



Orijinal Araştırma / Original Research

KARBONAT KÖKENLİ BAZI DOĞAL TAŞLARIN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE BAĞLI OLARAK GÜNEŞ IŞIĞINI YANSITMA İNDEKS DEĞERLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE SOLAR REFLECTION INDEX VALUES CHANGES OF SOME CARBONATE BASED NATURAL STONES DEPEND ON THE SURFACE PROPERTIES

Raşit Altındağ^{a,*}, İbrahim Uğur^{a,**}, Nazmi Şengün^{a,***}, Deniz Akbay^{a,****}, Servet Demirdağ^{a,*****}, Ahmet Coşkun^{b,*****}, Murat Sert^{c,*****},

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

^c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE

Geliş Tarihi / Received : 22 Mayıs / May 2018

Kabul Tarihi / Accepted : 22 Ağustos / August 2018

Anahtar Sözcükler:

Doğal taş,
Renk,
Doku,
Güneş ışığını yansıtma indeksi,
Yüzey işleme,
Enerji verimliliği,
Fiziksel bozundurma.

Keywords:

Natural stone,
Color,
Texture,
Solar reflectance index,
Surface treatment,
Energy efficiency,
Physical weathering.

ÖZ

Günümüzde farklı renk ve doku özelliklerine sahip doğal taşlar, gerek dış cephe ve yer, gerekse iç mekân kaplamalarında, çeşitli kalınlıklarda ve yüzeyleri farklı şekillerde işlenmiş (çilalı, honlu ve kumlmalı) olarak yaygın şekilde kullanım alanı bulmaktadır. Özellikle dış cephelerde, güneş ışığının ortama yansıtılması ve soğurulması, mimari yapının iklimsel koşulları (mevsimsel sıcaklık ortalaması, güneşli gün sayısı, ortalama en yüksek sıcaklık, ortalama güneşlenme süresi vb.) baz alındığında, enerji verimliliği ve ısıl konfor açısından oldukça önemli sonuçlar doğurabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, gerek yurt içi ve gerekse yurt dışında yüksek ticari öneme sahip farklı renk, doku ve yüzey (çilalı, honlu ve kumlmalı) özelliklerine sahip 5 farklı karbonat kökenli (kireçtaşı, re-kristalize mermer, traverten) doğal taş türüne ait numuneler kullanılmıştır. Kuru ve doymun durumda güneş ışığı yansıtma ve ısı yayılım değerleri ölçülerek, güneş ışığını yansıtma indeksi değerleri hesaplanmıştır. Kuru ve doymun durum için hesaplanan güneş ışığını yansıtma indeksi değerinin, yüzey özelliklerindeki değişime bağlı olarak önemli derecede değişimler gösterdiği gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

Currently, natural stones having different colour and texture properties are widely used as both exterior and interior surface and floor coverings at various thicknesses and in different surface processed shapes (polished, honed and sanded). Especially on the outer facades, the reflection and absorption of the sunlight to the environment can have considerable consequences in terms of energy efficiency and thermal comfort based on the climatic conditions of the architectural structure (seasonal temperature average, number of sunny days, average maximum temperature, average sunshine duration etc.).

Within the scope of this study, samples of 5 different carbonate based (limestone, re-crystallized marble, travertine) natural stone types with different colour, texture and surface properties (polished, honed and sanded) with high commercial importance were used. In dry and saturated conditions, sunlight reflectance and heat emission values were measured and solar reflection index values were calculated. It has been observed that the solar reflection index values, calculated for dry and saturated conditions varies considerably depending on the changes in surface properties.

* Sorumlu yazar: rasitalinda@adu.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0002-5397-7312>

** ribrahimugur@adu.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0002-1872-9516>

*** nazmisengun@adu.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0003-0407-7198>

**** denizakbay@adu.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0002-7794-5278>

***** servetdemirdag@adu.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0001-7838-388X>

***** ahmetcoskun@adu.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0002-3351-4898>

***** msert@aku.edu.tr * <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0001-6595-1681>

Bu bildiri 2017 yılında düzenlenen Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı'nda yayınlanmıştır. /

This paper was published in the 9th International Marble and Natural Stones Congress of Turkey held in 2017.

Bu makalenin tüm yayın hakları TMMOB Maden Mühendisleri Odası'na aittir © 2018 / Copyright © 2018 Published by UCTEA Chamber of Mining Engineers of Turkey. All rights reserved.

GİRİŞ

Hızla gelişen teknolojiye paralel olarak, enerji verimliliği, birçok sektör ve alanda karşımıza çıkmakta ve enerji maliyetleri her geçen gün artış göstermektedir. Genellikle binalarda dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taş plakalarının estetik görünümünün yanında enerji verimliliğine katkısı da bulunabilmektedir (Shi ve Zhang, 2011).

Güneş ışığını yansıtma indeks (solar reflection index, SRI) değeri binalarda kullanılan kaplama malzemelerinin enerji verimliliğinin değerlendirilmesinde önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır. Farklı renk, doku ve yüzey özellikleri güneş ışığını yansıtma ve soğurma karakteristiklerine bağlı olarak inşa edilen bir yapının çevresinde oluşturduğu en önemli etkilerden birisi ortam sıcaklığının arttığı bölgelerde ısı adası oluşumudur (Kültür ve Türkeri, 2012). Isı adaları yüzeylerin neredeyse tamamının sentetik yapıda olduğu şehirselle yaşam alanlarında daha yaygın olarak görülmektedir. Özellikle güneş kaynaklı ışımayı yansıtma özelliği oldukça düşük düzeyde olan çatı ve beton yüzeyler güneşin neden olduğu ısıyı büyük oranda yutarak ısı adalarının oluşumuna katkıda bulunurlar. Yapı tarafından yutulan ısı konveksiyon yoluyla tekrar ortam havasına geri döndüğünde, artan sıcaklığa bağlı olarak havanın kalitesi, doğal kaynaklar ve ekosistem üzerinde olumsuz bir etki oluşturabilmektedir.

Literatür incelendiğinde bu alanda farklı çalışmaların olduğu görülmektedir. Levinson vd., (2010), SRI değerlerinin kaplama yüzeyinin yönü, güneşin pozisyonu ve atmosferik şartlarına bağlı olduğunu belirtmektedirler. Ma vd., (2001), güneş ışığından daha fazla yararlanabilmek amacıyla renk değiştiren kaplamalar üzerinde güneş ışığı yansıtma ölçümleri yapmışlar ve kırmızı ve mor renklerin arasındaki kaplamaların beyaz renge göre daha çok güneş ışığını absorbe ettiğini belirtmişlerdir. Sleiman vd., (2011) ABD'nin sıcak bölgelerinde binaların çatılarının yüksek güneş ışığını yansıtıcı özellikli malzemelerle kaplanmasıyla yaşam alanlarındaki iklimlendirme talebinin azalacağı sonucuna varmışlar, böylelikle şehirlerin ısı adalarında da kayda değer bir azalış olacağını ve bunun sonucu olarak küresel ısınmanın azalacağını belirtmişlerdir. Boriboonsomsin ve Reza (2007), çalışmalarında bölgelerdeki ısı adalarının etkilerinin azaltılması için yüksek güneş ışığını yansıtma değerlerine sahip kaldırım-

ların tasarlanması gerektiğini tespit etmişlerdir. Yüksek yansıtma değerinin elde edilebilmesi için alternatif olarak beyazlığın artırılması gerektiğini savunmuşlardır. Berdahl ve Bretz (1997), çatı kaplamalarının güneş ışığını yansıtma değerleri kullanılan malzeme çeşitliliğine, yüzey pürüzlülüğü ve yabancı madde miktarına bağlı olarak değişimini incelemişler ve güneş ışığını yansıtma değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasında kuvvetli bir korelasyon olduğunu ifade etmişlerdir. Alchapar vd., (2013), tarafından yapılan çalışmada, kentsel sıcaklıkların (ısı adaları) azaltılması amacıyla sık kullanılan yaya kaldırım kompozisyonları şekil ve renklerine bağlı olarak SRI değerlerini ve ısı davranışlarını ölçerek, zamana bağlı kirlenmenin SRI ve ısı davranışlarına etkilerini incelemişlerdir.

Bu çalışmada, farklı renk, doku ve yüzey (cılalı, honlu ve kumlamalı) özelliklerine sahip 5 farklı karbonat kökenli (kireçtaşı, re-kristalize mermer, traverten) doğal taş türüne ait numunelerin, kuru ve doymun durumda güneş ışığı yansıma ve ısı yayılım değerleri ölçülerek, güneş ışığını yansıtma indeks değerleri hesaplanmıştır. Kuru ve doymun durum için hesaplanan güneş ışığını yansıtma indeks değerinin, yüzey özelliklerine bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

1. GÜNEŞ IŞIĞINI YANSITMA İNDEKS DEĞERİ (SRI)

SRI değeri, bir malzemenin güneşten yayılan enerjiyi yansıtma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Isıl yayılım ise bir yapının ısıyı serbest bırakma kabiliyeti olarak tanımlanabilmektedir. Güneş ışığı yansıtma değeri ve ısı yayılım değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Isıl yayılım değerinin büyüklüğü emilen enerjinin daha çok serbest kaldığını ifade etmektedir. Güneş ışığı yansıma indeks değeri açık yüzeyler için 100'e yakın, koyu yüzeyler için ise 0'a yakın değerler almaktadır.

Malzemenin SRI değerinin artması ortamda ısı adası oluşumunun azalmasına neden olmaktadır. Yüksek SRI değerleri göreceli olarak daha serin malzemeleri temsil etmektedir. Numunelerin Güneş Işığını Yansıtma İndeks (Solar Reflection Index, SRI) değerlerinin belirlenmesi için Güneş Işığı Yansıma değeri (b) (ASTM C1519) ve Isıl Yayılım (e) (ASTM C1371) değerlerinin ölçülmesi gerekir. Güneş ışığı yansıtma ve ısı yayılım ölçüm değerlerinin Eşitlik 1-3'de yerine konmasıyla o

numunenin SRI değeri hesaplanabilmektedir (ASTM E1980-11).

$$\alpha = 1 - \beta \dots \dots \dots (1)$$

$$X = \left(\frac{\alpha - 0.029\epsilon}{9.5205\epsilon + h} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$SRI = 123.97 - 141.35x + 9.655x^2 \dots \dots \dots (3)$$

ASTM E1980-11 standardında önerilen düşük, orta ve yüksek rüzgar koşulları göz önünde bulundurularak taşınım katsayısı (h) değeri 5, 12 ve 30 Wm-2K-1 olarak ayrı ayrı dikkate alınarak her bir h durumu için tüm koşullarda ölçümleri yapılan numunelerin SRI değerleri hesaplanmaktadır.

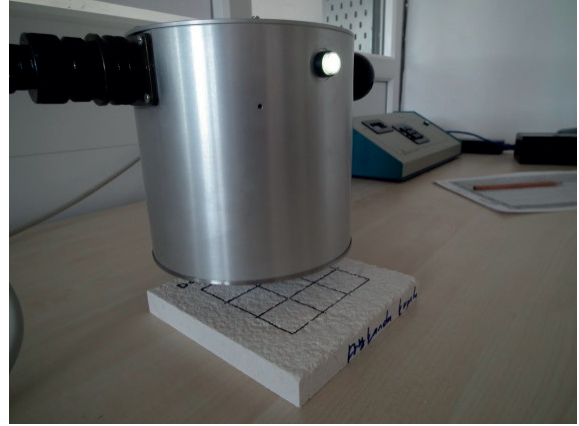


Foto 1. Güneş ışığı yansıtma değeri ölçümü

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmada Kullanılan Doğal Taşlar

Çalışma kapsamında, gerek yurt içi ve gerekse yurt dışında yüksek ticari öneme sahip farklı renk, doku ve yüzey (cilalı, honlu ve kumlamalı) özelliklerine sahip 5 farklı karbonat kökenli doğal taş türüne ait numuneler kullanılmıştır (Çizelge 1). Ayrıca, 15x15x2 cm boyutuna getirilmiş olan doğal taş plakalarının yüzeyleri üzerinde Güneş Işığı Yansıtma değerleri (b) ve Isıl Yayılim (e) değerlerinin ölçümü için gerekli 5 cm kenar uzunluğunda 9 adet kareli oluşturulmuştur (Foto 1-2).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan doğal taşlar

Num. Kodu	Köken	Kayaç Türü	Renk	Doku
M1	Sed.	Traverten	Orta Kahverengi Sarımsı	Mikrokristalin Sparitik
M2	Sed.	Killi-Kireçtaşı	Gri Sarımsı	Mikritik
M3	Sed.	Kireçtaşı	Gri ÇokAçık	Sparitik
M4	Sed.	Dolomit	Gri Beyaz- AçıkGri	Granoblastik
M5	Met.	Mermer		

Sed: Sedimanter; Met: Metamorfik

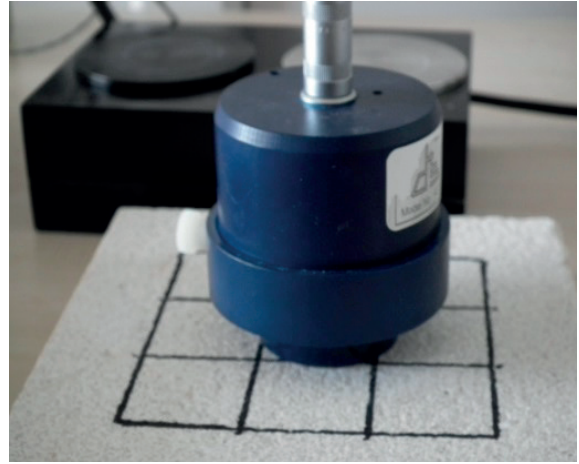


Foto 2. Isıl yayılım değeri ölçümü

2.2. SRI Değerlerinin Belirlenmesi

Numunelerin Güneş Işığını Yansıtma İndeks (Solar Reflection Index, SRI) değerlerinin belirlenmesi amacıyla Güneş Işığı Yansıtma değerleri (b) ve Isıl Yayılim (e) değerleri Şekil 1-2'de verilen cihazlar kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Çalışma kapsamında numunelerin kuru ve suya doymun durumda ölçümleri yapılmıştır. Güneş Işığını Yansıtma İndeks (SRI) değerleri Eşitlik 1-3 kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan doğal taşların ölçülen Güneş Işığı Yansımaya ve Isıl Yayılmaya değerleri

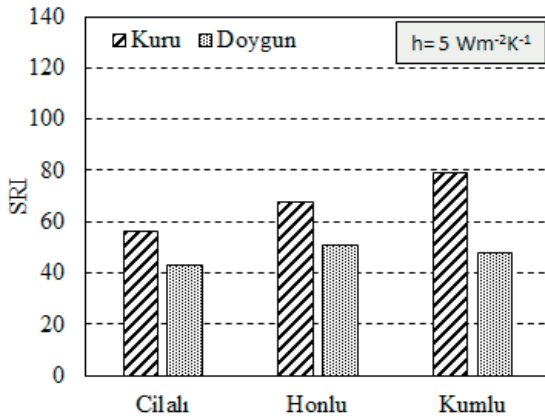
Num. Kodu	Koşul	Güneş Işığı Yansımaya değerleri (β) (ASTM C1549)			Isıl Yayılmaya (ϵ) (ASTM C1371)		
		Cilalı	Honlu	Kumlu	Cilalı	Honlu	Kumlu
		M1	0.860 ± 0.003	0.875 ± 0.005	0.882 ± 0.007	0.502 ± 0.076	0.578 ± 0.050
M2	0.843 ± 0.004	0.846 ± 0.004	0.862 ± 0.002	0.907 ± 0.005	0.905 ± 0.003	0.911 ± 0.003	
M3	Kuru	0.834 ± 0.005	0.851 ± 0.002	0.870 ± 0.001	0.770 ± 0.024	0.811 ± 0.038	0.855 ± 0.015
M4		0.848 ± 0.002	0.861 ± 0.001	0.871 ± 0.003	0.684 ± 0.052	0.691 ± 0.036	0.770 ± 0.026
M5		0.851 ± 0.002	0.860 ± 0.001	0.878 ± 0.003	0.469 ± 0.024	0.505 ± 0.049	0.664 ± 0.031
M1	Doygun	0.900 ± 0.003	0.908 ± 0.005	0.947 ± 0.004	0.389 ± 0.052	0.443 ± 0.054	0.404 ± 0.056
M2		0.913 ± 0.004	0.922 ± 0.002	0.954 ± 0.004	0.711 ± 0.004	0.702 ± 0.005	0.704 ± 0.005
M3		0.934 ± 0.005	0.932 ± 0.005	0.974 ± 0.003	0.698 ± 0.018	0.718 ± 0.018	0.708 ± 0.010
M4		0.897 ± 0.006	0.927 ± 0.005	0.964 ± 0.007	0.490 ± 0.044	0.496 ± 0.030	0.553 ± 0.022
M5		0.880 ± 0.001	0.896 ± 0.005	0.940 ± 0.004	0.384 ± 0.013	0.402 ± 0.022	0.453 ± 0.026

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan doğal taşların hesaplanan SRI değerleri

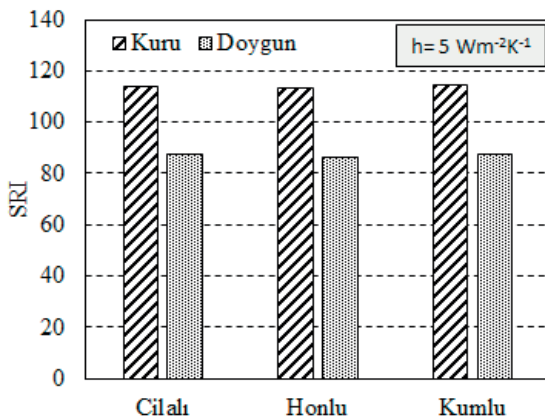
Num. Kodu	Yüzey Koşulu	Güneş Işığını Yansıtma İndeks (SRI) Değeri					
		Taşınım katsayısı (h) (Kuru Durum)			Taşınım katsayısı (h) (Doygun Durum)		
		5Wm ⁻² K ⁻¹	12Wm ⁻² K ⁻¹	30Wm ⁻² K ⁻¹	5Wm ⁻² K ⁻¹	12Wm ⁻² K ⁻¹	30Wm ⁻² K ⁻¹
M1	Cilalı	56.4	57.4	58.3	43.3	43.8	44.2
M2		113.7	113.9	114.1	87.3	87.4	87.5
M3		93.5	94.1	94.7	86.0	86.0	85.9
M4		81.5	82.2	82.9	56.7	57.1	57.5
M5		51.4	52.6	53.7	41.5	42.3	43.1
M1	Honlu	67.5	68.2	68.7	50.9	51.2	51.4
M2		113.5	113.7	113.9	86.3	86.3	86.3
M3		99.9	100.3	100.6	88.8	88.7	88.7
M4		82.8	83.5	84.0	58.9	58.9	58.8
M5		56.7	57.7	58.6	44.8	45.3	45.8
M1	Kumlu	79.0	79.4	79.8	47.9	47.6	47.2
M2		114.6	114.7	114.9	87.5	87.3	87.0
M3		106.5	106.8	107.0	88.6	88.2	87.8
M4		94.4	94.7	95.1	67.9	67.4	66.9
M5		79.6	80.1	80.5	53.8	53.6	53.4

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

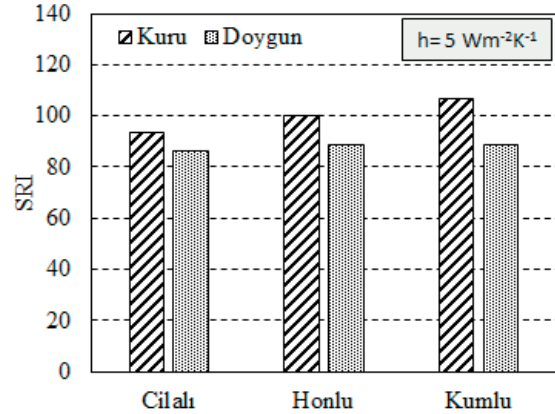
Karbonat kökenli 5 farklı (M1, M2, M3, M4, M5) doğal taş türüne ait, cilalı, honlu ve kumlu yüzeyler üzerinde, numunelerin kuru ve suya doygun olma durumlarına göre yapılan Güneş Işığı Yansıma (b) ve Isıl Yayımlım (e) ölçümleri (Çizelge 2) sonucunda hesaplanan SRI değerleri (Çizelge 3) incelendiğinde, baz alınan sabit taşınım katsayısına ($h=5$) göre, M2 kodlu doğal taş örneğinin su içeriği ve yüzey pürüzlülüğünden neredeyse hiç etkilenmediği (Şekil 4) görülmektedir. Bunun nedeni zaten oldukça yüksek seviyede bir SRI değerine sahip olan kayacın bu parametrelerden etkilenme yüzdesinin daha düşük seviyede kalmasıdır. Buna karşın M1, M3, M4 ve M5 kodlu örneklerde pürüzlülük derecesi arttıkça SRI değerlerinde önemli ölçüde bir artış gözlenmiş, kuru ve kumlu yüzeylerde en yüksek SRI değerlerinin elde edilmiştir (Şekil 1-5). SRI değerlerinde görülen artışın, özellikle kuru durumda, doğal taş yüzeylerinde artan pürüzlülükle birlikte meydana gelen daha açık tondaki renksel değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



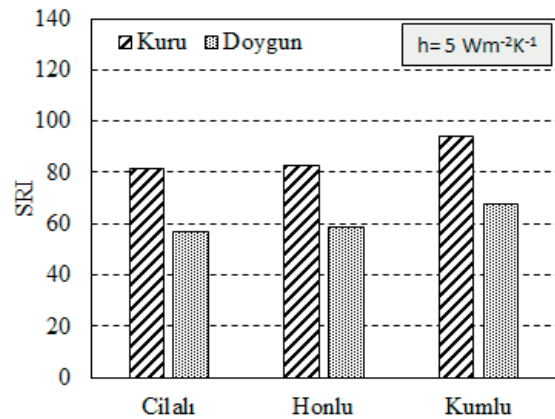
Şekil 1. M1 kodlu doğal taşta ait SRI sonuçları



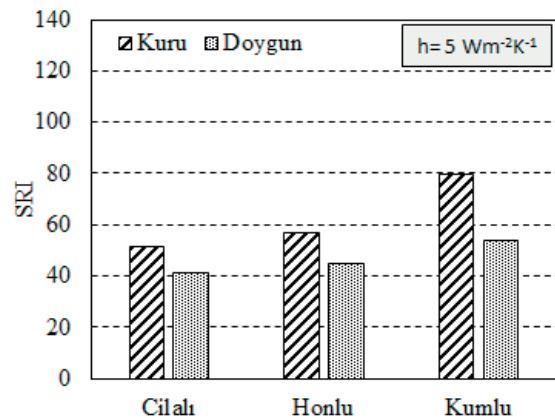
Şekil 2. M2 kodlu doğal taşta ait SRI sonuçları



Şekil 3. M3 kodlu doğal taşta ait SRI sonuçları



Şekil 4. M4 kodlu doğal taşta ait SRI sonuçları



Şekil 5. M5 kodlu doğal taşta ait SRI sonuçları

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıda elde edilen bulgular ışığında, çalışmada kullanılan tüm doğal taş türleri, farklı su içeriğinde ve yüzey koşullarında hesaplanan SRI değerleri açısından incelendiğinde, güneşten yayılan

enerjiyi belirli ölçüde yansıtma kabiliyetine sahip oldukları ve özellikle M2 kodlu doğal taş türü için diğerlerine nazaran daha serin bir yüzeye sahip olabileceği sonucuna varılmıştır. Diğer doğal taş türleri için ise genellikle kaba işlenmiş ve kuru yüzeyler tercih edildiğinde oldukça tatmin edici sonuçlar doğuracağı, artan SRI değerlerinin ise, doğal taş kullanımında çok büyük yüzey alanları söz konusu olduğunda, buldukları ortamlarda oluşabilecek ısı adalarının azalmasına da önemli derecede katkı sağlayabilecekleri sonucuna ulaşılmıştır.

Ayrıca yeşil bina değerlendirme sistemi ve çevresel sürdürülebilir yapı için uygun standartları oluşturmak üzere, ABD Yeşil Bina Konseyi (U.S. Green Building Council, 2007) tarafından geliştirilen “Enerji ve Çevre Tasarımında Öncülük” (The Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) sertifikasyonu kapsamında, binalarda kaplama olarak kullanılacak doğal taşların SRI değerinin 29’un üzerinde olması gerektiği önerilmektedir. Bu çalışmada incelenen 5 farklı doğal taş için hesaplanan SRI değerlerinin, 29’un üzerinde olduğu ve bu öneriyi sağladıkları belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-1001 “Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı” kapsamında 114M569 No’lu Proje tarafından desteklenmiştir. Kuruma katkıları için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Alchapar, N.L.,Correa, E.N., Canton, M.A., (2013), Solar Reflectance Index of Pedestrian Pavements and Their Response to Aging, Journal of Clean Energy Technologies, 1 (4), 281-285.

ASTM C1371, (2015), American Society For Testing and Materials, Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers.

ASTM C1549, (2009), American Society For

Testing and Materials, Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer.

ASTM E1980 - 11 (2001), American Society for Testing and Materials, Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces.

Berdahl P.,Bretz S.E., (1997), Preliminary Survey of The Solar Reflectance of Cool Roofing Materials, Energy and Buildings, 25, 149-158.

Boriboonsomsin K.,Reza F., (2007), Mix Design And Benefit Evaluation of High Solar Reflectance Concrete For Pavements, Transportation Research Board of the National Academies, 11–20.

Kültür, S. Türkeri, N.,(2012), Assessment of Longterm Solar Reflectance Performance of Roof Coverings Measured In Laboratory and In Field, Building and Environment, 48, 164-172.

Levinson, R.,Akbari, H., Berdahl, P.,(2010), Measuring Solar reflectance—Part II: Review of Practical Methods, Solar Energy, 84, 1745–1759.

Ma, Y.,Zhu, B., Wu, K., (2001), Preparation ünd Solar Reflectance Spectra of Chameleon Type Building Coatings, Solar Energy, 70 (5), 417–422.

Shi Z, Zhang X., (2011), Analyzing the Effect of the Long Wave Emissivity and Solar Reflectance of Building Envelopes on Energy-Saving In Buildings In Various Climates, Solar Energy, 85:28-37.

Sleiman, M.,Kirchstettera, T.W., Berdahl, P., Gilbert, H.E., Quelen, S., Marlot, L., Preblea, C.V., Chen, S., Montalbano, A., Rosseler, O., Akbari, H., Levinson, R., Destailats, H., (2011), Soiling of Building Envelope Surfaces ünd Its Effect on Solar Reflectance – Part II: Development of an Accelerated Aging Method for Roofing Materials, Solar Energy Materials and Solar Cells, 122, 271-281.

U.S.Green Building Council, (2007), 5 September 2007, www.usgbc.org.