 saat kapiler su emmeleri sağlanmış ve zamana bağlı olarak ne kadar su emdikleri tespit edilmiştir., 105 °C da kurutulmuş örnekler üzerinde yapılan, kapiler su emme deneylerinde, su emmeyle oluşan örnek kütlesi- zamanın kareköküne göre grafiğe geçirildiğinde, su emmenin sabit kaldığı zaman (t) ve buna karşılık gelen örnek kütlesi (M) tespit edilmiştir (Şekil 1). Bu değerlerden, de kapiler su emme katsayısı A $\text{Ckg}/(\text{m}^2/\text{s}^{0.5})$;

$$M = A \cdot t^{0.5}$$

eşitliğinden belirlenmiştir.,

Emme katsayısı $A(\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-0.5})$, yoğunluk. $p(\text{kg}/\text{m}^3)$, kapiler taşınma için gerekli olan efektif porozite $n_a (\text{m}^3/\text{m}^3)$ ve penetrasyon katsayısı, B $(\text{m}/\text{s}^{0.5})$ » değerlerine bağlı olarak:



Şekil 1, Kapiler su emme katsayısının belirlenmesi,

$A = \frac{M}{t^{0.5}}$ Figure 1 Determination of capillary water sorption coefficient. (2) şeklinde yazılabilir (Janz 1997),.

Yukarıda değinilen esaslara göre yapılan deneylerden elde edilen verilere ve onların

değerlendirilmelerine bundan sonraki bölümde yer verilmiştir.

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞILMASI

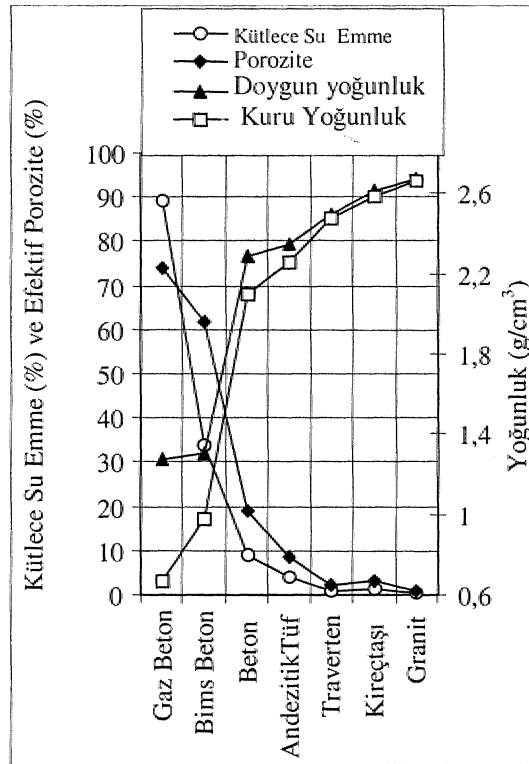
Gaz Beton, bims beton, beton, andezitik tüf, traverten, kireçtaşı ve granit yapı malzemelerinin atmosfer basıncı altında kütlece su emme

potansiyeli, porozite, kuru ve doymun yoğunluğu gibi fiziksel değerleri tespit edilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 1 de., bu değerlere göre çizilen grafik ise Şekil 2' de verilmiştir*

Çizelge 1» İncelenen yapı malzemelerin - bazı ortalama indeks değerleri

Table 1. Some mean index values measured on building material specimens

	Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	Doymun yoğunluk (g/cm ³)	Kütlece Su Emme (%)	Porozite (%)	Özgül Ağırlık
Gaz Beton	0.67	1.27	89.4	74.0	2.60
Bims Beton	0.97	1.30	34.0	61.8	2.55
Beton	2.09	2.28	9.1	19.0	2.59
Andezitik Tüf	2.26	2.35	3.9	8.7	2.47
Traverten.	2.47	2.49	0.9	2.3	2.53
Kireçtaşı	2.59	2.62	1.2	3.1	2.67
Granit	2.67	2.8	0.4	0.9	2.69



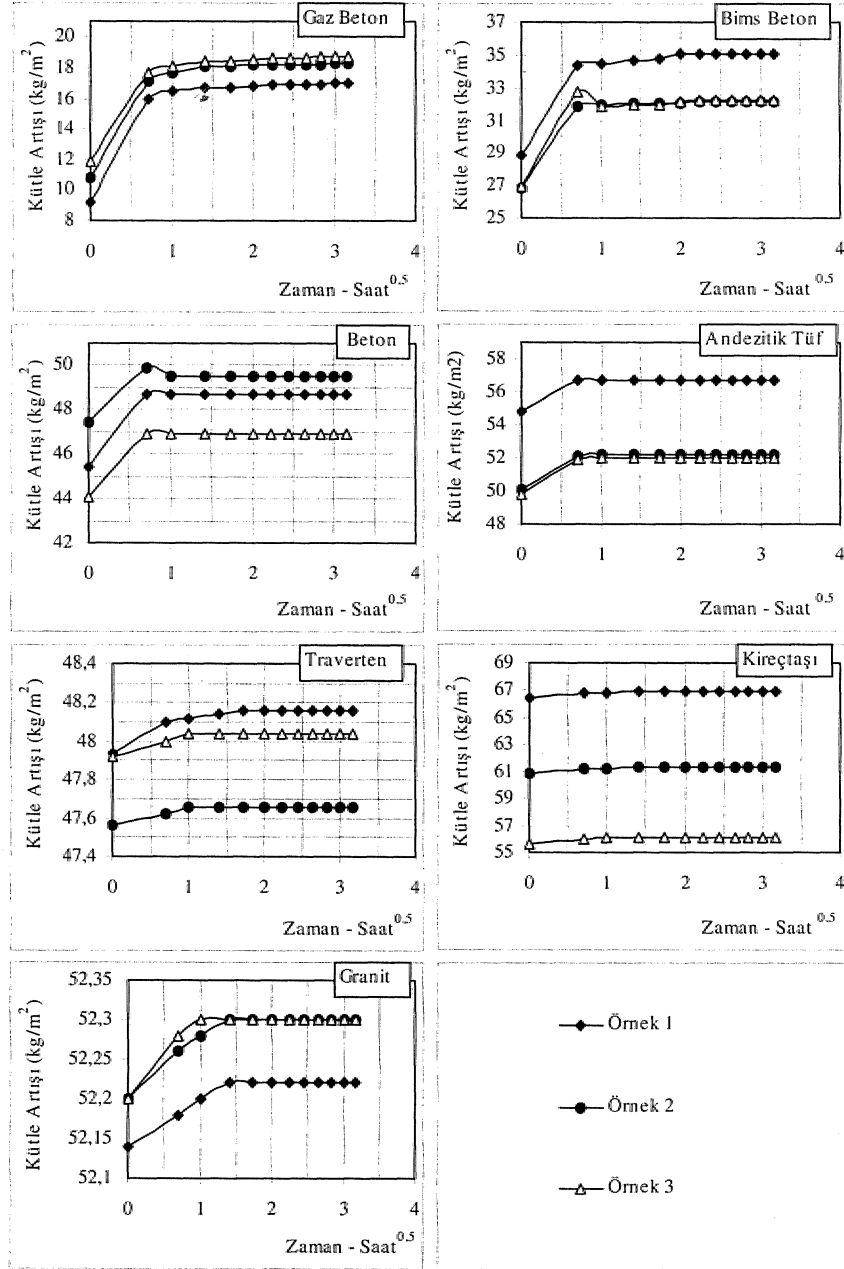
Şekil 2. Yapı malzemelerinde kütlece su emme-porozite, kuru ve doymun yoğunluklar.

Figure 2., Absorbed water mass per mass, porosity and dry-saturated density values of the building materials

Kapiler su emmenin başlangıcından itibaren örneklerin ne kadar su emdikleri zamana bağlı olarak belirlenerek, elde edilen deney verileriyle kütle artışı (kg/m²) - zaman (saat) grafikleri (Şekil 3) hazırlanmış ve bu grafiklerden de kapiler su emme katsayıları A(kg/m².saat^{0.5}) tespit edilmiştir. Diğer taraftan emilen su kütesinin yapı malzemesi kuru kütesine oranını gösteren " kapiler su emme (% kütlece) değerlerinin zamanla (saat) değişim grafiklerinden de (Şekil 4) yapı malzemelerinin zamanla kütlece su emme davranışları belirlenmiştir, Aynı malzeme için çizilen 7 adet grafiğin bir birine çok yakın olmasından dolayı grafiklerini okunması ve değerlendirilmesi imkansızlaşmaktadır* Bundan dolayı kütle artışı (kg/m²) - zaman^{0.5} (saat^{0.5}) grafikleri ile kapiler su emme (% kütlece) - zaman grafiklerinde saçınım gösteren sadece 3 örneğe ait değerlerin sunumuna yer verilmiştir, Ancak diğer değerlendirme ve hesaplamalarda 7 adet örneğe ait verilerin ortalama değerleri kullanılmıştır. İncelenen yapı malzemelerinde en düşük kuru yoğunluk gaz betonda (0.67 gr/cm³), en yüksek kuru yoğunluk ise granitedir (2,67 gr/cm³). Yapay yapı malzemelerindeki (gaz beton, beton, bims beton) kuru ve doğgun yoğunluklar doğal yapı malzemelerin (andezitik tuf, traverten, kireçtaşı ve granit) yoğunluklarından daha düşüktür. Atmosfer basıncı altında 4 gün süreyle su içerisinde bekletilen örneklerde en fazla su emme gaz betonda (%89.4), en az su emmenin ise granitte (%Ö3) olduğu belirlenmiştir.

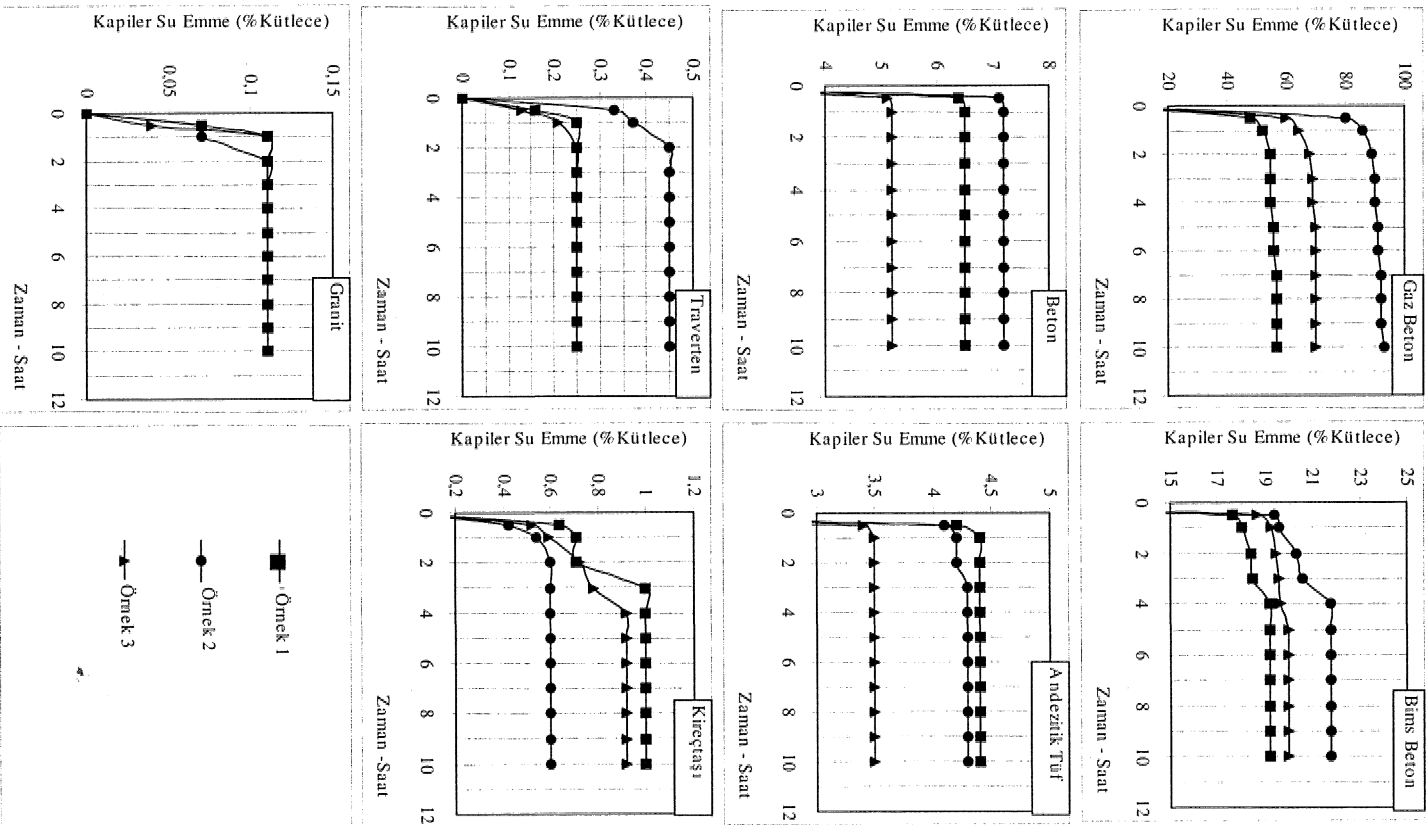
Diğer taraftan yapı malzemelerindeki porozite değerlerine bakıldığında ise kütlece su emme değerlerine benzer şekilde porozitenin gaz betonda yüksek» granitte ise en düşük olduğu

görülmektedir. Porozite bims betonda %33.1, betonda %19, andezitik tufde %8.7, travertende %2.3, kireçtaşında % 3,1» granitte İse %09 olarak belirlenmiştir, Kuru yoğunluk ile doğgun yoğunluk arasındaki fark, yoğunluğu düşük, porozitesî yüksek olan malzemelerde daha fazla, daha yoğun olan kireçtaşı ve granitte ise hem yoğunluklar arasındaki fark azalmakta, hem de kütlece su emme değerleri porozite değerine yaklaşımaktadır (Çizelge 1, Şekil 2). Yoğun malzemelerde kütlece su emme ile porozite değerlerinin birbirine yakın olması, bu malzemelerin içinde mevcut olan gözeneklerin tamamına yakın kısmının suyla doldurulduğunu göstermektedir. İncelenen örneklerde kapileriteyle meydana gelen birim alandaki kütle artışı ile emilen suyun kuru kütleyle oranlarının zamanla değişim grafikleri (Şekil 3» 4) incelendiğinde, gaz betonda yaklaşık 30 dakikada örneklerin kapilerite ile emebilecekleri suyun büyük bir bölümünü emdikleri» ancak kapiler su emmenin 6 saata kadar devam ettiği, m² 'de emilen su miktarının 7 ile 8 kg kadar, kütlece su emmenin de % 57 ile %93 düzeyleri arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir« Söz konusu bu değerlerin bims betonda m² başına 5 kg ile 6 kg, su emmenin yaklaşık 4 saat içerisinde tamamlandığı, kütlece kapiler su emmenin ise % 19-%22 düzeylerinde olduğu belirlenmiştir, Deney verilerine göre betonda 1 saat içerisinde kapilerite ile emilen su miktarı 3 kg/m² ve kütlece % 52 -%7.2 arasında değişkenlik göstermektedir. Doğal yapı malzemelerinden andezitik tufde ilk 1 saat



Şekil 3. Kapilerite ile emilen suyun birim alandaki kütle artışının karekök zamana göre değişimi.

Figure 3. The variation of capillary sorption water per square meter as a function of square root of time



Sekil 4. Kapiler su emmenin (%küttele) zamanla değişimi.

Figure 4. The amount of capillary sorption water (mass) as a function of time

içerisinde kapiler su emme tamamlanmış olup m² * ye düşen su kütlesi 2 kg'dır. Andezitik tüfde kütlece su emme % 3.5 ile %4.4 arasında değişmektedir. Traverten, kireçtaşı ve granitte kapiler su emmeyle m²*ye düşen kütle artışları sırasıyla 0,1-0.2 kg, 0.4-0.44 kg,, 0.010 kg düzeylerindedir. Bu örneklerin % kütlece su emme değerlerine bakıldığında, travertende %2.5-%4.5, kireçtaşında %0.6- %1, granitte ise %0.11 su emmenin gerçekleştiği görülebilmektedir (Şekil 3 ve 4). Travellers ve granitte 2 saat içerisinde, kireçtaşında ise 3 saatte kapiler su emmenin tamamlandığı grafiklerde görülmektedir. Şekil 3* de verilen kütle artışı (kg) - Zaman^{saat} (saat) grafiklerinde, başlangıç zamanı ile eğimin düşerek yatay konuma geçtiği kırılma noktası arasında grafiğe çizilen teğetin eğiminden belirlenen kapiler su emme katsayısı A (kg/(m².Saat^{saat})) ile ortalama % kütlece kapiler su emme değeri/erinin yapı malzemesi türüne göre değişimleri Çizelge 2 ve Şekil 5'de verilmiştir. Kapiler su emme katsayısı, gaz betonda 7.692 kg/(m².Saat^{saat}) ile en yüksek» betonda yaklaşık 4 kg/(nT.Saat^{saat}) ve

bims betonda ise bu değerin 3.551 kg/(m².Saat^{saat}) civarında olduğu görülmektedir. Doğal yapı malzemelerinde ise andezitik tüfde kapiler su emme katsayısının 2.856 kg/(m².Saat^{saat}), olmasına karşılık traverten, kireçtaşı ve granitte bu değer 1 kg/(m².Saat^{saat}) 'den daha düşüktür (travertende 0.113, kireçtaşında 0.442 ve granitte 0.077 kg/(mlSaat^{saat})). Yukarıda verilen yapı malzemeleri için Nevander ve Elmarsson (1994) betonda 0.6-1.8 kg/(m².Saat^{saat}) brikette 5.4-22.2 kg/(m².Saat^{saat}), Wassman (1997) kireçtaşında 0.030-0.132 k/(m².Saat^{saat}) granitte 0.05 - 0.11 kg/(m².Saat^{saat}) değerlerini vermektedir. Granit için verilen değerin bu çalışmada elde edilen ile çok yakın olduğu görülmektedir.

Kapiler su emme katsayısı yüksek olan yapı malzemelerinde kütlece kapiler su emme değerlerinin de yüksek, yine kapiler su emme katsayıları ile kütlece su emme değerleri arasındaki farkın, yoğun malzemelerde daha az, hafif yapı malzemelerinde ise daha fazla olduğu. Şekil 5'de açıkça, görülmektedir.

Çizelge 2, Kapiler su emme katsayısı ile kütlece % kapiler su emme miktarları..

Table 2* Amount of capillary water sorption coefficients and capillary water sorption.

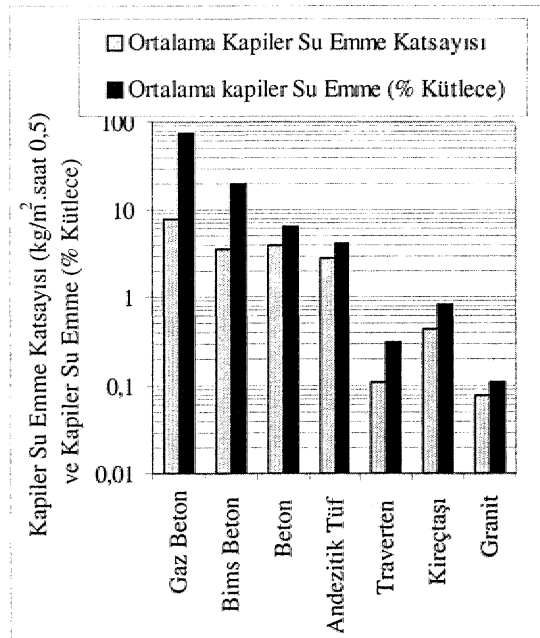
	Kapiler Su		Kapiler Su Emme	
	Emme Katsayısı A(kg/m ² ,s,aat ^{saat})	(%)	(%)	Kitlece)
	En Küçük-En Büyük.	Ort.,	En Küçük-En Büyük	Ort.,
Gaz Beton'.	7,269-8,10	7.692.	57.0-93,0	73.33
Bims Beton.	3.248-3.844	3.551	19.2-21.8	20.33
Beton.....'	3.450-4.582	3.994	5,2-7,2	6.30
AndezitikTff	2,658-2,969	2.856	3.5-4.4	4.07
Traverten.	0,097-0,122	0.113	0,25-0,45	0.32
Kireçtaşı	0.366-0.50?	0,442	0.6-1.0	0.84
Granit	0.057-0,102	0.077	0.11-0,1!	0,11

Bundan sonraki bölümde ise malzemelerin kapiler su emme katsayıları ile indeks özellikleri arasındaki ilişki değerlendirilecektir.

KAPİLER SU EMME KATSAYISI İLE KÜTLECE KAPİLER SU EMMENİN MALZEMENİN DİĞEM İNDEKS ÖZELLİKLERİYLE İLİŐKİSİ

Yapı malzemelerinde belirlenen kapiler su emme katsayısı ile kütlece kapiler su emmenin malzemede basit yollarla tespit edilebilen porozite, kütlece su emme, kuru ve doğun yoğunluk gibi indeks özellikleriyle ilişkileri araştırılmıŐ (Şekil 6, 7), belirlenen ilişki eşitlikleri Çizelge 3 de topluca verilmiştir. Eşitliklerin tespit edilmesinde

doğrusal, üssel ve logaritmik ilişkiler araştırılarak en büyük tanımlama sayısını veren eşitlikler alınmıştır, Kapiler su emme katsayısı ile atmosfer basıncı altında kütlece su emme değerleri arasında logaritmik ilişkinin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 6a). Düşük kütlece su emme değerlerinde gözlenen kapiler su emme katsayısındaki artış oranı, yüksek kütlece su emme değerlerinde gözlenmemektedir. Diğer taraftan kapiler su emme (%kütlece)(CMw-%) ile kütlece su emme (Mw-%) arasında ise lineer artan bir ilişkinin varlığı % 93.9 gibi yüksek tanımlama



Şekil 5. Kapiler su emme katsayısı ile Kapiler su emmenin kütlece su emme ve poroziteyle deđiŐimini..

Figure 5, The variation of capillary sorption coefficient and capillary sorption as a function of water sorption per mass and porozite

sayısı ile belirlenmiştir (Şekil 6b). Porozite kapiler su emme katsayısı logaritmik artan bir değişim sunarken (Şekil, 6c), kapiler su emme (%kütlece) ile değişimi üssel bir fonksiyonla uygunluk

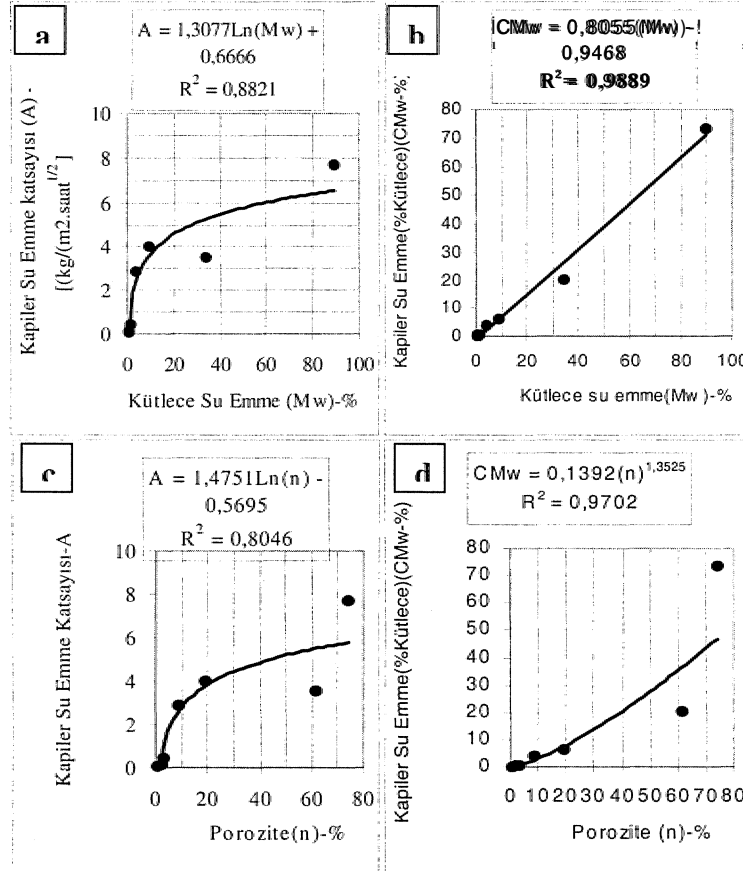
göstermektedir (ŐekU,6d). Porozite ile kapiler su emme katsayısı arasında belirlenen ilişki tanımlama sayısı (R^2) 0.8 düzeylerine kadar

düşerken, **porozitenin** kütlece **kapiler** su emme ile kadar yükselmektedir.. Kapiler su emme ile **porozite** arasında ≈ 0.97 gibi yüksek tanımlama sayısının belirlenmesi **incelenen** malzemelerdeki **boslu** idarin birbirleriyle **irtibatlı** olduklarını göstermesi açısından da önem arz etmektedir.

Kapiler su emme katsayısı (A) ile kapiler su emmenin (CMw) kuru yoğunlukla (Ky) değişimleri **incelendiğinde** (Şekil 7a ve Şekil 7b), kapiler su emme - kuru **yoğunluk** arasında daha yüksek bir **bağlantının** varlığı görülmektedir,

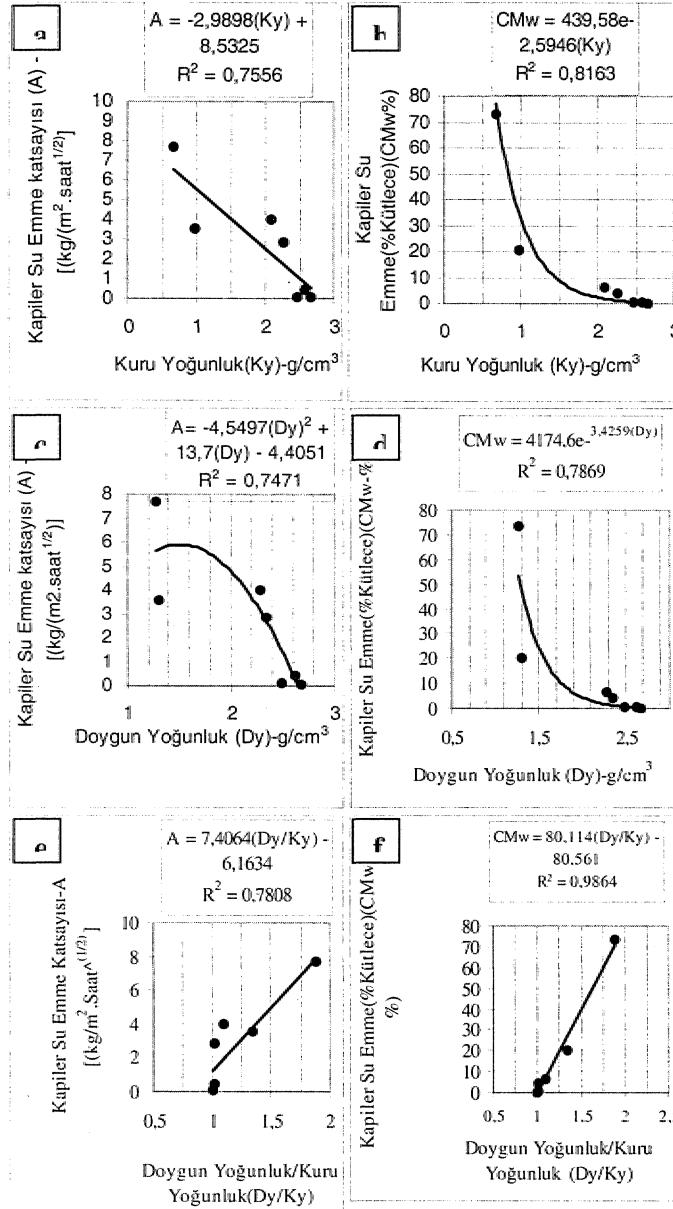
Kapiler su emme katsayısı (A- $\text{kg/m}^2.\text{saat}^{-0.5}$) ile kuru yoğunluk (Kg-g/cm^3) arasında lineer

olan ilişkisinde bu sayı **0.97** düzeyine azalan doğrusal ilişki (Şekil 7a, Çizelge 2), kapiler su emme ile kuru yoğunluk arasında ise azalan **üstel bir** ilişki (Şekil 7b, Çizelge 2) gözlenmektedir. Ancak bu ilişkilerde **noktalar** saçınım göstermekte ve tanımlama sayısı da **0.74 ile 0.78** düzeylerine kadar düşmektedir. Benzer şekilde,, doymun yoğunluk ile kapiler su emme ve kapiler su emme katsayısı arasında da yüksek tanımlama sayısı düzeyinde ilişkilerin, varlığı tespit edilmiştir (Şekil 7c ve 7d, Çizelge 2). Doymun yoğunluğun kuru yoğunluğa oranının (Dy/Ky), kapiler su emme katsayısı



Şekil 6. Malzeme türüne göre kapiler su emme (%Kütlece) ve kapiler su emme katsayıları.

Figure 6. Capillary water sorption and capillary water sorption coefficients ihr different material types.



Şekil 7. Kapiler su emme katsayısı ile kapiler su emmenin kuru, doğun yoğunluk ve doğun yoğunluğun kuru yoğunluğu oranı ile değişimi *,
 Figure?. The variation of capillary sorption coefficient and capillary sorption water per mass as a function of dry density, saturated density, and ratio of saturated density/dry density

ile değişiminde $R^2 = 0,9864$ gibi yüksek tanımlama düzeyinde lineer artan doğrusal bir ilişkinin varlığı tespit edilirken (Şekil 7e, Çizelge 2), bu oranın (Dy/Ky), kapiler su emme (% kütlege) ile olan. ilişkisinde ise yine doğrusal artan bir ilişkinin olduğu ancak tanımlama sayısının $R^2=0,78$ düzeylerine kadar düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 7f, Çizelge 2)..

kütlege) ile olan. ilişkisinde ise yine doğrusal artan bir ilişkinin olduğu ancak tanımlama sayısının $R^2=0,78$ düzeylerine kadar düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 7f, Çizelge 2)..

Çizelge 3, Yapı malzemelerinde bazı indeks özelliklerle **kapiler** su emme katsayısı ve kapiler su emme arasında belirlenen ilişkiler.

Table 3. Relationships between capillary sorption coefficient with capillary water sorption and some index values in building materials

Şekil No	İlişki Eşitliği	Tanımlama sayısı
6a	$A = 1.3077 \ln (M_w) + 0,666$	$R^2 = 0.882$
6b	$C_{m w} = 0.8055 (M_w) - 0.9468$	$R^2 = 0.989$
6c	$A = 1.4751 \ln (n) - 0.5695$	$R^2 = 0.805$
6d	$C_{m w} = 0.1392 (n)^{1.3525}$	$R^2 = 0.970$
7a	$A = -2.9898 (K_y) + 8.5325$	$R^2 = 0.756$
7b	$C_{m w} = 439,58 e^{-0.5 W (K_y)}$	$R^2 = 0,816$
7c	$A = -4.5497 (D_y)^2 + 13.7 (D_y) - 4.4051$	$R^2 = 0.747$
7d	$C_{m w} = 4174.6 e^{-0.4259 (D_y)}$	$R^2 = 0.787$
7e	$A = 7.4064 (D_y/K_y) - 6.1634$	$R^2 = 0.781$
7f	$C_{m w} = 80.114 (D_y/k_y) - 80.561$	$R^2 = 0.986$

Açıklama:

A: Kapiler su emme katsayısı (kg/m² saat^{0.5})

Cmw: kapiler su emme (% kütlege)

E : Porozite (%)

Ky: Kuru yoğunluk (g/cm³)

Dy : Doygun yoğunluk (g/cm³)

Mw: Kütlege su emme (%)

R² : Tanımlama sayısı

DEĞERLENDİRME

Konya çevresinde kullanılan yapay yapı malzemelerin kapiler su emme katsayılarının doğal yapı malzemelerinden, daha fazla olduğu, özellikle traverten, kireçtaşı ve granitte' bu katsayının çok düşük kaldığı tespit edilmiştir. Doğal yapı malzemeleri içinde de aodezitik tüftün kapiler su emme katsayısının diğerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir,, Andezitik tüftün

fazlaca kullanıldığı tarihi yapılarda gözlenen nemlenme, bu malzemenin kapiler su emme katsayısının yüksek olmasıyla açıklanabilir., Yaygınca kullanılan betonun granite göre kapiler su emme katsayısı yaklaşık 52, travertene göre 35, andezite göre ise 14 kat daha fazladır, İncelenen doğal yapı malzemeleri içinde kapiler su emme katsayısı granitte ve travertende düşüktür. Doğada daha yaygın bulunabilen ve daha kolay işlenebilen

travertenin yapıya, maliyeti granite göre. daha düşüktür. Kapiler so emmenin, istenmeyeceği veya problem çıkarabileceği yapılarda granit ve maliyetinin düşük olmasıyla da traverten

Yapı malzemelerinde buraya kadar verilen bilgilerden de anlaşılacağı üzere, kapiler su emme katsayısı ile kütleli suya doygunluk, porozite,, kuru yoğunluk, doygun yoğunluk ve doygun yoğunluğun kuru yoğunluğa oranı arasında $R'' = 0.74-0.88$ tanımlama sayısı düzeyinde ilişkiler tespit edilmiştir. Kapiler su emme ile atmosfer basıncı, altında kütleli su emme arasında da sıkı bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.. Diğer taraftan kütlece kapiler su emme değerleri ile malzemelerin kütleli su emme, porozite, doygun yoğunluk/kuru yoğunluk oranları arasında ise $RT = 0.74-0.88$ 0.98 gibi yüksek-çok yüksek düzeyde tanımlama sayısını veren ilişkilerin varlığı belirlenmiştir. Konya ve yakın çevresinde kullanılan yapı malzemeleri üzerinde yapılan incelemeden elde edilen bu sonuçların kullanımında ihtiyatlı olunmalı, farklı petrografik yapıda, daha çok sayıda örnek üzerinde yapılabilecek deneylerle bu sonuçların denetlenmesi yapılmalıdır,. Ancak basit yöntemlerle belirlenebilen kütleli suya doygunluk, porozite gibi fiziksel özelliklerden yararlanılarak malzemelerin kapiler su emme potansiyellerinin. yaklaşık olarak tahmin edilebileceğini söylemek mümkündür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada Konya ve yafan çevresinde kullanılan bazı doğal ve suni yapı malzemelerin, kapiler su emme potansiyelleri incelenmiştir,. Gözenekli hafif yapı malzemelerinde kapiler su emmelerinin daha fazla, yoğun doğal malzemelerde ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Gözenek oranı fazla olan gaz beton ve bims betonunda fazla su emme, granitte ise en düşük su emme tespit edilmiştir. Kapiler su emme katsayısı gaz

kullanımının tercih edilebilir olduğu söylenebilir.. Yörede fazlaca kullanılan andezitik tuffün kapiler su emme katsayısı ise betona yakındır.

betonda 7.692, betonda 3.,994, bims betonda 3.551, Andezitik... tuffde 2,856, kireçtaşında 0.442, travertende 0.113, granitte ise 0.077 $kg/(m^2.saat^{0.5})$ olduğu tespit edilmiştir. Gaz betonda ağırlıkça ortalama %73, bims betonda %18.3, Betonda %6.3, andezitik tuffde %4.07, kireçtaşında %08A travertende %03.2, granitte ise %01 düzeylerinde kapilerite ile su emme tespit edilmiştir,.

Kütleli soya doygunluk, porozite, kuru yoğunluk,, doygun yoğunluk ve doygun yoğunluğun kuru yoğunluğa oranı ile kapiler su emme katsayısı arasında $RT = 0.74-0.88$ düzeyinde, yine bu değişkenlerin kütlece kapiler su emme değerleri arasında ise $R''=0.78- 0.98$ anlamlılık düzeyinde bağıntılar tespit edilmiştir,. Belirlenen bağıntıların kullanılmasıyla kolay ve basit yöntemlerle tespit edilen kütleli suya doygunluk, porozite gibi değerlerden malzemelerin kapiler su emme potansiyellerinin hesaplanması mümkündür.

Konya çevresinde bulunan tarihi yapı larda yaygın olarak kullanılan ve yörede Sille Taşı olarak bilinen andezitik tüflerin kapiler su emme katsayısı betona 'yakın, traverten, kireçtaşı ve granitten daha yüksektir.. Eski yapılarda yoğun olarak gözlenen nemlenmede andezitik tuffün bu yüksek, kapiler su emme katsayısının önemli derecede etken olduğu düşünülmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Adan O.C.G. 1995,. Determination of moisture diffusivities in. gypsum renders'., Heron,Vol. 40(3), 201-215/'

Atkins P. W. ,,1994. Physical Chemistry, Fifth edition,, Oxford University Press.

Brocken, H.J.P., ve Pel, L. , 1995. Moisture transport over the brick/mortar interface.

Proceeding of the International symposium on Moisture problems in building walls, Porto, 11-13 Sept., pp. 415-424.

Collins FL E., ve Cooke C. R., 1959.. Trans Farady Soc., 55, 1602.

Davis S. N 1969. Porosity and permeability of natural materials in Flow Through Porous. Materials, ed., R. J. M. DeWiest. Academic Press, New York, 54-89.

Domenica P. A., Schwartz F. W., 1990. Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley and Sons., New York., 824 pp.

Freitas V. P., Krus M., Künzel H. ve Quenard D. 1995,. Determination, of the water diffusivity of porous materials by gamma-ray attenuation and NMR. Proceeding of the International symposium on Moisture Problems in Building Walls., Porto, 11-13 Sept, pp.. 445-460,

Hall C. , 1994. Barrier performance of concrete: A review of fluid transport theory. Materials and Structures, Vol. 27, pp. 291-306.

Janz M, 1997. Methods of measuring the moisture diffusivity at high moisture levels. University of Lund, Lund Institute of Technology Division of Building Materials, Report TVBM-3076, 73p.

Nevander L. E., ve Elmarsson B., 1994., Hand, book of Moisture Practice and Theory; second edition, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Nielsen., A. F.1972. Gamma-ray-attenuation used, for measuring the moisture content and homogeneity of porous concrete. Building Science, Vol. 7, pp.257-263.

Nielsen D. R., van Genuchten, M Th. ve Biggar J. W. 1986. Wafer flow and Solute transport process in the unsaturated zone. Water Resources Research, Vol. 22, No. 9, 89S-108S.

Saydam, T. 1973,. Akışkanların Gözenekli Ortamdaki Akışı.. (Collins E., 1961' den çeviri)

İTÜ Kütüphanesi sayı 948, Çağlayan Basımevi., İstanbul, 304 s.

Sosom, M. ve Reinhardt, H. W. „1995. Thermal imaging of hazardous organic fluids in concrete., Materials and Structures, Vol. 28,, No. 183, pp., .526-533.

TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ (TSE). 1984,. TS 4045, Yapı Malzemelerinde Kapiler So Emme Tayini., Türk standartları Enstitüsü., Ankara, 5 s.

TÜRK STANDARTLAR! ENSTİTÜSÜ (TSE),.1987. TS 699- Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları. Türk Standartları, Enstitüsü, Ankara, 82 s,

Volkwein A. 1993. The capillary suction of water into concrete and the abnormal viscosity of the pore water. Cement and Concrete Research, Vol. 23, pp.. 843-852..

Vos, B. El, 1965.. Non-steady-state method for the determination of moisture Content, in structures.. Humidity and Moisture., Vol. 4, pp.. 35-47, New York..

Wassman L., 1997. Studies on the frost resistance of natural stones, Report TVBM-3077. Lend University, Lund Institute of technology,, 212p. Lund.,

Wittig, G., ve Lingott, H., 1992, Investigation of the moisture transport in building materials by microwave beam, (in German), aophysik 14, Heft 2, pp. 44-49..