

Ekolojik Sürdürülebilirlik Kapsamında Binalarda Kullanılan Çevre Dostu Isı Yalıtım Malzemeleri ve Bunlara Bağlı Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Okan KON¹

¹Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
Balıkesir, Türkiye
okan@balikesir.edu.tr

ÖZET

Çalışmada, yeni geliştirilen özellikle bitki ve tekstil atığı malzemelerden üretilen ısı yalıtım malzemeleri ve bunların bina dış duvarlarında kullanılması ile yenilenebilir enerji tüketimi hesabı yapılmıştır. Hesaplamalar için Balıkesir ili seçilmiştir. Balıkesir ili Türk Standardı TS 825'e göre ikinci iklim bölgesinde yer alan bir ilimizdir. Balıkesir ilinde yenilenebilir enerji olarak kullanılan jeotermal enerji ve zeytin atığı (pirina) tüketimi hesaplanmıştır. Balıkesir, ülkemizde jeotermal konut ısıtmada ilk uygulamanın olduğu ildir. Bugün Gönen, Edremit, Bigadiç ve Sındırgı gibi ilçelerinde önemli jeotermal kaynaklar bulunmaktadır Bunların bir bölümü de konut ısıtmada kullanılmaktadır.. Ek olarak Balıkesir ülkemizde önemli zeytin üreten iller arasında yer almaktadır. Özellikle Havran, Edremit, Burhaniye ve Ayvalık gibi ilçelerinde yüksek miktarda zeytin üretimi mevcuttur. Zeytin atığı da yakıt olarak kullanılmaktadır. Kullanılan yalıtım malzemeleri, alışılmış yalıtım malzemelerden farklı olarak muz ve polipropilen, küspe, mısır koçanı, pamuk (sapları), hurma ağacı, durian, palmye yağı, pekan, ananas yaprakları, kamış veya saz, pirinç, sansevieria elyaf, ayçiçeği, saman balya, pamuk, geri dönüşümlü cam, geri dönüşümlü pet, geri dönüşümlü tekstil, geri dönüşümlü tekstil lifleri yapılan malzemelerdir. Hesaplamalarda, bina dış duvarı olarak sandviç duvar ve 3, 5 ile 10 cm kalınlığında yalıtım malzemeleri kullanılmıştır. Hesaplamalar, temel sıcaklık ile günlük en yüksek ve en düşük sıcaklık farklarının toplamı olan derece-gün değeri kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yalıtım malzemeleri, jeotermal enerji, pirina, ekolojik sürdürülebilirlik

Environment-Friendly Heat Insulation Material Used in The Scope of Ecological Sustainability and Use of Renewable Energy Related to These Factors

ABSTRACT

In the study, newly developed heat insulation materials, especially produced from plants and textile materials, and renewable energy consumption accounts were performed through their usage on external walls of the building. Balıkesir province was selected for calculations. Balıkesir province is a province located in the secondary climate region according to Turkish Standard TS 825. In Balıkesir province, consumption of olive oil (olive cake) and geothermal energy used as renewable energy was calculated. Balıkesir is the first national application in terms of geothermal housing heating. Today, there are some important geothermal resources in the districts like Gönen, Edremit, Bigadiç and Sındırgı. Some of them are also used in building heating. In addition, Balıkesir is one of the important olive producing provinces in our country. Especially in the Havran, Edremit, Burhaniye and Ayvalık, there is a high amount of olive production. Olive waste is also used as fuel. Unlike conventional insulation

materials, the insulation materials utilized are made of bananas and polypropylene, pulp, corncobs, cotton (its stalks), palm tree, durian, palm oil, pecan pineapple leaves, reed or reed, rice, sansevieria fibers, sunflower, Cotton, recycled glass, recycled PET, recycled textiles, recycled textile fibers made of materials. In the calculations, a sandwich wall was used as the outer wall of the building, while 3, 5 to 10 cm thick material was used as insulation material. Calculations were made by using the reference temperature plus the degree-day value, which is the sum of the daily maximum and minimum temperature differences.

Keywords: Insulation materials, geothermal energy, olive cake, ecological sustainability

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Çevre Programı; binaların, dünya küresel enerjisinin yaklaşık % 40'ını tükettiğini tahmin etmektedir ve tüm gezegenin yaklaşık 1/3'nün sera gazı emisyonlarından sorumlu olduğunu bildirmektedir (Asdrubali F. et al, 2015).

Bina yalıtım malzemeleri, yaygın olarak petrokimyasallardan elde edilen malzemelerin kullanılmasıyla (çoğunlukla polistiren) veya yüksek enerji sarfiyatıyla işlenmiş doğal kaynaklardan (cam ve taş yünü) üretilir. Bu malzemeler özellikle üretim aşamasında ciddi zarar vericidir, yenilenemez malzemeler ve fosil enerji tüketimi kullanımıyla çevreyi etkiler. Ek olarak yeniden kullanımda veya ürünlerin ömrünün sonunda geri dönüştürülmesi problemleri bulunmaktadır (Asdrubali F. et al, 2015).

Bina tasarımında "sürdürülebilirlik" kavramının tanıtılmasıyla, doğal veya geri dönüştürülmüş malzemeler kullanarak termal ve akustik yalıtım malzemeleri geliştirmeye yönelik araştırmalar teşvik edilmiştir (Asdrubali F. et al, 2015). Bu doğal ve geri dönüşlü malzemeler ile yapılan yalıtım malzemelerine örnekler Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 1'de pamuktan (geri dönüştürülmüş) yapılan panel yalıtım uygulaması, Şekil 2'de mısır koçanı ve mısır koçanından yapılan panel, Şekil 3'de ayçiçeğinden yapılan panel, Şekil 4'de (a) saman balya, (b) geri dönüşümlü PET paneller görülmektedir.

Balıkesir il genelinde jeotermal enerjinin büyük bir bölümünden mahal ısıtmada kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, Gönen, Edremit, Bigadiç ve Güre olmak üzere 4 adet jeotermal bölgesel ısıtma sistemi kurulmuş ve bu sistemlerde 10.000 konut eşdeğer civarında ısıtma gerçekleştirilmektedir. Bu değer, Türkiye'de jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri aracılığı ile ısıtılan toplam konut sayısının yaklaşık %15'inin Balıkesir'de gerçekleştirildiği anlamına gelmektedir. Ayrıca Sındırgı ilçesinde jeotermal bölgesel ısıtmaya yönelik olarak 3.000 konutluk ısıtma sistemi projelendirilmiş olup, yapım aşamasına geçilmiştir (T22 Araştırma Raporu).

Balıkesir ilinde ortalama 42.951 ton/yıl kuru zeytin atığı elde edilmektedir. Bu değerın ısı kapasitesi ortalama 743.052 GJ/yıl'dır. Zeytin atığı, yakıt olarak da kabul edilmiştir ve her alanda kullanılabilir. Zeytinyağı üretiminden çıkan ham zeytin atığı kurutulularak kullanılmaktadır (T22 Araştırma Raporu).

Çalışmanın amacı, yeni geliştirilen özellikle bitki ve tekstil atığı malzemelerden üretilen ısı yalıtım malzemeleri tanıtmak ve bunların bina dış duvarlarında kullanılması ile yenilenebilir enerji tüketimi hesabını yapmaktır. Hesaplamalar için Türk Standardı TS 825'e göre ikinci iklim bölgesinde yer alan Balıkesir ili seçilmiştir. Balıkesir ilinde yenilenebilir enerji olarak kullanılan jeotermal enerji ve zeytin atığı (pirina) tüketimi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, bina dış duvarı olarak 8.5 cm ve 13.5 cm lik tuğladan oluşan sandviç duvar ve 3, 5 ile 10 cm kalınlığında yalıtım malzemeleri kullanılmıştır. Tüm dış duvar bileşenleri ile birlikte TS 825'deki 2. iklim bölgesi için izin verilen dış duvar ısı transfer katsayısı değeri olan 0.57 W/m².K den küçük olmasına bağlı olarak uygulama yeterliliği incelenmiştir. Hesaplamalar, temel sıcaklık ile günlük en yüksek ve en düşük sıcaklık farklarının toplamı

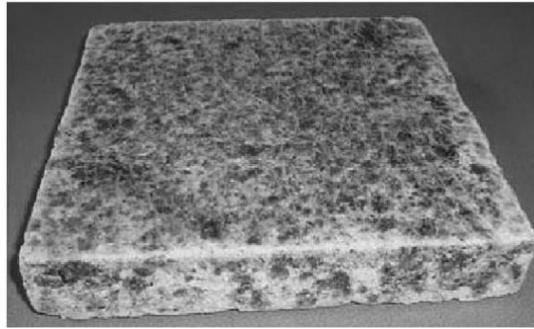
olan derece-gün değeri kullanılarak yapılmıştır. Temel sıcaklık olarak 19.5 ve 17.5 °C seçilmiştir.



Şekil 1. Pamuktan (Geri Dönüştürülmüş) Yapılan Panel Yalıtım Uygulaması (Asdrubali F. et al, 2015)



Şekil 2. Mısır Koçanı ve Mısır Koçanından Yapılan Panel (Asdrubali F. et al, 2015)



Şekil 3. Ayçiçeğinden Yapılan Panel (Asdrubali F. et al, 2015)



Şekil 4. (a) Saman Balya, (b) Geri Dönüşümlü PET Paneller (Asdrubali F. et al, 2015)

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Derece-Gün hesabı

TS 825'e göre 2. iklim bölgesinde bulunan Balıkesir ili için derece gün hesabında, 21 yıllık dış ortam hava sıcaklıkları kullanılmıştır. Günlük maksimum (t_{max}), günlük minimum (t_{min}) ve temel sıcaklık (t_b) kullanılarak aşağıda verilen hesaplama yöntemine göre ısıtma derece-gün değerleri tespit edilmiştir. 19.5 °C temel sıcaklık için 2312 ve 17.5 °C temel sıcaklık için ısıtma derece-gün değeri 1895 olarak bulunmuştur (Dombaycı, 2009).

Isıtma derece-gün değeri;

$$\text{Eğer } t_{max} > t_b, t_{min} < t_b \text{ ve } (t_{max} - t_b) < (t_b - t_{min}) \text{ ise } HDD_{gün} = 0.5(t_b - t_{min}) - 0.25(t_{max} - t_b) \quad (1)$$

$$\text{Eğer } t_{max} > t_b, t_{min} < t_b \text{ ve } (t_{max} - t_b) > (t_b - t_{min}) \text{ ise } HDD_{gün} = 0.5(t_b - t_{min}) - 0.25(t_{max} - t_b) \quad (2)$$

$$\text{Eğer } t_{max} < t_b, t_{min} < t_b \text{ ise } HDD_{gün} = t_b - 0.5(t_b + t_{min}) \quad (3)$$

$$HDD_{yıl} = \sum_{günler} HDD_{gün} \quad (4)$$

$$HDD = \frac{\sum_{21 \text{ yıl}} HDD_{yıl}}{21} \quad (5)$$

bulunur (Dombaycı, 2009).

2.2 Yakıt tüketimi hesabı

Duvar için toplam ısı transfer katsayısı,

$$U = \frac{1}{(R_i + R_w + \left(\frac{y}{k}\right)_{ins} + R_o)} \quad (6)$$

eşitliği ile verilirken, yalıtımsız duvar için toplam ısı direnci $R_{t,w}$ 'ya göre duvarın toplam ısı transfer katsayısı ise,

$$U = \frac{1}{(R_{t,w} + \left(\frac{y}{k}\right)_{ins})} \quad (7)$$

Burada R_i ile R_o iç ve dış hava film ısı dirençleridir. y , yalıtım kalınlığı; k yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı değeridir. Böylece (y/k) yalıtım tabakası ısı direncidir. Bu değerlere bağlı olarak ısıtma için tüketilen yıllık yakıt miktarı, ,

$$M_F = \frac{86,400.HDD}{(R_{t,w} + \left(\frac{y}{k}\right)_{ins}) H_u \cdot \eta_H} \quad (8)$$

Burada HDD ısıtma derece-günü, H_u alt ısı değeri ve η_H ısıtma sistemi verimini göstermektedir (Bolattürk, 2006; Kon ve Yüksel, 2016, Kaynaklı ve Yamankaradeniz, 2007).

2.3 Duvar yapısı

Çalışmada, R_i ile R_o iç ve dış hava film ısı dirençleri değerleri sırayla $0.13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ ve $0.04 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ olarak alınmıştır (TS 825). Tablo 1’de dış duvar yapı bileşenleri verilmiştir.

Tablo 1. Dış duvar yapı bileşenleri (TS 825)

Bileşen	Kalınlık (cm)	Termal İletim Katsayısı (W/m.K)
Çimento Harcı Dış Sıva	3	1.6
Yatay Delikli Tuğla	8.5	0.33
Yalıtım	3,5,10	Tablo 3
Yatay Delikli Tuğla	13.5	0.33
Kireç-Çimento Harcı İç Sıva	3	1.0

2.4 Kullanılan enerji kaynakları ve özellikleri

Çalışmada, enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjilerden jeotermal enerji ve pirina kullanılmıştır. Jeotermalin ve biyokütle olarak pirinanın özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Enerji kaynağı ve özellikleri (Aslan, 2010; Gönen Belediyesi, 2017; Doğu Pirina, 2015)

Enerji Kaynağı	Alt Isıl Değer (J/kg)	Verim	Fiyat (\$/kg)
Jeotermal Enerji	$36.000 \cdot 10^6$	0.98	0.305
Biyokütle (Pirina)	$20.934 \cdot 10^6$	0.87	0.149

2.5. Yalıtım malzemeleri ve özellikleri

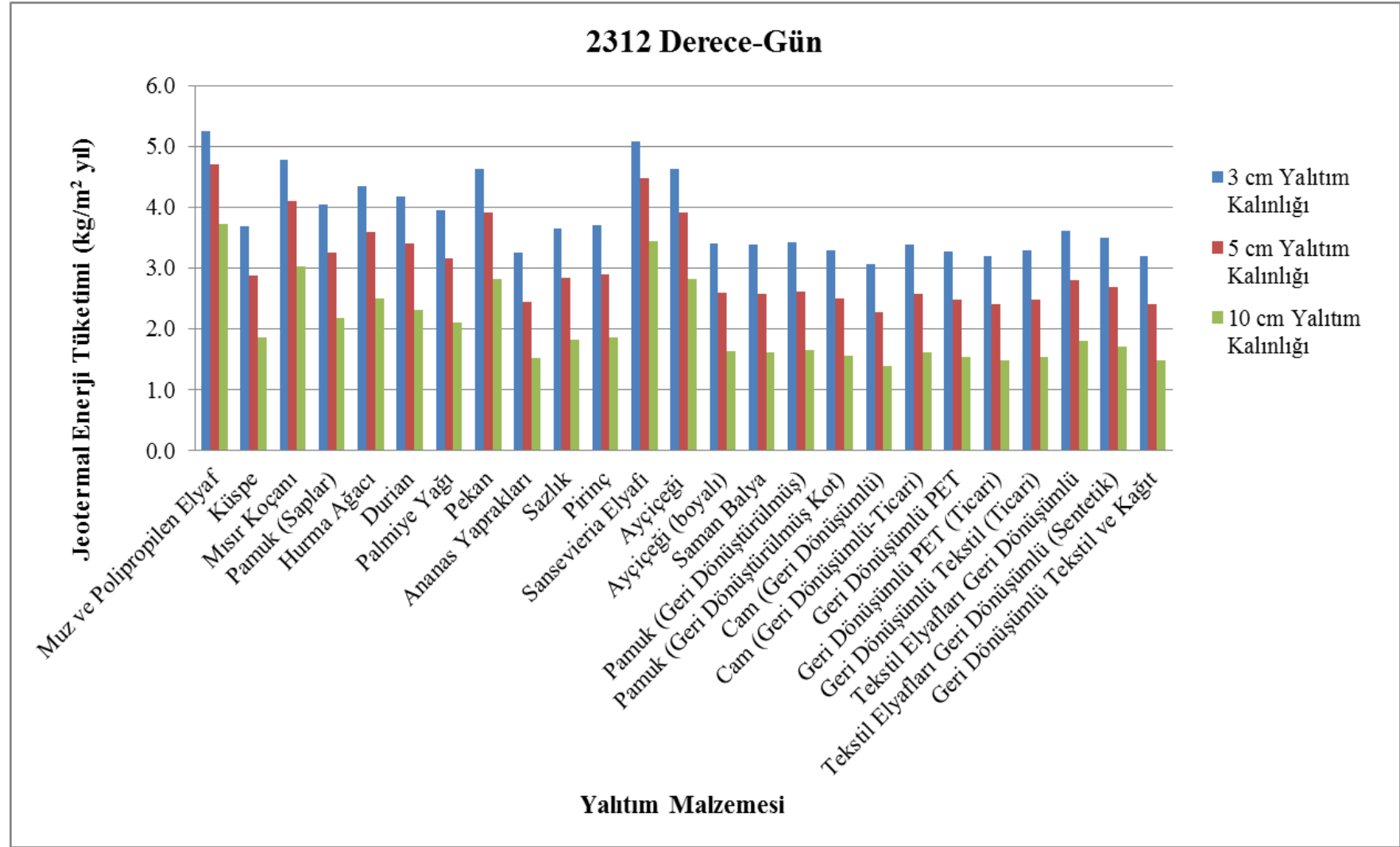
Yalıtım malzemelerinin; yoğunluk, ısı iletim katsayısı, ısı iletim sınıfı, spesifik ısı, yanma sınıfı, su buharı difüzyonu direnç faktörü gösteren özellikler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Yalıtım malzemeleri ve özellikleri (Asdrubali F. et al, 2015)

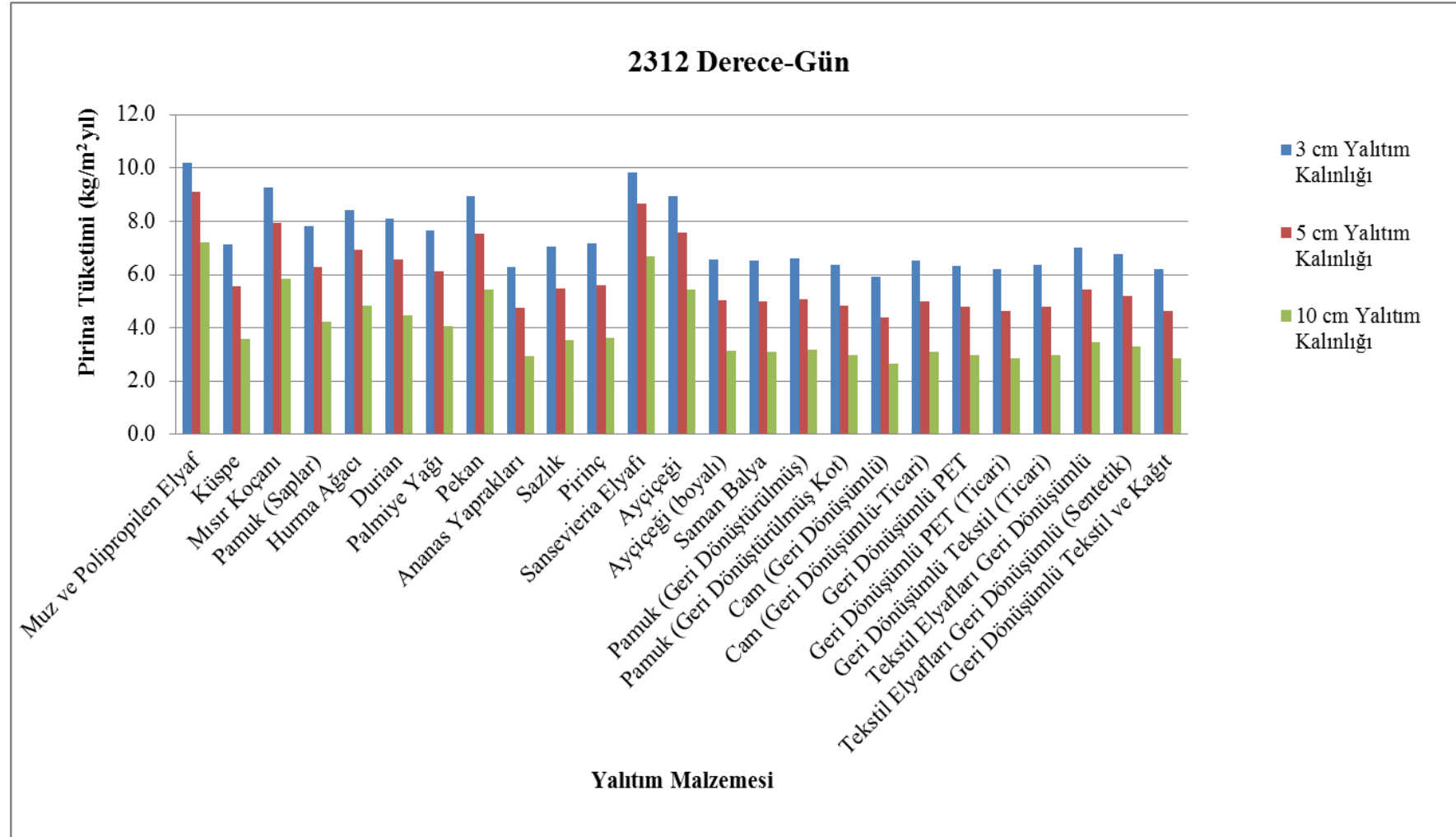
Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Isı İletim Sınıfı	Spesifik Isı (kJ/kg.K)	Yanma Sınıfı	Su Buharı Difüzyonu direnç Faktörü, μ - değeri
Muz ve Polipropilen Elyaf	980–1040	0.157–0.182	Zayıf	1.3–1.5	---	---
Küspe	70–350	0.046–0.055	İyi	---	---	---
Mısır Koçanı	171–334	0.101	Zayıf	---	---	---
Pamuk (Saplar)	150–450	0.0585–0.0815	Orta	---	---	---
Hurma Ağacı	187–389	0.072–0.085	Orta	---	---	---
Durian	357–907	0.064–0.185	Orta	---	---	---
Yağ Palmiyesi	20–120	0.055–0.091	Orta	---	---	---
Pekan	600–680	0.0884–0.1030	Zayıf	---	---	---
Ananas Yaprakları	178–232	0.035–0.042	İyi	---	---	---
Sazlık	130–190	0.045–0.056	İyi	1.2	E	1–2
Pirinç	154–168	0.0464–0.566	Orta	---	---	---
Sansevieria Elyafı	1410	0.132	Zayıf	1.52	---	---
Ayçiçeği	500–585	0.0885–0.110	Zayıf	---	---	---
Ayçiçeği (boyalı)	36–152	0.0385–0.0501	İyi	---	---	---
Saman Balya	50–150	0.038–0.067	İyi	0.6	---	---
Pamuk (Geri Dönüştürülmüş)	25–45	0.039–0.044	İyi	1.6	E	1–2
Pamuk (Geri Dönüştürülmüş Kot)	---	0.036–0.038	İyi	---	---	---
Cam (Geri Dönüşümlü)	450	0.031 0.83	İyi	0.83	---	---
Cam (Geri Dönüşümlü-Ticari)	100–165	0.038–0.05	İyi	1.0	A1	Çok Yüksek
Geri Dönüşümlü PET	30	0.0355	İyi	---	---	---
Geri Dönüşümlü PET (Ticari)	15–60	0.034–0.039	İyi	1.2	B	3.1
Geri Dönüşümlü Tekstil (Ticari)	30–80	0.0358–0.042	İyi	1.2–1.6	E, F	2.2
Tekstil Elyafı Geri Dönüşümlü	440	0.044	İyi	---	---	---
Tekstil Elyafı Geri Dönüşümlü (Sentetik)	200–500	0.041–0.053	İyi	---	---	---
Geri Dönüşümlü Tekstil ve Kağıt	433	0.034–0.039	İyi	---	---	---

3. BULGULAR

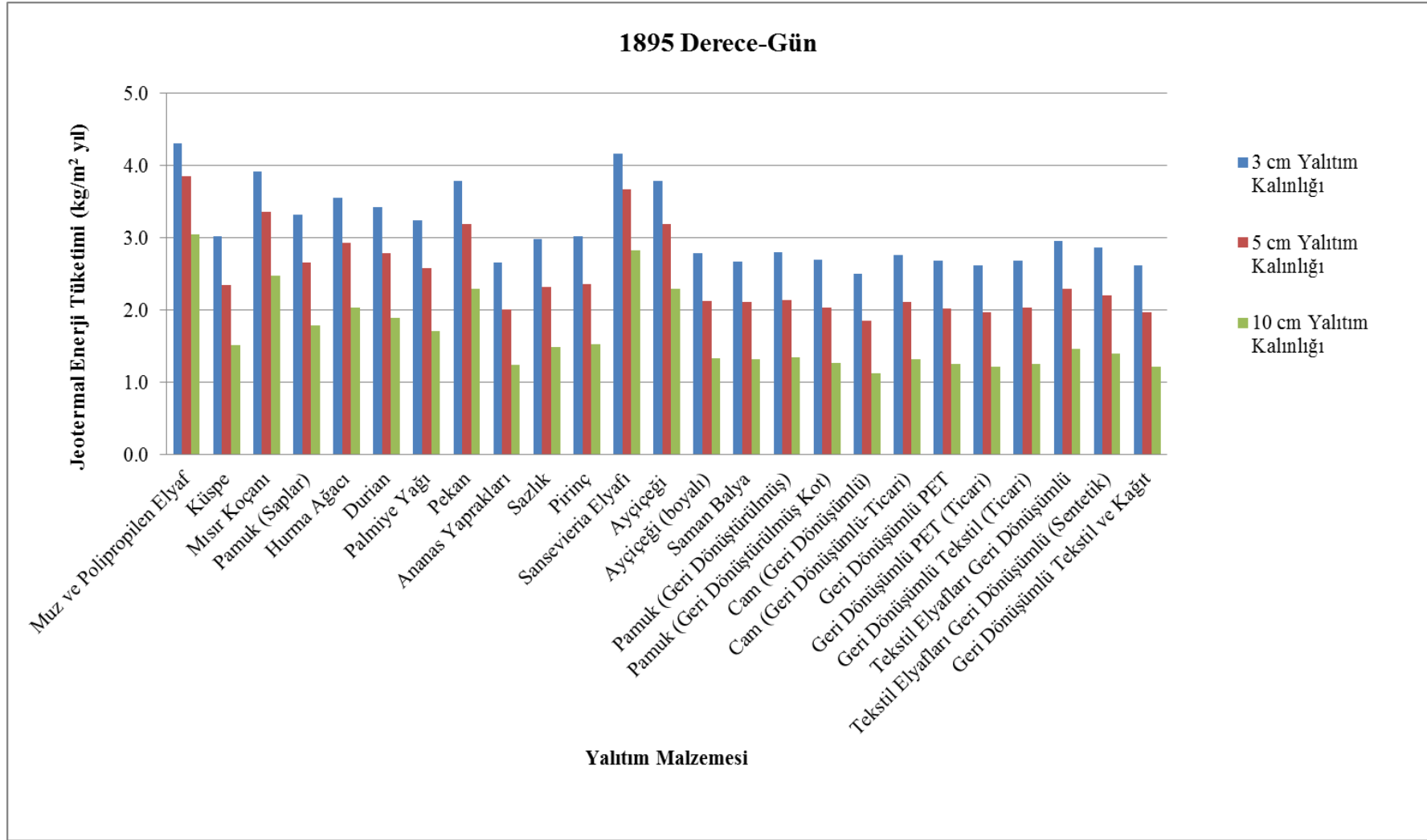
Şekil 5’de, 2312 derece-günde farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığına bağlı jeotermal enerji tüketimi ve Şekil 6’da ise 2312 derece-günde farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığına bağlı pirina tüketimi verilmiştir. Şekil 7’de, 1895 derece-günde farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığına bağlı jeotermal enerji tüketimi ve Şekil 8’de ise 1895 derece-günde farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığına bağlı pirina tüketimi gösterilmiştir. Tablo 4’de yalıtım malzemelerinin TS 825 te izin verilen dış duvarlar için ısı transfer katsayısının (0.57 W/m².K) altındaki değerlere göre uygulanabilmesi için yeterli kalınlık olup olmadığının incelemesi yapılmıştır.



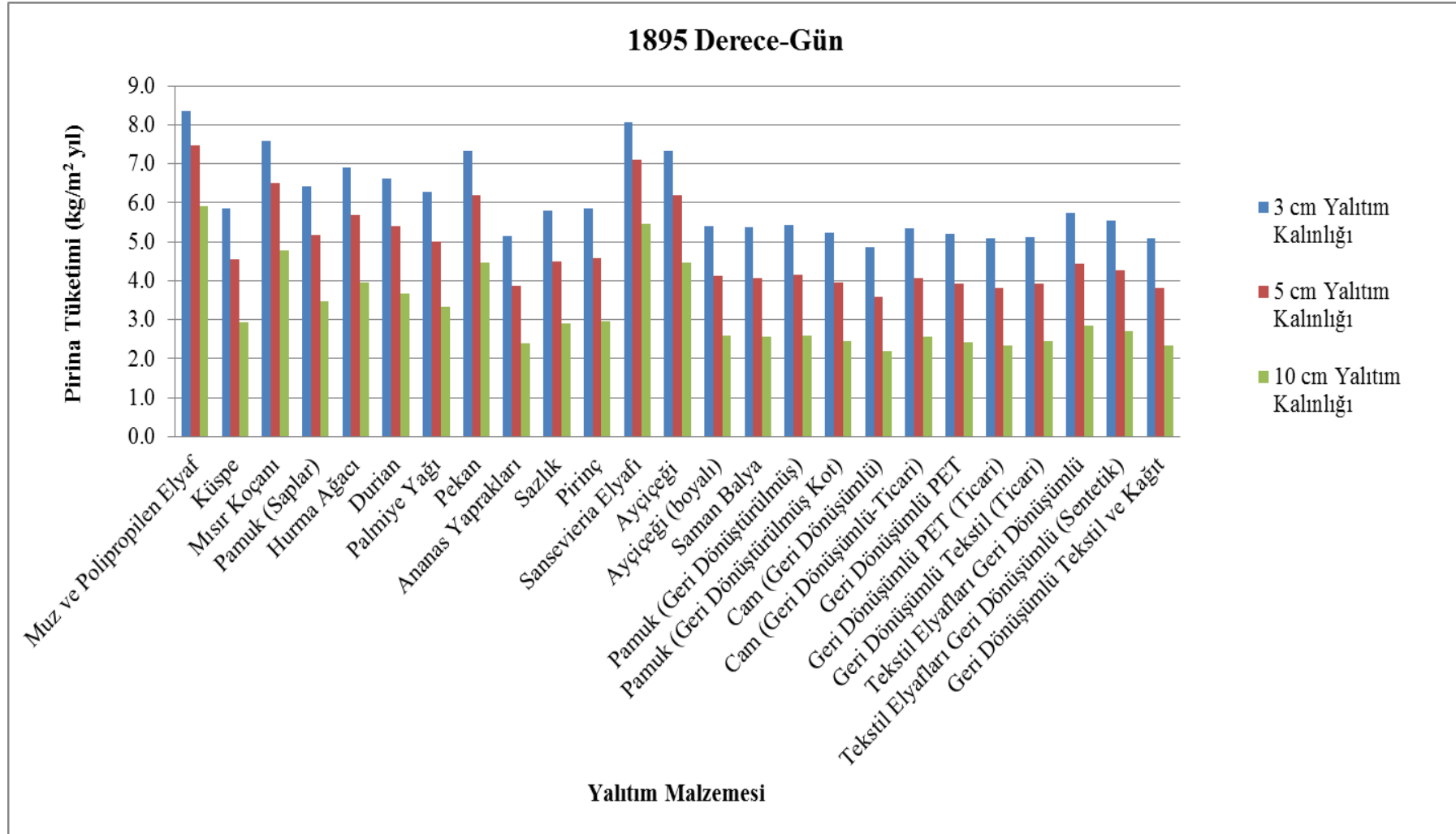
Şekil 5. 2312 Derece-Günde Farklı Yalıtım Malzemeleri için Yalıtım Kalınlığına Bağlı Jeotermal Enerji Tüketimi



Şekil 6. 2312 Derece-Günde Farklı Yalıtım Malzemeleri için Yalıtım Kalınlığına Bağlı Pirina Tüketimi



Şekil 7. 1895 Derece-Günde Farklı Yalıtım Malzemeleri için Yalıtım Kalınlığına Bağlı Jeotermal Enerji Tüketimi



Şekil 8. 1895 Derece-Günde Farklı Yalıtım Malzemeleri için Yalıtım Kalınlığına Bağlı Pirina Tüketimi

Tablo 4. Yalıtım malzemelerinin TS 825 te izin verilen dış duvarlar için ısı transfer katsayısının ($0.57 \text{ W/m}^2.\text{K}$) altındaki değerlere göre uygulanabilmesi için yeterli kalınlıkta olup olmadığının incelemesi

Yalıtım Malzemesi	3 cm Yalıtım Kalınlığı için Isı Transfer Katsayısı ($\text{W/m}^2.\text{K}$)	Yeterliliği	5 cm Yalıtım Kalınlığı için Isı Transfer Katsayısı ($\text{W/m}^2.\text{K}$)	Yeterliliği	10 cm Yalıtım Kalınlığı için Isı Transfer Katsayısı ($\text{W/m}^2.\text{K}$)	Yeterliliği
Muz ve Polipropilen Elyaf	0.928	Yeterli Değil	0.830	Yeterli Değil	0.657	Yeterli Değil
Küspe	0.650	Yeterli Değil	0.507	Yeterli	0.327	Yeterli
Mısır Koçanı	0.845	Yeterli Değil	0.724	Yeterli Değil	0.533	Yeterli
Pamuk (Saplar)	0.715	Yeterli Değil	0.574	Yeterli Değil	0.385	Yeterli
Hurma Ağacı	0.768	Yeterli Değil	0.633	Yeterli Değil	0.440	Yeterli
Durian	0.738	Yeterli Değil	0.600	Yeterli Değil	0.408	Yeterli
Palmiye Yağı	0.699	Yeterli Değil	0.557	Yeterli	0.370	Yeterli
Pekan	0.816	Yeterli Değil	0.689	Yeterli Değil	0.496	Yeterli
Ananas Yaprakları	0.574	Yeterli Değil	0.432	Yeterli	0.267	Yeterli
Sazlık	0.644	Yeterli Değil	0.501	Yeterli	0.321	Yeterli
Pirinç	0.653	Yeterli Değil	0.509	Yeterli	0.329	Yeterli
Sansevieria Elyafı	0.898	Yeterli Değil	0.791	Yeterli Değil	0.608	Yeterli Değil
Ayçiçeği	0.816	Yeterli Değil	0.689	Yeterli Değil	0.496	Yeterli
Ayçiçeği (boyalı)	0.601	Yeterli Değil	0.458	Yeterli	0.287	Yeterli
Saman Balya	0.597	Yeterli Değil	0.454	Yeterli	0.284	Yeterli
Pamuk (Geri Dönüştürülmüş)	0.604	Yeterli Değil	0.461	Yeterli	0.290	Yeterli
Pamuk (Geri Dönüştürülmüş Kot)	0.582	Yeterli Değil	0.440	Yeterli	0.273	Yeterli
Cam (Geri Dönüşümlü)	0.539	Yeterli Değil	0.400	Yeterli	0.243	Yeterli
Cam (Geri Dönüşümlü-Ticari)	0.597	Yeterli Değil	0.454	Yeterli	0.284	Yeterli
Geri Dönüşümlü PET	0.578	Yeterli Değil	0.436	Yeterli	0.270	Yeterli
Geri Dönüşümlü PET (Ticari)	0.565	Yeterli	0.424	Yeterli	0.261	Yeterli
Geri Dönüşümlü Tekstil (Ticari)	0.580	Yeterli Değil	0.438	Yeterli	0.272	Yeterli
Tekstil Elyafı Geri Dönüşümlü	0.638	Yeterli Değil	0.495	Yeterli	0.317	Yeterli
Tekstil Elyafı Geri Dönüşümlü (Sentetik)	0.618	Yeterli Değil	0.475	Yeterli	0.301	Yeterli
Geri Dönüşümlü Tekstil ve Kağıt	0.565	Yeterli	0.424	Yeterli	0.261	Yeterli

Çalışmada, 2312 derece-gün için, 3 cm yalıtım kalınlığı için 3.054-5.257 arasında, 5 cm yalıtım kalınlığı için 2.266-4.701, 10 cm yalıtım kalınlığı için 1.377-3.718 kg/m² yıl arasında jeotermal enerji tüketilmektedir. 3 cm yalıtım kalınlığı için 5.917-10.183 arasında, 5 cm yalıtım kalınlığı için 4.389-9.106, 10 cm yalıtım kalınlığı için 2.667-7.202 kg/m² yıl arasında pirina tüketilmektedir.

1895 derece-gün için, 3 cm yalıtım kalınlığı için 2.503-4.309 arasında, 5 cm yalıtım kalınlığı için 1.857-3.853, 10 cm yalıtım kalınlığı için 1.129-3.047 kg/m² yıl arasında jeotermal enerji tüketilmektedir. 3 cm yalıtım kalınlığı için 4.850-8.346 arasında, 5 cm yalıtım kalınlığı için 3.598-7.464, 10 cm yalıtım kalınlığı için 2.186-5.903 kg/m² yıl arasında pirina tüketilmektedir.

Isıl iletim katsayısı genellikle 0.07 W/m.K değerinin altındaki değerlere sahip malzemeler literatürde yalıtım malzemesi olarak kabul edilmektedir. Bu değer üstündeki değerler yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Bu çalışmada ise ısı iletim katsayısı 0.08 W/m.K üstünde zayıf performanslı, ısı iletim katsayısı 0.08 ile 0.05 W/m.K arasında olanlar orta düzey performanslı ve ısı iletim katsayısı 0.05 W/m.K altında olanlar iyi performanslı yalıtım malzemeleri kabul edilmiştir (Asdrubali F. et al, 2015) .

Dış duvar için tüm yapı bileşenleri ile birlikte ısı transfer katsayısı değerleri, 3 cm yalıtım kalınlığı için 0.539-0.928, 5 cm yalıtım kalınlığı için 0.400-0.830, 10 cm yalıtım kalınlığı için 0.243-0.657 W/m².K arasında değişmektedir.

Isı iletim katsayısı yüksek olan muz ile polipropilen elyaf ve sansevieria elyafı için 10 cm dahi yalıtım kalınlığı uygulanması, tüm dış duvar bileşenleri ile birlikte TS 825'de verilen 2. bölge için izin verilen dış duvar ısı transfer katsayısı değerinden büyük olduğu için (yeterli kalınlık olmadığından) mümkün değildir. Bu değerlerin dışındaki malzemeler TS 825'de izin verilen tüm dış duvar yapı bileşenlerinin toplamı olan ısı transfer katsayısı 0.57 W/m².K in altında olduğu için (yeterli kalınlık olduğundan) uygulanabilir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen sonuçlar;

- Yalıtım kalınlığı arttıkça enerji tüketimi azalmaktadır.
- Temel sıcaklık arttıkça derece-gün değeri ve buna bağlı enerji tüketimleri artmaktadır.
- Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı azaldıkça enerji tüketimi azalmaktadır.
- Küspe, ananas yaprakları, sazlak, pirinç, ayçiçeği (boyalı), saman, balya, pamuk (geri dönüştürülmüş), pamuk (geri dönüştürülmüş kot), cam (geri dönüşümlü), cam (geri dönüşümlü-ticari), geri dönüşümlü pet, geri dönüşümlü pet (ticari), geri dönüşümlü tekstil (ticari), tekstil elyafları geri dönüşümlü, tekstil elyafları geri dönüşümlü (sentetik), geri dönüşümlü tekstil ve kağıtın ısı iletim katsayısı değeri 0.05 W/m.K'den düşük olduğu için daha iyi yalıtım malzemeleridir.
- Pamuk (saplar), hurma ağacı durian, palmiye yağı ve pirincin ısı iletim katsayısı değeri 0.05 ile 0.08 W/m.K arasında olduğu için orta düzey yalıtım malzemeleridir.
- Muz ve polipropilen elyaf, mısır koçanı, pekan, sansevieria elyafı ve ayçiçeğin ısı iletim katsayısı 0.08 W/m.K den büyük olduğu için zayıf yalıtım malzemesi kabul edilmiştir.
- Tüm derece-gün değerleri, yenilenebilir enerji türleri ve yalıtım kalınlığına bağlı olarak en yüksek enerji tüketimi, muz ve polipropilen elyaf malzeme için meydana gelirken en düşük enerji tüketimi ise cam (geri dönüşümlü) için meydana gelmektedir. Muz ve polipropilen elyaf en yüksek ve cam (geri dönüşümlü) en düşük ısı iletim katsayısına sahiptir.

- Isı iletim katsayısı yüksek olan muz ile polipropilen elyaf ve sanseveria elyafı için TS 825’de izin verilen 2. Bölgede tüm dış duvar yapı bileşenlerinin toplamı olan $0.57 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ değerinden düşük olması ve uygulanabilmesi için 10 cm yalıtım kalınlığından daha yüksek bir yalıtım kalınlığı gereklidir.

KAYNAKLAR

- Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavoni S., 2015, A review of unconventional sustainable building insulation materials, *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1–17.
- Aslan, A., 2010, Gönen jeotermal bölgesel ısıtma sisteminin enerji ve termoeconomik verimliliğinin incelenmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Balıkesir.
- Bolattürk, A., 2006, Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26,11-12,1301-1309.
- Doğuş Pirina. <http://www.doguspirina.com.tr>.(Erişim: Kasım 2015)
- Dombaycı Ö A., 2009, Degree-days maps of Turkey for various base temperatures, *Energy*, 34, 1807-1812.
- Gönen Belediyesi Jeotermal Verileri 2017
- Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, R., 2007, Isıtma süreci ve optimum yalıtım kalınlığı hesabı, VII. Tesisat Mühendisliği Kongresi, , İzmir, 25-28 Ekim, 187-195
- Kon O., B. Yüksel, 2016, Yenilenebilir enerji ile ısıtılan binalarda dış duvar ve pencerelere bağlı yakıt tüketimi, 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumu, 24-26 Ekim, İstanbul, 486-495.
- T22 Güney Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Araştırması Sonuç Raporu.
- TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standardı, Aralık 2013.