Black Sea Journal of Engineering and Science
doi: 10.34248/bsengineering.1707841

Open Access Journal
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)
Cilt 8 - Sayı 5: XX-XX / Eylül 2025
Volume 8 - Issue 5: xx-xx / September 2025

BİNA ZARFININ RENK KOYULUĞUNUN BİNANIN TS 825'E GÖRE HESAPLANAN YILLIK ENERJİ İHTİYACI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Abdullah Huzeyfe AKCA[1]*

[1]*Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of civil Engineering, 34220, İstanbul, Türkiye*

Özet: Enerjiye olan talep her geçen gün arttığı için enerji kullanımını daha sürdürülebilir hale getirmek adına çalışmalar ve yönetmelikler yapılmaktadır. Binaların ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacının karşılanması ciddi kaynak tüketimine ve çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Bu sebeple binaların ısıtma ve soğutma enerjisi tüketiminin daha verimli ve sürdürülebilir olması için TS 825 – Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı 2024 tarihinde güncellenmiştir. Son güncellemeyle yalıtım projelerine soğutma enerjisi talebi de dahil edilmiş olup bina zarfının renk koyuluğunun güneş enerjisi kazançları hesaplarında dikkate alınması istenmiştir. Bu çalışmada opak elemanların renk tercihinin bina enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bunun için İzmir'deki ve Ankara'daki iki özdeş binanın farklı renk koyuluğu kombinasyonundaki yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi talepleri hesaplanmıştır. Sonuçlar bina zarfının renk tonundaki koyulaşmanın toplam yıllık enerji tüketimini sıcak bölgede % 9,3'e kadar artırdığını göstermiştir. Renk koyulaşması ile soğutma enerjisi talebinin ısıtma enerjisindeki talebe göre daha çok arttığı anlaşılmıştır. Ayrıca duvar yüzeylerindeki renk koyulaşmasının çatı örtüsündeki renk koyulaşmasına göre enerji talepleri üzerinde daha belirgin bir etkisi olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bina renk tonu, TS 825, Isıtma enerjisi, Soğutma enerjisi

Effect of the Degree of the Color Darkness of the Building Envelope on the Annual Energy Requirement of the Building Calculated According to TS 825

Abstract: Since the energy demand is increasing day by day, researches and regulations are being carried out to make energy consumption more sustainable. Meeting the heating and cooling energy needs of buildings requires serious resource consumption and causes severe environmental problems. For this reason, TS 825 - Thermal insulation requirements for buildings was updated in 2024 in order to make the heating and cooling energy consumption of buildings more efficient and sustainable. The latest update requires calculations for the cooling energy need in thermal insulation projects and also requires that the degree of color darkness of the building envelope be taken into account in solar energy gain calculations. In this study, it was aimed to examine the effects of the color preference of opaque elements on building energy consumption. For this purpose, the annual heating and cooling energy demands of two identical buildings in Izmir and Ankara in different color combinations were calculated. The results showed that increase in the degree of color darkness of the building envelope increased the total annual energy consumption by up to 9.3% in the mild climate zone. The changes in the degree of color darkness affected the cooling energy demand more than the heating energy demand. It was also observed that the use of darker wall surfaces had a more significant effect on energy demands than the use of darker roof covering.

Keywords: Building color darkness, TS 825, Heating energy, Cooling energy

***Sorumlu yazar (Corresponding author):** Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, 34220, İstanbul, Türkiye
E mail: aakca@yildiz.edu.tr (A.H. AKCA)
Abdullah Huzeyfe AKCA https://orcid.org/ 0000-0003-1151-5520

Gönderi: 28 Mayıs 2025 **Received:** May 28, 2025
Kabul: 02 Temmuz 2025 **Accepted:** July 02, 2025
Yayınlanma: 15 Eylül 2025 **Published:** September 15, 2025

Cite as: Akca AH. 2025. Effect of the degree of the color darkness of the building envelope on the annual energy requirement of the building calculated according to TS 825. BSJ Eng Sci, 8(5): xx-xx.

1. Giriş

Binaların karakteristiğini belirleyen sağlamlık, işlevsellik, estetik gibi unsurlardan biri de binanın enerji tüketim performansıdır (Aydın, 2019). Binayı kullanan bireylerin konfor unsurlarını da gözeterek binada konaklamalarını, iş yaşantılarına devam etmelerini, çeşitli aktiviteleri ve çalışmaları yapabilmeleri için binanın detaylı ve düzgün hazırlanmış bir ısı yalıtım projesinin olması önem arz etmektedir (Bektaş vd. 2017). Binalar başta atmosferik koşulların etkisiyle olmak üzere kullanım amacına paralel olarak üretilen veya tüketilen enerjinin büyüklüğü ile iç ortam sıcaklığına ve nem seviyesine sahip olmaktadır (İZODER, 2017). Binanın ısı yalıtımının yeterliliği ve havalandırma sisteminin verimliliği binanın enerji tüketim performansını belirgin olarak etkilemektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2022 yılında yayınlanan Hanehalkı Nihai Enerji Tüketim İstatistikleri'ne göre hanehalkının toplam enerji tüketiminin % 65,3'ü alan ısıtması amacıyla tüketilmiştir

This work is licensed (CC BY-NC 4.0) under Creative Commons Attribution 4.0 International License

(TÜİK, 2022). Bu sebeple 2008 yılı sonunda "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yayınlanmıştır. Yönetmeliğin amacı "Binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir." şeklinde belirtilmektedir (Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008). Yönetmelikle beraber mevcut yapılardaki tadilatlarda ve yeni yapılacak yapılarda ısı yalıtımı projesi gerekliliği belirtilmiştir.

Yönetmelik ısı yalıtımı projelerinde hesap yöntemi olarak TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı'nı işaret etmektedir. Standart, içeriğinde de belirttiği üzere, insan sağlığının ve binalarının ısı etkilerinden korunmasını ve yakıttan tasarruf konusunda gerekli kuralları kapsamaktadır. Bu minvalde TS 825 standardı 1989 yılından itibaren çeşitli revizyonlar geçirmiştir ve günümüzde standardın TS 825-2024 tarihli versiyonu geçerli durumdadır (TSE, 2024). Bir önceki standart TS 825-2013'e göre köklü değişiklikler yapılmış olan aktif standart özellikle soğutma enerjisi hesaplarının da dahil edilmesiyle birlikte çok daha kapsamlı bir hale gelmiştir. Güncellemeler ana hatlarıyla: Yıllık soğutma enerjisi ihtiyacının hesaplanması; derece gün bölgesi sayısının 5'ten 6'ya çıkarılması; toprak temaslı elemanlarda elemanların kullanım amacı ve geometrisine bağlı olarak farklı yöntemlerle ısı transfer katsayısının belirlenmesi; havalandırma yolu ile ısı kayıplarının, iç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazançlarının hesap yöntemlerinin güncellenmesi; opak elemanların ısı kazançları hesaplarına dahil edilmesi şeklinde sıralanabilir. Güncellemeler incelendiğinde soğutma enerjisi hesaplarının ve opak elemanların ısı kazançları hesaplarının ilk defa hesap yöntemlerine dahil edildiği görülmektedir. Soğutma hesaplarında ısı akış yönünün dışarıdan binanın iç ortamına doğru olacağı prensibiyle ısıtma hesaplarına paralel olarak benzer işlemler yapılmaktadır.

Bilindiği üzere açık renkli malzemeler güneş ışınlarını yansıtırken koyu renkli malzemeler güneş ışınlarını tutmaktadır (Syuhada ve Maulana, 2018). Bu durum da malzemede ısı enerjisi depolanmasına sebep olur. (Paminto vd. 2021). Bu sebeple binayı çevreleyen yapı elemanlarında detaylı bir ısı yalıtımı tabakalandırmasının yanı sıra uygun renk seçiminin yapılması binanın enerji verimliliğini arttırabilir (Koçu ve Dereli, 2010). TS 825-2024'e göre opak elemanların ısı yalıtımı hesaplamalarına dahil edilmesi ise eşitlik 1 ile gösterildiği gibi aşağıdaki parametrelerle yapılmaktadır.

$$Q_{H/C;sol;op;k;m} = \alpha_{sol;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;op;k} \cdot A_{c;k} \cdot F_{sh;obst;k;m} \cdot H_{sol;k;m} - Q_{sky;k;m} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki parametreler: $\alpha_{sol;k}$ boyutsuz güneş ışınımı emme katsayısı (Kategori 1: Açık renk için 0,3, Kategori 2: Orta koyulukta renk için 0,6, Kategori 3: Koyu renk için 0,9 olarak alınır), $R_{se;k}$ Dış yüzey ısı direnci (m²K/W), $U_{c;op;k}$ ısıl geçirgenlik (W/m²K), $A_{c;k}$ izdüşüm alanı (m²), $F_{sh;obst;k;m}$ dış engeller için boyutsuz gölgeleme azaltma faktörü, $H_{sol;k;m}$ İlgili eğim ve yönelme açısıyla elemanın birim alanına düşen aylık güneş ışınımı (kWh/m²), $Q_{sky;k;m}$ gökyüzüne olan ısıl ışınım nedeniyle aylık ek ısı akışı (kWh) şeklindedir. $H_{sol;k;m}$ parametresindeki ilgili eğim ve yönelme açısı sırasıyla β_i ve γ_i şeklindedir. Eğim açısı yapı elemanın geometrik verilerinden elde edilen yataydan yukarıya doğru ölçülmüş açıdır. Yönelme açısı ise yapı elemanının geometrik verilerden elde edilen eğimli yüzeyin normalinin yatay iz düşümünün coğrafi azimut açısı şeklinde ifade edilir. eşitlik 1'deki $Q_{sky;k;m}$ parametresi ise ayrı bir denklem ile eşitlik 2'de gösterildiği gibi hesaplanır.

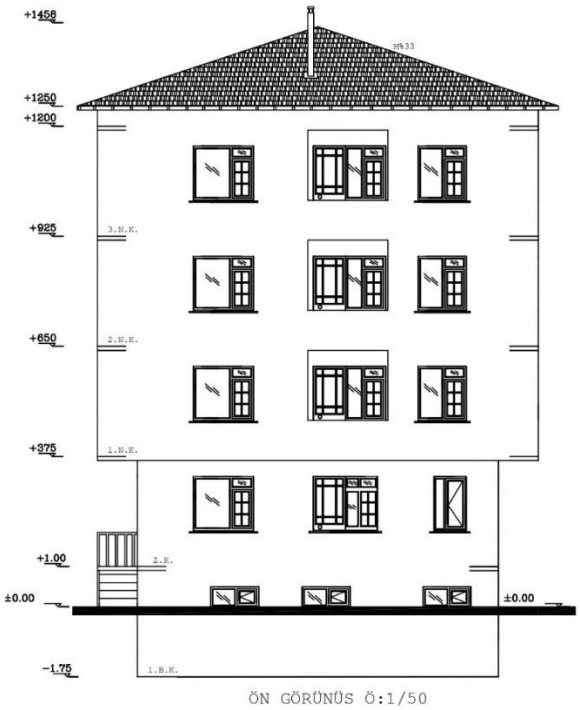
$$Q_{sky;k;m} = 0{,}001 \cdot F_{sky;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;op;k} \cdot A_{c;k} \cdot h_{re;k} \cdot \Delta\theta_{sky;m} \cdot \Delta t_m \quad (2)$$

Eşitlik 2'deki parametreler: $F_{sky;k}$ eleman ile gökyüzü arasındaki görme faktörü, $h_{re;k}$ dış yüzey uzun dalga ışınım ısı transfer katsayısı (W/m²K), $\Delta\theta_{sky;m}$ görünür gökyüzü sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki ortalama fark (K), Δt_m ilgili ayın süresidir (saat).

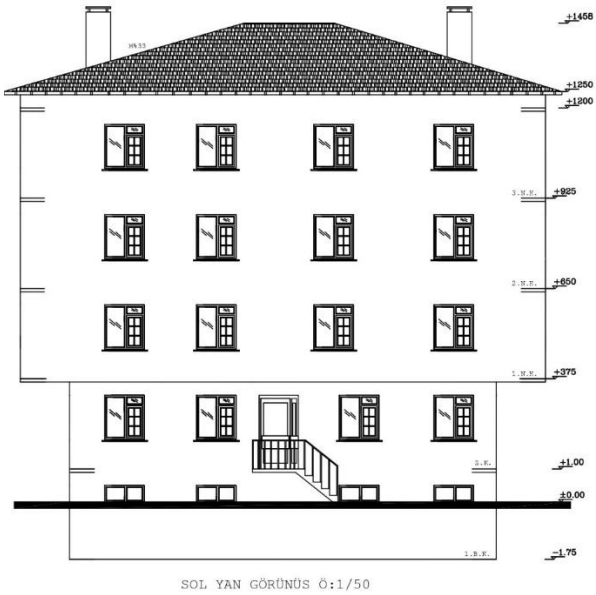
İç ortam ile dış ortamı ayıran bina kabuğunu ifade eden bina zarfının renk seçimi daha çok estetik unsurlar ve çevre uyumu ile ilgili bir durumdur. Fakat görüldüğü üzere bina zarfındaki opak elemanlardan güneş enerjisi ile ısı akışı özellikle eleman rengine bağlı olarak belirlenen bir emme faktörüyle ve gökyüzüne olan ısıl ışınım faktörünün bileşkesine eşittir. Bu durumda bina zarfının rengi koyulaştıkça opak elemanlardan doğan ısı kazancı da değişmektedir. Bu sebeple bina zarfını çevreleyen elemanların renk tonları belirlenirken dikkate alınması amacıyla bu çalışmada İzmir'deki ve Ankara'daki 5 katlı (Bodrum katı + zemin katı + 3 normal kat) konut binalarının aynı yalıtım sistemiyle farklı tonlardaki dış cephe ve çatı örtüsüyle kaplanması durumundaki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı farkı hesaplamaya alınmıştır. Böylece bu yeni hesap unsurunun enerji ihtiyacındaki payı değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

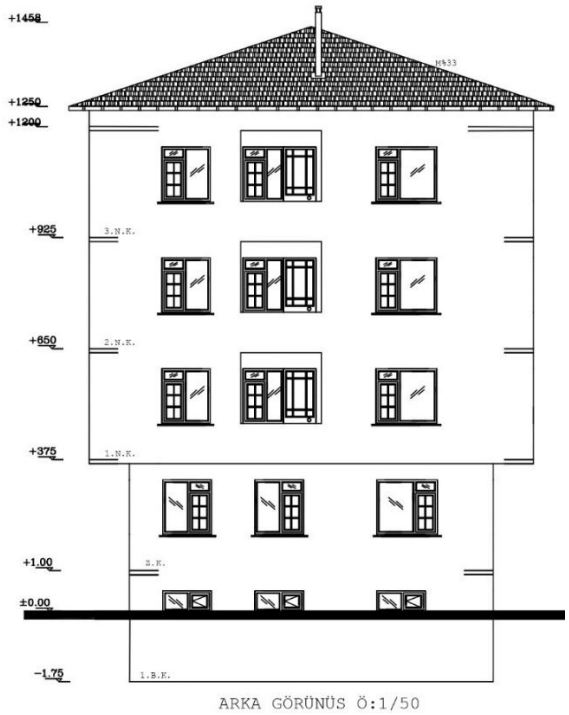
TS 825-2024' e göre ısı yalıtımı hesapları İzmir'deki ve Ankara'daki 5 katlı konut amaçlı kullanılacak olan aynı özellikteki apartman binalarında yapılacaktır. Binaya ait cephe görselleri ve kat yükseklikleri Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Bina zarfında bulunan elemanların tabaka ve malzeme detayları ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Binanın ön cephesi.



Şekil 2. Binanın sol cephesi.



Şekil 3. Binanın arka cephesi.

Şekil 4. Binanın sağ cephesi.

Tablo 1. Bina elemanlarının tabakaları

Bina elemanı	Tabakalar	Kalınlık (cm)	Isı iletim katsayısı (W/mK)
Çatı kaplaması	Su yalıtımı örtüsü	0,3	0,18
	Kontraplak	1,8	0,13
Çatı döşemesi	İç sıva	1	1
	Betonarme döşeme	15	2,5
	Isı yalıtımı	15	0,035
	İç sıva	1	1
Duvar yüzeyleri	Delikli tuğla	13,5	0,45
	Isı yalıtımı	15	0,035
	Dış sıva	1	1
	İç sıva	1	1
Betonarme dikey yüzeyler (Kolon + Kiriş)	Betonarme	25	2,5
	Isı yalıtımı	15	0,035
	Dış sıva	1	1
Betonarme konsol döşeme	Ahşap parke	1	1
	Şap betonu	5	2
	Betonarme	15	2,5
	Isı yalıtımı	15	0,035
	Dış sıva	1	1
Betonarme perde	İç sıva	1	1
	Betonarme	20	2,5
	Su yalıtımı örtüsü	0,5	0,5
	Isı yalıtımı	15	0,035
	Dış sıva	2	1
	Yüzey kaplaması	3	0,6
	Isı yalıtımı	10	0,035
	Betonarme	40	2,5
Taban	Su yalıtımı örtüsü	0,5	0,5

Binanın toprak üstü kotu 14,08 m olup toprak altındaki betonarme duvar yüksekliği 1,75 m'dir. Bodrum Kat taban boyutları 13 m uzunluk ve 9 m genişlik şeklindedir ve bina temeli 40 cm kalınlığındaki betonarme radye temeldir. 1. Kat Zemin Kat üzerine ön ve arka cephede 1,5 m, sol ve sağ cephede 1,0 m olacak şekilde çıkmalarla devam etmektedir. Normal katlarda ön ve arka cephelerdeki orta pencerelerde cephenin çıkma derinliği kadar genişliği olan birer balkon bulunmaktadır. Binanın üstünü çatı eğimi %33 olan soğuk kırma çatı örtmektedir. Binanın dış kapısı ahşap olup ısıl geçirgenliği $U_{kapı}$ =4,0 W/m²K'dir. Binada kullanılan pencereler yalıtımlı PVC doğramadan yapılmış olup hepsinin ısıl geçirgenliği U_{pen} =1,8 W/m²K'dir. TS 825-2024'e göre yapılacak olan ısıl hesaplamalarda $\alpha_{sol;k}$ boyutsuz güneş ışınımı emme katsayısı Tablo 2'de belirtilen bina tipleri için farklı olarak alınacaktır. Binada kolonlar 40x40 cm² boyutlarındadır. Bodrum ve Zemin Katlarda ön ve arka cephede bina zarfında olan kolon sayısı 4'tür, sol ve sağ cephede ise bina zarfında olan kolon sayısı 6'dır. Zemin katta bina zarfında bulunan kolonları birleştiren kirişlerin boyutları ise 25x50 cm²'dir. Bu sebeple bina zarfındaki döşemelerden, kolonlardan ve kirişlerden oluşan betonarme dikey yüzeylerin ısıl geçirgenliği hesaplanırken güvenli tarafta kalmak için tabaka kalınlığı ve dolayısıyla ısıl direnci en az olan kiriş elemanlar dikkate alınmış ve bu elemanlar için tek bir ısıl geçirgenlik değeri belirlenmiştir.

Tablo 2. Cephe ve çatı renk tonlarına göre bina kodları

Çatı	Dikey Cepheler		
	Açık	Orta	Koyu
Açık	RAA	RAO	RAK
Orta	ROA	ROO	ROK
Koyu	RKA	RKO	RKK

3. Bulgular

Binada TS 825-2024'e göre ısıl hesaplama yapabilmek için binadaki mevcut ölçü ve parametrelere göre bazı faktörlerin hesaplanması gerekmektedir. Bunlar çatı döşemesi için düzeltme faktörü, toprak temaslı döşeme karakteristik ölçüsü, toprak temaslı elemanların eş değer kalınlıkları, iletimle gerçekleşen ısı transfer katsayıları, havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı transfer katsayısı, bina iç ısı kazançları ve bina güneş enerjisi kazançları şeklindedir. Bu veriler elde edildikten sonra binanın yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı hesaplanabilir.

3.1. Çatı Döşemesi Düzeltme Faktörü

Binanın üzerini kullanılmayan ve şartlandırılmayan soğuk kırma çatı örtmektedir. Çatı örtüsü çatı döşemesinden kaynaklanan ısı kaybını azaltacağı için çatı döşemesinin ısıl geçirgenliği bir düzeltme faktörü, b ile çarpılarak azaltılmalıdır. Düzeltme faktörü eşitlik 3 ile hesaplanabilir.

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{iu}} \tag{3}$$

Burada H_{ue} şartlandırılmayan mahalle dış ortam arasındaki ısı transfer katsayısıdır (W/mK) ve H_{iu} şartlandırılan mahal ile şartlandırılmayan mahal arasındaki doğrudan ısı transfer katsayısıdır (W/mK). Bu iki parametrenin hesaplanması eşitlik 4'te ve eşitlik 5'te gösterildiği gibi yapılır.

$$H_{ue} = H_{tr;ue} + H_{ve;ue} \tag{4}$$

$$H_{iu} = H_{tr;iu} + H_{ve;iu} \tag{5}$$

Şartlandırılmayan mahalle dış ortam arasındaki ısı transfer katsayısının iletimle ısı transferi bileşeni $H_{tr;ue}$'dir ve havalandırma yoluyla ısı transferi bileşeni ise

$H_{ve,ue}$'dir. Şartlandırılan mahal ile şartlandırılmayan mahal arasındaki doğrudan ısı transfer katsayısının iletimle ısı transferi bileşeni $H_{tr,iu}$'dir ve havalandırma yoluyla ısı transferi bileşeni ise $H_{ve,iu}$'dir. Binanın kullanılmayan çatısı ve şartlandırılan iç hacmi arasında hava akışı olmadığından $H_{ve,iu}$ = 0 W/K olarak belirlenir. Diğer parametreler sırasıyla eşitlik 6, eşitlik 7 ve eşitlik 8 ile hesaplanır.

$$H_{tr;ue} = U_{ue} \cdot A_{ue} \tag{6}$$

$$H_{ve;ue} = \rho \cdot c_p \cdot q_{ue} = 0{,}33 \times (\eta_{ue} \times V_{ue}) \tag{7}$$

$$H_{tr;iu} = U_T \cdot A_T \tag{8}$$

U_{ue} şartlandırılmayan mahal ile dış ortam arasındaki ısıl geçirgenlik olup tabaka kalınlıkları ve çatıda kullanılan malzemelerin ısıl iletim katsayılarından 3,08 W/m²K olarak hesaplanmıştır. A_{ue} çatı örtüsünün toplam alanı olup kırma çatı geometrisinden 213,6 m² olarak hesaplanmıştır. ρ havanın yoğunluğu (kg/m³), c_p havanın sabit basınçtaki özgül ısı kapasitesi (Wh/kgK) şeklinde olup $\rho \cdot c_p$ değerinin 0,33 (Wh/m³K) olarak alınması uygundur. Çatıda sabit havalandırma kanalları mevcut olduğundan hava değişim sayısı n_{ue}=3 1/h'tir. V_{ue} şartlandırılmayan çatı hacmi olup kırma çatı geometrisine göre 151,30 m³ olarak hesaplanmıştır. U_T şartlandırılan mahalle şartlandırılmayan mahal arasındaki ısıl geçirgenliktir. U_T değeri çatı döşemesi tabaka kalınlıkları ve kullanılan malzemelerin ısıl iletim katsayılarından 0,219 W/m²K olarak hesaplanmıştır. A_T çatı döşemesinin alanıdır ve 176 m²'dir. Bu durumda çatı döşemesi için düzeltme faktörü, b = 0,956 olarak hesaplanır.

3.2. Toprak Altı Döşeme Karakteristik Ölçüsü

Toprağa temas eden yapı elemanlarından iletimle gerçekleşen ısı transfer katsayısının hesaplanabilmesi için döşeme karakteristik ölçüsü, B'nin eşitlik 9'a göre belirlenmesi gerekmektedir.

$$B = \frac{A}{0{,}5 \times P} \tag{9}$$

A (m²) toprağa temas eden toplam döşeme alanını, P (m) ısıtılan bina ile dış ortamı ayıran dış duvarın toplam uzunluğu yani bina tabanının çevresidir. Buna göre döşeme karakteristik ölçüsü B=5,32 m'dir.

3.3. Eşdeğer Kalınlıklar

Toprağa temas eden döşemelerin iletimle gerçekleşen ısı transfer katsayısının hesaplanabilmesi için eşdeğer döşeme kalınlığı d_f, toprağa temas eden duvarların iletimle gerçekleşen ısı transfer katsayısının hesaplanabilmesi için eşdeğer duvar kalınlığı $d_{w;b}$ değerlerinin Eşitlik 10'a ve Eşitlik 11'e göre hesaplanması gerekmektedir.

$$d_f = d_{w;e} + \lambda_g \cdot \sum R_f \tag{10}$$

$$d_{w;b} = \lambda_g \cdot \sum R_{w;b} \tag{11}$$

Denklemlerdeki λ_g toprağın ısıl iletkenliğidir ve zemin cinsi, nem muhtevası gibi birçok parametreye bağlı olarak değişebilir (Xiong vd. 2023). TS 825-2024'e göre hesaplamalarda 2,0 W/mK olarak alınabilir (TSE, 2024). $d_{w;e}$ zemin seviyesindeki duvarların tüm katmanları içerecek şekilde toplam kalınlığını (m), ΣR_f toprağa basan döşemenin toplam ısıl direncini (m²K/W), $\Sigma R_{w;b}$ toprağa temas eden duvarın toplam ısıl direncini (m²K/W) ifade etmektedir. Bina tabanının tabaka kalınlıklardan ve kullanılan malzemelerin ısıl iletim katsayılarından yararlanarak $d_{w;e}$ = 0,385 m, ΣR_f = 3,25 m²K/W ve $\Sigma R_{w;b}$ = 4,54 m²K/W olarak hesaplanır. Bu durumda eşdeğer döşeme kalınlığı d_f = 6,88 m, eşdeğer duvar kalınlığı $d_{w;b}$ = 9,07 m olarak hesaplanır. Elde edilen eş değer kalınlıklar ile toprağa basan döşemenin ısıl geçirgenliği $U_{fg;b}$ = 0,196 W/m²K ve toprak temaslı duvarın ısıl geçirgenliği $U_{wg;b}$ = 0,180 W/m²K olarak hesaplanır.

3.4. Toplam Isı Transfer Katsayısı Çizelgesi

Tablo 1'de verilen malzeme parametreleri ve tabaka kalınlıkları doğrultusunda binanın toprak üstü ve toprak altı elemanlarının ısıl geçirgenlikleri hesaplanarak Tablo 3'te gösterilmiştir. Isıl geçirgenlikler ve yüzey alanları kullanılarak toprak temassız elemanların iletimle toplam ısı transfer katsayısı $\Sigma_k(H_{H/C;el;k;m})$ = 370,4 W/K olarak hesaplanır. Bu değere ısı köprülerinden dolayı meydana gelen kayıplar da eklenerek toprak temassız elemanların toplam ısı transfer katsayısı hesaplanabilir.

Tablo 3. Bina zarfındaki yapı elemanlarının ısıl geçirgenlikleri ve alanları

	Yapı Elemanı	U (W/m²K)	A (m²)
Toprak temassız	Çatı döşemesi	0,219	176,0
	Dış duvar	0,209	468,3
	Kolon+Kiriş	0,219	41,5
	Çıkma döşemesi	0,217	53,0
	Perde	0,219	37,5
	Pencere	1,800	108,8
	Kapı	4,000	2,7
Toprak temaslı	Perde	0,180	77,0
	Taban döşemesi	0,196	117,0

Binada çizgisel ısıl geçirgenlik katsayıları TS EN ISO 14683'e göre belirlenmiş olup çizgisel ısıl geçirgenlik katsayısı 0,10 W/mK'den küçük olan elemanlarda oluşan ısı köprüleri TS 825-2024'e göre ihmal edilebilir (TSE, 2017). Buna göre balkon döşemesi çevresinde oluşan ısı köprüsü kaybı 28,5 W/K, çatı döşemesi çevresinde oluşan ısı köprüsü kaybı 32,4 W/K ve bina taban çevresinde oluşan ısı köprüsü kaybı 26,4 W/K olarak belirlenmiştir.

Toprak temaslı olmayan elemanların toplam ısı transfer katsayısı $H_{H/C;tr(excl.gf);ztc;m}$ = 431,3 W/K, toprak temaslı olan elemanların toplam ısı transfer katsayısı $H_{gr;an;ztc;m}$ =

63,2 W/K olarak hesaplanır.

3.5. Havalandırma Isı Transfer Katsayısı

Bina tipi apartman olduğu için şartlandırılmış döşeme alanı başına dış hava katsayısı TS 825-2024'e göre n_h = 0,7 m³/m²h olarak alınır. Bina geneli kullanılmayan çatı hariç şartlandırıldığından şartlandırılmış döşeme alanı balkon kullanım alanları hariç tüm kat alanları toplamına eşittir ve A_f = 744 m²'dir. Bu durumda havalandırma ısı transferi katsayısı $H_{H/C;ve;ztc;m}$ Eşitlik 12'ye göre hesaplanır ve 171,9 W/K olarak bulunur.

$$H_{H/C;ve;ztc;m} = \rho \cdot C_p \cdot A_f \cdot n_h \tag{12}$$

3.6. İç Isı Kazançları

Bina ortalama iç ısı kazançları $Q_{H/C;int;dir;zt;m}$ Eşitlik 13'e göre hesaplanır ve 4906 W olarak bulunur.

$$Q_{H/C;int;dir;zt;m} = A_f \cdot \left(Q_p/A_p + f_e \cdot q_e\right) \tag{13}$$

Q_p/A_p = 1,8 W/m² kişi başı alan başına metabolik ısı kazancı, f_E = %70 binanın şartlandırılmış bölümünde elektrik kullanımının kısmı ve q_E = 30 kWh/m² şartlandırılmış döşeme alanı başına yıllık elektrik kullanımı değerleri TS 825-2024'ten elde edilmiştir. Aylık ortalama günlük kullanım süresi bina kullanım amacına göre değişebilmektedir. TS 825-2024'e göre konut amaçlı kullanılan apartmanlar için GKS = 12 saat olarak alınabilir.

3.7. Güneş Enerjisi Kazançları

Güneş enerjisi kazançları binanın yönelim ve eğim açılarına göre değişmektedir. Binanın kapısı kuzey cephesine baktığı için yönlere bağlı bina saydam ve opak yüzey alanları Tablo 4'te verilmiştir. Mevsimlere göre güneş enerjisi kazanımı farklı olacağı için aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri $H_{sol;wi;m}$ değerleri TS 825-2024'ten alınmış ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Yönlere göre binanın saydam ve opak yüzey alanları dağılımı

Yön	Saydam Alanlar (m²)	Opak Alanlar (m²)
Kuzey	28,3	152,9
Doğu	28,0	96,8
Güney	24,5	156,7
Batı	28,0	96,8
Yatay	-	176,0

Tablo 5. İzmir ve Ankara için aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri (W/m²) (TS 825-2024)

Aylar	Kuzey		Doğu		Güney		Batı		Yatay	
	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara
Ocak	13,5	4,2	105,8	31,5	179,1	54,0	106,4	31,3	90,7	28,0
Şubat	15,0	7,7	117,2	61,9	153,8	76,8	119,0	62,0	112,1	57,2
Mart	21,2	8,1	161,5	60,4	154,5	57,6	158,0	61,0	163,0	62,2
Nisan	27,1	10,5	177,6	69,3	126,3	47,7	179,4	68,8	201,2	78,1
Mayıs	34,6	21,1	205,2	125,6	107,7	63,7	207,0	123,3	246,4	150,5
Haziran	50,6	41,8	235,2	194,9	107,6	85,1	238,0	192,5	291,4	239,6
Temmuz	44,2	30,5	248,6	173,6	131,1	86,9	253,0	171,8	304,3	209,8
Ağustos	39,1	28,4	237,4	171,7	168,2	118,9	237,9	171,5	272,0	198,0
Eylül	31,7	17,3	220,0	116,2	215,1	115,1	219,5	119,1	226,3	123,9
Ekim	21,0	8,3	157,9	60,5	201,5	78,3	156,8	60,0	148,5	59,3
Kasım	15,2	5,2	111,3	39,7	194,3	65,7	111,4	39,5	99,2	34,8
Aralık	12,5	4,7	95,7	34,7	183,0	67,6	91,3	36,1	78,3	30,0

Binanın her aydaki ilgili yöne ait güneş enerjisi kazancı $Q_{H/C;sol;dire;zt,m}$, saydam elemanların $\Sigma Q_{H/C;sol;wi;k}$ ve opak elemanların $\Sigma Q_{H/C;sol;op;k}$ güneş enerjisi kazançları toplanmıyla Eşitlik 14'e göre hesaplanır. Saydam elemanların güneş enerjisi kazancı $\Sigma Q_{H/C;sol;wi;k}$ Eşitlik 15'e göre aylık belirlenir.

$$Q_{H/C;sol;dire;zt,m} = \sum Q_{H/C;sol;wi;k} + \sum Q_{H/C;sol;op;k} \tag{14}$$

$$Q_{H/C;sol;wi;k;m} = g_{gl;wi;H/C;m} \cdot A_{wi} \cdot (1 - F_{fr;wi}) \cdot F_{sh;obst;wi;m} \cdot H_{sol;wi;m} - Q_{sky;k;m} \tag{15}$$

Binada pencereler çift camlı olduğu için camların güneş enerjisi geçirgenliği katsayısı $g_{gl;wi;H/C;m}$ = 0,675 olarak alınmıştır. A_{wi} ilgili yöne bakan pencere alanıdır ve Tablo 4'te saydam alanlar başlığı altında verilmiştir. Binadaki pencerelerin çerçeve kısmının toplam alandaki payı $F_{fr;wi}$ = 0,25 olarak belirlenmiştir. Binanın etrafı açık olduğu için dış engeller için boyutsuz gölgeleme azaltma faktörü $F_{sh;obst;wi;m}$ = 0,8 olarak alınmıştır.

3.8. Binanın Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı her ay için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını toplayarak bulunur. Bunun için aylık toplam ısı kayıplarının (Isıtma için iletimle toplam ısı transferi ve ısıtma için havalandırmayla toplam ısı transferi) ve toplam ısı

kazançlarının (Isıtma için iç ısı kazançları ve ısıtma için güneş enerjisi kazançları) belirlenmesi gerekir.

Isıtma enerjisi ihtiyacı iç ortam ve dış ortam sıcaklık farkının büyüklüğüyle doğru orantılı olarak artar veya azalır. Bina konut olarak kullanıldığından ısıtma enerjisi hesabında bina iç sıcaklığı $Q_{int;cal;H;ztc;m}$ = 20 °C olarak alınmıştır. İzmir ve Ankara için aylık dış ortam sıcaklıkları $\theta_{e;a;m}$ ve yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı $\theta_{e;a;an}$ değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. İzmir ve Ankara için aylık ve yıllık ortalama dış ortam sıcaklıkları (TS 825-2024)

Aylar	Aylık (°C)		Yıllık (°C)	
	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara
Ocak	4,00	-3,00	18,03	9,76
Şubat	4,40	-2,70	18,03	9,76
Mart	6,30	0,40	18,03	9,76
Nisan	11,25	6,38	18,03	9,76
Mayıs	19,40	14,00	18,03	9,76
Haziran	35,41	18,70	18,03	9,76
Temmuz	35,79	28,40	18,03	9,76
Ağustos	34,90	26,90	18,03	9,76
Eylül	32,41	17,20	18,03	9,76
Ekim	17,50	13,00	18,03	9,76
Kasım	10,10	-1,80	18,03	9,76
Aralık	4,88	-0,30	18,03	9,76

3.9. Binanın yıllık soğutma enerjisi ihtiyacı

Binanın yıllık soğutma enerjisi ihtiyacı her ay için hesaplanan soğutma enerjisi ihtiyaçlarını toplayarak bulunur. Bunun için aylık toplam ısı kayıplarının (Soğutma için iletimle toplam ısı transferi ve soğutma için havalandırmayla toplam ısı transferi) ve toplam ısı kazançlarının (Soğutma için iç ısı kazançları ve soğutma için güneş enerjisi kazançları) belirlenmesi gerekir.

Soğutma enerjisi ihtiyacı iç ortam ve dış ortam sıcaklık farkının büyüklüğüyle doğru orantılı olarak artar veya azalır. Bina konut olarak kullanıldığından soğutma enerjisi hesabında bina iç sıcaklığı $Q_{int;cal;C;ztc;m}$ = 26 °C olarak alınmıştır. Farklı renk tonu kombinasyonundaki binaların yıllık ısıtma enerjisi, soğutma enerjisi ve toplam enerji ihtiyacı Tablo 7'de verilmiştir.

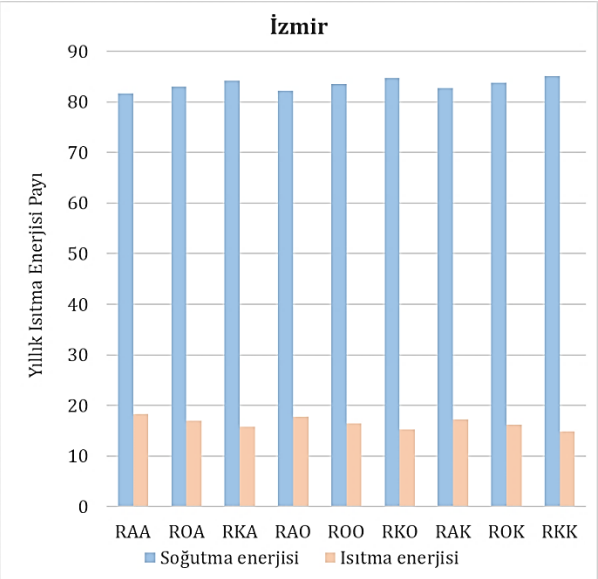
Tablo 7. Yıllık ısıtma enerjisi, soğutma enerjisi ve toplam enerji ihtiyacı

Bina kodu	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh)		Yıllık soğutma enerjisi ihtiyacı (kWh)		Yıllık toplam enerji ihtiyacı (kWh)	
	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara
RAA	8471	41056	37813	8339	46284	49395
ROA	8137	40620	39807	9186	47944	49806
RKA	7821	40192	41807	10038	49628	50230
RAO	8307	40862	38435	8573	46742	49435
ROO	7981	40428	40431	9421	48412	49849
RKO	7672	40003	42434	10275	50106	50278
RAK	8147	40668	39058	8808	47205	49476
ROK	7928	40238	41057	9657	48985	49895
RKK	7526	39815	43061	10512	50587	50327

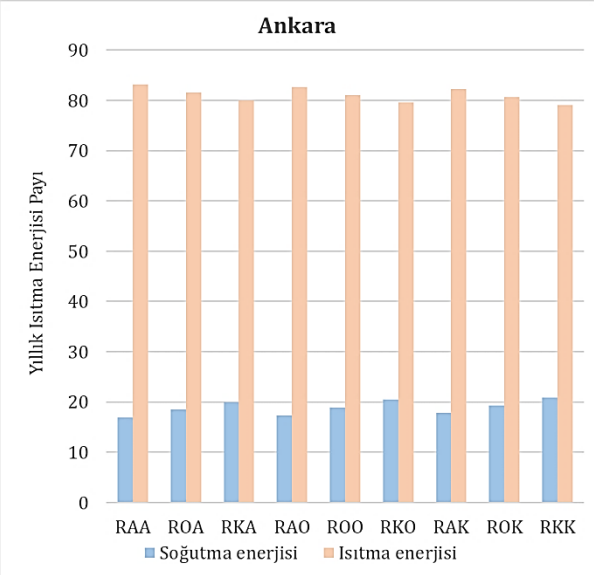
4. Tartışma

Tablo 7 incelendiğinde opak elemanların enerji ihtiyaçları üzerindeki etkisi daha çok yaz aylarında olmaktadır. Bunun sebebi opak elemanların ısı akışı hesaplarında kullanılan parametrelerden biri olan güneş ışınımı şiddeti değerlerinin Tablo 5'te de görüldüğü üzere özellikle yaz aylarında daha yüksek değerlere ulaşmasıdır. Bu nedenle bina zarfındaki renk koyulaşmasının etkisi daha çok soğutma enerjisi ihtiyacında kendisini göstermektedir. Şekil 5'e ve Şekil 6'ya bakıldığında her iki şehirdeki bina için bina zarfının rengi koyulaştıkça ısıtma enerjisi ihtiyacı azalırken soğutma enerjisi ihtiyacındaki artış gözükmektedir. Bu sebeple renk tonundaki değişikliklerin toplam enerji ihtiyacındaki etkileri kısıtlanmıştır. En açık renk tonu kombinasyonun seçildiği RAA kodlu binanın toplam enerji ihtiyacı referans alındığında en koyu tonların seçildiği RKK kodlu binanın toplam enerji ihtiyacı İzmir'deki ve Ankara'daki bina için sırasıyla %9,3 ve % 1,9 oranında daha fazladır. Fakat aynı binada (RKK) ısıtma enerjisi ihtiyacı RAA kodlu binaya göre İzmir ve Ankara için sırasıyla % 4,9 ve % 3,0 oranında daha azken

soğutma enerjisi ihtiyacı İzmir ve Ankara için sırasıyla %9,3 ve % 26,1 oranında daha fazladır. Her ne kadar bu oranlar davranışı gösterse de, renk koyulaşmasından ötürü net enerji ihtiyacı artışı iki bölge arasındaki farkın anlaşılmasında faydalı olabilir. Yine Tablo 7'ye bakıldığında İzmir ve Ankara için toplam enerji ihtiyacının sırasıyla 4303 kWh ve 932 kWh olduğu, soğutma enerjisi ihtiyaçlarının ise sırasıyla 5248 kWh ve 2173 kWh olduğu görülmektedir. Sonuçların bu şekilde çıkmasında binaların bulunduğu bölgelerin iklim koşulları etkilidir. Ankara'daki ve İzmir'deki binalar karşılaştırıldığında daha sıcak bir bölgede olan binada bina zarfının renk koyuluğunun özellikle soğutma enerjisi ihtiyacı üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 5. İzmir'deki bina için soğutma ve ısıtma enerjilerinin yıllık enerji ihtiyacı içerisindeki dağılımları.



Şekil 6. Ankara'daki bina için soğutma ve ısıtma enerjilerinin yıllık enerji ihtiyacı içerisindeki dağılımları.

Çatı örtüsünün ve duvar yüzeylerinin renk koyuluğu ayrı ayrı değerlendirildiğinde duvar yüzeylerinin koyulaşmasının enerji ihtiyacı üzerindeki etkilerinin daha belirgin olduğu görülmektedir. Bunun nedeni toplam opak yüzey alanının duvar yüzeylerinde çatı alanına göre mertebece fazla (2,86 katı) olmasıdır.

Ankara'daki ve İzmir'deki binalar için bir önceki standarda (TS 825-2013) göre güneş enerjisi kazancı hesabı yapıldığında her iki bina için tek bir değer elde edilmektedir ve binanın güneş enerjisi kazancı 34217 kWh mertebesindedir (TSE, 2013). Bunun sebebi önceki standartta her derece gün bölgesi için tek bir güneş enerjisi kazanç tablosunun bulunmasıdır. Güncel standartta güneş enerjisi kazanç faktörleri bölgelere göre değişmektedir. Tablo 8'de görüldüğü üzere daha sıcak bölgede bulunan İzmir'de yıllık toplam güneş enerjisi kazancı 50607 kWh ile 59031kWh arasında değişmekteyken daha soğuk bölgede bulunan Ankara'da yıllık toplam güneş enerjisi kazancının 24333 kWh ile 29022 kWh arasında değiştiği görülmektedir. Bu durum bina zarfının renk tonunun değişmesinin güneş enerjisi kazancını ilgili bölgeler için %16'dan fazla etkilediğini göstermektedir.

Tablo 8. TS 825-2013'e ve TS 825-2024'e göre yıllık toplam güneş enerjisi kazançları

Bina kodu	TS 825-2013 (kWh)		TS 825-2024 (kWh)	
	İzmir	Ankara	İzmir	Ankara
RAA	34217	34217	50607	24333
ROA	34217	34217	53693	26090
RKA	34217	34217	56779	27847
RAO	34217	34217	51733	24920
ROO	34217	34217	54819	26677
RKO	34217	34217	57905	28434
RAK	34217	34217	52859	25508
ROK	34217	34217	55945	27265
RKK	34217	34217	59031	29022

4. Sonuç

Isınma ve soğutma için enerji tüketimi global olarak ciddi bir kaynak ihtiyacı doğurmaktadır. Bu sebeple binalarda ısı yalıtımının önemi uzun sürelerdir vurgulanmaktadır. Türkiye'de binalarda ısı yalıtımı esasları TS-825 standardı kapsamındadır ve standart son güncellemesinde enerji ihtiyacı hesaplamalarına opak elemanların renk koyuluğunun da dahil edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışmada sıcak ve soğuk bölgedeki iki şehir olan İzmir'de ve Ankara'da bulunan özdeş konut binalarının zarfının renk koyuluğunun değişiminin binaların yıllık enerji ihtiyacı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Buna göre bina zarfının renk koyuluğun artması durumunda her şehirde ısıtma enerjisi ihtiyacında

azalma olurken soğutma enerjisi ihtiyacında artma olmuştur. Soğutma enerjisi talebindeki artış sıcak bölgedeki binada daha belirgin olmuştur. Bina duvar yüzeylerinin alanı çatı alanına göre daha fazla olduğu için duvar rengi koyuluğunun artması çatı rengi koyuluğunun artmasına göre enerji ihtiyacını daha fazla etkilemiştir. Standardın önceki versiyonuyla her iki şehirdeki bina için tek bir güneş enerjisi kazanç değeri hesaplanmaktayken güncel standart iklim koşullarına ve bina zarfının renk koyuluğuna göre değişen güneş enerjisi kazançları hesaplanması gerektiğini göstermektedir.

Sonuçlar ışığında yıllık enerji tüketiminde belirgin tasarruf edilebilmesi için özellikle sıcak bölgelerde yapılacak binaların duvar elemanlarının açık renk tonunda tercih edilmesinin önemi sayısal olarak ortaya konmuştur.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarın katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	A.H.A.
K	100
T	100
Y	100
VTI	100
VAY	100
KT	100
YZ	100
KI	100
GR	100
PY	100
FA	100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

Aydın Ö. 2019. Binalarda enerji verimliliği kapsamında yapılan projelerin değerlendirilmesi: Türkiye örneği. Mimarlık Yaşam Derg, 4(1): 55-68.

Bektaş V, Çerçevik AE, Yerel Kandemir S. 2017. Binalarda ısı yalıtımının önemi ve ısı yalıtım malzemesi kalınlığının yalıtıma etkisi. Bilecik Şeyh Edebali Univ Fen Bilim Derg, 4(1): 36-42.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı. 2008. Binalarda enerji performansı yönetmeliği. Resmi Gazete, No: 27019.

İZODER. 2017. Isı yalıtımı bilgilendirme kitapçığı. URL: https://www.izoder.org.tr/dosyalar/2018-isi-yalitimi-genel-bilgi-almak-istiyorum.pdf (accessed date: May 27, 2025).

Koçu N, Dereli M. 2010. Dış duvarlarda ısı yalıtımı ile enerji tasarrufu sağlanması ve detaylarda karşılaşılan sorunlar (Konya kentinden öneriler). 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

Paminto J, Fianti F, Yulianti I. 2021. The effect of surface color on the absorption of solar radiation. Phys Commun, 5(1): 27-32.

Syuhada A, Maulana MI. 2018. Heat transfer capability of solar radiation in colored roof and influence on room thermal comfort. AIP Conf Proc, 1931: 030054.

TS 825. 2013. Binalarda ısı yalıtım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

TS 825. 2024. Binalarda ısı yalıtım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

TS EN ISO 14683. 2017. Bina inşaatında termik köprüler - Doğrusal ısı geçirgenliği - Basitleştirilmiş yöntemler ve varsayılan değerler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

TÜİK. 2022. Hanehalkı nihai enerji tüketim istatistikleri. URL: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Nihai-Enerji-Tuketim-Istatistikleri-2022-53805 (accessed date: May 27, 2025).

Xiong K, Feng Y, Jin H, Liang S, Yu K, Kuang X, Wan L. 2023. A new model to predict soil thermal conductivity. Sci Rep, 10684.