

Kalker Taş Duvarlarda Sıcaklık ve Nem Performansının İncelenmesi

Esmâ MIHLAYANLAR^{*1}, Filiz UMAROĞULLARI¹

¹Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Edirne

Geliş tarihi: 01.02.2016

Kabul tarihi: 27.05.2016

Özet

Geleneksel yapı malzemeleri arasında yer alan taşın harç, metal kenetler ya da taşların birbirine geçirilmesi ile oluşturulan yığma taş duvarlar; basınç dayanımı yüksek taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Çalışmada geleneksel konutlarda kagir yığma taş duvar kesiti üzerinde, ılıman nemli iklim bölgesi özellikleri taşıyan Edirne meteorolojik verileri kullanılarak, WUFI@2D-3 simülasyon programı ile periyodik rejim şartlarında yıllık sıcaklık, su ve nem değerleri hesaplanmıştır. Taş duvarın higrotermal performansında kesitin toplam sıcaklık değeri, Aralık ayında 6,4°C ye kadar düştüğü görülmekte, Temmuz ve Ağustos aylarında 28°C'ye kadar çıkmaktadır. Nem değerleri toplam kesitte Ocak, Şubat, Mart aylarında %79'a kadar çıkmakta en düşük bağıl nem değeri ise %68,5 ile Ağustos ayında görülmektedir. İncelenen taş duvar kesitinde nemlenme durumuna bakıldığında ise yoğuşma açısından risk olmadığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bina kabuğu, Kalker taş duvar, Sıcaklık ve nem performansı, Wufi

Investigation Temperature And Humidity Performance at the Limestone Walls

Abstract

Masonry stone walls which was created to form stone, as a traditional building material, with mortar, metal clip, or lock the stone each other, are building component with high compressive strength. In study, yearly temperature, water and moisture values are calculated in section of masonry stone wall in traditional buildings according to soft humid climate of Edirne weather conditions with the help of WUFI@2D-3simulation program. Total temperature value of section on stone wall basing on hygrothermal performance of the wall shows that the temperature decreases to 6,4°C in Dec., while it is increasing to 28°C in July and Aug. Moisture values in total section increases to 79% in Jan., Feb. and Mar. but lowest relative humidity value is 68,5% in Aug. In moisture condition of the investigated stone wall section, there is not any risk in terms of condensation.

Keywords: Building envelope, Limestone walls, Temperature and humidity performance, Wufi

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Esmâ MIHLAYANLAR, Trakya Ün. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Edirne emihlayanlar@trakya.edu.tr,

1. GİRİŞ

Bina kabuğu, yağış, sıcaklık, rüzgâr, nem, ses gibi yapıyı dış etkenlerden koruma ve bina içindeki konfor koşullarını sağlamada önemli rol oynar. Kâgir dış duvarlar yapı bünyesinde mekânları oluşturma, dış etkilerden koruma ve strüktürel olarak taşıma görevlerini üstlenmektedirler [1]. Doğal taş, kerpiç ve tuğla bileşenleri ile oluşturulan kâgir yığma binalar tarihsel süreç içinde önemli bir yere sahiptir. Günümüzde artan enerji ihtiyacı ve enerji kaynaklarının azalmasındaki tehlike ve çevresel etkiler tüm dünyada enerjinin ve enerji kaynaklarının verimli kullanımının önemini arttırmıştır. Özellikle binalarda kullanılan enerjinin verimli olması için binaların tasarım ve uygulama aşamalarında önlemler alınması gerekliliğini ortaya koymuştur [2].

Taş gibi geleneksel yapı sistemleri ile yapılan binalar; doğal, geri dönüşümlü, konforlu yaşam çevreleri oluşturmaları nedeniyle sürdürülebilir mimarlık tasarım kriterlerini de barındırmaktadır [3]. Türkiye’de geleneksel yapı sistemi ile yapılmış oldukça fazla yığma kâgir yapı bulunmaktadır. Farklı coğrafi bölgelerinde taş gibi yerel malzemelerle oluşturulmuş geleneksel yapılar açısından zengin bir potansiyele sahiptir [4,5]. Doğal taşlar özellikle geleneksel konut mimarisinin ana malzemelerinden biridir.

Traklar tarafında kurulmuş olan Edirne tarihi bir kent olup, geleneksel yapı sistemleri ile oluşturulmuş pek çok yapıya sahiptir (Şekil 1). Camii, kervansaray vb. gibi büyük mimari örneklerinin yanında özellikle konutlarda bodrum ve zemin katlarda taş yığma sistem kullanılmıştır. Kaleiçi, Karaağaç, Ağaçpazarı, Karanfiloğlu gibi semtlerinde geleneksel konut potansiyeli açısından çok fazla örnek barındırmaktadır. Günümüzde bu konutların tekrar kullanımı ile ilgili koruma ve onarım çalışmaları yapılmakta ve böylelikle sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında konut yapılarında 50 cm kalınlığında kalker taşından yapılan yığma taş duvarlar ele alınmıştır (Şekil 2-3). Taş duvar kesitinde toplam sıcaklık, nem ve nemlenme durumu incelenmiştir.



Şekil 1. Geleneksel taş duvarlar



Şekil 2. Taş duvarların kullanımı



Şekil 3. Taş duvarların kullanımı

2. TAŞ DUVARLAR

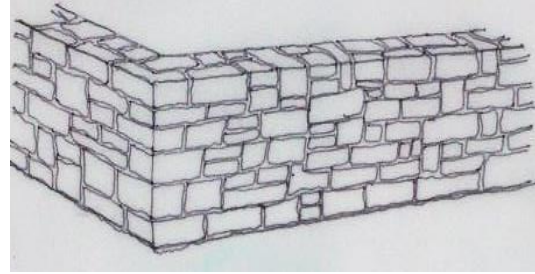
Doğal taşlar, tek bir mineralin çok sayıda ya da çeşitli minerallerin bir araya gelmesinden oluşan kayalardır. Yapı sektöründe masif ve kaplama taşı olarak kullanılmaktadır [6]. Yapı taşları ocaktan çıktıktan sonra duvarda kullanılabilir hale gelmeden önce elle veya makine ile işlenebilmektedir [7].

Dayanım, sertlik, işlenebilirlik, gözeneklilik, erişilebilirlik vb nedenlerle yüzyıllardır tercih edilen taş duvarlar özelliklerine göre taşıyıcı, bölücü, kaplama ve çevresel kontrol elemanlarını kontrol eden tabakalardan oluşmaktadırlar [8]. Doğal veya yapay taşlar yangına dayanıklı yanmaz malzeme olarak kabul edilmektedir. Masif duvarların yoğunlukları yüksek olduğundan ısı depolama değerleri de yüksektir.

Bu olumlu özelliklerinin yanı sıra yapıya önemli bir yük getirmeleri, işlem ve uygulama zorlukları ile birlikte kullanım alanında yer kaplamaları açısından günümüzde ancak özel amaçlarla tercih edilmektedir. Ancak yöresel malzeme olarak belirli bölgelerde ana yapı malzemesi olarak önemini korumaktadır [9].

Yapı taşları ocak, yağmur ve sis, yoğuşma ve kılcallık nedenleriyle bünyesinde nem bulundurmaktadır. Çeşitli şekillerde nem, tüm malzemelerde olduğu gibi yapı taşlarının da bozulmasına neden olmaktadır. Bunun dışında ısı, sıcaklık, güneş, hava kirliliği vb atmosferik etkiler

de taşların bozulmasında etkindir [6]. Geleneksel taş duvar örgüsü Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Geleneksel taş duvar örgüsü

Taşıyıcı duvarlar; üzerine gelen yükleri alarak temele aktaran duvarlardır. Taşıyıcı doğal taş duvarlar sadece bodrum ve zemin katlarda kullanılabilirlerdir.

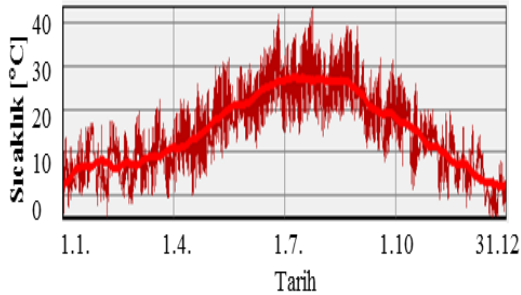
Kagir duvarların higrotermal performansı ile ilgili olarak Holm ve Künel'in çalışmalarında 2 yıllık sürede farklı kesit özelliklerine sahip kagir duvarların su içeriğini 2 boyutlu Wufi-2D ile hesaplanmıştır. Kagir duvarlardaki su içeriğini azaltmaya yönelik iyileştirme yöntemleriyle zamana bağlı olarak su ve nem davranışları izlenmiştir [10]. Ayrıca Krus, çalışmasında doğal taş duvarların nem dengesindeki değişimin duvara olan zarar verici etkileri incelenmiştir. Çalışmada ölçüm ve hesap sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir [11]. Bu çalışma kapsamında da konut yapılarında taşıyıcı yığma kalker kesme blok taş duvarlar ele alınarak duvar kesitinde nemlenme durumu incelenmiştir.

3. YÖNTEM

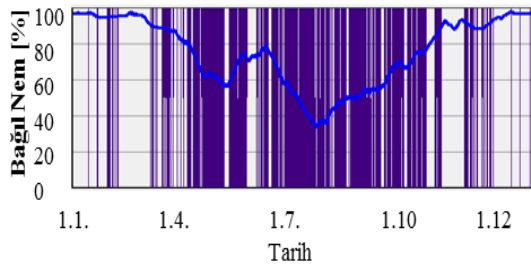
Günümüzde duvar konstrüksiyonlarının higrotermal performansını belirlemek için geliştirilen bilgisayar programları araştırmalarda kullanılmaktadır [12]. WUFI@2D-3 simülasyon programı bu amaç için kullanılan ve çalışmalarda kabul gören bilgisayar modellerinden biridir [13,14, 15]. Wufi programı, Hartwig M. Künel'in doktora tezi kapsamında geliştirilmiş, tek ve çift boyutlu hesaplama modelidir [16]. "CEN EN 15026 Hygrothermal performance of building components and building elements — Assessment of moisture transfer by numerical simulation",

standardına göre hesap yapmaktadır. Model standart malzeme özelliklerine (nem depolama, geçirgenlik fonksiyonları vb) ihtiyaç duymaktadır. Gerçek iklim şartları altındaki bileşenlerin davranışlarını araştırmak amacıyla, ölçülmüş iklim verilerini kullanır. İlk inşaat nemi ile birlikte, bileşenlerin kuruma zamanını, yoğuşma riski, yağmur etkisi ve farklı parametreler altındaki duvar ve çatıların hidrotermal performansı için kullanılmaktadır [14, 17, 18, 19].

Bu çalışmada geleneksel yapım sisteminde yaygın olarak kullanılan yığma kalker kesme blok taş duvar kesiti üzerinde, Edirne ili meteorolojik verileri kullanılarak, WUFI@2D-3 simülasyon programı ile periyodik rejim şartlarında sıcaklık, su ve nem değerleri hesaplanmıştır. Edirne ili iklim verileri meteorolojiden alınan veriler doğrultusunda 1 yıllık saatlik, Ortalama Sıcaklık (°C), Mahalli Basınç, Bağıl Nem (%), Güneşlenme Şiddeti (J/cm²), verileri olarak WUFI@2D-3 programına girilmiştir (Şekil 5-6).



Şekil 5. Edirne iline ait yıllık dış sıcaklık değerleri

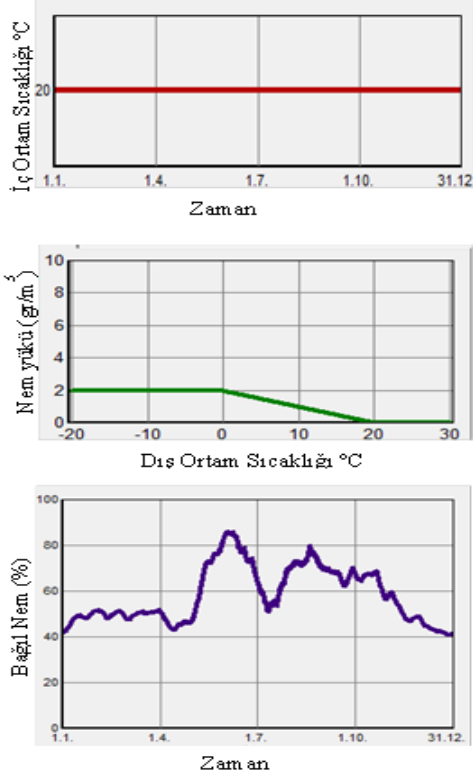


Şekil 6. Edirne iline ait yıllık dış ortam bağıl nem değerleri

İç ortam iklim verilerinde ve higrotermal performansın hesaplanmasında TS EN 13788 “Bina bileşenlerinin ve bina elemanlarının nemli ortamda ısı performansını - Kritik yüzey nemini ve bina bileşenlerinin içindeki yoğuşmayı önlemek için iç yüzey sıcaklığı - Hesaplama metodları- Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation Calculation methods” standardı esas alınmıştır. Şekil 7’de standartta belirtilen, zamana bağlı, iç ortam, dış ortam ve bağıl nem değerleri verilmiştir.

26° 33’ Doğu, boylam, 41°40’ Kuzey enlem, 51 m yükseltide olan Edirne ılıman nemli iklim bölgesi özelliklerini taşımaktadır [20]. Çizelge 1’de Edirne dış sıcaklık ortalama değerleri verilmiştir. Yazları ılıman, kışları az soğuk karakterlidir. Genelde yaz ve kış aylarındaki sıcaklık farkının az olduğu, insan konforuna en yakın özellikler gösteren iklimdir. Ancak yükseklik ve deniz kenarında olma durumlarına göre yaz ve kış aylarında, az veya çok sıcaklık farkları oluşabilmektedir. Yağışlar mevsimlere dağılmıştır ve genellikle Ocak, Şubat, Haziran aylarında görülmektedir. En sıcak aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır. Bu iklimin en önemli özelliği yağış miktarının ve nemin yüksek oluşudur [21].

Öncelikle incelenecek duvar kesiti ve bu kesiti oluşturan malzeme özellikleri belirlenmiştir (Şekil 8, Çizelge 2). İncelenen duvar, sıvasız yığma kalker doğal taş olarak kalker kesme taşından 50 cm kalınlığında ve 106 cm yüksekliğinde yatayla 90° açı yapacak şekilde düşey bir duvar kabul edilmiştir. Taş duvarı oluşturan kesme taş blok, duvar kalınlığı boyunca devam eden genişlikte ve 20 cm yükseklikte kabul edilmiştir. Taşların birleşiminde 1,5 cm kalınlıkta melez harç kullanıldığı varsayılmıştır. Duvar yönü kuzey olarak seçilmiştir.

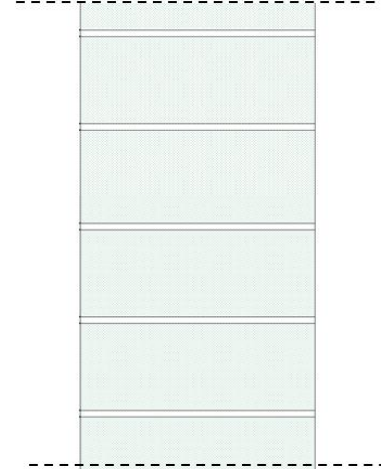


Şekil 7. TS EN 13788'deki zamana göre iç ortam, dış ortam ve bağıl nem değerleri

Çizelge 1. Edirne dış sıcaklık ortalama değerleri [22].

Dış ortam / Aylar	Ort. Sıcaklık °C	Ort. Mak. Sıcaklık °C	Ort. Min. Sıcaklık °C	Bağıl nem % *
Ocak	2,4	6,2	-0,8	82
Şubat	4,4	8,9	0,8	75
Mart	7,6	13,0	2,9	73
Nisan	12,9	19,2	7,1	69
Mayıs	17,9	24,5	11,4	65
Haz.	22,0	28,8	15,0	61
Tem.	24,2	31,2	17,3	57
Ağus.	23,5	30,8	16,3	58
Eylül	19,6	27,1	13,0	63
Ekim	13,8	20,3	8,5	73
Kasım	9,1	14,1	5,0	80
Aralık	4,6	8,3	1,3	83

* Binalarda Isı Yalıtım Kuralları TS 825 den alınmıştır.



Şekil 8. 50 cm kalınlığındaki duvar kesiti

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan doğal taş ve harç özellikleri

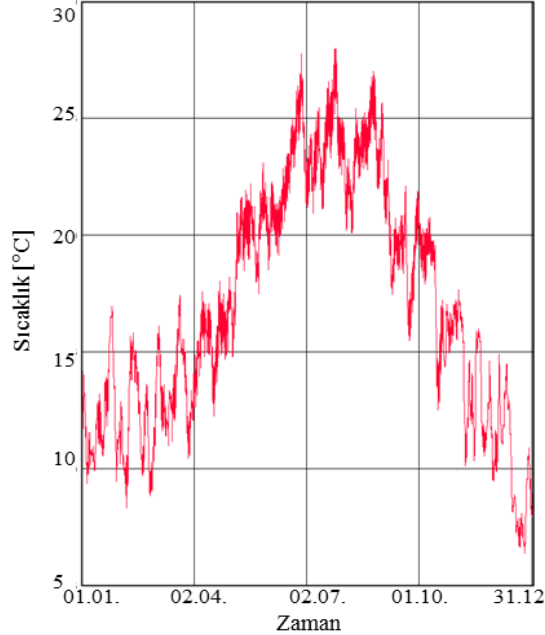
Malzeme	Doğal taş (kalker taşı)	Harç (kireç çimento harcı)
Kalınlık, d (cm)	50	1,5
Yoğunluk, δ (kg/m ³)	2440	1900
Gözeneklilik, Porozite (m ³ /m ³)	0,13	0,24
Özgül ısı kapasitesi, c (J/kg.K)	850	850
Isıl iletkenlik, λ (W/mK)	2,25	0,8
Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ (-)	140	19

3.1. Hesaplamalar

Yapı dış kabuğu dış ortam sıcaklığı ve güneş ısınımı ile etkileşim halinde olduğundan yüzey sıcaklıkları ve bu yüzeyden iletilen ısı akısı zamana bağlı olarak sürekli değişmektedir. Bu durum, yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanının cinsine ve kalınlığına bağlıdır. Binalar için değişken rejimde ısı iletimi, ısı akısının 24 saatlik bir periyotla sinüzoidal değişim gösterdiği periyodik rejim şartlarında yapılmaktadır [14, 16,

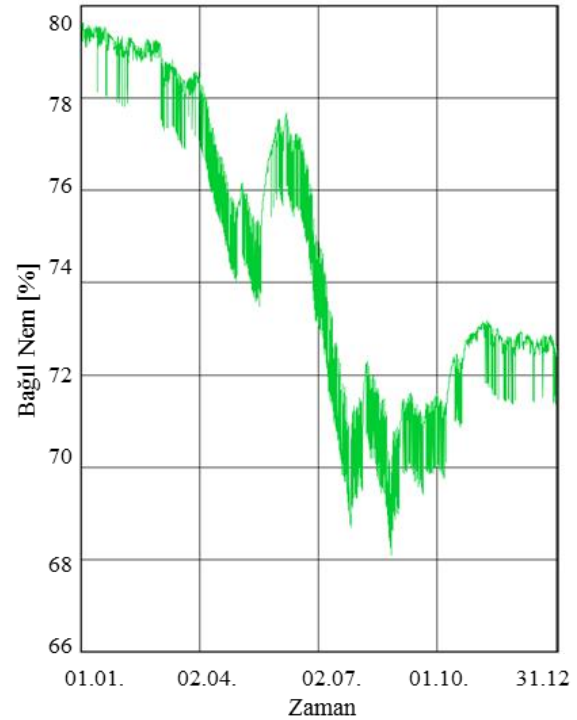
23]. Değişken rejim şartlarında elemanın ısı direncinin yanı sıra, elemandan ısının geçiş hızı ve elemanda ısının depolanabilme kapasitesi de önemlidir. Bu özellikler üzerinde, elemanı oluşturan malzemelerin ısı iletkenliğinin yanında özgül ısılarının ve yoğunluklarının da önemi büyüktür. Türkiye’de değişken rejimde ısı özellikler TS EN ISO 13786 standardında görülmektedir, fakat standartta nem geçişi ile ilgili hesaplama metotları mevcut değildir. Uluslararası değişken rejimde hesaplama metotlarına bakıldığında Karagiozis-2001 ve Künz-2003 metotları görülmektedir ve Künz-2003 bilimsel yayınlarda kabul gördüğü tespit edilmiştir [12, 14, 18, 24, 25].

Şekil 9-12 arasında taş duvar kesitinin Wufi WUFI@2D-3 simulasyon programı ile elde edilen bir yıllık periyottaki aylık ortalama değerleri gösterilmektedir. Aşağıda taş duvar kesitinin toplam sıcaklık, bağıl nem, su içeriği ve nemlenme durumu sonuç grafiklerinin zamana bağlı olarak değişimi verilmektedir.



Şekil 9. Doğal taş duvarın yıllık toplam sıcaklık grafiği

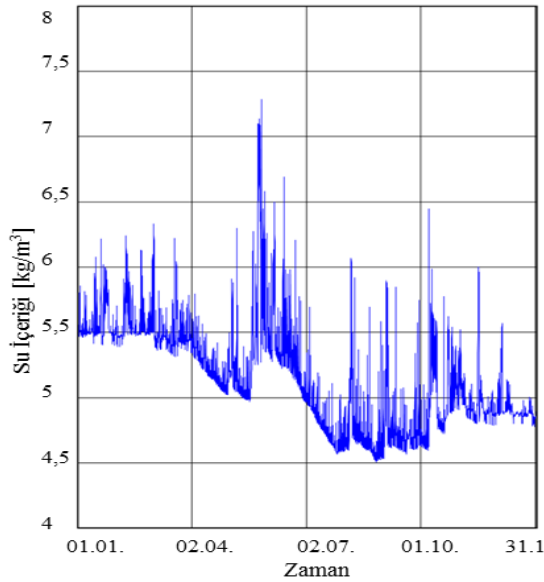
Şekil 9’da 50 cm kalınlığındaki taş duvar kesitinde toplam sıcaklık dağılımı değerlerine bakıldığında, sıcaklığın Aralık ayında 6,4°C ye kadar düştüğü görülmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında duvar kesitinin toplam sıcaklık değeri 28°C ye kadar çıkmaktadır. Edirne dış sıcaklık değerlerine bakıldığında (Çizelge 1) Aralık ayında ortalama sıcaklık 4,6°C, maksimum ortalama sıcaklık 8,3°C, minimum ortalama sıcaklık 1,3°C olarak değişmektedir. Bu durumda duvar kesitinin sıcaklık ortalaması ile minimum ortalama ve dış sıcaklık arasındaki fark 5,1°C olarak görülmektedir. Şekil 10’da duvar kesitinde toplam bağıl nem değerleri Ocak, Şubat, Mart aylarında %79’a kadar çıktığı görülmektedir. Kesitin en düşük toplam bağıl nem değeri ise %68,5 ile Ağustos ayında görülmektedir.



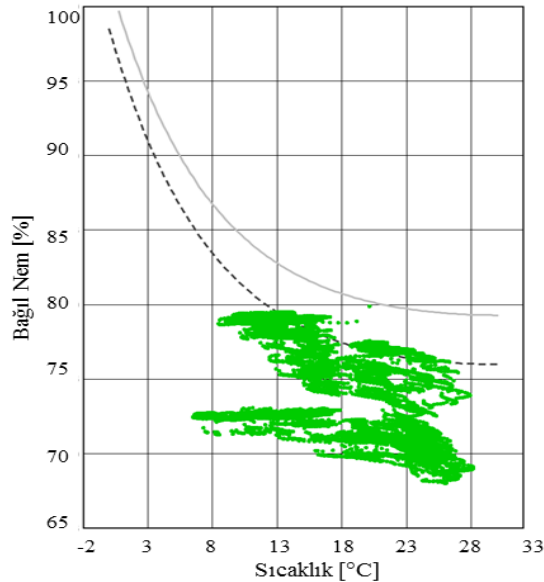
Şekil 10. Doğal taş duvarın yıllık toplam bağıl nem grafiği

Bağıl nem değerlerinde izlenen farklar aylara göre büyük farklılıklar göstermemektedir. Şekil 11’de su içeriği değerleri verilmektedir. Bu değerler

Ağustos ayında $4,5 \text{ kg/m}^3$ 'e kadar düşmekte en fazla su miktarı $7,3 \text{ kg/m}^3$ olarak Mayıs ayında görülmektedir. Şekil 12'de taş duvarın toplam nemlenme durumu verilmektedir.



Şekil 11. Doğal taş duvarın yıllık toplam su içeriği grafiği



Şekil 12. Doğal taş duvarın yıllık toplam nemlenme durumu

Duvarın higrotermal performansına baktığımızda limit 1'e ulaşmasına rağmen, limit 2'ye çıkmamaktadır. Limit 1 suda ayrışabilen malzemelerin sınır değerlerini limit 2 ise suda çözünmeyen malzemelerin sınır değerlerini göstermektedir [24]. Taş duvarlar limit 2 olarak kabul edilmektedir ve nemlenme durumuna bakıldığında yoğunlaşma açısından risk olmadığı görülmektedir. Çizelge 3'de incelenen taş duvar kesitinin toplam sıcaklık, nem ve su içeriği değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmektedir.

Toplam kesit sıcaklığı $6,4^{\circ}\text{C}$ ile 28°C arasında, ortalama $16,9^{\circ}\text{C}$ olarak değişmektedir. Bağıl nem değerleri %68,5 ile %79 arasında, ortalama %74,2 olarak değişmektedir. Su içeriği $2,4 \text{ kg/m}^3$ ile $4,7 \text{ kg/m}^3$ arasında, ortalama $2,8 \text{ kg/m}^3$ olarak değişmektedir.

Çizelge 3. Taş duvar kesitinde sıcaklık, nem ve su içeriği değerleri

Taş duvar	Sıcaklık (°C)			Nem İçeriği (%)			Su İçeriği (Kg/m ³)		
	Min.	Max.	Ot.	Min.	Max.	Ot.	Min.	Max.	Ot.
Toplam kesit	6,4	28	16,9	68,5	79	74,2	2,4	4,7	2,8

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Duvar konstrüksiyonunun sıcaklık, su ve nem performansı deneyler ile belirlenebilmekte ancak bu durum zaman ve maliyet gerektirmektedir. Bu nedenler duvar konstrüksiyonlarının nem performansının belirlenmesinde bilgisayar modelleri kullanımının yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada da Wufi simülasyon programı ile Edirne iklim verileri kullanılarak Taş duvar kesitindeki sıcaklık, su ve nem performansları periyodik rejim şartlarına göre incelenmiştir.

WUFI@2D-3 programı ve EN 13788 iç ortam iklim verilerine göre incelenen 50 cm'lik taş duvar kesitinde toplam sıcaklık maksimum 28°C'e çıktığı görülmüştür. Nem içeriği toplam kesitte %79'a kadar çıkmakta su içeriği 2,4 kg/m³ ile 4,7 kg/m³ arasında değişmektedir. Taş duvar kesitinde nemlenme durumuna baktığımızda taş duvar kesitinde yoğunlaşma açısından risk olmadığı görülmektedir.

Ülkemizdeki mevcut geleneksel yapı stoğu içerisinde yığma kâgir yapılar önemli bir yere sahiptir. Özellikle bu yapıların günümüzde yeniden kullanımı veya yeniden inşa edilmeleri söz konusu olduğunda, yapılan çalışma ile taş duvarlarla inşa edilen yapılarda higrotermal performans açısından sorun yaşanmayacağı araştırma sonuçlarında belirlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Yücesoy, L., 1998. Temeller, Duvarlar, Döşemeler, Yem Yayınevi, İstanbul.
2. Kartal, S., Yılmaz Erten, Ş., Chousein, Ö., 2014. Bioklimatik Mimarinin Enerji Verimliliği Açısından Önemi ve Uygulama Örnekleri, I. Ulusal Yapı Fiziği V. Çevre Kontrolü Kongresi, İstanbul, s: 343-352.
3. Temur, H., 2011. Edirne Geleneksel Konut Mimarisinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Enerji Verimliliği ve Isıl Analiz Açısından Değerlendirilmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne.
4. Esin, T, Yüksek İ., 2010. Ecological Analysis of Building Elements of Traditional Buildings in Rural Area of the Thrace Region (in Turkey). Journal of Environmental Protection Ecology 11(2): 471-484.
5. Şerefhanoglu Sözen M, Gedik Zorer G., 2007. Evaluation of Traditional Architecture in Terms of Building Physics: Old Diyarbakır houses. Building and Environment 42 (4): 1810-1816.
6. Küçükaya, A. G., 2014. Yapı Taşlarının Restorasyonu, Özlem Matbaacılık ve Reklamcılık, İstanbul.
7. Binan. M., 1961. Tabii Taş Duvarlar, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
8. Gür. N. V., Deniz. Ö. Ş., Ekinci. S., 2012. Kagir Yığma Duvarlarda Taşıyıcı Malzeme ve Bileşenler, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Bursa.
9. Eriç, M., 2002. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
10. Holm, A., Künzal, H.M., 2000. Two-Dimensional Transient Heat and Moisture Simulations of Rising Damp with Wufi 2d, 12. IBMac, Madrid, İspanya.
11. Krus, M., 1998. Hygrothermal Calculations Applied to Water-Repellent Surfaces-Validation and Application, Proceedings Second International Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, ETH Zürich S: 169-176.
12. Pehlevan, A., Yaşar, Y., Maçka, S., 2011. Higrotermal Performans Açısından Duvar Konstrüksiyonu Tasarımında Bilgisayar Modellerinin Kullanımı, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
13. Karoglou M., Moropoulou, A., Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., 2007. A Powerful Simulator for Moisture Transfer in Buildings, Building and Environment 42, p.902-912.
14. Kwiatkowski, J., Woloszyn, M., Roux, J.J., 2009. Modelling of Hysteresis Influence on Mass Transfer in Building Materials, Building and Environment 44, p.633- 642.
15. Woloszyn, M., Rode, C., 2008. Tools for Performance Simulation of Heat, Air and Moisture Conditions of Whole Buildings, Build Simul 1: p.5-24.
16. Künzal, H.M., 1995. Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components, PhD-Thesis, Fraunhofer Institute of Building Physics.
17. Künzal, Hartvig, M., 1998. Effect of Interior and Exterior Insulation on the Hygrothermal Behaviour of Exposed Walls, Materials and Structures, vol.31, p.99-103.
18. Künzal, H.M., Zirkelbach, D., Sedlbauer, K., 2003. Predicting Indoor Temperature and Humidity Conditions Including Hygrothermal Interactions with the Building Envelope, Proceedings of 1st International Conference on

- Sustainable Energy and Green Architecture, Building Scientific Research Center (BSRC), King Mongkut's University Thonburi, Bangkok.
19. Künzel, H.M., Holm, A., Zirkelbach, D., Karagiozis, A.N., 2005. Simulation of Indoor Temperature and Humidity Conditions Including Hygrothermal Interactions with the Building Envelope, *Solar Energy* 78, p. 554-561.
 20. <http://www.climate-charts.com/Locations/t/TU17050.php>, erişim tarihi 20.01.2016.
 21. Göksu Ç., 1999. Güneş Kent, Göksu yayınları 3: 88-134.
 22. <http://www.mgm.gov.tr>, erişim tarihi: 26.01.2016.
 23. Gaur, R.C., Bansal, N.K., 2000. Effect of Moisture Transfer Across Building Components on Room Temperature, *International Journal of Building and Environment* 37, p.11-17.
 24. Umaroğulları, F., Gedik, G. Z., Mıhlayanlar, E., 2011. Periyodik Rejimde Yalıtımlı ve Yalıtımsız Betonarme Duvarlarda Yoğuşma Denetimi: Edirne Örneği, *Megaron e-dergi* 6, sayı no:1.
 25. Nussbaumer, T., Wakili, K.G., Tanner Ch., 2006. Experimental and Numerical Investigation of the Thermal Performance of a Protected Vacuum Insulation System Applied to a Concrete Wall, *Applied Energy* 83, p.841-855.

