

MANTAR ÜRETİM TESİSLERİNDE ISI YALITIMI VE ISITMADA KULLANILAN ENERJİ KAYNAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sedat BOYACI¹, Funda ATİLA²

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir; ORCID: 0000-0001-9356-1736

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir; ORCID: 0000-0003-1129-1045

Geliş Tarihi / Received: 24.11.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 30.01.2020

ÖZ

Mantar üretim tesislerinin ısıtılması kadar ısıtılan işletmelerde enerjinin korunması da oldukça önemlidir. Enerji korunumu işletmelerde ısıtmanın üretim maliyetleri içindeki payının azaltılmasına ve üreticinin ekonomisine katkıları sağlamaktadır. Mantar yetiştiriciliği üzerinde yapılan birçok araştırma bulunmasına rağmen mantar üretim tesislerinde ortaya çıkan enerji gereksinimi ve bunu azaltmak için alınacak önlemler konusunda literatürde yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmada, Yapı 1 (çatı sandviç panel + duvarlar briket) ve Yapı 2 (çatı + duvarlar sandviç panel) gibi iki farklı üretim tesisinde ısı iletim katsayısı farkı nedeniyle ortaya çıkan enerji gereksinim miktarı, ısıtmada fosil yakıtlar yerine Kırşehir ilinde mevcut yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermalin kullanılması durumunda yakıt maliyetleri arasındaki farklar ve atmosfere salınacak karbondioksit miktarları belirlenmiştir. Buna göre farklı ısı iletim katsayısına bağlı olarak Yapı 2'nin duvarlarında ısı iletim katsayısı düşük sandviç panellerin kullanılması durumunda yıllık 15776.61 kWh yıl⁻¹'lik bir enerjinin tasarruf edilebileceği görülmüştür. Fosil yakıtların atmosfere saldığı CO₂ miktarları Yapı 1 için 848.58-17546.07 kg, Yapı 2 için 322.70-6672.35 kg arasında değişmektedir. Jeotermalin atmosfere saldığı CO₂ miktarı ise Yapı 1 için 267.97 kg, Yapı 2 için 101.90 kg olarak hesap edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstiridye mantarı, üretim tesisi, enerji gereksinimi, yenilenebilir enerji kaynakları

THERMAL INSULATION IN MUSHROOM PRODUCTION ENTERPRISES AND COMPARISON OF ENERGY SOURCES USED IN HEATING

ABSTRACT

As well as the heating of mushroom production facilities, the conservation of energy in heated plants is very important. Energy conservation contributes to the reduction of the share of heating in production costs and to the producer's economy. Although there are many studies on mushroom cultivation, there is not enough information in the literature about the energy requirement in mushroom production facilities and the measures to be taken to reduce this. In this study, the amount of energy required due to the difference in heat conduction coefficient in two different production facilities, namely Structure 1 (roof sandwich panel + walls briquette) and Structure 2 (roof + walls sandwich panel), is the renewable energy source available in the Kırşehir province instead of fossil fuels in heating. The differences between the fuel costs and the amount of CO₂ to be released to the atmosphere were determined. Accordingly, depending on the different heat conduction coefficient, sandwich panels with low heat conduction coefficients on the walls of Structure 2 can be used to save 15776.61 kWh year⁻¹. The amount of CO₂ emitted to the atmosphere by fossil fuels varies between 848.58-17546.07 kg for Structure 1 and 322.70-6672.35 kg for Structure 2. The CO₂ emission of geothermal into the atmosphere was calculated as 267.97 kg for Structure 1 and 101.90 kg for Structure 2.

Keywords: Oyster mushroom, production plant, energy requirement, renewable energy sources

GİRİŞ

Geçen yüzyılda ortaya çıkan “Yeşil devrim” hareketi ile birlikte tüm dünyada kimyasal gübre, tarım ilaçları, tarım makineleri ve diğer doğal kaynaklar yoğun şekilde kullanılmıştır. Bu tarımsal hareket, kısa vadede büyük verim artışı

sağlamış, fakat daha kırk yıl geçmeden dünyamız çevresel kirlilik, enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi, verimli tarım alanlarındaki azalma gibi sorunlar ile karşı karşıya kalmıştır. Çözümlemedikleri takdirde kısa bir dönem sonra tüm dünyada bir gıda kıtlığının yaşanmasına sebep

¹Sorumlu yazar / Corresponding author: sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

olabilecek olan bu sorunlar, günümüzde tarımda sürdürülebilirlik konusunu ön plana çıkarmıştır.

Istiridye mantarı üretimi çevre dostu özellikleri ile bilinen bir tarımsal üretim şeklidir. Başka kullanım alanı olmayan, genellikle yakılarak ya da toprağa gömülerek ortadan kaldırılan çeşitli tarımsal atıkların, istiridye mantarı üretiminde mantar yetiştirme ortamı olarak kullanımı ile hem çevre kirliliğine sebep olan uygulamaların önüne geçilebilmekte, hem de protein bakımından çok değerli bir besin maddesi elde edilmektedir. Ayrıca, atık istiridye mantarı kompostunun hayvan besini olarak [20, 19] ve toprak düzenleyici olarak [23, 30, 24] kullanılabilmesi de tarımsal sürdürülebilirlik açısından istiridye mantarı üretiminin değerini daha da arttırmaktadır. Ancak, istiridye mantarı üretiminde tüm yıl boyunca üretim yapılabilmesi için üretim odalarının iklimlendirilmesine ihtiyaç vardır. Van Peer ve ark. [29] istiridye mantarının iklim koşullarına duyarlı olduğunu, uygun çevresel faktörlerin istiridye mantarının taslak ve şapka oluşumunu arttırdığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, sıcaklık bu çevresel faktörler arasında en etkili olanıdır [6]. Mantar üretim odalarının ısıtılmasında yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların pahalı, doğaya saldıgı karbon miktarının fazla ve ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payı çok yüksek olduğu düşünüldüğünde, maliyeti düşük ve çevre dostu alternatif enerji kaynaklarının mantar üretim odalarını ısıtılmasında kullanılabilirliklerinin araştırılmasının mantar sektörünün gelişimi ve tarımsal sürdürülebilirliğe katkı bakımından büyük önem taşır.

Jeotermal enerji, günümüzde kullanılan en önemli yenilebilir enerji kaynaklarından bir tanesidir. Jeotermal enerjinin, yenilenebilir ve kesintisiz olması, fosil enerji kaynaklarına göre düşük maliyetli olması ve çevre kirlenmesinin yok denecek kadar az olması, aranması ve işletilmesinde ileri teknoloji gerektirmemesi [3] gibi özellikleri nedeni ile mantar üretim odalarının ısıtılmasında da alternatif bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir. Türkiye'deki mantar işletmelerinde üretim odalarının ısıtılmasında genellikle klima, odun-kömür sobası, elektrik sobası ve doğalgaz kullanılmaktadır [14, 10, 13, 11, 17]. Rangel [26] fosil yakıtlar ve elektriğin jeotermal enerji ile yer değiştirmesi ile üretim harcamalarının düşürüleceğini söylemiştir.

Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından, dünyadaki en yüksek doğrudan kullanım kapasitesine sahip 5 ülkeden biridir [22].

Ülkemizde, başta Ege Bölgesi olmak üzere, Kuzeybatı, Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 600'ün üzerinde jeotermal kaynak bulunmaktadır [3]. Kırşehir, Türkiye'nin merkezinde, 38°50' ve 39°50' Kuzey enlemleri ve 33°30' ve 34°50' Doğu boylamları arasında yer alan, jeotermal kaynaklar açısından zengin bir şehirdir. Şehirde bulunan jeotermal kaynaklar uzun yıllarda beri evlerin ısıtılmasında ve termal turizmde kullanılmaktadır. Bölgenin sert iklimi ve vejetasyon süresinin kısa olması tarımsal ürün çeşitliliğini sınırlamakta, bu sebeple tarımla uğraşan kesimin iş gücü yıl içerisinde büyük bir süre atıl durumda kalmaktadır. Şehirde bulunan jeotermal kaynakların tarımsal alanda kullanımının yaygınlaştırılması, ekonomisi büyük oranda tarıma bağlı olan bu şehre sosyal ve ekonomik anlamda büyük bir katkı sağlayabilir. Son yıllarda, Kırşehir'in bazı ilçelerinde kurulan seralar ile jeotermal kaynakların tarımda kullanımı konusunda bazı adımlar atılmıştır. Bu jeotermal enerjinin mantar üretim tesislerinde kullanımlarının yaygınlaştırılması, şehirde tarımsal çeşitliliğin artırılması ve mantar sektörünün gelişimine önemli bir katkı sağlayabilir. Literatürde, jeotermal kaynakların istiridye mantarının dezenfeksiyonunda kullanımı ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur [9, 15]. Ancak jeotermal kaynakların mantar üretim odalarının ısıtılmasında kullanımı ile bilgilerimiz sınırlıdır [28].

Bu çalışmada, Kırşehir ilinde yapılacak istiridye mantar üretiminde, üretim odalarının ısıtılmasında kullanılabilecek olan fosil yakıtlar, Doğalgaz, Yerli ve ithal linyit kömür, fueloil, elektrik, odun ve jeotermal enerji gibi farklı enerji kaynakları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, farklı yalıtım özelliklerine sahip iki adet mantar üretim tesisinde yıl içerisinde ihtiyaç duyulan ısı miktarları belirlenmiş ve kullanılan enerji kaynakları, yakıt miktarı ve maliyet bakımından ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bu enerji kaynaklarının kullanımı ile doğaya salınan karbondioksit miktarları karşılaştırılarak, bu enerji kaynaklarının çevre kirliliğine olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar temeline dayanılarak, mantar üretim odalarının ısıtılmasında kullanılabilecek yöntemler ve işletmelerde ısı yalıtımı konusunda alınması gerekli tedbirler ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmada materyal olarak istiridye mantarı ele alınmıştır. Yapı 1 (çatı sandviç panel + duvarlar briket) ve Yapı 2 (çatı + duvarlar sandviç panel) içerisinde yapılacak istiridye mantarı üretimi için yıl içerisinde gerekli olan ısı enerjisi miktarı Kırşehir koşulları için hesaplanmıştır. Kırşehir ili için ısı gereksiniminin belirlenmesinde hesaplamalarda esas alınan yetiştirme odası boyutları ve ısı iletim katsayıları Çizelge 1’de verilmiştir.

Metot

Isı gereksiniminin belirlenmesinde Kırşehir ili için uzun yıllar süresince ortaya çıkan saatlik iklim verilerinden yararlanılmıştır. Saatlik olarak elde edilen dış sıcaklık değerlerinden yola çıkarak

Yapı 1 ve Yapı 2 içerisinde yapılacak yetiştiricilik için gerekli olan ısı gereksinim miktarları hesap edilmiştir. Isı gereksiniminin belirlenmesinde Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$q = U \times A \times (t_i - t_d) \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i} + \frac{1}{f_d}} \quad (2)$$

Eşitlikte;

U: Yapı elemanın ısı geçirme katsayısı (kcal m⁻²°C⁻¹ h⁻¹),

A: Yapı elemanının yüzey alanı (m²),

t_i: Kümes içi sıcaklığı (°C),

t_d: Dış sıcaklık (°C),

f_i: Yapı elemanının iç yüzey kondüktansı (kcal m⁻²°C⁻¹ h⁻¹),

f_d: Yapı elemanının dış yüzey kondüktansı (kcal m⁻²°C⁻¹ h⁻¹),

d_i: Malzeme kalınlığı (m),

k_i: Yapı malzemesinin ısı kondüktivitesi (kcal m⁻²°C⁻¹ h⁻¹),

Çizelge 1. Hesaplamalarda esas alınan sera boyutları ve ısı iletim katsayıları

Table 1. Greenhouse dimensions and heat conduction coefficients based on calculations

Boyutlar Dimensions	Yapı 1 Structure 1	Boyutlar Dimensions	Yapı 2 Structure 2
En / Width	8.00 m	En / Width	8.00 m
Boy / Length	15 m	Boy / Length	15 m
Taban alanı / Floor area	120 m ²	Taban alanı / Floor area	120 m ²
Yan duvar yüksekliği / Side wall height	3.00 m	Yan duvar yüksekliği / Side wall height	3.00 m
Mahya yüksekliği / Height of ridge	1.95 m	Mahya yüksekliği / Height of ridge	1.95 m
Çatıda 40 mm sandviç panel 40 mm sandwich panel on the roof	0.4973 (W m ⁻² °C ⁻¹)	Çatı ve yan duvarlarda 40 mm sandviç panel 40 mm sandwich panel on roof and side walls	0.4973 (W m ⁻² °C ⁻¹)
Duvarlarda içte ve dışta 1.5 cm siva ve 20’lik briket 1.5 cm plaster and 20 cm briquette inside and outside the walls	2.1100 (W m ⁻² °C ⁻¹)		

Çizelge 2. Hesaplamalarda kullanılan farklı yakıtlar için değerler

Table 2. Values for different fuels used in calculations

Yakıt türü Fuel type	Yakıtın alt ısı değeri Lower thermal value of fuel (kWh)	Yanma verimi Combustion efficiency (%)	Birim fiyatı Unit price (TL kWh ⁻¹)	FSEG (CO ₂) dönüşüm katsayısı (kg eşdeğer CO ₂ /kWh) FSEG (CO ₂) conversion coefficient (kg equivalent CO ₂ /kWh)
Odun / Wood (kcal kg ⁻¹)	4.01	0.60	0.289	0.020
Yerli linyit kömür (kcal kg ⁻¹) Domestic lignite coal	5.74	0.65	0.212	0.433
İthal Sibirya kömürü (kcal kg ⁻¹) Imported Siberian coal	8.14	0.65	0.286	0.448
Fueloil No: 6	11.12	0.80	0.382	0.330
Doğalgaz kcal m ⁻³ Natural gas	9.59	0.93	0.179	0.234
Elektrik (kcal kWh ⁻¹) Electricity	1.00	0.99	0.626	0.617
Jeotermal / Geothermal	1.00	0.95	-	0.010

Kırşehir ilinde mantar üretim tesisinde yapılan istiridye mantarı için ısı gereksinimi hesaplanmasında iç sıcaklık değeri olarak

yetiştirmenin ilk 4 haftalık süresinde 25°C, 5. hafta (1 hafta) 15°C ve 6.-8. haftalar (3 hafta) 18°C değerleri kullanılmıştır. Mantar tesisinde yıllık ısı

enerjisi esas alınarak gereksinilen yakıt tüketimi Eşitlik 3, ısıtmada kullanılan yakıtların atmosfere olan CO₂ salınımları Eşitlik 4 yardımı ile hesaplanmıştır [5].

$$By = \frac{qH}{Hu \times \eta_{ges}} (3)$$

$$SEGM_y = By \times Hu \times FSEG (4)$$

Eşitliklerde;

By: Birim alana karşılık gelen yakıt miktarı (kg m⁻² veya m³ m⁻²),

Hu: Yakıtın alt ısı değeri (kWh kg⁻¹),

qH: Seranın belli sıcaklığa göre ısı enerjisi gereksinimi (kWh m⁻²),

η_{ges} : Ortalama işletme verimi (%),

SEGM_y: Yıllık CO₂ emisyon miktarı (kg eşdeğer CO₂),

FSEG: Yakıt cinsine göre CO₂ emisyonu dönüşüm katsayısı (kg eşdeğer CO₂ kWh).

Mantar tesisinin ısıtılmasında kullanılacak yakıtların alt ısı değerleri, ortalama işletme verimleri, fiyatları ve CO₂ emisyonu dönüşüm katsayıları [2] Çizelge 2’de verilmiştir.

Kırşehir ilinde Jeotermal ısıtma için kullanılan sıcak suyun kWh değeri yerine metrekare alan için fiyatlandırma yapılmaktadır. Buna göre jeotermal sıcak su kullanan işletmelerin 1 m² alan için ödedikleri ücret 13.47 TL m⁻²’dir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kırşehir ilinde farklı inşaa özelliklerine sahip mantar yetiştirme odalarında yıl boyunca farklı gelişim dönemlerinde (misel gelişim: 25°C; Taslak oluşum: 15°C; Şapka gelişimi ve hasat: 18°C) ihtiyaç duyulan ısı enerjisi, yakıt miktarı, yakıt maliyeti, ısıtmada kullanılan yakıta bağlı CO₂ emisyonu ve birim alandan elde edilecek mantar verimi için ısıtma maliyeti Çizelge 3’te verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi ısı iletim katsayısına bağlı olarak ısı enerjisi gereksinimi Yapı 1 için 25457.47 kWh yıl⁻¹ ve Yapı 2 için 9680.86 kWh yıl⁻¹ olarak ortaya çıkmıştır. Mantar üretim tesislerinin ısıtılması kadar ısıtılan işletmelerde enerjinin korunması da oldukça önemlidir. Buna göre farklı ısı iletim katsayısına bağlı olarak Yapı 1’de ortaya çıkan yıllık ısı enerjisi miktarı Yapı 2’nin 2.63 katı olduğu görülmektedir. Yapı 2’nin duvarlarında ısı iletim katsayısı düşük sandviç panellerin kullanılması durumunda yıllık 15776.61 kWh yıl⁻¹’lik bir enerjinin tasarruf edilebileceği görülmüştür. Bir yapının enerji tüketimi temel olarak bina tipine, klimatolojik şartlara, binanın inşasına, ısıtma,

soğutma ve aydınlatma tesisatı gibi birçok faktör ile ilgilidir [4]. Bu faktörlere bağlı olarak yapının enerji gereksinimi bölgeden bölgeye değişim göstermektedir [25]. Schiau ve Rus [28] tarafından mantar tesisinde yapılan çalışmada, elektrik ve fosil yakıtların mantar üretim tesisinde aşırı miktarda kullanıldığını ve çalışma sonucunda binanın ısı yalıtımını ve ısı geri kazanımlarını kullanarak mantar üretimi için toplam enerji tüketiminin %8 azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacıların bildirdiğine uygun olarak, dış ortam iklim şartları, kullanılan yapı malzemeleri ve yalıtım özelliklerine bağlı olarak farklı özelliklere sahip binalarda enerji tüketiminin farklı olduğu ve ısı yalıtımı ile enerji tüketiminin azaltılabileceği belirlenmiştir. Bununda yapılan yalıtımın ısı iletim katsayısının düşüklüğü ile orantılı olacağı belirlenmiştir.

Isıtmada gereksinim duyulan yakıt miktarı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yakıt maliyetlerine bakıldığında Yapı 1 ve Yapı 2 için elektrik enerjisi ile yapılan ısıtmada en yüksek yakıt maliyeti ortaya çıkar iken Kırşehir ilinde mevcut jeotermal kaynakların ısıtmada kullanılması durumunda en düşük yakıt maliyeti ortaya çıkmaktadır. Binalarda yalıtımın artması durumunda ısı kaybı azalır. Isı kayıpları azaldığında ise yakıt maliyeti düşer [7]. Yapılan çalışmada, Yapı 1’e göre Yapı 2’de ısı iletim katsayısına bağlı olarak ısı kayıplarının azaldığı bunun sonucunda ise yakıt maliyetinin düştüğü görülmüştür. Buna göre ısıtmada jeotermal kaynakların kullanılması durumunda Yapı 1’de yakıt maliyetlerinde, doğalgaza göre 2.82 kat, yerli linyit kömüre göre 3.34 kat, ithal linyite göre 4.50 kat, fueloile göre 6.02 kat, elektriğe göre 9.86 kat ve oduna göre 4.55 kat iken Yapı 2 için doğalgaza göre 1.07 kat, yerli linyit kömüre göre 1.27 kat, ithal linyite göre 1.71 kat, fueloile göre 2.29 kat, elektriğe göre 3.75 kat ve oduna göre 1.73 kat daha ucuz bir ısı enerjisi sağladığı belirlenmiştir. Lomax ve Collins [21] tarafından USA’da yapmış oldukları çalışmada mantar üretimi için enerji maliyeti ısıtma için yakıt soğutma için ise elektriğin bir fonksiyonu olduğunu ve 1 kg’lık mantar üretimi için yaz aylarında 0.1 litre, kış aylarında 2.6 litre olmak üzere ortalama 2 litre olduğunu, elektriğin ise yaz aylarında 0.4 kWh, yaz aylarında ise 37.6 kWh arasında ortalama 11 kWh olduğunu bildirmişlerdir. Isıtma ihtiyacı yapının ısı iletim katsayısı ve dış ortam iklim verilerinden etkilenmektedir. Farklı bölgeler için farklı dış iklim değerleri yapılacak ısıtma enerjisi miktarını etkilemektedir.

Çizelge 3. Farklı inşa tipine sahip mantar yetiştirme yapılarında gerekli olan ısı enerjisi, yakıt miktarı ve CO₂ emisyon değerleri

Table 3. Heat energy, amount of fuel and CO₂ emission values required for mushroom growing structures of different construction types

İnşa tipi Structure type	Yapı 1 Structure 1	Yapı 2 Structure 2
Toplam ısı enerjisi (kWh yıl ⁻¹) Total heat energy (kWh year ⁻¹)	25457.47	9680.86
Mantar verimi (kg) Mushroom yield (kg)	2700	2700
Gereksinim duyulan yakıt miktarı / Amount of fuel required		
Doğal gaz (m ³) / Natural gas (m ³)	2854.39	1085.46
Yerli linyit kömürü (kg) Domestic lignite coal (kg)	6823.23	2594.71
İthal linyit kömürü (kg) Imported lignite coal (kg)	4811.47	1829.68
Fueloil (kg) / Fuel oil (kg)	2861.68	1088.23
Elektrik (kWh) / Electricity (kWh)	25714.62	9778.64
Jeotermal (m ³) / Geothermal (m ³)	26797.34	10190.38
Odun (kg) / Wood (kg)	10580.83	4023.63
Yakıt maliyeti (TL yıl ⁻¹) / Fuel cost (TL year ⁻¹)		
Doğal gaz / Natural gas	4556.89	1732.87
Yerli linyit kömürü Domestic lignite coal	5396.98	2052.34
İthal linyit kömürü Imported lignite coal	7280.84	2768.73
Fueloil / Fuel oil	9724.75	3698.09
Elektrik / Electricity	15936.38	6060.22
Jeotermal / Geothermal	1616.40	1616.40
Odun / Wood	7357.21	2797.77
Isıtmada kullanılan yakıtla bağlı CO ₂ emisyonu (CO ₂ eşdeğeri kg yıl ⁻¹) CO ₂ emissions due to fuel used in heating (CO ₂ equivalent kg year ⁻¹)		
Doğal gaz / Natural gas	6405.43	2435.83
Yerli linyit kömürü Domestic lignite coal	16958.59	6448.94
İthal linyit kömürü Imported lignite coal	17546.07	6672.35
Fueloil / Fueloil	10501.21	3993.35
Elektrik / Electricity	15865.92	6033.42
Jeotermal / Geothermal	267.97	101.90
Odun / Wood	848.58	322.70
Birim mantar verimi için ısıtma maliyeti (TL kg ⁻¹ yıl ⁻¹) Heating cost per unit mushroom yield (TL kg ⁻¹ year ⁻¹)		
Doğal gaz / Natural gas	1.69	0.64
Yerli linyit kömürü Domestic lignite coal	2.00	0.76
İthal linyit kömürü Imported lignite coal	2.70	1.03
Fueloil / Fuel oil	3.60	1.37
Elektrik / Electricity	5.90	2.25
Jeotermal / Geothermal	0.60	0.60
Odun / Wood	2.72	1.04

Yapılan çalışmada da benzer olarak Yapı 1'de 1 kg'lık mantar üretimi için gereksinim duyulan

fueloil ve elektrik miktarı sırasıyla 1.06 kg, 9.52 kWh iken Yapı 2'de 0.40 kg, 3.62 kWh olarak belirlenmiştir. Bu durum farklı ısı iletim katsayıları ve dış iklim koşullarının yakıt miktarlarını etkilediğini göstermiştir.

Bunun yanında fosil enerji kaynakları ile ısıtma yapılması durumunda 1 kg mantar üretimi için enerji maliyeti Yapı 1 için 1.69-5.90 TL arasında değişirken Yapı 2 için bu değerler 0.64-2.24 TL arasında değiştiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal ile karşılaştırıldığında ise en yüksek maliyete bakıldığında Yapı 1 için enerji kaynağı olarak elektrik kullanılması durumunda 1 kg mantar üretimi için enerji maliyeti 5.90 TL iken jeotermal kullanılması durumunda 1 kg mantar üretimi için gerekli olan enerji maliyeti 0.60 TL olduğu görülmektedir. Yapı 2 için enerji kaynağı olarak elektrik kullanılması durumunda 1 kg mantar üretimi için enerji maliyeti 2.24 TL iken jeotermal kullanılması durumunda 1 kg mantar üretimi için gerekli olan enerji maliyeti 0.60 TL olduğu görülmektedir. Ticari mantar üretiminin geliştirilebilmesi, tesisin bulunduğu alanda yenilenebilir enerji üretimi yoluyla elektrik ve fosil yakıt kullanımının azaltılmasını içerir. Enerjiye bağlı etkileri azaltmanın yollarından biri, şebekeye bağlı elektrige olan bağımlılığı azaltmak için alternatif yerinde enerji teknolojileri, örneğin fotovoltaik güneş enerjisi veya biyokütle gücü uygulamasıdır [27]. Türkiye'de, enerjideki talep nüfusun hızla artması ile artmaya devam ediyor.

Bu nedenle, ülkenin sınırlı enerji kaynakları ve yabancı kaynaklara bağımlılığı nedeniyle enerjinin korunumu günlük bazda çok daha önemli hale geliyor [18]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermalin mantar üretim tesislerinde iç ortamın ısıtılmasında kullanılması enerjide dışa bağımlı olan ülkemizde enerji kullanımını azaltacağı gibi düşük maliyetli olması da üreticinin üretim maliyetlerini azaltarak daha karlı bir üretim yapabileceği belirlenmiştir. Bunun yanında ülkemizde artan doğalgaz kullanımı dikkate alındığında ise jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunmadığı bölgelerde mantar üretim tesisleri için en iyi alternatifin doğalgaz olduğu görülmektedir.

Ülkemizde 1 kg mantarın ortalama hal fiyatı 5.50 TL olduğu düşünülürse ve ısıtmada ithal kömür kullanılması durumunda Yapı 1 için ısıtmanın üretim maliyeti içerisindeki payı yaklaşık %49, Yapı 2 içinse bu oran %19 olmaktadır. Elektrik enerjisi kullanılması durumunda ise Yapı 1 için ısıtmanın üretim

maliyeti içerisindeki payı yaklaşık %107.27, Yapı 2 içinse bu oran %40.91 olmaktadır. Yapı 1 in elektrik enerjisi ile ısıtılması durumunda üretim maliyetlerinin içerisinde enerjinin hal fiyatlarının üzerine çıktığı görülmüştür. Isıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payına bakıldığında ısı yalıtımı daha iyi olan Yapı 2'nin ısıtma maliyetlerinin daha az olduğu ve üreticinin karını arttırdığı görülmektedir.

Jang ve ark. [16] tarafından yapılan çalışmada, Kore'de, mantar yetiştiriciliğinin yıllar itibarıyla artış göstermesine rağmen üretim kalitesinin oldukça sınırlı olduğunu bunun nedeninin ise yetiştiricilik yapılan alanlarda mantar yetiştiriciliği için uygun çevresel koşulların oluşturulamamasından kaynaklandığını bildirmiştir. Anastaselos ve ark. [1] ise yalıtımın, bir binanın sadece enerji performansını değil, aynı zamanda iç ortam çevresel koşullarını da etkilediğini bildirmiştir. Bu nedenle kurulacak mantar işletmelerinde ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması yanında ileriki yıllar düşünüldüğünde işletmelerde ısı yalıtımının yapılmasının üretim maliyetlerini azaltacağı, iç ortam çevre koşullarının iyileştirilmesiyle de verimi arttırarak çiftçi ekonomisine olumlu katkılar sağlayacağı açıktır.

Isıtma kullanılan fosil yakıtların atmosfere saldırdığı karbondioksit miktarlarına bakıldığında Yapı 1 için 848.58-17546.07 kg arasında değişirken Yapı 2 için 322.70-6672.35 kg arasında değişmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal ile karşılaştırıldığında ise Yapı 1 için ithal linyit kömürünün atmosfere saldırdığı CO₂ miktarı 17546.07 kg ile en fazla iken jeotermalin atmosfere saldırdığı CO₂ miktarı 267.97 kg, Yapı 2 için ithal linyit kömürünün atmosfere saldırdığı CO₂ miktarı 6672.35 kg ile en fazla iken jeotermalin atmosfere saldırdığı CO₂ miktarı 101.90 kg olarak hesap edilmiştir. Buna göre ısıtmada jeotermalin kullanılması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarının 65.48 kat azalacağı belirlenmiştir. Araştırmacıların farklı yapı malzemelerinin yalıtım değerine bağlı olarak CO₂ emisyonlarının azaltılması ile ilgili çalışmalarında Dombaycı [12] tarafından yapılan çalışmada, binada optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi durumunda enerji tüketiminin %46.6 oranında azaldığını ve CO₂ emisyonunun ise %41.53 oranında azaldığını belirtmiştir. Çomaklı ve Yüksel [8], dış duvarlarda farklı yalıtım kalınlıklarını araştırdıkları çalışmalarında CO₂ emisyonlarının %27.00 oranında azalacağını, binanın diğer kısımlarında

alınacak yalıtım önlemleri ile birlikte bu oranın %50'ye çıkabileceğini bildirmişlerdir.

Günümüzde çevre kirliliğinin insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşması, kullanılacak teknolojinin ucuz enerji sağlaması yanında çevre kirliliğine neden olmaması son yıllarda önemli konulardan biri haline gelmiştir. Çalışmada da görüldüğü üzere ısı yalıtımı yapılması durumunda fosil yakıtların atmosfere saldırdığı karbondioksit miktarını azaltması yanında yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermalin kullanılması durumunda ise atmosfere salınan miktarın neredeyse yok denecek kadar az olduğu görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırşehir ili için uzun yıllık saatlik iklim verilerinden yola çıkılarak yapılan çalışmada karasal iklime sahip olan Kırşehir ilinde ısıtma gereksiniminin yüksek olduğu görülmektedir. İlin iklimi düşünüldüğünde yapılacak mantar tesislerinin ilk kurulum aşamasında ısı iletim katsayısı düşük yalıtım malzemelerinin yapılarda kullanılmasının ısıtma gereksinimini azaltacağı ve ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payını azaltacağı yapılan çalışma ile belirlenmiştir. Bunun yanında ilin sahip olduğu jeotermal kaynakların mantar tesislerinin ısıtılmasında kullanılması durumunda ise ısıtma maliyetleri yanında fosil yakıtların atmosfere saldırdığı CO₂ miktarının azaltılması bakımından da oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır. İlde mevcut jeotermal kaynakların mantar üretim tesislerinde kullanımının yaygınlaştırılması enerjide dışa bağımlı olan ülkemizde, enerjide dışa bağımlılığı azaltmanın yanında atmosfere salınan karbondioksinin azaltılması, daha sağlıklı bir çevre ve üretim için oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Anastaselos, D., Oxizidis, S., Papadopoulos, A.M., 2017. Suitable thermal insulation solutions for Mediterranean climatic conditions: a case study for four Greek cities. *Energy Efficiency* 10(5):1081-1098.
2. Anonim, 2019. Çeşitli yakıtlar için maliyet karşılaştırma çizelgesi (www.tesisat.com.tr; Erişim Tarihi: Şubat 2019).
3. Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç., 2001. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli.

- Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu, Ankara, 1:1-9.*
4. Balaras, C.A., Droutsas, K., Argiriou, A.A., Asimakopoulos, D.N., 2000. Potential for energy conservation in apartment buildings. *Energy and Buildings* (31):143-154.
 5. Baytorun, A.N., Önder, D., Güğercin, Ö., 2016. Seraların ısıtılmasında kullanılan fosil ve jeotermal enerji kaynaklarının karşılaştırılması. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(10):832-839.
 6. Chang, S.T., Miles, P.G., 1989. Edible mushrooms and their cultivation. *CRC Press Inc., Boca Raton, FL, USA.*
 7. Çomaklı, K., Yüksel, B., 2003. Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. *Appl. Therm. Eng.* 23(4):473-9.
 8. Çomaklı, K., Yüksel, B., 2004. Environmental impact of thermal insulation thickness in buildings. *Appl. Therm. Eng.* 24(5-6):933-40.
 9. Darma, S., Harsoprayitno, S., Setiawan, B., Sukhyar, H.R., Soedibjo, A.W., Ganefianto N., Stimac, J., 2010. Geothermal energy update: Geothermal energy development and utilization in Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress, 25-29.04.2010. Bali, Indonesia. 1:1-13.*
 10. Demir, H., Sönmez, İ., 2011. Antalya'nın Korkuteli ilçesinde kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) yetiştiriciliğinin mevcut durumu, sorunları ve bazı çözüm önerileri. *Uluslararası Katılımlı 1. Ali Numan Kırış Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30.04.2011, Eskişehir, 3:2431-2439.*
 11. Deniz, U.M., Tütüncü, Ş., Eren, E., 2016. The problems detected in mushroom cultivation in Ankara. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 4(3):182-188.
 12. Dombaycı, O.A., 2007. The Environmental impact of optimum insulation thickness for external walls of buildings. *Build Environment* 42(11):3855-3859.
 13. Eren, E., Öztekin, G.B., Tüzel, Y., 2016. Evaluation of medium and large-scale mushroom companies in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology* 4(3):230-238.
 14. Erkel, İ., 2004. Kocaeli ve çevresinde mantar üretim potansiyelinin saptanması. *Türkiye 7. Yemeklik Mantar Kongresi, 22-24.09.2004, Antalya, 1:21-29.*
 15. Fadli, A.S., Susanto, H., Rahmadi, A., Dwikorianto, T., 2015. Direct application of steam geothermal for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation in Kamojang geothermal field, Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress, 19-25.04.2015, Melbourne/Australia, 1:1-7.*
 16. Jang, K.Y., Jhune, C.S., Park, J.S., Cho, S.M., Weon, H.Y., Cheong, J.C., Choi, S.G., Sung, J.M., 2003. Characterization of fruit body morphology on various environmental conditions in *Pleurotus ostreatus*. *Mycobiology* 31(3):145-150.
 17. Kurt, R., Can, A., Sivrikaya, H., 2018. The current status with the problems and some suggestions of mushroom cultivation in Bartın province. *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 20(2):176-183.
 18. Küçüktopçu, E., Cemek, B., 2018. A study on environmental impact of insulation thickness of poultry building walls. *Energy* (150):583-590.
 19. Kwak, W.S., Jung, S.H., Kim, Y.I., 2008. Broiler litter supplementation improves storage and feed-nutritional value of sawdust-based spent mushroom substrate. *Bioresource Technology* 99:2947-2955.
 20. Li, X., Pang, Y., Zhang, R., 2001. Compositional changes of cottonseed hull substrate during *P. ostreatus* growth and the effects on the feeding value of the spent substrate. *Bioresource Technology* 80(2):157-161.
 21. Lomax, K.M., Collins, N.E., 1987. Energy requirements for *Agaricus bisporus* production in bed culture. *Developments in Crop Science* (10):493-500.
 22. Lund, J.W., Boyd, T.L., 2016. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. *Geothermics* (60):66-93.
 23. Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A., Moral, R., 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology* (100):4227-4232.
 24. Meng, L., Zhang, S., Gong, H., Zhang, X., Wu, C. Li, W., 2018. Improving sewage sludge composting by addition of spent mushroom substrate and sucrose. *Bioresource Technology* (253):197-203.
 25. Mohsen M.S., Akash, B.A., 2001. Some prospects of energy savings in buildings. *Energy conversion and management* (42):1307-1315.
 26. Rangel, M.E.R., 1998. Mushroom growing project at the Los Humeros, Mexico

- geothermal field. *GeoHeat Center Quarterly Bulletin* (19):14-16.
27. Robinson, B., Winans, K., Kendall, A., Dlott, J., Dlott, F., 2018. A life cycle assessment of *Agaricus bisporus* mushroom production in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24(3):456-467.
28. Schiau, H.G., Rus, F., 2013. Energy efficiency analysis of *Agaricus bisporus* mushroom produce in Feldioara-Brasov. 5. *International Conference "Computational Mechanics and Virtual Engineering"*, 24-25.10.2013, Romania, 416-422.
29. Van Peer, A.F., Muller, W.H., Boekhout, T.L., Lugones, G., Wosten, H.A., 2009. Cytoplasmic continuity revisited: closure of septa of the filamentous fungus *Schizophyllum commune* in response to environmental conditions. *PLoS One*. 4(6):5977-5981.
30. Zhang, R.H., Duan, Z.Q., Li, Z.G., 2012. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere*, 22(3):333-342.