

BİLDİRİ KİTABI

TARIMSAL MEKANİZASYON 22. ULUSAL KONGRESİ

08-10 Eylül 2004
AYDIN

Adnan Menderes Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü

58. **Türkiye Şeker Pancarı Tarımının Mekanizasyon Düzeyi** 231
The Mechanization Level of Turkey Sugar Beet Cultivation
Ahmet SARAL, Erkan İÇÖZ, K.Mehmet TUĞRUL, Şükrü KUTLUK

59. **Ankara Şeker Fabrikasında Gürültü ve Önleme Yöntemleri** 238
Noise And Prevention Method In Ankara Sugar Factory
Koç Mehmet TUĞRUL, Erkan İÇÖZ

60. **Tarımsal Araştırmalarda Eureka Fonlarından Yararlanma Olanakları Ve Baharatlık Kırmızı Biberin İşlenmesinde Entegre Bir Yaklaşım** 246
Usage of Eureka Funds for Agricultural Researches and a New Integrated Approach for Red Chilli Pepper Processing
Serdar ÖZTEKİN, Ali A. IŞIKBER, Sinan DAYISOĞLU, Ahmet D. DUMAN, Nihal BUZKAN, Yurtsever SOYSAL

61. **Tarımsal Ürünlerin Mikrodalga İle Kurutulması** 252
Microwave Drying of Agricultural Products
Sevil KARAASLAN, İ.Kurtuluş TUNÇER

62. **Hava Isıtmalı Düzlemsel Güneş Kollektörlerinin Boyut, Maliyet ve Verim İlişkilerinin Belirlenmesi** 260
Osman YALDIZ, Can ERTEKİN, Recep KÜLCÜ, Nuri ÇAĞLAYAN, Nursel HEYBELİ

63. **Bir Rüzgar Türbin Kanadı Olarak Naca 5317 Profilinin Rüzgar Tüneli Testleri** 269
Ali VARDAR, Bülent EKER

64. **Biyogaz Üretimi ve Sistemleri** 274
Kamil ALİBAŞ

65. **Venlo Tip Cam Serada Nemlendirmeli Serinletme Etkinliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma** 286
The Determination of Evaporative Cooling Efficiency in Venlo Glasshouses
H. Hüseyin ÖZTÜRK

66. **Ölçüm Güvenilirliği İçin Kalibrasyon ve Ölçüm Belirsizliği –Tamtest Uygulaması** 295
Calibration and Measurement Uncertainty for Measurement Reliability - Practice in TAMTEST
Erol AKDEMİR, Yeşim Benal YURTLU, Hamdi TAŞBAŞ

HAVA ISITMALI DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN BOYUT, MALİYET VE VERİM İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Osman YALDIZ[1] Can ERTEKİN[1] Recep KÜLCÜ[2]
Nuri ÇAĞLAYAN[2] Nursel HEYBELİ[2]
[1] Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 07070, ANTALYA
[2] Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, 07070, ANTALYA

ÖZET

Bu çalışmada özellikle tarımsal ürünlerin kurutulmasında ve tarımsal yapıların ısıtılmasında yaygın olarak kullanılan hava ısıtmalı düzlemsel güneş kollektörlerinin boyut, maliyet ve verimlilikleri arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla hava ısıtmalı düzlemsel güneş kollektörlerinin maliyet ve ısıl analizlerini yapan Microsoft Excel tabanlı çalışma sayfası oluşturulmuştur. Çalışma sayfası ile 1-50 m^2 aralığında yutucu yüzey alanına sahip kollektörler için maliyet, kazanılan enerji ve birim enerji maliyeti hesaplanarak en uygun kollektör boyutu belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda en düşük enerji maliyeti 75.57 TL/kcal değeriyle 13 m^2 yüzey alanına sahip kollektör için hesaplanırken en yüksek verim 4 ve 5 m^2 yutucu yüzey alanlarında %31 olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen özelliklere sahip güneş kollektörleri için, 4 ve 5 m^2 yutucu yüzey alanına sahip kollektörlerin verimleri yüksek olmasına rağmen enerji maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda 10-16 m^2 yutucu yüzey alan aralığındaki kollektörlerin daha uygun olduğu görülmüştür. Bu yutucu yüzey alanı aralığında kollektör verimleri %25'in üzerindedir.

Anahtar kelimeler: Hava ısıtmalı güneş kollektörü, maliyet analizi.

ABSTRACT

In this study, the relationship between dimensions, costs and efficiencies of solar air heaters used especially in drying of agricultural products and heating of agricultural structures were determined. Calculations of costs and thermal analysis of solar air heater were carried out using MSExcel worksheet. The cost, gained energy and unit energy cost was calculated for collector area ranging from 1 to 50 m^2, thus the most suitable heater dimensions were determined.

According to the results, the lowest cost having the value of 75.57 TRL per kcal was calculated for the surface area of 13 m^2, the highest efficiency (31%) was obtained for the surface area of 4 and 5 m^2. Although these heaters have high efficiencies, solar heaters having an area between 10 and 16 m^2 are much more suitable when the energy costs considered. The heater efficiency of these areas is above 25%.

Key Words: Solar air heater, cost analysis.

GİRİŞ

Nüfusun artışı ve gelişen toplum yapısı dünyada enerji talebini hızla arttırmaktadır. Ancak günümüzde insanların ihtiyaç duydukları enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Dünyada enerji arzının kaynaklara göre dağılımı; %39 petrol, %26 kömür, %23 doğal gaz, %2 hidrogüç, %7 nükleer ve %3 güneş, jeotermal, rüzgar ve diğer kaynaklar oranlarındadır. Enerji ihtiyacının fosil kaynaklara bağımlılığı birçok çevresel ve ulusal sorunları da beraberinde getirmektedir (Anonim, 2003). Enerji kaynağı olarak fosil yakıtların

kullanılması sonucunda açığa çıkan emisyonların atmosferde yarattıkları tahribat giderek artmakta ve global cevre sorunlarına dönüşmektedir. Ayrıca fosil yakıtların dünya üzerinde heterojen dağılımı ülkeleri birbirilerine bağımlı kılmakta ve ulusal güvenlikleri tehdit edebilecek sorunlara neden olmaktadır. Son yıllarda dünyada fosil enerji kaynaklarının yarattıkları çevre sorunlarını ve enerji konusundaki bağımlılığı azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda çalışmalar yoğunlaşmaktadır.

Türkiye'nin 2001 yılında toplam enerji arzı 78.2 Mtep olmuştur ve bu talebin %39'luk kısmı (30.9 Mtep) petrolden karşılanmıştır. Talebin kalan %16.8'lik kısmı linyit, % 19'u doğal gaz, %9'u taş kömürü, %2.6'sı hidroelektrik, %7.9'u ticari olmayan kaynaklardan ve %5.1'i diğer yakıtlardan elde edilmiştir. Nüfus artışı ve ekonomik büyüme eğilimleri göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'nin birincil enerji arzının 2010'da 154 Mtep'e ulaşması beklenmektedir (Anonim 2003). Bu değer, Türkiye'nin hidrolik enerji potansiyelinin büyük bir kısmını kullandığı ve petrol ile diğer fosil kaynaklarının sınırlığı göz önünde bulundurulduğunda enerji sektöründe bağımlılığın artış göstereceğini ortaya koymaktadır. Enerji konusunda bağımlılığının azaltılması, ulusal kaynakların daha etkin kullanımı ve çevresel sorunların azaltılabilmesi açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması önem kazanmaktadır.Ülkemizde kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgar, biomass (ağırlıklı olarak odun) ve hidrogüç enerjisinden oluşmaktadır.

Türkiye'nin bölgelere göre aldığı güneş enerjisi miktarı ve güneşlenme süreleri ülkemizin güneş enerjisi açısından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Tablo1). Güneşten elde edilecek enerjinin dışa bağımlı olmaması, yenilenebilir ve temiz olması bu tür enerjiyi ülkemiz açısından cazip kılmaktadır. Ülkemizde; yapıların ısıtılıp soğutulması, tarım ürünlerinin kurutulması ve soğuk hava depolarında saklanması, evlerde ve endüstride sıcak su temini, seraların ısıtılması gibi birçok uygulama alanlarında güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür.

Tablo 1. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (EİE, 2004).

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m^2-Yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
G.Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Güneş enerjisi günümüzde su ve hava ısıtmalı kollektörler ile fotovoltaik sistemler aracılığıyla kullanılmaktadır. Hava ve su ısıtmalı kollektörlerde güneş enerjisi ısı enerjisine, fotovoltaik sistemlerde ise elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Ülkemizde su ısıtmalı kollektörler, ışınım miktarının ve güneşlenme süresinin yüksek olduğu bölgelerde konut ve işletmelerin sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde 2001 yılında su ısıtmalı kollektör alanı 7.5 milyon m^2 ve bu kollektörlerden üretilen enerji miktarı 290000 tep olarak gerçekleşmiştir (EİE, 2004). Ancak hava ısıtmalı kollektörler yeteri kadar tanınmamakta ve yaygınlaşamamaktadır. Dünyada hava ısıtmalı kollektörler genellikle tarımsal yapıların ve seraların ısıtılması ile tarımsal ürünlerin kurutulması amacıyla kullanılmaktadır.

Güneş kollektörleri, güneş ışınımını toplayan ve ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bunlar, üzeri yutucu yüzeyle kaplı bir kanaldan geçen havanın, yutucu yüzey üzerine düşen güneş

enerjisi yardımıyla ısıtılması prensibine göre çalışmaktadır. Yutucu yüzey olarak genellikle mat siyah boya kullanılmaktadır (Ertekin ve Bilgili, 1998; Heagazy, 2001).
Güneş kollektörlerinin uygulanmasında sistemin boyutlandırılması ve maliyet tahmini, etkinliklerinin belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır (Nijegorodov ve ark, 1995). Ancak güneş enerjili ısıtma sistemlerinde kullanılan optimum kollektör alanının belirlenmesi oldukça zaman alıcı işlemler gerektirmektedir (Tırıs, 1996). Bu çalışmada hesaplamaları yapılan kollektörlerin yutucu yüzey alanları dışındaki özellikleri sabitlenerek en uygun yüzey alanı belirlenmiştir. Bu amaçla hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin ısı ve maliyet analizlerini yapan Microsoft Excel tabanlı bir çalışma sayfası oluşturulmuştur. Çalışma sayfasına kollektörün alanı girildiğinde sabit tutulan diğer özelliklere göre kollektörün maliyeti, birim enerji maliyeti (15 yıllık ekonomik ömre göre), bir günde kazandırdığı enerji ve kollektör verimi hesaplanabilmektedir.

MATERYAL ve METOD

Kollektörün Teknik Özellikleri

Yutucu yüzey malzemesi: Bakır üzerine mat siyah boya
Yutucu yüzeyin ısı yayma katsayısı: 0,885 (Tırıs ve ark., 1997)
Yutucu yüzeyin ısı yutma oranı: 0,94 (Tırıs ve ark., 1997)
Üst örtü malzemesi: 1 kat cam (3 mm)
Üst örtü malzemesinin ısı geçirme oranı: 0,87 (Ertekin ve Bilgili, 1998)
Camın güneş ışınımını yansıtma oranı: 0,16 (Tırıs ve ark., 1997)
Kollektör kasa malzemesi :Galvaniz sac
Isı yalıtım malzemesi: Cam yünü
Cam yününün ısı iletin katsayısı: 0,035 kcal/m^2 h °C (Tırıs ve ark., 1997)
Kollektörün uzunluk/genişlik oranı: 2,11 (Ülkemizde üretilen su ısıtmalı tip güneş kolektörlerinin uzunluk/genişlik oranı kullanılmıştır)
Kollektör kanal yüksekliği: 200 mm
Kollektör hava debisi 100 m^3/m^2 h
Kollektörün ekonomik ömrü: 15 yıl
Kollektöre gelen ortalama günlük ışınım: 500 Wh/m^2 (EİE, 2004)
Güneşlenme süresi: 7,2 h/gün (EİE, 2004)
Elektriğin birim fiyatı (115000 TL/kWh) (EİE, 2004)
(1 USD= 1 350 000 TL)

Kollektörün Enerji ve Maliyet Hesaplamaları

Hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin ısıl analizleri ve maliyet hesaplamaları için hazırlanan çalışma sayfasının veri giriş kısmının kollektör malzemeleri özellikleri bölümünden yutucu yüzey, üst örtü, yalıtım malzemelerinin ısıl özellikleri değişken olarak atanmıştır. Kollektör boyutları başlığı altında ise uzunluk, yükseklik, genişlik, yüzey malzemesi kalınlığı ve yalıtım malzemesi kalınlıkları değişken olarak tanımlanmıştır. Alan değeri üzerinden uzunluk ve genişliklerin hesaplanması isteniyorsa; kollektör uzunluk ve genişlik oranı belirlenmeli ve sonra kollektör alanı yazılmalıdır. Çalışma sayfası uzunluk/genişlik oranı bilgisini kullanarak uzunluk ve genişlik değerlerini hesaplayacaktır. Veri girişleri tamamlandığında sonuçlar başlığı altında; 1m^2 kollektör alanından kazanılan enerji, 7.2 saat güneşlenme süresi esas alınarak günlük elde edilen enerji , kollektör maliyeti, 15 yıllık kollektör ekonomik ömrü kabul edilerek kollektörden elde edilecek birim enerji için harcanması gereken yatırım tutarı (BEYT), birim enerji için kollektörün harcadığı enerji gideri (BEG) ve birim enerji için harcanan toplam giderler (BETG) hesaplanarak verilmiştir. Kollektör yapım malzemelerinin fiyat değerleri maliyet başlıklı çalışma sayfasından güncellenebilmektedir. Ayrıca veri girişi sayfasında yer verilmeyen ısıl analizle ilgili tüm parametreler ısıl analiz bölümünden güncellenebilmektedir.

Çalışma kapsamında incelen kollektörlerin enerji ve maliyet hesaplamalarında (Duffie ve Beckman, 1991; Parker, 1991; Hsieh, 1986; Uyarel ve Öz, 1987; Bilgili, 1998; Tiris ve Varol, 1996; Tiris ve ark., 1997);

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c\ G_T} \quad (1)$$

$$Q_U = A_c F_R [G_T(\tau\alpha) - U_L(T_i - T_a)] \quad (2)$$

$$(\tau\alpha) = \frac{\tau\ \alpha_p}{1-(1-\alpha_p)\rho_c} \quad (3)$$

$$F_R = \frac{G c_p}{U_L A_c}\left[1 - \exp\left(\frac{-A_c F_r U_L}{(G c_p)}\right)\right] \quad (4) \qquad G = A\ w \rho_c \quad (5)$$

$$U_t = U_t + U_h + U_c \quad (6)$$

$$U_t = \left\{\left[\left[\begin{matrix} N \\ \left(\begin{matrix} C \\ T_{pm} \end{matrix}\right)\left[\left(T_{pm} - T_a\right)\right]^e \end{matrix}\right] + \left(\begin{matrix} 1 \\ h_w \end{matrix}\right)\right\}^{-1} + \left\{\begin{matrix} \left[\sigma\left(T_{pm} + T_a\right)\left(T_{pm}^2 + T_a^2\right)\right] \\ \left(\varepsilon_p + 0{,}00591 N\ h_w\right)^{-1} + \left(\begin{matrix} 2N + f - 1 + 0{,}133\varepsilon_p \\ \varepsilon_c \end{matrix}\right) - N \end{matrix}\right\} \quad (7)$$

$$C = 520\left(1 - 0{,}000051\beta^2\right) \quad (8)$$

$$f = \left(1 + 0{,}089 h_w - 0{,}1166 h_w \varepsilon_p\right)\left(1 + 0{,}07866 N\right) \quad (9)$$

$$e = 0{,}430\left(\begin{matrix} 1 - 100 \\ T_{pm} \end{matrix}\right) \quad (10)$$

$$h_w = 5{,}7 + 3{,}8 V_r \quad (11)$$

$$U_b = \frac{\lambda_y}{L} \quad (12)$$

$$U_c = \frac{U_a}{A_c} \quad (13) \qquad U_a = \frac{\lambda_y\ c\ h}{L} \quad (14)$$

$$F_r = \frac{\alpha}{(\alpha + U_L)} \quad (15) \qquad \alpha = \frac{Nu\ \lambda}{D_h} \quad (16)$$

$$Nu = 0{,}664\,\mathrm{Re}^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3} \quad (17)$$

$$D_h = \frac{4\ a\ b}{2\ a + 2\ b} \quad (18)$$

$$\lambda = 0{,}003954 + 7{,}72083\ x\ 10^{-5} T - 1{,}60822\ x\ 10^{-8} T^2 \quad (19)$$

$$\mathrm{Re} = \frac{w D_h}{\nu} \quad (20)$$

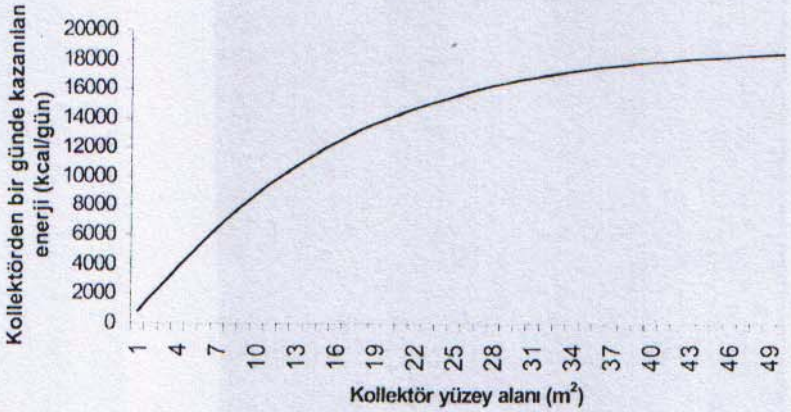
$$BEYT = \frac{KM}{E_k} \quad (21) \qquad BEG = \frac{KEG}{E_k} \quad (22)$$

$$BETG = \frac{KM + KEG}{E_k} \quad (23)$$

eşitlikleri kullanılmıştır.

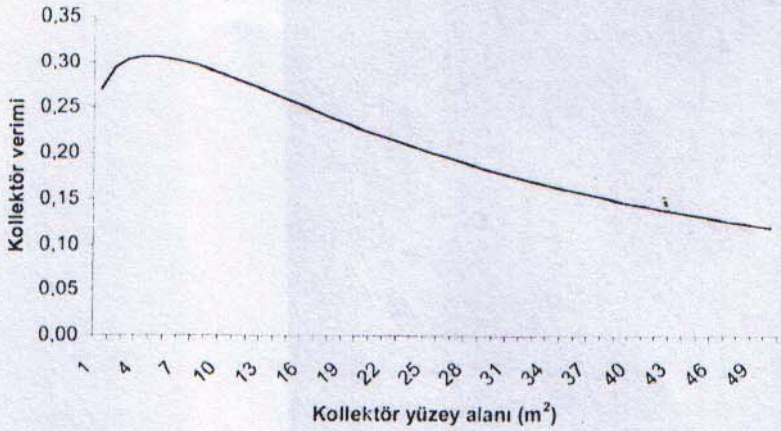
SONUÇLAR

Hava ısıtmalı güneş kollektörleri için hazırlanan programda kollektör yüzey alanına göre bir günde elde edilecek enerji miktarındaki değişimler Şekil 1'de gösterilmiştir. Kollektör yüzey alanının artışıyla elde edilecek enerji miktarı da artmaktadır. Ancak 20 m^2 yüzey alanına kadar elde edilecek enerji miktarı hızlı artış gösterirken, bu noktadan sonra artışın hızı yavaşlamıştır. 30 m^2 yüzey alanından sonra elde edilecek enerji miktarının çok düşük oranlarda arttığı görülmüştür. 1 m^2 yutucu yüzey alanına sahip kollektörden elde edilecek enerji miktarı 834.87 kcal/gün iken bu değer; 5 m^2 için 4738.17 kcal/gün, 10 m^2 için 8841.45 kcal/gün, 20 m^2 için 14068.69 kcal/gün, 30m^2 için 16654.65 kcal/gün, 40 m^2 için 17878.37 kcal/gün ve 50 m^2 için 18448.35 kcal /gün olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1 Kolektörden 1 günde elde edilecek enerji miktarının kollektör yutucu yüzey alanına göre değişimi.

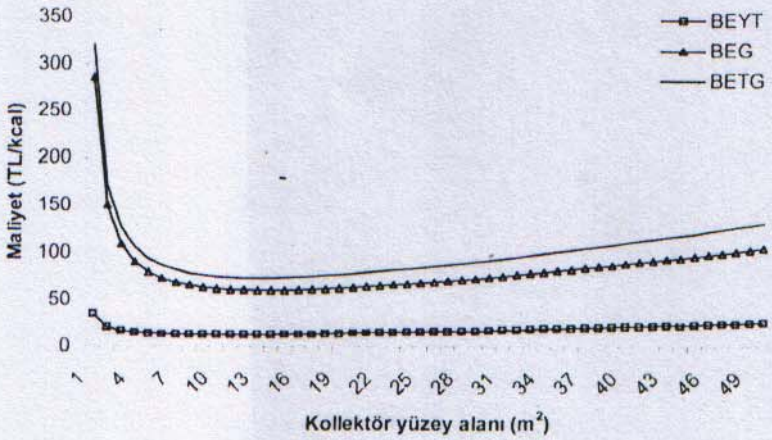
Şekil 2'de kollektör yutucu yüzey alanı ile kollektör verimi arasındaki değişim görülmektedir. Kollektör yüzey alanının 3 m^2 olduğu noktaya kadar kollektör verimi hızlı bir artış göstermiştir. 4 m^2 ve 5 m^2 yüzey alanlarında en yüksek verim değeri %31 olarak hesaplanmıştır. Bu noktadan sonra verim azalma eğilimi göstermiş, 16 m^2 yüzey alanı değerinin üzerinde %21'un altına düşmeye başlamış ve 50 m^2 yüzey alanında %12 değerine kadar gerilemiştir.



Şekil 2 Kollektör veriminin kollektör yutucu yüzey alanına göre değişimi

Güneş kollektörlerinden elde edilecek birim enerji için harcanması gereken yatırım, enerji ve toplam giderler kollektör yutucu yüzey alanına göre değişken bir seyir izlemiştir. BEYT, BEG ve BETG değerleri 1-10 m^2 yutucu yüzey alanı aralığında hızlı düşme göstermiş, 10-16 m^2 yutucu yüzey alanı aralığında kısmen paralel bir seyir izlemiş ve 16 m^2 yüzey alanından sonra

yeniden yükselmişlerdir. En düşük BEYT değeri 10 m^2 yüzey alanında 12.91 TL/kcal, en düşük BEG 13 m^2 yüzey alanında 60.40 TL/kcal ve en düşük BETG değeri 13 m^2 yüzey alanında 73.57 hesaplanmıştır. Çalışmada incelenen bütün yüzey alanlarında BEG değeri BEYT değerlerinden yüksek bulunmuştur. 16 m^2 yüzey alanından sonra BEG değerinin artış hızı BEYT değerinden yüksek hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Kollektörden elde edilen birim enerjini için yatırım, enerji ve toplam giderler.

Kollektörlerin maliyetleri; yutucu yüzey alanlarının artmasıyla, kullanılan fan, cam, yutucu yüzey ve kasa malzemelerinin miktar ve kapasitelerindeki artışlara paralel olarak yükseliş göstermiştir Tablo 2' deki kollektör alanı ve birim maliyetleri kullanıldığında, 1 m^2 yutucu yüzey alanına sahip kollektör maliyeti 116.23 USD olurken, 10 m^2 yüzey alanına sahip kollektör 446.52 USD, 25 m^2 yüzey alanına sahip kollektör 989.34 USD ve 50 m^2 yüzey alanına sahip kollektör 1889.72 USD'a üretildiği görülmektedir. Kollektörlerin birim yutucu yüzey alanlarının maliyetleri, kollektör alanının artışıyla ters orantılı olarak azalmaktadır. Birim alan maliyeti, 10 m^2 yutucu yüzey alanına kadar hızlı bir azalma gösterirken, bu değerden sonra birim maliyetin azalma hızı yavaşlamıştır (Tablo 2).

TARTIŞMA

Hava ısıtmalı düzlemsel güneş kollektörlerinin yüzey alanlarının arttırılması bir günde elde edilecek enerji miktarını, kollektör verimlerini, kollektör maliyetlerini ve birim enerji maliyetlerini farklı düzeylerde ve doğrusal olmayan bir şekilde etkilemiştir. Yutucu yüzey artışına bağlı olarak; Kollektörlerden elde edilecek enerji miktarındaki artış 20 m^2 değerinden sonra ivmesini düşürürken, verim 4 ve 5 m^2 yüzey alanında en yüksek değerine ulaşmış ve bu noktadan sonra azalmaya başlamıştır. Kollektörlerden elde edilecek birim enerji maliyeti 13 m^2 yutucu yüzey alanında en düşük düzeye inmiştir. Kollektörlerin yüzey alanları arttırıldıkça, birim enerji giderinin birim yatırım giderine göre daha hızlı artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kollektörlerden sağlanan birim enerji maliyeti 10-16 m^2 yutucu yüzey aralığında 73-75 TL/kcal değerleri arasında değişmiştir ve bu aralık ekonomik açıdan en uygun enerji maliyetlerinin sağlandığı değerler olarak kabul edilebilir. Aynı aralıkta kollektör verimleri %25'in üzerindedir. Yapılan hesaplamalarda; hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin kullanım amacı, işletmenin ekonomik durumu ve enerji ihtiyacı göz önünde bulundurularak, kollektörlerin maliyetleri ve bir günde sağladıkları enerji miktarları değerlendirilerek 10-16 m^2 değerleri arasında yutucu yüzey alanına sahip kollektörlerinin kullanımının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. Çalışma sayfasından alınan sonuçların özeti.

Kollektör yutucu yüzey alanı (m^2)	Kollektörden bir günde kazanılan enerji (kcal/gün)	1 m^2 kollektör alanının maliyeti (TL/m^2)	Kollektör verimi	Enerji maliyeti* (TL/kcal)
1	834.87	116.23	0.27	321.55
2	1817.49	76.84	0.29	171.91
3	2813.43	63.57	0.30	126.65
4	3791.65	56.88	0.31	105.53
5	4738.17	52.84	0.31	93.69
6	5645.85	50.13	0.30	86.38
7	6511.06	48.19	0.30	81.62
8	7332.16	46.72	0.30	78.44
9	8108.81	45.57	0.29	76.32
10	8841.45	44.65	0.29	74.94
11	9531.08	43.90	0.28	74.10
12	10179.03	43.26	0.27	73.67
13	10786.88	42.72	0.27	73.57
14	11356.35	42.26	0.26	73.73
15	11889.23	41.86	0.26	74.10
16	12387.36	41.51	0.25	74.64
17	12852.58	41.19	0.24	75.34
18	13286.70	40.91	0.24	76.16
19	13691.49	40.66	0.23	77.10
20	14068.69	40.44	0.23	78.13
21	14419.95	40.23	0.22	79.25
22	14746.89	40.05	0.22	80.46
23	15051.01	39.88	0.21	81.73
24	15333.79	39.72	0.21	83.07
25	15596.60	39.57	0.20	84.47
26	15840.76	39.44	0.20	85.92
27	16067.51	39.31	0.19	87.42
28	16278.02	39.20	0.19	88.97
29	16473.39	39.09	0.18	90.56
30	16654.65	38.99	0.18	92.20
31	16822.79	38.89	0.18	93.87
32	16978.72	38.81	0.17	95.58
33	17123.28	38.72	0.17	97.32
34	17257.30	38.64	0.16	99.09
35	17381.50	38.57	0.16	100.89
36	17496.60	38.50	0.16	102.72
37	17603.25	38.43	0.15	104.57
38	17702.05	38.37	0.15	106.45
39	17793.58	38.31	0.15	108.36
40	17878.37	38.25	0.14	110.28
41	17956.90	38.19	0.14	112.23
42	18029.64	38.14	0.14	114.20
43	18097.01	38.09	0.14	116.18
44	18159.42	38.04	0.13	118.18
45	18217.22	38.00	0.13	120.20
46	18270.76	37.95	0.13	122.23
47	18320.36	37.91	0.13	124.28
48	18366.31	37.87	0.12	126.35
49	18408.89	37.83	0.12	128.42
50	18448.35	37.79	0.12	130.51

* - enerji maliyeti hesaplanırken kollektör maliyetine 15 yıllık çalışma süresinde harcadığı enerji gideri de dahil edilmiştir.

Simgeler

τ- cam örtü geçirgenlik katsayısı
α- hava kanalı içerisindeki ısı taşınım katsayısı ($W/m^2°K$)
ρ- havanın yoğunluğu (kg/m^3)
β- kolektör eğim açısı (°)
η- kollektör verimi
α_p- Yutucu yüzey yutma katsayısı
$(\tau\alpha)$- geçiş-yutma katsayısı
ρ_c- camın yansıma katsayısı (tek cam için 0.16. çift cam için 0.24. üç cam için 0.29)
ε_c- Camın ışınım yayma katsayısı (tek camda 0.85; çift camda 0.73)
ε_p- yutucu yüzeyin ışınım yayma katsayısı (0.95)
λ- Akışkanın ısı iletim katsayısı (W/m°C)
λ_y- Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (W/m°C)
Ac- Yüzey alanı (m)
BEG- birim enerji için harcanan enerji gideri (TL/kcal)
BETG- birim enerji maliyeti (TL/kcal)
BEYT- birim enerji için kollektör yatırım gideri (TL/kcal)
c- Kolektör çevresi (m)
C_p- Akışkanın özgül ısısı (J/kg°K)
D_h- Giriş ve çıkış kanal yarıçapları (Hidrolik yarıçap)(Dh=4ab/2a+2b)
E_k- kolektörün 15 yıllık ekonomik ömürde kazandığı toplam enerji (kcal)
F_R- kolektör ısı kazanç faktörü
F_λ- kolektör verim faktörü
G- kolektöre giren toplam akışkanın debisi (kg/s)
G_T- yüzeye gelen güneş ışınımı (W/m^2)
h- kolektör yan kenar yüksekliği (m)
h_w- rüzgar için ısı geçiş katsayısı
L- yalıtım malzemesinin kalınlığı (m)
N- cam örtü sayısı (adet)
Nu-nusselt sayısı
Pr- prandtl sayısı
Q_u- kolektörden kazanılan enerji (W/m^2)
T_a- çevre sıcaklığı (°K)
T_i- akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı (°K)
T_{pm}- yutucu plaka sıcaklığı (°K)
U_l- kollektör toplam ısı kayıp katsayısı ($W/m^2°K$)
U_t- üst örtünün toplam ısı kayıp katsayısı (W/m^2 °K)
ν- kinematik vizkosite (m^2/s)
Vr- rüzgar hızı (m/s)
w- akışkan çıkış hızı (m/s)

LİTERATÜR LİSTESİ

Anonim, 2003. Vizyon 2023 teknoloji öngörü projesi: Enerji ve Doğal Kaynaklar paneli. http://www.tubitak.gov.tr/default_ie.htm. Web sayfasına giriş tarihi: 16/02/2004.

Anonim, 2004. Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. http://www.tedas.gov.tr/. Web sayfasına giriş tarihi 17/03.2004.

Bilgili, M.E., 1998. Hava Isıtmalı Güneş Kolektörlerinde Isıl Verimin Tahmini Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Antalya.

EİE, 2004. Elektrik işleri etüt dairesi genel müdürlüğü. http://www.eie.gov.tr/ web sayfasından verilerin alınış tarihi12/03/2004.

Ertekin, C., Bilgili., E., 1998. Güneş enerjili hava ısıtıcılarda ısıl verim. 5. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, sayfa.237-248, Adana.

Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1991. Solar enginering of thermal processes. John Wiley series Inc., 919 sayfa.

Heagazy, A.A., 2001. Effect of dust accumulation on solar transmittance through glass covers of plate-type collectors. *Renewable Energy*. 22. 525-540.

Hsieh, J.S., 1986. Solar Energy Engineering. Prentice-Hall Inc.. New Jersey 07632. 553 sayfa.

Nijegorodov, N., Jain, P.K., Devan, K.R.S., 1995. A Graphical Method of Measuring The Performance Characteristics of Solar Collectors. *Renewable Energy*. v.7. No 1. pp 23-31.

Parker, B.F., 1991. Solar energy in Agriculture. Energy in World Agriculture 4. Elsevier. 441 sayfa.

Tırıs, Ç., 1996. Güneş ısıtma sistemlerinin boyutlandırılması:f-chart yöntemi. TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi. Termodinamik 3/96 pp 55-56.

Tırıs, Ç., Varol, H., 1994. Sıvılı düzlemsel güneş kolektörlerinin optimizasyonu. imalatı ve Türkiye'nin farklı bölgelerinde uygulamaları.

Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdallı, Y., 1997. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri. TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü. Kocaeli.

Uyarel, A.Y., Öz, E.S., 1987. Güneş enerjisi ve uygulamaları. Birsen Yayınevi.