

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ İÇİN GÜNEŞ IŞINIMI EKSERJİSİNİN İNCELENMESİ

H. Hüseyin ÖZTÜRK, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 01330 Adana, hhozturk@cu.edu.tr

Arif HEPBAŞLI, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova, İzmir, arif.hepbali@ege.edu.tr

Cengiz AKDENİZ, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 35100 Bornova, İzmir, cengiz@ebiltem.ege.edu.tr

Hüsamettin BULUT, Harran Üni. Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Böl., Osmanbey Kampüsü, 6300 Sanlıurfa, hbulut@harran.edu.tr

A. Şahin DURAN, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak İstanbul, sahind@itu.edu.tr

Murat KAÇIRA, Harran Üni. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü, 6300 Sanlıurfa, mkacira@harran.edu.tr

Özet

Güneş ışıınım ekserjisi, güneş ışıınımından en yüksek oranda kazanılabilen enerjinin bağıl miktarına bağıl olarak hesaplanır. Güneş ışıınımından en yüksek oranda yararlı enerji kazanımını sınırlayan etkinlik değeri, ısı makinalarındaki *Carnot* etkinliğine benzer bir değerdir. Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışıınım ekserjisi değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından ölçülmüş olan, aylık ortalama ışıınım şiddeti ve sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır. Türkiye genelinde yıllık ortalama güneş ışıınım enerjisi 428.6 W/m² iken, yıllık ortalama güneş ışıınım ekserjisi 401.1 W/m² olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama güneş ışıınım enerjisi 477 W/m² olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, yıllık ortalama güneş ışıınım ekserjisi 446.2 W/m² olarak tespit edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, yıllık ortalama ışıınım ekserjisi/ışıınım enerjisi oranı 0.93 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş ışıınımı, ekserji, Güneydoğu Anadolu, Türkiye

INVESTIGATION OF THE EXERGY OF SOLAR RADIATION FOR THE SOUTEAST ANATOLIA REGION OF TURKEY

Abstract

Exergy of solar radiation is determined based on the relative potential of the maximum energy available from radiation. The efficiency factor limiting the gain of the maximum useful energy from the solar radiation is similar to that of the *Carnot* efficiency for the heat engines. The main purpose of this study is to determine the exergy values of the solar radiation for the Southeast Anatolia region of Turkey. The average value for exergy of the solar radiation in this region is found to 446.2 W/m², while those for Turkey is obtained to be 401.1 W/m², respectively. Yearly average ratio of radiation exergy to energy is also calculated to be 0.93 in the Southeast Anatolia region.

Keywords: Solar radiation, exergy, Southeast Anatolia, Turkey

1. Giriş

Ekserji kelimesi, Yunan dilinde *ex* (dış ve dıştaki) ve *ergon* (güç veya iş) kelimelerinden türetilmiştir. Kavram ilk kez, ısı ve iş terimleriyle ilişkili olarak, *teknik iş kapasitesi* deyimi yerine kullanılmak üzere, 1824 yılında *Carnot* tarafından ortaya atılmıştır. Yeni bir terim olarak ekserji, 1953 yılında *Zoran Rant* tarafından ileri sürülmüştür [1]. Ekserji değişik şekillerde tanımlanabilir. Termodinamik açıdan *ekserji*, bir sistemin veya madde/enerji akışının referans ortam ile denge durumuna geldiğinde üretebileceği en fazla iş miktarı olarak tanımlanır. *Ekserji*, belirli koşullarda tamamen tersinir bir değişime uğrayan bir sistemin, çevresiyle denge durumuna geldiğinde elde edilebilen en yüksek tersinir iş tir. Szargut [2] tarafından *ekserji*, "bir maddenin tersinir işlemler aracılığıyla doğal çevrenin genel bileşenleri ile termodinamik dengeye getirilmesi durumunda, elde edilebilen iş miktarıdır" şeklinde tanımlanır. *Ekserji*, bir akım ölü duruma ulaştığında, kazanılabilen en fazla iş tir

[3]. Daha anlaşılır bir tanımlama ile *ekserji*, enerjinin belirli termodinamik koşullar altında diğer bir tür enerji şekline dönüşebilen bölümüdür. Tersinmez işlemlerde her zaman belirli bir miktar entropi artışıyla birlikte iş kaybı oluşmasına karşın, en fazla iş sadece tersinmez işlemlerde elde edilir. Ekserji, ideal veya tersinir işlemler dışında, enerji gibi korunan bir büyüklük değildir. Bu nedenle, enerjinin korunumu yasasına uymaz. Gerçek işlemlerde, tersizlikler nedeniyle ekserji tüketilir veya yok edilir. İşlem süresince gerçekleşen ekserji tüketimi, işleme ilişkin tersizlikler nedeniyle yaratılan entropi ile orantılıdır. Enerji ve ekserji kavramları farklı yönlerden Çizelge 1’de karşılaştırılmıştır [5-7].

Çizelge 1. Enerji ve Ekserji Arasındaki Başlıca Farklar [5-7]

ENERJİ	EKSERJİ
1) Sadece kütle veya enerji akışının özelliklerine bağlıdır. Ortam özelliklerinden bağımsızdır.	1) Kütle veya enerji akışının özellikleriyle birlikte, ortamın özelliklerine de bağlıdır.
2) Sıfırdan farklı değerlere sahiptir. Einstein yasası gereğince mc^2 değerine eşittir.	2) Ortam ile denge durumunda sıfıra eşittir.
3) Bütün işlemler için <i>Termodinamiğin Birinci Yasası</i> na dikkate alır.	3) Sadece tersinir işlemler için <i>Termodinamiğin Birinci Yasası</i> na dikkate alır. Tersinmez işlemlerde tamamen veya kısmen ekserji tüketilir.
4) Tersinir işlemler de dahil olmak üzere, bütün işlemler için <i>Termodinamiğin İkinci Yasası</i> ile sınırlıdır.	4) <i>Termodinamiğin İkinci Yasası</i> nedeniyle tersinir işlemler için sınırlı değildir.
5) Hareket veya hareket üretme yeteneğidir.	5) İş veya iş üretme yeteneğidir.
6) Bir işlemde sürekli olarak korunur. Diğer bir deyişle, ne yok edilebilir, ne de üretilebilir.	6) Sadece tersinir bir işlemde sürekli olarak korunur. Tersinmez bir işlemde sürekli olarak tüketilir.
7) Miktarın bir ölçütüdür.	7) Entropi nedeniyle, hem kalite hem de miktarın bir ölçütüdür.

Bir sistemin toplam ekserjisi (Ξ), aşağıda verildiği gibi fiziksel (f), kinetik(k), potansiyel (p) ve kimyasal (c) olmak üzere dört bileşenden meydana gelir [4]:

$$\Xi = \Xi_f + \Xi_k + \Xi_p + \Xi_c \dots\dots\dots(1)$$

Ekserji kapsamlı bir özellik olmakla birlikte, birim kütle veya madde miktarını (mol) dikkate alarak değerlendirmeler yapmak daha uygundur. Kütleyle bağlı olarak toplam özgül ekserji (ε), aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\varepsilon = \varepsilon_f + \varepsilon_k + \varepsilon_p + \varepsilon_c \dots\dots\dots(2)$$

Termodinamik sistem veya koşullara bağlı olarak, toplam ekserjide bileşenlerin tamamı veya bazıları geçerli olabilir. Normal olarak, kimyasal bileşimde, kinetik ve potansiyel enerjilerde herhangi bir değişiklik olmaması durumunda, sadece fiziksel ekserji aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\varepsilon_f = (h - h_o) - T_o(s - s_o) \dots\dots\dots(3)$$

Bu eşitlikte; h : özgül entalpi, s : özgül entropi ve T : sıcaklıktır. Alt indis olarak belirtilen o , referans çevre koşullarını belirtir. Çevre, farklı sistemlerin belirlenen en yüksek iş potansiyeli (ekserji) için doğal-referans bir ortam oluşturur. Ekserji, sürekli olarak referans ortam koşullarına kıyasla değerlendirilir. Referans ortam, kararlı halde-denge durumundadır. Durağan bir sistemin, çevre ile ısı ve mekanik olarak dengede olduğu durumu belirten referans ortam, sonsuz (sınırsız) bir sistem gibi davranır. Referans ortam, sıcaklık (T_o), basınç (P_o) ve kimyasal potansiyel (μ_{f00}) gibi belirli özellikler ile tanımlanır [8].

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışınım ekserjisi değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından ölçülmüş olan, yatay düzleme gelen aylık ortalama güneş ışınım şiddeti ve ortalama sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır.

2. Güneş Işınımı Ekserjisi

Güneş ışınım ekserjisi, ısı ışınımın iş ve ısı gibi farklı işlemlere dönüşme etkinliği açısından önemlidir. Işınım dönüşümü işlemlerinde, ekserji etkinliğinin işleme özgü özellikler dikkate alınarak tanımlanması gerekir. Isıl ışınımın işe dönüşümünde ekserji etkinliği, ışımandan yararlanılarak yapılan işin, ışınım ekserjisine oranı olarak tanımlanabilir. Işınım enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü, tersinmez soğurma işlemi süresince belirli bir ekserji kaybı ile gerçekleşir. Işınımın değeri, ısıнын sıcaklığı tarafından belirlenen değere azalır. Güneş ışınımının ısı enerjisine dönüşümündeki ekserjetik etkinlik, dönüşüm sonucunda elde edilen ısıнын ekserjisinin, gelen güneş ışınımı ekserjisine oranı olarak tanımlanabilir. Ekserji analizinin esas amacı: (a) ısı ve kimyasal işlemlerin termodinamik hatalarının sebeplerini miktar olarak değerlendirmek, (b) enerji sistemlerindeki atık ve kayıpların gerçek değerleri, tipleri ve gerçekleştiği yerleri belirlemek ve (c) mevcut enerji sistemlerindeki etkinsizlikleri azaltarak, daha etkin sistem tasarım yöntemlerini geliştirmektir.

Herhangi bir maddenin ekserji bağıntısını elde etmek için, Eşitlik (3)’ü uygun bir şekilde yorumlayarak işe başlamak gerekir. Bir çok uygulama için genellikle en önemli sorun, entropi (s ve s_o) değerlerinin

belirlenmesidir. Entropi değerlerinin belirlenmesinden sonra, entalpi (h ve h_0) değerleri de yeterli doğrulukta saptanarak dikkate alınan maddenin ekserjisi hesaplanabilir. Herhangi bir madde ekserji değerine bağlı olarak değerlendirilmesine karşın, herhangi bir işlem, tersinmezlik sonucunda oluşan ekserji kaybının da yer aldığı ekserji korunumu eşitliğine bağlı olarak incelenebilir. Herhangi bir işlemin ekserji etkinliği, ekserji korunumu eşitliğine bağlı olarak, işleminden çıkan ekserjinin giren ekserjiye oranı şeklinde tanımlanabilir.

Isıl ışıınım ekserji konusuna ilk yaklaşım Petela [9] tarafından sağlanmıştır. Spanner [10], Petela [9] tarafından geliştirilen ekserji eşitliğini doğrudan güneş ışıınının ekserjisi için düzenlemiştir. Daha sonraki yıllarda Jeter [11], ısı ışıınım ekserjisinin *Carnot etkinliğine* bağlı olarak belirlenebileceğini belirtmiştir. T_0 ortam sıcaklığındaki bir yüzey için enerji, entropi ve ekserji korunumu eşitliklerinden yararlanarak, siyah cisim ışıınım ekserjisine ilişkin ilk temel eşitlik Petela [9] tarafından geliştirilmiştir.

$$\Xi_r = \frac{a.c}{12} (3T^4 + T_0^4 - 4T_0T^3) \dots\dots\dots(4)$$

Burada;

- Ξ_r := ışıınım ekserjisi (kW/m²),
- A := ışıınım sabiti (7.561x10⁻¹⁹ kJ/m³K⁴),
- B := ışıığın vakumda yayılma hızı (2.998x10⁸ m/s) ve
- T := mutlak sıcaklıktır (K).

Eşitlik (4), siyah cisim ışıınımı için geliştirilmiştir. Yayma değeri (ε) olan etkin bir gri yüzey için aşağıdaki ekserji eşitliği, Petela [12] tarafından geliştirilmiştir.

$$\Xi_r = \varepsilon \frac{a.c}{12} (3T^4 + T_0^4 - 4T_0T^3) \dots\dots\dots(5)$$

Eşitlik (5)'deki ekserji değeri, boşlukta hareket eden ışıınım akımının bir özelliğini belirtir. ışıınım ekserjisinin ne kadarından; mekanik, elektrik, manyetik, kimyasal ve nükleer etkiler için yararlanılabilirliği tamamen farklı bir durumdur. ışıınım ekserjisinden; herhangi bir soğurucu yüzey ile soğurma işleminde, herhangi bir silindir-piston sisteminde gaz genleşme işleminde, ışıınım basıncı etkisiyle bir kol üzerine yerleştirilen aynanın döndürülme işleminde ve herhangi bir foton işlemi veya cihazında yararlanılabilir [13].

2.1. ışıınının İşe Dönüşme Etkinliği

Isıl ışıınım farklı işlemlere dönüştürülebilir. $\dot{I}_s$, enerjinin kalitesinde herhangi bir azalma olmaksızın gerçekleşen bir enerji transferi işlemidir. Bu nedenle, *ekserji* terimini tanımlayabilmek için *ış* teriminden yararlanılır. Petela [13], ısı ışıınım ekserjisinin hesaplanması için geliştirilmiş olan eşitlikleri incelemiştir. ışıınının iş veya ısıya dönüştürülmesi için yararlanılabilecek eşitliği geliştirmiştir. Isıl ışıınının işe dönüşümündeki gerçek enerji etkinliği (η_e), ışıınımdan yararlanılarak gerçekleştirilen işin (W), bu ışıınının enerjisine (E_r) oranı olarak tanımlanabilir [13].

$$\eta_e = \frac{W}{E_r} \dots\dots\dots(6)$$

ışıınım enerjisinden en yüksek miktarda iş, sadece ideal tersinir bir işlemde elde edilebilir. Bu tür bir işlemde elde edilen en yüksek miktardaki iş, ışıınım ekserjisidir ($W_{max} \equiv \Xi_r$). Bu durumda, dönüşme etkinliği (η_e), en yüksek dönüşme etkinliği ($\eta_{e,max}$) olarak dikkate alınır [13].

$$\frac{\Xi_r}{E_r} = \eta_{e,max} \equiv \psi \dots\dots\dots(7)$$

Eşitlik (7)'deki sınırlayıcı etkinlik (ψ) değeri, ısı makinaları için dikkate alınan Carnot etkinliği gibi benzer bir öneme sahiptir ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır [13].

$$\psi = 1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_s} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_0}{T_s} \right) \dots\dots\dots(8)$$

Burada;

- Ξ_r = güneş ışıınım ekserjisi (W/m²),
- T_0 := ortam sıcaklığı (K) ve
- T_s := Güneş yüzey sıcaklığıdır ($\cong 6000$ K alınabilir).

Eşitlik (8), ışıınımda mevcut olan en yüksek miktardaki enerjinin bağıl miktarını belirtir. Birden (1) daha büyük değerlere de sahip olabileceğinden, ψ değeri, etkinlik olarak tanımlanamaz.

Isıl ışıınının işe dönüşümündeki ekserji etkinliği (η_{Ξ}), ışıınımdan yararlanılarak gerçekleştirilen işin (W), bu ışıınının ekserjisine (Ξ_r) oranı olarak tanımlanabilir [13].

$$\eta_{\Xi} = \frac{W}{\Xi_r} \dots\dots\dots(9)$$

İş (W) terimini yok etmek için, Eşitlik (6) ve (9) birleştirilebilir. Daha sonra, ekserji (Ξ) terimini yok etmek için, Eşitlik (7)'den yararlanılarak, ısınımın işe dönüşümündeki ekserji etkinliği (η_{Ξ}), gerçek enerji etkinliğinin en yüksek enerji etkinliğine oranı olarak tanımlanır.

$$\eta_{\Xi} = \frac{\eta_e}{\eta_{e,max}} \leq 1 \dots \dots \dots (10)$$

En yüksek enerji etkinliği ($\eta_{e,max}$) terimini yok etmek için, Eşitlik (7) ve (10)'dan yararlanılarak, ψ oranı, ısınımın işe dönüşümünde enerji etkinliğinin ekserji etkinliğine oranı olarak tanımlanır. ψ oranı, $\psi=1$, $\psi<1$ veya $\psi>1$ olabilir.

$$\Psi = \frac{\eta_e}{\eta_{\Xi}} \dots \dots \dots (11)$$

3. Materyal ve Yöntem

Türkiye coğrafi konumu açısından 36-42 °N enlemleri arasında yer almakta ve güneş kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 2609 h olup, yılın % 29.8'ini oluşturmaktadır. Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölgeyi 3016 h ile Güneydoğu Anadolu kapsamakta, bunu sırasıyla, Akdeniz (2923 h), Ege (2726 h), İç Anadolu (2712 h), Doğu Anadolu (2693 h) ve Marmara (2528 h) bölgeleri izlemektedir. Bunun yanı sıra, en düşük değer 1966 h ile Karadeniz Bölgesi'nde görülmektedir. Güneşlenme süresinin aylık dağılımında Türkiye ortalaması en yüksek değer 362 h ile Temmuz, en düşük değer ise, 98 h ile Aralık ayına aittir. Türkiye'de güneş ısınım şiddetinin yıllık ortalaması yatay düzlem üzerinde 3.7 kWh/m².gün olup, aylara göre 5.9 kWh/m².gün ile 1.5 kWh/m².gün arasında değişmektedir. Yıllık ortalama güneş ısınım şiddetinin coğrafi bölge değerlerine gelince; Güneydoğu Anadolu'da 3.97 kWh/m².gün, Akdeniz'de 3.86 kWh/m².gün, İç Anadolu'da 3.81 kWh/m².gün, Ege'de 3.78 kWh/m².gün, Marmara'da 3.03 kWh/m².gün ve Karadeniz'de 2.86 kWh/m².gün olmaktadır. Türkiye yüzeyine yılda düşen güneş enerjisi, 977 x 10¹² kWh kadardır [14].

Türkiye'de bölgelere göre ortalama güneş ısınım ekserjisi değerleri, Çizelge 2'de verilen ortalama güneş ısınım şiddeti değerlerine [14] ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) tarafından yayınlanmış olan aylık ortalama sıcaklık değerlerine [15] bağlı olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Türkiye'de Bölgelere Göre Güneş Işınım Şiddeti Değerleri [14]

Bölgeler	Ortalama Güneş Işınım Şiddeti (W/m ²)		
	Yıllık	Temmuz	Aralık
Güneydoğu Anadolu	477	767	283
Akdeniz	463	723	183
İç Anadolu	457	720	160
Ege	450	723	167
Doğu Anadolu	447	667	163
Marmara	363	593	133
Karadeniz	343	510	157

Güneş ısınım ekserjisi, ısı ısınımın iş ve ısı gibi farklı işlemlere dönüşme etkinliği açısından önemlidir. Işınım dönüşümü işlemlerinde, ekserji etkinliğinin işleme özgü özellikler dikkate alınarak tanımlanması gerekir. Isıl ısınımın işe dönüşümünde ekserji etkinliği, ısınımdan yararlanılarak yapılan işin, ısınım eksejisine oranı olarak tanımlanabilir. Işınım enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü, tersinmez soğurma işlemi süresince belirli bir ekserji kaybı ile gerçekleşir. Işınımın değeri, ısınım sıcaklığı tarafından belirlenen değere azalır. Güneş ısınımının ısı enerjisine dönüşümündeki ekserjetik etkinlik, dönüşüm sonucunda elde edilen ısınım ekserjisinin, gelen güneş ısınımı ekserjisine oranı olarak tanımlanabilir. Ekserji analizinin esas amacı: (a) ısı ve kimyasal işlemlerin termodinamik hatalarının sebeplerini miktar olarak değerlendirmek, (b) enerji sistemlerindeki atık ve kayıpların gerçek değerleri, tipleri ve gerçekleştiği yerleri belirlemek ve (c) mevcut enerji sistemlerindeki etkinsizlikleri azaltarak, daha etkin sistem tasarım yöntemlerini geliştirmektir.

Güneş ısınım ekserjisi değerleri, aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır [16,17].

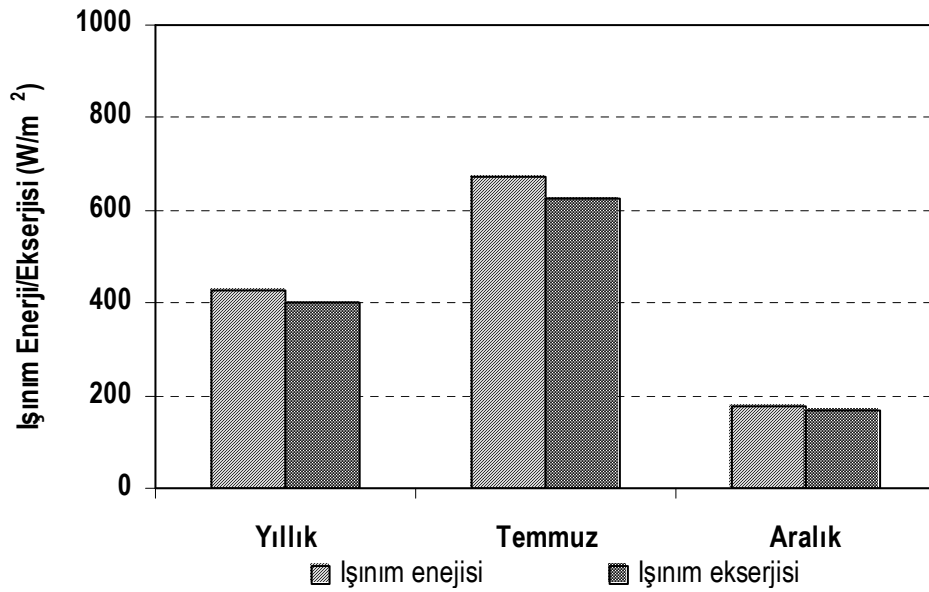
$$\Xi_T = I \cdot \psi \dots \dots \dots (12)$$

Burada I , yüzeye gelen güneş ısınımı ve ψ ise verilen ısınımda mevcut olan en yüksek miktardaki enerjinin bağlı miktarı olup, Eşitlik (8)'den hesaplanabilir.

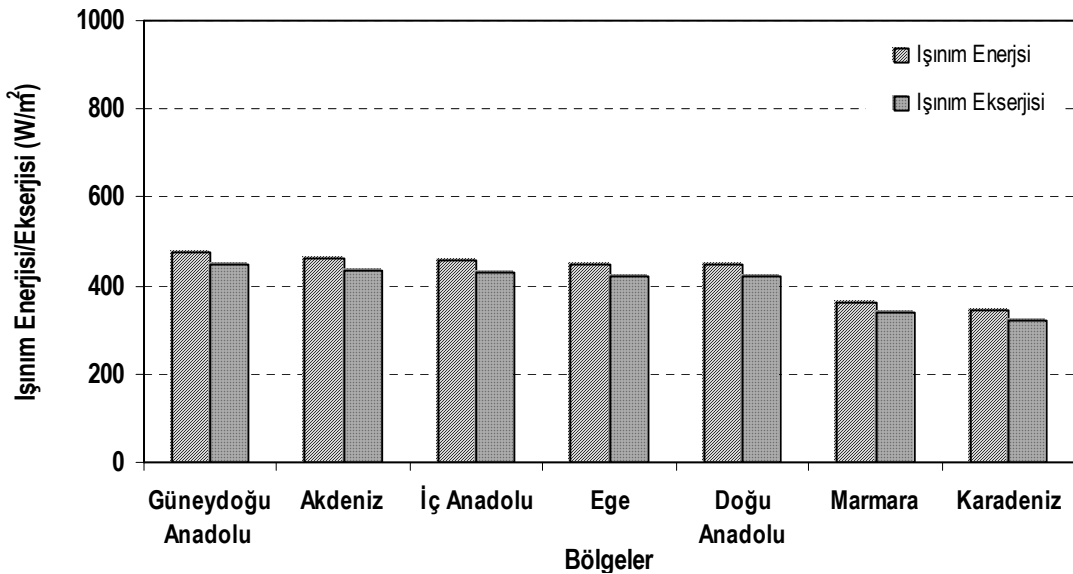
4. Bulgular ve Tartışma

Türkiye geneli için hesaplanan yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışınım ekserjisi değerlerinin değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Türkiye genelinde yıllık ortalama güneş ışınım enerjisi 428.6 W/m^2 iken, yıllık ortalama güneş ışınım ekserjisi 401.1 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama güneş ışınım enerjisinin 671.9 W/m^2 değeri ile en yüksek düzeyde olduğu Temmuz ayı için, güneş ışınım ekserjisi 626.8 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama güneş ışınım enerjisinin 178 W/m^2 değeri ile en düşük düzeyde olduğu Aralık ayı için güneş ışınım ekserjisi 166.8 W/m^2 olarak bulunmuştur.

Türkiye'de bölgelere göre hesaplanan yıllık ortalama güneş ışınım ekserjisi değerlerinin değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Türkiye'de bölgelere göre yıllık ortalama güneş ışınım ekserjisi, beklenildiği gibi bölgelerin yıllık ortalama güneş ışınım şiddetine paralel bir değişim göstermektedir. Türkiye'de, yıllık ortalama güneş ışınım ekserjisi yönünden en zengin bölge, güneş ışınım enerjisi bakımından da olduğu gibi, 446 W/m^2 ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Güneydoğu Anadolu bölgesini sırasıyla Akdeniz (433 W/m^2), İç Anadolu (428 W/m^2), Ege (421 W/m^2), Doğu Anadolu (419 W/m^2), Marmara (340 W/m^2) bölgeleri izlemekte, en düşük değer 321 W/m^2 ile Karadeniz bölgesinde görülmektedir. Türkiye genelinde yıllık ortalama güneş ışınım enerjisi 428.6 W/m^2 iken, yıllık ortalama güneş ışınım ekserjisi 401.1 W/m^2 olarak belirlenmiştir.

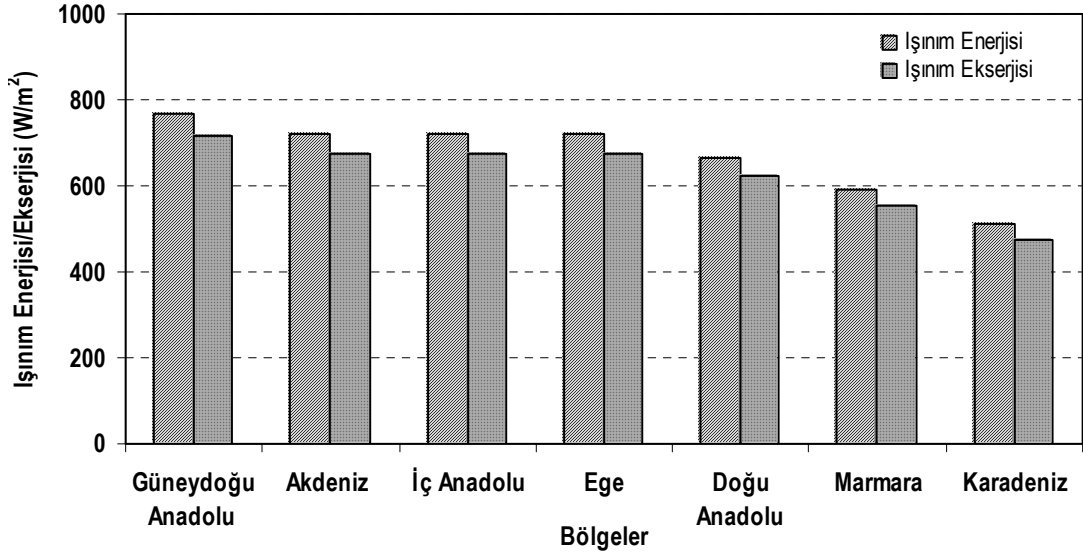


Şekil 1. Türkiye genelinde güneş ışınım ekserjisinin değişimi



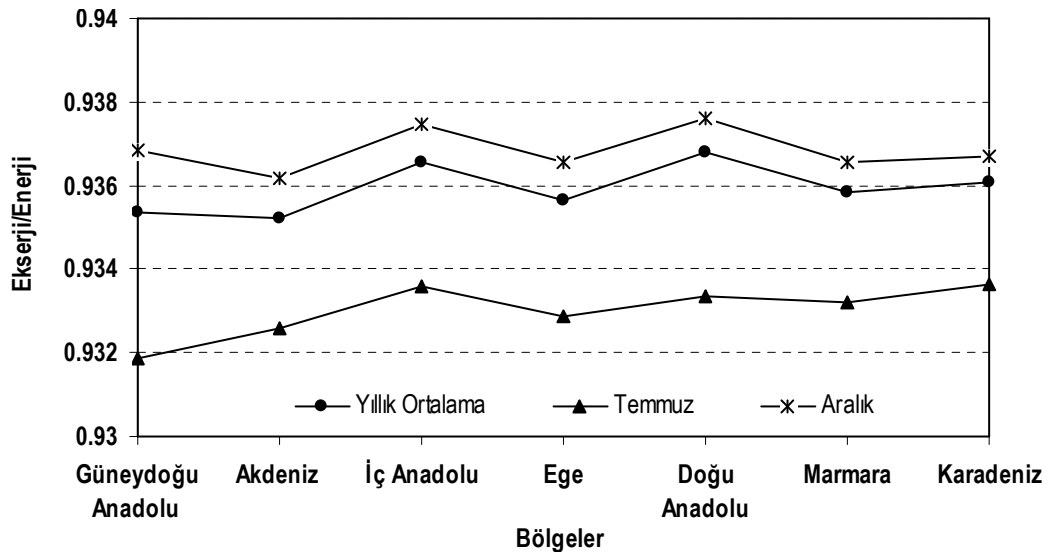
Şekil 2. Türkiye'de bölgelere göre güneş ışınım ekserjisi değişimi

Türkiye’de bölgelere göre hesaplanan en yüksek (Temmuz) güneş ışınlam ekserjisi değęerlerinin değışimi Şekil 3’de verilmiştir. Temmuz ayı için güneş ışınlam ekserjisinin en yüksek değęeri; Güneydoğu Anadolu bölgesinde 714.6 W/m², Ege Bölgesi’nde 674.5 W/m², Akdeniz Bölgesi’nde 674.2 W/m², İç Anadolu Bölgesi’nde 672.2 W/m², Doğu Anadolu Bölgesi’nde 622.5 W/m², Marmara Bölgesi’nde 553.4 W/m² ve Karadeniz Bölgesi’nde 476.2 W/m² olarak belirlenmiştir. Türkiye genelinde Temmuz ayında en yüksek güneş ışınlam enerji ortalaması 671.9 W/m² iken, en yüksek güneş ışınlam ekserjisi 626.8 W/m² olarak belirlenmiştir.



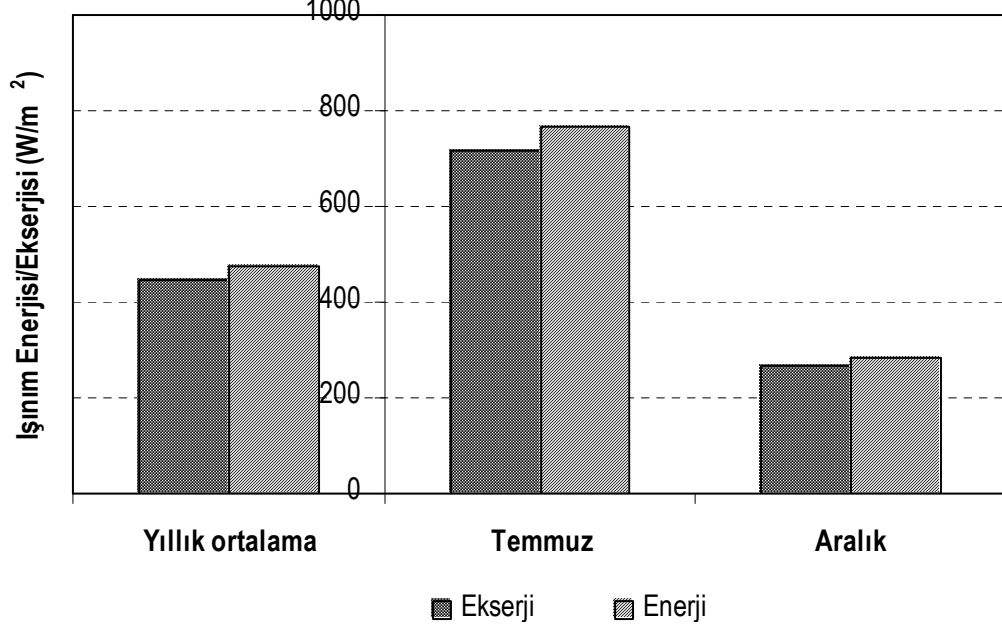
Şekil 3. Türkiye’de bölgelere göre en yüksek güneş ışınlam ekserjisi değışimi

Türkiye’de güneş ışınlam ekserji/enerji oranının bölgelere göre değışimi Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4’den de görüldüğü gibi, ışınlam ekserji/enerji oranının yıllık ortalama en yüksek değęeri Doğu Anadolu Bölgesi’nde belirlenmiştir. Bu bölgemizi sırasıyla, İç Anadolu, Karadeniz, Marmara, Ege, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri izlemektedir. Türkiye genelinde Aralık ayında güneş ışınlam ekserji/enerji oranı, 0.9368 iken, Temmuz ayında bu değęer 0.933 olarak hesaplanmıştır. Güneş ışınlam ekserji/enerji oranları, ışınlam enerji ve ekserjisinin en düşük olduğu Aralık ayı için en yüksek, ışınlam enerji ve ekserjisinin en yüksek değęerlerde olduğu Temmuz ayında ise en düşük olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, ortam sıcaklığının kaynak sıcaklığına yaklaşması durumunda ekserji değęerinin azalmasıyla açıklanabilir. Enerji miktarının tersine, herhangi bir kaynaktan kazanılabilecek ekserji miktarı ortam sıcaklığına bağlıdır. Ortam sıcaklığının düşük olması durumunda, daha yüksek ekserji değęeri elde edilir. Temmuz ayında ortam havasının sıcaklığı tüm bölgelerimizde yüksek olduğundan, ışınlam ekserji/enerji oranları daha düşük olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Türkiye’de bölgelere göre güneş ışınlam ekserjisi değışimi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için hesaplanan yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışınlam ekserjisi değerlerinin değişimi Şekil 5’de verilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yıllık ortalama güneş ışınlam enerjisi 477 W/m^2 iken, yıllık ortalama güneş ışınlam ekserjisi 446.2 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama güneş ışınlam enerjisinin 767 W/m^2 değeri ile en yüksek düzeyde olduğu Temmuz ayı için, güneş ışınlam ekserjisi 714.8 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama güneş ışınlam enerjisinin 283 W/m^2 değeri ile en düşük düzeyde olduğu Aralık ayı için 265.1 W/m^2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde güneş ışınlam ekserjisi değişimi

Çizelge 3’te Şanlıurfa ili için aylık güneş ışınlamı değerleri yanında ekserji değerleri de verilmiştir. Güneş ışınlamı ekserjisi en yüksek değerini Haziran ayında, en düşük değerini Aralık ayında almaktadır. Yıllık ortalama güneş ışınlam ekserjisi değeri ise $15.11 \text{ MJ/m}^2\text{gün}$ olarak Çizelge 2’den okunabilir.

Çizelge 3. Şanlıurfa için ortalama sıcaklık (T_o), güneş ışınlamı (I) ve güneş ışınlam ekserjisi (E_r) aylık ve yıllık değerleri

Ay	T_o (K)	I ($\text{MJ/m}^2\text{.gün}$)	E_r ($\text{MJ/m}^2\text{.gün}$)
Ocak	278.75	7.17	6.73
Şubat	279.75	10.54	9.88
Mart	283.55	14.76	13.83
Nisan	289.45	18.94	17.72
Mayıs	295.45	22.28	20.82
Haziran	300.95	25.3	23.61
Temmuz	304.85	24.66	22.99
Ağustos	304.45	22.23	20.73
Eylül	300.25	18.87	17.61
Ekim	293.35	13.77	12.87
Kasım	285.75	8.95	8.38
Aralık	280.35	6.43	6.03
Yıllık	291.45	16.16	15.11

5. Sonuç ve Öneriler

Türkiye ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama, en yüksek ve en düşük güneş ışınlam ekserjisi değerleri belirlenmiştir. Türkiye geneli ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi için belirlenen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1) Türkiye’de yıllık ortalama güneş ışınlam enerjisi 428.6 W/m^2 iken, yıllık ortalama güneş ışınlam ekserjisi 401.1 W/m^2 olarak belirlenmiştir.

- 2) Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yıllık ortalama güneş ışınlam enerjisi 477 W/m^2 iken, yıllık ortalama güneş ışınlam ekserjisi 446.2 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Aralık ayında en düşük güneş ışınlam enerjisi ortalaması 283 W/m^2 iken, en düşük güneş ışınlam ekserjisi 265.1 W/m^2 olarak hesaplanmıştır.
- 3) Türkiye geneli için yıllık ortalama ışınlam ekserji/enerji oranı % 93.59 olarak belirlenirken, bu değer Güneydoğu Anadolu Bölgesi için % 93.53 olarak hesaplanmıştır.

Ülkemizdeki güneş enerjili sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde, salt enerji veriminin yeterli olmadığı, burada ekserji veriminin de büyük önem taşıdığı göz ardı edilmemelidir. İleride geniş kapsamlı olarak yürütülecek bir araştırmanın ön çalışması olarak gerçekleştirilen bu çalışmada sunulan yaklaşımlar yardımıyla, ülkemizdeki güneş enerjili sistemelerin (örneğin; güneş kolektörleri) ekserji verimlilikleri kolaylıkla hesaplanabilir.

Kaynaklar

- [1] YILMAZ, M., SARA, O.N., KARSLI, S., 1991. Performance Evaluation Criteria For Heat Exchangers Based On Second Law Analysis. *Exergy, An International Journal* Vol. 1(4), pp. 278–294.
- [2] SZARGUT, J., MORRIS, D.R., STEWARD, F.R., 1988. *Exergy Analysis of Thermal, Chemical, and Metallurgical Processes*. Hemisphere Publishing, New York.
- [3] BEJAN, A., 1988. *Advanced Engineering Thermodynamics*. Wiley, New York.
- [4] DINCER, I. 2003. On Energy Conservation Policies and Implimentation Practices. *International Journal of Energy Research* Vol. 27, pp. 687-702.
- [5] CENGEL, Y.A., BYARD, W., DINCER, I., 2002. Is Bigger Thermodynamically Beter. *Exergy, An International Journal* Vol. 2, pp. 62-68.
- [6] DINCER, I., 2002. The Role of Exergy in Energy Policy Making. *Energy Policy* Vol. 30, pp. 137-179.
- [7] HEPBAŞLI, A. 2003. Güneş Enerjili Sistemlerde Ekserji Analizinin Gerekliiliği Ve Uygulanması. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 20-21 Haziran 2003, Mersin, Bildiriler Kitabı: 197-206.
- [8] DINCER, I., M., HUSSAIN, M., AL-ZAHARNAH, I., 2005. Energy and Exergy Use in Agricultural Sector of Saudi Arabia. *Energy Policy* Vol. 33(11), pp. 1461-1467.
- [9] PETELA, R., 1961. Exergy of Radiation of a Perfect Gray Body., *Energetyka* Vol. 5, pp. 33-45.
- [10] SPANNER, D.J., 1964. *Introduction to Thermodynamics*, Academic Press, London.
- [11] JETER, S.M., 1981. Maximum Conversion Efficiency for the Utilization of Direct Solar Radiation. *Solar Energy* Vol. 26(3), pp. 231-236.
- [12] PETELA, R., 1964. Exergy of Heat Radiation. *Trans. ASME, J. Heat Transfer* Vol. 2, pp. 187-192.
- [13] PETELA, R., 2003. Exergy of Undiluted Thermal Radiation. *Solar Energy* Vol. 74, pp. 469-488.
- [14] ÜLTANIR, M.Ö., 1998. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Yayın No: TÜSİAD-T/98 12/239, ISBN: 975-7249-59-9, Lebib Yalkım Yayınları ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul.
- [15] ANONİM, 1984. Ortalama, Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [16] ÖZTÜRK, H.H., 2004. Experimental Determination of Energy and Exergy Efficiency of the Solar Box-Cookers. *International Journal of Exergy* Vol. 1(2), pp. 202-214.
- [17] ÖZTÜRK, H.H., 2004. Experimental Determination of Energy and Exergy Efficiency of the Solar Parabolic-Cooker. *Solar Energy* Vol. 77, pp. 67–71.