



**bu bir MMO
yayıdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Güneşli Su Isıtıcılarının Bilgisayar Yardımıyla Hesabı

HÜSEYİN GÜNERHAN

**E.Ü. GÜNEŞ ENERJİSİ ENS.
BORNOVA-İZMİR**

İZMİR İLİ İÇİN GÜNEŞLİ SU ISITICILARININ BİLGİSAYAR YARDIMIYLA PROJELENDİRİLMESİ

Hüseyin GÜNERHAN

ÖZET

Bu çalışmada, İzmir iline ait meteorolojik veriler kullanılarak, yaklaşık $2 \times 1 = 2 \text{ m}^2$ lik brüt alana sahip sıvılı düzlemsel güneş kolektörlerinin imalatı, projelendirilmesi, kurulup-ışletilmesi ve kullanımı sırasında, güneş enerjisinden en iyi şekilde yarar sağlayacak optimum (en uygun) sistem özellikleri üzerinde durulmuş ve İzmir ili için güneşli su ısıtıcılarının tasarımı, deneysel ve teorik çalışmalar ışığında, tamamen bilgisayar yardımıyla yapılmıştır.

1. GİRİŞ

Güneş enerjisi, bilinen en eski birincil enerji kaynağı olup, konvansiyonel ve yeni enerji kaynaklarının hemen hemen tamamı, doğrudan veya dolaylı olarak, güneş enerjisinden kaynaklanmaktadır. Fosil yakıtlar dahil, hidroelektrik, rüzgar, deniz, biyogaz ve dalga gibi tüm enerji kaynakları, güneş enerjisinin türevleridir. Konvansiyonel enerji kaynakları yenilenemez nitelikte enerji kaynakları olmalarına karşın, güneş enerjisinin kendisi ve fosil yakıtlar dışındaki türevleri yenilenebilir nitelikte kaynaklardır. Dünya yüzeyinde var olan güneş enerjisi miktarı çok büyükse de, enerji kaynağı olarak göz önüne alındığında, güneş radyasyonu özgün karaktere sahip olup (aralıklı, değişken, dağınık ve az yoğun), bu özellikler, belirli gereksinimlerin karşı-

lanmasına yönelik güneş enerjisi uygulamalarında dikkate alınmalıdır. Günümüzün ve geleceğin alternatif ve çevreyi kirletmeyen enerji kaynağı olarak, güneş enerjisi birinci sırayı almaktadır (1,2,3,4).

Türkiye'de, ortalama güneşlenme süresi 2640 saat/yıl olup, yılda tüm Türkiye'ye gelen toplam güneş enerjisi $1.25 \cdot 10^{11}$ ton eşdeğer taşkömürü (TET) olarak hesap edilmiştir. Türkiye'nin tüm yüzeyine yılda gelen toplam güneş enerjisinin yaklaşık olarak %50'si Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında gelmektedir. Bu miktar toplam yaklaşık olarak $6.28 \cdot 10^7$ TET değerinde enerji demektir (5).

Günümüzde, güneş enerjisinden yararlanma en yaygın şekilde sıvılı düzlemsel güneş kolektörleri ile olmaktadır. Yapımları için karmaşık teknolojiye gerek olmadığından diğer sistemlere göre daha ucuzdurlar. Genelde, bunlar bir cam örtü, bir soğurucu levha, soğurucu levhaya birleştirilmiş borular, yalıtım malzemesi ve bir kasadan ibarettirler (Şekil 1). Konutların sıcak su gereksinimlerini karşılamada, konutların ısıtma sistemlerinde, yüzme havuzlarının ısıtılmasında, sanayi için gerekli sıcak su eldesinde ve 100°C 'ye kadarki düşük sıcaklık uygulamalarında sıvılı düzlemsel güneş kolektörleri kullanılır (1,6,7,8,9,10).

Sıvılı düzlemsel güneş kolektörleri, güneş radyasyonunu alıp bir akışkanın yapısına aktaran birer ısı değiştirgeçleridirler. Kolektörlerden yüksek verimlilik, uzun ömür, ucuz fiyat ve kolay montaj gibi özellikler beklenir. Verimli bir kolektör ise, üzerine düşen güneş enerjisi miktarının çoğunu soğurmalı, çevreye olan ısı kayıpları en az düzeyde olmalı ve soğurduğu enerjiyi içindeki ısı taşıyıcı akışkana yüksek bir verimlilikle aktarabilmelidir (6,7,8,9,10).

Türkiye'de üretilen ve kullanılan güneş kolektörleri için, Türk Standartları Enstitüsü tarafından standartlar getirilmiştir (11,12).

Türk Standartlarında, kolektör brüt alanının ve soğurucu levha alanının alt sınırları sırasıyla, 1.73 m^2 ve 1.55 m^2 , boru iç çapı en az 8.5 mm, cam örtü kalınlığı 3-4 mm, soğurucu levha kalınlığı en çok 3 mm, yan ve alt yalıtım malzemesi kalınlıkları sırasıyla, 20-50 mm ve 50-100 mm, kullanılacak boru sayısının alt sınırı 8 adet, iki boru arası uzaklık için alt ve üst sınırlar ise, sırasıyla 6 cm ve 12.5 cm olarak belirtilmiştir (12).

Türkiye'de güneş kolektörleri üreten 45 tane firma bazında, Ege Üniversitesi-Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından Aralık 1990-Mayıs 1991 döneminde yapılan bir ankette, üretici firmaların %34.09'unun $1.96 \cdot 0.95 \text{ m}^2$, %20.45'inin $1.85 \cdot 0.95 \text{ m}^2$, %9.09'unun ise $1.94 \cdot 0.94 \text{ m}^2$ ve $1.90 \cdot 0.90 \text{ m}^2$ alanlara sahip güneş kolektörleri üret-

tikleri, kollektörlerde kullanılan boru sayılarının genellikle 8 ile 12 adet arasında ve üretilen kollektörlerin %34'ünün - ki bu en büyük yüzdendir - 12 adet borulu olduğu,kollektör sıvısı olarak,%66'sının sadece su,%34'ünün su+katkı maddesi (mineralyağ, antifriz,etil alkol veya etilen glikol) kullandığı, yalıtım malzemesi kalınlığı olarak ise,%70'inin 5 cm,%19'unun 10 cm kalınlıkta malzeme kullandıkları ve kollektörlerde kullanılan soğurucu levha ve boru malzemelerinin alüminyum, bakır, paslanmaz çelik,DKP sac ve plastik malzemeler olduğu görülmüştür (13).

Türkiye'de üretici firmaların büyük bir çoğunluğu Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlediği alt ve üst sınırları dikkate alarak üretim yapmaktadır. Fakat, bu sınırlar içinde dahi birçok değişik özelliklere ve boyutlara sahip kollektörler ile karşılaşmaktadır. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından Aralık 1990-Mayıs 1991 döneminde yapılan anket sonuçlarına göre,güneş enerjisi sektöründe yaşanan sorunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (13):

-Güneş enerjisi sistemlerinin üretimi ve montajı ile ilgili standartların oluşturulmaması ve uygulanmasının denetlenmemesi,

-Güneş enerjisi sistemlerinin yapımının bilinçsiz imalatçılar tarafından da gerçekleştirilmesi nedeniyle rekabet ortamında, kalite ve verimliliğinin yakalanamaması olması,

-Firmalarda imalat ve montaj elemanlarının eğitiminin eksikliği,kalifiye eleman bulmadaki güçlükler,

-Sistem ve toplayıcının bir bütün olarak birlikte tasarlanamaması,sistem tasarımındaki eksikliklerin güneş enerjisi sistemlerinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını engellemesi,

-Güneş enerjisi sistemleri yapımında kullanılan malzeme ve imalat çeşitliliği oldukça fazla olmasına karşın,daha iyi ve verimli imalatların rekabet ortamı olmaması nedeniyle gerçekleştirilememesi.

Bu çalışmada,izmir ilinde kullanılacak sıvılı düzlemsel güneş kollektörlerinin imalatı, projelendirilmesi ve kullanımı sırasında,güneş enerjisinden en iyi şekilde yarar sağlayacak sistem özellikleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla,önce,izmir iline ait meteorolojik veriler kullanılarak,yaklaşık 2x1=2 m² lik brüt alana sahip sıvılı düzlemsel güneş kollektörleri için,Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlediği alt ve üst sınırlar içinde kalmak koşulu ile,cam malzemesi,boru sayısı,boru çapı ve soğurucu levha ve boru malzemesi optimizasyonu sonuçlarına değinilmiştir. Daha sonra, pompalı-güneşli su ısıtıcıları sistemlerinin projelendirilmesi kapsamında,

izmir ilinde kullanılacak güneşli ısıtma sistemleri için, en iyi verimi sağlayacak kollektör eğim açısı ve yön değerleri ile gerekli kollektör alanı, gerekli sıcak su deposu hacmi, gerekli genleşme deposu hacmi, gerekli su dolaşım pompası debisi ve arka arkaya dizili kollektörler arası yatay uzaklık hesabı üzerinde durulmuş ve inceleme sonuçları tablolar ve grafikler ile verilmiştir.

Bu çalışma, deneysel ve teorik çalışmalar ışığında, tamamen bilgisayar yardımıyla yapılmıştır.

2.İZMİR İLINE AIT METEOROLOJİK VERİLER

Kollektörün cam örtüsü üzerine gelen güneş radyasyonu, rüzgar hızı, kollektöre suyun giriş sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı gibi meteorolojik veriler, sıvılı düzlemsel güneş kollektörlerinin verimlerini büyük ölçüde etkilemektedirler. Kollektörlerin imalatı ve projelendirilmesi sırasında, meteorolojik verilerin dikkate alınması gerekmektedir ve bu amaç göz önüne alınarak, izmir iline ait meteorolojik veriler (14,15,16,17,18,19,20) Tablo 1 ile verilmiştir. Enlem dairesi açısı 38.40° olan izmir ili, Tablo 1'de de görüldüğü gibi, sıcak bir iklime sahiptir ve güneşlenme süresi, açık günler sayısı ve yatay düzleme gelen güneş radyasyonu değerlerinin yüksek olması nedeniyle, güneş enerjisinden oldukça iyi bir şekilde yararlanmaktadır.

Tablo 1, yatay düzleme gelen güneş radyasyonu, 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı (bu değer kollektöre suyun giriş sıcaklığı olarak alınmıştır), dış ortam sıcaklığı, ortalama rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve açık-kapalı günler sayısını içermektedir. Ortalama bulutluluğun 1 ile 10 arasında değiştiği kabul edilerek, açık günler için, ortalama bulutluluk 0.0-1.9, kapalı günler için ise ortalama bulutluluk 8.1-10.0 arasında alınmış ve bu değerleri içeren günlerin toplamı tablonun açık-kapalı günler sayısı kısmında verilmiştir (16).

Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları, yaz ayları, Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım ve Aralık ayları, kış ayları olarak alınmış, yaz ve kış ayları ile bütün yıla ait veriler, açık ve kapalı günler sayısı hariç, ortalama olarak belirtilmiş, açık ve kapalı günler sayısı, toplam olarak verilmiştir.

3.SIVİLİ DÜZLEMSSEL GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İMALATI

Kollektör imalatında kullanılan, cam örtü malzemesi kalınlığı ve cam azaltma katsayısı, soğurucu levha ve boru malzemesi ısı iletim katsayısı, boru sayısı, iki boru arası

uzaklık ve boru dış çapı değerleri kollektör termik verimini etkileyen değerlerden bazılarıdır. İzmir ilinin meteorolojik verileri göz önüne alınarak, ulaşılabilecek en yüksek termik verim katsayılarını sağlayacak imalat değerleri saptanabilir. Bu amaçla, İzmir ili için, ortalama rüzgar hızı 3.5 m/s alınmış ve İzmir ilinde kullanılacak sıvılı düzlemsel güneş kollektörleri imalat değerlerine ait en uygun sonuçlar Şekil 2'den Şekil 9'a kadar verilmiştir. Yıllık ortalama rüzgar hızı değerleri, 3.5 ile 4.1 m/s arasında olan bölgeler için de bu imalat değerlerinden yararlanılabilir (6,9,10,21,22,23,24,25, 26,27).

3.1. Cam Malzemesi Özellikleri

Şekil 2'de, azaltma katsayısı 32 m^{-1} ve kalınlığı 3 mm olan cam malzemesi için, geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayılarının, güneş ışınları geliş açısına göre değişimi verilmiştir. Şekil 3'de, azaltma katsayısı 32 m^{-1} ve kalınlığı 3 mm ve 4 mm olan cam malzemeleri için, geçirgenlik katsayısının, güneş ışınları geliş açısına göre değişimi verilmiştir (6,21,22). Şekil 2 ve Şekil 3'de görüldüğü gibi, güneş ışınları geliş açısı 0° ile 35° arasında değişirken, geçirgenlik katsayısı $\%80$ 'nin üzerindeki değerlerde kalmakta ve böylece cam malzemesi, üzerine gelen güneş enerjisinin büyük bir bölümünü kollektör ara hacmine (cam örtü malzemesi ile soğurucu levha arasında kalan kapalı hacim) geçirmektedir. Kollektörün eğim açıları, yukarıda değinilen özellikler göz önüne alınarak hesaplanır (23).

Ayrıca, Şekil 3'de, görüldüğü gibi, cam kalınlığı arttıkça geçirgenlik katsayısı azalmaktadır (21).

3.2 Soğurucu Levha ve Boru Malzemeleri Özellikleri

Sıvılı düzlemsel güneş kollektörlerinde, soğurucu levha ve boru malzemesi olarak, bakır, alüminyum, paslanmaz çelik ve plastik malzeme kullanılabilir. Soğurucu levha ve boru malzemesinin ısı iletim katsayıları arttıkça, kollektör termik verim katsayısının arttığı görülmüştür (9,10). En yüksek ısı iletim katsayısı değerine bakır malzeme sahiptir, bakır malzemeyi sırasıyla, alüminyum, paslanmaz çelik ve plastik malzeme izler. Bu malzemelerin üstü siyaha boyanıp, çeşitli katkı maddeleri ile malzemeye seçici yüzey özelliği kazandırılırsa, malzemelerin bir bakıma ısı iletim katsayıları yükseltilmiş olur (22,24,25).

3.3. Boru Dış Çapının, Boru Sayısının ve İki Boru Arası Uzaklığın Termik Verim Katsayısına Etkisi

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü deney ve test standında yapılan deney verilerinden yararlanarak yapılan teorik modelleme ile, boru sayısı ve boru çapı değişiminin termik verim katsayısına etkisi Tablo 2'de verilen giriş verileri kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4,5,6,7,8 ve 9 ile verilmiştir (6,9,10,22,26,27). Boru iç çapları, dış çap değerlerine göre Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlediği ilgili standartlardan seçilebilir (TS346, TS380, TS416, TS3187, TS3680, ...).

Şekil 4,5 ve 6'da, termik verim katsayıları, boru sayısı üzerine taşınmıştır. Boru sayısı ve soğurucu levha malzemesi ısı iletim katsayısı değişken parametreler olarak alınmış, diğer parametreler sabit tutulmuştur.

Şekil 4,5 ve 6'dan kolayca görülebileceği gibi, termik verim katsayısının aldığı en büyük değer bakır soğurucu levhada 10 adet, alüminyum soğurucu levhada 11 adet, paslanmaz çelik soğurucu levhada 14 adet, plastik soğurucu levhada 29 adet boru sayısında olmaktadır.

Şekil 7'de; iki boru arası uzaklık, boru sayısı üzerine taşınmıştır. Boru sayısı değişken parametre olarak alınmış, diğer parametreler sabit tutulmuştur.

Şekil 7'de açıkça görüldüğü gibi, boru sayısı arttıkça, iki boru arası uzaklık azalmaktadır. Bu grafik tüm soğurucu levha malzemeleri için geçerlidir.

Şekil 8 ve 9'da, termik verim katsayıları, boru dış çapları üzerine taşınmıştır. Boru dış çapı değişken parametre olarak alınmış, diğer parametreler sabit tutulmuştur.

Şekil 8 ve 9'dan kolayca görülebileceği gibi, boru dış çapı değeri azaldıkça, termik verim katsayısının aldığı değer artmaktadır (ulaşılacak en yüksek termik verim katsayılarının sağlanabileceği boru sayıları da değişmektedir).

4. GÜNEŞLİ SU ISITICILARININ PROJELENDİRİLMESİ

Güneşli su ısıtıcılarının projelendirilmesi, İzmir ili için yapılmıştır. Yaz, kış ve bütün yıla ait meteorolojik veriler kullanılarak, yaz ve kış mevsimi ile bütün yıla ait sonuçlar grafik olarak Şekil 13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25 ve 26 ile verilmiştir. Yaz ayları olarak, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları, kış ayları olarak da Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım ve

Aralık ayları alınmıştır. Bu aylara ait meteorolojik veriler Tablo 1 ile verilmiştir.

Projelendirme 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. 1. aşamada, kollektör eğimi, kollektör yönü ve yön düzeltme katsayısı, 2. aşamada, güneşli su ısıtıcılarının tasarımı, 3. aşamada ise, arka arkaya dizili kollektörler arası uzaklık seçimi üzerinde durulmuştur.

4.1. Kollektörün Baktığı Yön Seçimi ve Kollektör Eğim Açısı Hesabı

Şekil 10'da İzmir ilinde bulunan bir kollektöre, bir yıl boyunca gelen atmosfer dışı (extraterrestrial) güneş radyasyonu değerlerinin, kollektörün baktığı yöne göre değişimi verilmiştir (6,22,23,28).

Şekil 10'da görüldüğü gibi, bir yıl boyunca en fazla enerji Güney yönüne bakan kollektöre gelmektedir. Kollektör için en uygun yön, Güney yönü olmaktadır.

Güneş ışınlarının geliş açısı, sürekli olarak değiştiğinden dolayı, güneş ışınlarının kollektör cam örtüsü üzerine dik gelebilmesi için, kollektörün iki ekseninde (eğim ve yön olmak üzere) sürekli güneşi izlemesi gerekmektedir. Böyle hareketli sistemler ekonomik olmadığı için, sistem sabit olarak kurulur ve en uygun eğim açısı, aylara ait ortalama değerler kullanılarak saptanır. Bölüm 3.1'de de açıklandığı gibi, güneş ışınları geliş açısının 0° ile 35° arasında kalmasını sağlayan en uygun kollektör eğim açısı, her ay için hesaplanmış ve Şekil 11 ile verilmiştir (21,22,23,28,29).

Şekil 11'da, kollektör eğim açısı değerleri, aylar üzerine taşınmıştır. Güney yönüne bakan kollektörler için, herbir aya ait eğim değeri, $30(\text{gün/ay}) \cdot 5(\text{saat/gün}) = 150(\text{saat/ay})$ a ait 150 verinin ortalaması alınarak bulunmuştur. (Her gün için, 10,11,12,13,14,15 saatlerine karşılık gelen eğim açıları göz önüne alınmıştır). İzmir ilinde bulunan bir kollektörün, en uygun eğim açısı, yaz ayları için 22°, kış ayları için 54° ve bütün yıl için 38° olmaktadır (22,23,28,29).

4.2. Güneşli Su Isıtıcıları Tasarımı

Güneşli su ısıtıcılarının tasarımı, kollektöre gelen yararlı güneş enerjisi ve kollektörden sıcak su elde etmek için gerekli ısı enerjisi eşitliklerinden yararlanılarak yapılır (14,15,22,27,30,31).

Kollektöre gelen yararlı güneş enerjisi eşitliği,

Denklem (1) ile,kollektörden sıcak su elde etmek için gerekli ısı enerjisi eşitliği,Denklem (2) ile verilmiştir.

$$Q_h = I_h * R * A * n_k * n_s \quad (\text{kcal/m}^2 \cdot \text{gün}) \quad (1)$$

$$Q_w = m_w * c * (T_{hw} - T_{cw}) \quad (\text{kcal/gün}) \quad (2)$$

Denklem 1'de bulunan, I_h ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{gün}$),yatay düzleme gelen güneş enerjisi miktarıdır ve izmir ili için Tablo 1'den alınır, R (-),eğimli kollektör için,güneş enerjisi düzeltme faktörüdür (22,28) ve izmir ili için Tablo 3'den alınır, A (-),kollektörün baktığı yöne bağlı olarak seçilen,yön düzeltme katsayısıdır (14,15,30) ve Şekil 12'den alınır, n_k (-),kollektör termik verim katsayısıdır ve Tablo 4'den alınır (14,15,30,32), n_s (-) ,sistemin ortalama verimidir ve izmir ili için 0.85 alınabilir (14,15,30,32).

Denklem 2'de bulunan, m_w (lt/gün),ısıtılacak su miktarıdır ve 50 lt/gün .kişi alınabilir (14,15,30), c ($\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$),suyun özgül ısısıdır ve 1 $\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$ alınabilir, T_{hw} ($^\circ\text{C}$),istenen su sıcaklığıdır ve 50°C alınabilir (14,15), T_{cw} ($^\circ\text{C}$),kollektöre giren şehir şebeke suyu sıcaklığıdır ve Tablo 1'den alınır.

Denklem (1) ve Denklem (2)'den yararlanarak,gerekli kollektör alanı,Denklem (3) ile,sıcak su deposu hacmi, Denklem (4) ile,su dolaşım pompası debisi,Denklem (5) ile genleşme deposu hacmi,Denklem (6) ile ve gerekli kollektör sayısı Denklem (7) ile hesaplanır (14,15,30,31).

$$A_k = Q_w / Q_h \quad (\text{m}^2) \quad (3)$$

$$V = 50 * A_k \quad (\text{lt}) \quad (4)$$

$$P = 60 * A_k \quad (\text{lt/h}) \quad (5)$$

$$V_g = 1.65 * A_k \quad (\text{lt}) \quad (6)$$

$$N = A_k / A \quad (\text{adet}) \quad (7)$$

Denklem (7)'de bulunan, A (m^2),kullanılacak kollektörlerin net alanıdır,kollektöre ait katalogdan alınabilir.Tablo 1,3,4 ile Denklem (1,2,3,4,5,6) kullanılarak,

izmir iline ait,Yaz ve Kış ayları ile Bütün Yıl için, Şekil 13,14,15,16,17,18,19 ile verilen grafikler elde edilmiştir.

izmir ili için,güneşli su ısıtıcılarının tasarımı bu grafikler kullanılarak yapılabilir.

4.3.Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Uzaklık Seçimi

Arka arkaya dizili güneş kollektörleri arası uzaklık seçiminde,güneşin elemanların (elemanlar;güneş kollektörleri,bacalar veya gölge oluşturabilecek herhangi bir eleman olabilir) güneş almayan tarafında oluşturduğu gölge uzunluklarına gereksinim duyulur.Şekil 20'de görüldüğü gibi,arka arkaya dizili güneş kollektörleri arasındaki uzaklık seçiminde, Y ordinatı gölge uzunluğu etkili olmaktadır.GU olarak gösterilen gölge uzunluğunun, y ordinatındaki değeri olan Y uzaklığı,iki kollektör arasındaki yatay uzaklığı verir.Şekil 21'de görüldüğü gibi, eğimli yüzeylerde (örneğin eğimli çatılarda) iki kollektör arası uzaklık olan Y değeri,yatay yüzeylere göre daha düşüktür.

Yatay veya eğimli yüzeylerde bulunan elemanlar için,en uygun iki eleman arası uzaklık değerleri,Şekil 22 ve 23 ile verilmiştir (33,34,35).

Şekil 22 yaz ayları,Şekil 23 ise,kış ayları ve bütün yıl için geçerlidir. Aylara ve bütün yıla ait uzaklık veya gölge uzunluğu değerleri,güneş saati olarak saat 12:00'de,en uzun gölge uzunluğu oluşturan gün dikkate alınarak hesaplanmıştır (6,22,28,33,34,35,36).Herhangi bir yüksekliğe sahip (Şekil 20 ve Şekil 21'deki H yükseklikleri) elemanlar ve herhangi bir eğime sahip (Şekil 21'deki α değeri) yüzeyler için,1 m birim yüksekliğe ait gölge uzunluğu değeri (Y) Şekil 22 veya Şekil 23'den okunur ve gerçek gölge uzunluğu, L_{gy} , değeri, (iki eleman arası gerçek uzaklık) Denklem (8) ile hesaplanır.

$$L_{gy} = Y * H \quad (m) \quad (8)$$

Yatay düzlemde (eğimi sıfır olan düzlem) veya eğimli yüzeyde bulunan elemanlar arası yatay uzaklık, L_{gy} , değeri göz önüne alınarak saptanır.Denklem (8)'deki L_{gy} değeri, 40 cm sehpa payı alınarak,2 m uzunluğundaki bir kollektör için hesaplanmış ve arka arkaya dizili kollektörler arası yatay uzaklığa ait grafikler Şekil 24,25 ve 26 ile verilmiştir. Şekil 24,25 ve 26'dan okunan değerler,gerçek gölge uzunluğu (L_{gy}) değerleridir.

Sekil 20'de görüldüğü gibi, elemanların batı ve doğusuna ait gölge uzunlukları, yaz ayları için Denklem (9)'dan, kış ayları ve bütün yıl için ise, Denklem (10)'dan hesaplanabilir (34,35).

$$L_{gx} = 0.4 * H \quad (m) \quad (9)$$

$$L_{gx} = 0.7 * H \quad (m) \quad (10)$$

5. SIVILİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN ÜRETİMİ VE KULLANIMI SIRASINDA UYULMASI GEREKEN BAZI PRATİK KURALLAR VE PRATİK BİLGİLER

Sıvıli düzlemsel güneş kollektörlerinin üretimi ve kullanımı sırasında uyulması gereken bazı pratik kurallar ve pratik bilgiler aşağıda verilmiştir (6,21,25,37,38).

-Güneş ışınları için geçirgen örtü genellikle kalınlığı 3 mm olan pencere camından, kurşunu az, özel üretilmiş camdan, polyester elyafli geçirgen malzemeden veya güneş ışınlarına dayanıklı folilerden yapılabilir. Bu levhaların her iki yüzeyinin kenarlarına, kollektörün taşıyıcı ve izole edici gövdesi kasaya yerleştirilmeden önce yaklaşık 1 cm eninde lastik veya benzeri malzemeden şerit yapıştırılır. Kasa ve geçirgen örtü çerçevesi ve geçirgen örtü malzemelerinin sıcaklıkla genişmeleri dikkate alınarak, geçirgen örtünün kasaya yerleştirilmesi ve sızdırmazlığı tasarımı dikkate alınacak noktalardır. Sogurucu levha ile geçirgen örtü arasında yaklaşık 2 ile 3 cm uzaklık bırakılmalıdır. Konveksiyonla ısı transferi kayıplarını önlemek amacı ile çift geçirgen örtü kullanılabilir.

-Kalınlığı yaklaşık 1 ile 1.5 mm arasında değişen sogurucu levhanın malzemesi çelik, bakır, alüminyum, DKP sac veya plastik malzeme olabilir. Sogurucu levhanın üzeri siyaha boyanabileceği gibi, seçici yüzey olarak üretilmesi daha uygundur. Sogurucu yüzeyle su boruları arasında çok iyi iletim sağlanmalıdır. Sogurucu levha ile su boruları arasındaki iletimin iyi olması, roll-bond tekniği, panel radyatör tekniği ve alüminyum ekstrüzyon tekniği gibi tekniklerle sağlanabilir. Seçici yüzey kullanılmadığı durumlarda, sogurucu levha iyice temizlenmeli ve mat, ısıya dayanıklı siyah bir boya ile boyanmalıdır. Boya çok ince ve düzgün olmalıdır. Sogurucu levhanın kenarlarının kasa kenarlarına değmemesine, yani ısı köprüleri oluşturulmamasına dikkat edilmelidir. Kasaya konulacak yalıtım malzemesinin sogurucu levha tarafından ezilmemesi için konstrüktif önlemler alınmalıdır.

-Su dağıtım ve toplama boruları genellikle 1" lik ve bu ikisine kaynak ile bağlanan, araları yaklaşık 10 cm olan

su taşıma boruları da 1/2" lik borulardan yapılmalıdır.Bu boruların kasa veya çerçeveye değmemeleri sağlanmalıdır. Su bağlantı yerleri,kaynak yerleri kontrol edilerek ileride su kaçakları nedeni ile yalıtım malzemesinin ıslanması önlenmelidir.

-Kollektörlerde kullanılan en yaygın yalıtım malzemesi cam yünüdür. Bilindiği gibi cam yünü neme ve ıslaklığa karşı korunmazsa yalıtım yapma özelliğini yitirir. Tasarımda en çok dikkat edilecek konulardan biri budur.Cam yününün ıslanmamasına dikkat edilmelidir.Cam yünü kalınlığı ılıman iklimlerde 5 cm,soğuk iklimlerde 10 cm'e kadar olabilir.Yerine göre,poliüretan veya styropor kullanılabilir.

-Düzlemsel kollektörlerde kasa malzemesi olarak genellikle kalınlığı yaklaşık 1 mm olan sac veya galvanizli sac kullanılmaktadır. Alüminyum, plastik, polyester ve ağaçtan üretilen kasalar vardır.Kasanın en belirgin özelliklerinden biri mukavemetidir,ona göre boyutlandırılmalıdır.Taşıyıcı görevi,koruyucu görevi,ısı yalıtım görevi,güzel görünme görevi gibi görevlerin toplamını yerine getirmelidir.Bazı hallerde alüminyum kasalara galvaniz sac taban konmaktadır.Bazı hallerde ise tamamen alüminyumdan üretilmiş kasalar kullanılmaktadır.

-Soğuk bölgelerde,kollektörlerde suyun donma tehlikesi mevcuttur.Bunu önlemek için kollektör devresindeki suyu boşaltmak en kolay ve en basit önlemdir.Başka bir önlem olarak pompalı kapalı sistem uygulanmalı ve antifrizli su dolaştırılmalıdır.Yine pompalı açık sistemde donma tehlikesinin olduğu günlerde sürekli olarak pompanın gece ve gündüz çalıştırılması sağlanmalıdır.

-Sistemin doldurulması ve boşaltılması sırasında,çeşitli yerlerinde hava kalarak sıkışması sorun yaratabilir.Buna engel olabilmek için,dikine konulmuş dirseklerden kaçınılmalı ve uygun yerlere hava alma muslukları konulmalıdır.Boru dağıtım ve kollektör yerleşim hattının su hareketi yönünde çok az bir eğimle yerleştirilmesi de sistemde hava oluşmasını önleyebilir.

-Kollektörün,havalandırılması için, yağmur sularının içine giremeyeceği yerlerine 2-3 mm'lik delikler açılmasıdır. Deliklerin bulunmaması durumunda geceleri içeri sızan hava veya mevcut su buharı camlarda yoğunlaşarak buğu oluşturabilir ve kollektörün verimsiz çalışmasına neden olabilir.

-Kollektörün tozlu ve rüzgarlı bölgelerde bulunması durumunda geçirgen örtünün (camın) kirlenmemesi ve kollektörün verimsiz çalışmaması için belirli aralıklarla kollektör camları temizlenmelidir.

-Kollektörün,içinde su yokken mümkün olduğu kadar güneş

altında bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Aksi taktirde özellikle cam kırılması ve boyaların kabarması dökülmesi sık rastlanan olaylardandır.

-Kapalı tip genleşme depolu sistemler için, su ısıtıcısı, aşırı ısınma ve buhar oluşması tehlikesine karşı bir emniyet sübapı ile korunmalıdır.

-Genleşme yalnız kollektördeki akışkanda olmamaktadır, cam örtü ve kollektörleri depoya ve birbirine bağlayan borularda genleşmektedir. Eger bunun için pay bırakılmamış ise, çift yönlü sıkıştırarak yine cam kırılmasına neden olabilecek eğilmeler olabilmektedir.

-Sıcaklık etkisi ile boyanın ve cam yünü içinde bulunan fenol maddesinin buharlaşması ve cama içten etki ederek geçirgenliğini azaltması bir başka problemdir. Buna bir ölçüde engel olabilmek için plakayı boyadıktan ve cam yünü de yerine göre kestikten sonra iki gün güneş altında bırakılması önerilebilir.

-Sistemin ömrünü kısaltan en önemli etkenlerden birisi de kireçlenmedir. buna açık sistemlerde engel olabilmek oldukça zordur. Ayrıca ısıtıcı devresinde farklı iki metal kullanıldığında bu elemanlar bir çeşit pil oluştururlar. Örneğin, bakır borulu kollektör galvaniz bağlantı borusu ile depoya bağlanmış ise, temas noktalarında zamanla aşınmalar olmaktadır. Hem buna, hem de boruların genleşme etkilerine engel olabilmek için kollektör giriş çıkışlarında kısa plastik hortumlar ile bağlantı yapılması önerilebilir. Plastik hortumların zamanla çürüyeceği gözönüne alınırsa bu amaç için "dörit" adı ile bilinen malzeme önerilir.

-Depoyu paslanmaya karşı korumak için yapımı sırasında antipas boya ile boyanmalıdır. Bu aynı zamanda sistemdeki diğer parçalar içinde geçerlidir.

-Kollektör termik verimine kireçlenmenin etki ettiği ve bir iki sene gibi kısa bir sürede verimi düşürdüğü bilinmektedir. Kireçlenmeyi önlemek için "Siliphos" kullanılabilir. Siliphos denilen polyfosfatlar 60°C'ye kadar CaCO₃ çökmesini önlemektedir. Kollektörlerin soğuk su girişine polyfosfat tankı monte edilerek, su bunun üzerinden geçtikten sonra kollektöre verilebilir (37).

-Kollektörlerle elde edilen enerjinin, sıcak su kullanım dağıtım hatlarında kaybolmaması için bu dağıtım hatlarının çok iyi yalıtılmış olması gerekir.

-Güneşli sıcak su hazırlama sistemlerinin ülkemizde oldukça yayılmış olması ilgili standartların TSE tarafından hazırlanması sonucunu oluşturmuştur. TSE tarafından hazırlanan üretici ve kurucu firmalara yararlı olacak standartlar TS 3680, TS 3817, TS 4801 ve atıf yapılan

standartlardır (11,12,39).

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Tablo 1'de verilen İzmir iline ait meteorolojik veriler kullanılarak, yaklaşık $2 \times 1 = 2$ m² lik brüt alana sahip sıvılı düzlemsel güneş kolektörleri için, optimum imalat verileri elde edilmiştir. Tablo 2'de verilen giriş verileri kullanılarak elde edilen optimum veriler Tablo 5'de özetlenmiştir. Tablo 5'de de görüldüğü gibi, malzemelerin ısı iletim katsayıları arttıkça, kullanılacak boru sayıları azalmakta, iki boru arası uzaklıklar artmaktadır. Boru dış çapı değiştikçe (azaldıkça), kolektör termik verim katsayısı (artmakta) ve kullanılacak boru sayısı (artmakta) ve iki boru arası uzaklık değerleri (azalmakta) değişmektedir. Malzemelere ait boru dış çapları ve kullanılacak boru sayıları Tablo 6 ile verilmiştir. İki boru arası uzaklık değerleri Şekil 7'den hesaplanabilir.

İzmir ilinde bulunan kolektörler, Güney yönüne bakmalı ve eğimleri, yaz ayları için 22° , kış ayları için 54° ve bütün yıl için 38° olmalıdır. Eğim açıları = (Enlem Dairesi Açısı) $\pm 16^\circ$ eşitliğinden saptanabilir. Aradaki işaret, kış ayları için (+), yaz ayları için (-), bütün yıl için ise, eğim açısı enlem dairesi açısına eşit alınır (23).

İstenen sıcak su miktarına göre, gerekli kolektör alanı, sıcak su deposu hacmi, su dolaşım pompası debisi, ve genişleme deposu hacmi, Şekil 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19'dan saptanabileceği gibi, korelasyon katsayıları 1 olan ve Tablo 7'de verilen eşitliklerden de hesaplanabilir. Şekillerden veya Tablo 7'den yararlanarak bulunan kolektör alanları kullanılarak, kolektör sayıları Denklem (7)'den hesaplanır. Şekil 19'da da görüldüğü gibi, en fazla kolektör alanı kış ayları tasarımında kullanılmakta, kış aylarını sırasıyla, bütün yıl ve yaz ayları izlemektedir.

Yatay veya eğimli yüzeylerde, arka arkaya dizili kolektörler arası gölgesiz, uygun uzaklıklar Şekil 22, 23, 24, 25 ve 26 ile verilmiştir. Yatay veya eğimli yüzeylerde (çatılarda), kolektörler için ayrılan alan, yetersiz kalırsa, Şekil 22, 23, 24, 25 ve 26'dan yararlanarak, kolektörler yükseltilebilir. Böylece iki kolektör arası uzaklık azaltılmış olur. Şekil 24, 25 ve 26'da da görüldüğü gibi, çatı eğimleri kolektör eğimlerine eşit seçilecek olursa, gölgeleme ve görüntü kirliliği ortadan kalkmış olur.

Güneş enerjisi ile sıcak su eldesi proje hazırlama esasları, kolektör tesisat şemaları, kritik devre hesapları, sistemde kullanılacak boru çapları hesapları ve

borulardaki basınç kaybı hesapları için ilgili literatürlerden (14,15,22,30,31,40,41) yararlanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Türkiyenin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları, (1984), Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları, Ankara.
2. Berkes, F., Kışlalıoğlu, M., (1990), Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Remzi Kitabevi, ISBN 975-14-0187-9, İstanbul.
3. Günerhan, H., (21 Mart 1992), "Çevre Politikası ve Yeni Enerji Kaynakları", Hürriyet Gazetesi, Kelebek Eki, Çevre Sayfası, İstanbul.
4. Güngör, A., (1990), "Güneş Enerjisi Kullanımı, Potansiyeli ve Alternatif Enerji Olarak Geleceği", Alternatif Enerji Kaynakları Toplantı Tebliğleri, S.O.S. Akdeniz, İzmir.
5. Güneş Enerjisi, (1984), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü, Ankara.
6. Atagündüz, G., (1989), Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları, Ege Ü., Güneş Enerjisi Enstitüsü Yayınları, Yayın No:2, Bornova, İzmir.
7. Kılıç, A., Öztürk, A., (1983), Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.
8. Uyarel, A.Y., Öz, E.S., (1990), Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, ISBN 975-511-033-X, İstanbul.
9. Günerhan, H., (1991), "Güneş Kollektörlerinde Boru Sayısı Optimizasyonu", Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği, 8. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Eskişehir.
10. Günerhan, H., (1993), "Güneş Kollektörlerinde Soğurucu Levha Malzemesi Isı İletim Katsayısı ve Boru Sayısının Termik Verim Katsayısına Etkisi", Termodinamik, Aylık Bilimsel Teknik Sektör Dergisi, Sayı:5, İstanbul.
11. Türk Standardları, (TS 3817/Şubat 1988), "Güneş Enerjisi Su Isıtıcıları İçin Genel Kurallar", Birinci Baskı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
12. Türk Standardları, (TS 3680/Nisan 1989), "Güneş Enerjisi Toplayıcıları Düz", Birinci Baskı, Türk

Standardları Enstitüsü, Ankara.

13. Keçecioglu, T., Güngör, A., (1991), "Ülkemizde Güneş Enerjisi Toplayıcısı Üreten Firmalar Üzerine Bir Çalışma", Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği, 8. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Eskişehir.
14. Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Teknik Esasları, (1992), TMMOB, Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: 122, 3. Baskı, ISBN 975-395-022-5, İstanbul.
15. Tesisat Mühendisliği Hizmetleri Mesleki Denetim ve Proje Hazırlama Esasları, (1990), TMMOB, Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: 135, 2. Baskı, ISBN 975-395-024-1, İzmir.
16. Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteni, (1974), T.C. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
17. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Zamansal ve Alanal Dağılımı, (1983), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü, Yayın: 83-29, Ankara.
18. Türkiye Güneş Enerjisi Işınım Şiddetleri Saatlik Ortalama Değerleri Bilgi Bankası, (1983), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Yayın 83-25, Ankara.
19. Deniz Suyu Sıcaklıkları, Güneşlenme Müddeti ve Güneş Işınları Şiddeti, Açık ve Kapalı Günler Bülteni, (1984), T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
20. Türkiye İstatistik Yıllığı 1990, (1992), T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Yayın No: 1510, ISBN 975-19-0556-7, Ankara.
21. Günerhan, H., (1992), "Düzlemsel Güneş Kollektörlerinde Kullanılan Cam Ortü Malzemesinin Özellikleri", Ege Ü., Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi, Cilt 1, Sayı 4, Bornova, İzmir.
22. Duffie, J., A., Beckman, W., A., (1980), Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-05066-0, New York.
23. Günerhan, H., Günerhan, G., G., (1993), "Kış Aylarında Güneş Enerjisinden En İyi Şekilde Yarar Sağlayan Binaya Entegre Sera Eğimi", T.C., Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, Enerji Tasarrufu Semineri, TOYAP, İstanbul.

24. Kunc, S., Demirel, Y., (1984), "Seçimli Yüzeyler ve Düzlemsel Toplaçlar için Bir Model", Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü, Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri, Ankara.
25. Onat, E., (1985), "Güneş Enerjisi için Seçici Yüzeyler ve Nikel Siyahı Yüzeyin Optik Özelliklerinin Belirlenmesi", TIBTD, Isı Bilimi ve Tekniği 5. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt 2, İstanbul Teknik Ü., İstanbul.
26. Garg, H. P., (1982), Treatise on Solar Energy, Volume 1 Fundamentals of Solar Energy, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-10180-X, New York.
27. Lunde, P., J., (1980), Solar Thermal Engineering, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-03085-6, New York.
28. Oturañç, G., (1989), "Extraterresterial Güneş Radyasyonunun Hesaplanmasında Güneş Gelis Açısının Astronomik Koordinat Sisteminde incelenmesi", Ege Ü., Güneş Enerjisi Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir.
29. Kern, J., Harris, I., (1975), "On the Optimum Tilt of A Solar Collector", Solar Energy, 17, p.97-102, Great Britain.
30. Arıñç, Ü., D., (1986), "Güneşli Su Isıtıcılarının Projelendirilmesi", Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye 4. Enerji Kongresi, Poster Tebliğler, İzmir.
31. Göncü, H., (1986), "Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemlerinin Dizaynı", T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü (SEGEM), Ankara.
32. Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Deney ve Test Standında Yapılan Deneylere Ait Yayınlanmamış Veriler, Bornova, İzmir.
33. Oturañç, G., (1991), "Termik Güneş Santrallerinde, Sabit Yansıtıcı Odaklayıcı Uzay Alanları Üzerine Teorik ve Deneysel İncelemeler", Ege Ü., Güneş Enerjisi Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova, İzmir.
34. Günerhan, H., (1992), "Elemanlar için Gölge Analizi", TMMOB, Makina Mühendisleri Odası, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt:33, Sayı:389, Sayfa:17-23, Ankara.
35. Günerhan, H., (1992), "Ankara İli için Gölge Analizi", Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, EİE Bülteni, Yıl:26, Sayı:162, Sayfa:44-47, Ankara.

36. Budin, R., Budin, L., (1982), "A Mathematical Model For Shading Calculations", Solar Energy, Vol. 29, No. 4, pp. 339-349, Great Britain.
37. Karakaş, T., (1988), "Düzlemsel Toplayıcıların Verim Testlerine Kireçtaşı Birikimi ve Korrozyonu Önleyebilen, Yavaş Çözünen Polifosfatların (Siliphos) Enerji Kazancı Yönünden Etkisinin Mukayeseli İncelenmesi", Ege Ü., Güneş Enerjisi Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
38. Güneş Enerjisi Toplayıcıları (Kollektörleri) ve Güneşli Su Isıtma Sistemleri, (1987), Ege Ü., Güneş Enerjisi Enstitüsü Bilgi Servisi, Yayın No:1, Bor-nova, İzmir.
39. Türk Standardları, (TS 4801/Nisan 1986), "Güneş Enerjisi Toplayıcıları Isıl Performans Deney Metotları", Birinci Baskı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
40. Rietschel, H., Raiss, W., (1973), Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği, Birinci Cilt, Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri, Çeviren :Uğur Köktürk, İstanbul.
41. Rietschel, H., Raiss, W., (1974), Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği, İkinci Cilt, Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tesislerinin Hesabı, Çeviren :Uğur Köktürk, İstanbul.
42. Fisk, M., J., Anderson, H., C., W., (1982), Introduction To Solar Technology, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., ISBN 0-201-04713-6.

ÖZGEÇMİŞ

13 Nisan 1966 yılında İzmir'in Urla ilçesinde doğdu. 1984 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünde Lisans öğrenimine başladı. 1989 yılında Prof. Dr. Macit TOKSOY gözetiminde "Bir Faz Değişimli Enerji Deposunun Tasarımı" isimli Lisans Tezi yaptı. 31 Ocak 1990 yılında Makina Mühendisi ünvanı ile Termodinamik ve Enerji Anabilim Dalı'ndan mezun oldu.

1990 yılında Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 30 Ocak 1991 yılında Araştırma Görevlisi oldu. Prof. Dr. -Ing. Gürbüz ATAGÜNDÜZ gözetiminde "Bilgisayar Destekli Sıvılı Düzlemsel Güneş Kollektörlerinin Optimizasyonu" isimli Yüksek Lisans Tezi ve Ege Üniversitesi Araştırma Fonu'nun desteği ile aynı isim altında Proje Yürütücülüğü (Proje

Numarası:GNE-1991/001) yaptı.3 Ağustos 1992 yılında Yüksek Mühendis ünvanı ile Enerji Teknolojisi Anabilim Dalı'ndan mezun oldu.Şu anda aynı enstitüde "Doktora" yapmakta ve Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Tablo 1. İzmir İline Ait Meteorolojik Veriler

Aylar	Yatay Düzleme Gelen Güneş Radyasyonu	Kollektöre Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Güneşlenme Süresi (Saat-dk)	Açık-Kapalı Günler Süresi (Gün - Gün)
01	1430	12.3	08.6	4.2	4.06	4.4 - 9.3
02	1910	11.5	09.6	4.4	5.12	4.3 - 7.1
03	2670	13.1	11.1	4.0	6.20	5.7 - 6.9
04	3500	16.6	15.5	3.5	8.01	6.6 - 5.1
05	4320	21.2	20.4	3.1	9.52	9.2 - 2.3
06	4750	26.2	25.0	3.2	11.36	16.9 - 0.6
07	4860	29.8	27.6	3.4	12.19	26.6 - 0.1
08	4540	31.0	27.3	3.2	12.06	26.5 - 0.1
09	3630	29.0	23.3	2.9	10.21	20.9 - 0.5
10	2460	24.9	18.4	2.9	7.35	11.8 - 2.9
11	1690	20.4	14.3	3.3	5.29	6.3 - 4.8
12	1310	15.1	10.6	4.0	4.09	4.7 - 8.3
Yaz	4420	27.4	24.7	3.2	11.27	100.1 - 3.6
Kış	1912	16.2	12.1	3.8	5.19	37.2 - 39.3
B.Yıl	3089	20.9	17.6	3.5	8.06	143.9 - 47.9

Tablo 2. Giriş Verileri

Deney Tarihi.....	(Gün. Ay. Yıl)...	= 28.09.1987
Çevre Sıcaklığı.....	(°C).....	= 33.5700
Kollektöre Su Giriş Sıcaklığı.....	(°C).....	= 38.7900
Kollektör Çerçeve Kalınlığı.....	(m).....	= 0.0250
Kollektör Soğurucu Levha Kalınlığı.....	(m).....	= 0.0015
Boru Dış Çapı.....	(m).....	= 0.0172
Boru İç Çapı.....	(m).....	= 0.0148
Rüzgar Hızı.....	(m/s).....	= 3.5000
Kollektöre Gelen Toplam Güneş Radyasyonu.....	(W/m ²).....	= 790.1100
Kollektör Brüt Boyu.....	(m).....	= 2.0000
Kollektör Brüt Eni.....	(m).....	= 1.0000
Kollektör Brüt Alanı.....	(m ²).....	= 2.0000
Kollektör Net Alanı.....	(m ²).....	= 1.8525
Toplam Su Debisi.....	(kg/s).....	= 0.0371

Tablo 5. Optimum İmalat Verileri

Malzeme Cinsi	Boru Sayısı (Adet)	İki Boru Arası Uzaklık (m)
Plastik	29	0.0328
P. Çelik	14	0.0679
Alüminyum	11	0.0864
Bakır	10	0.0950

Tablo 6. Boru Dış Çapı ve Boru Sayısı Değişimi

B. D. Çapı (m)	Plastik Malzeme	P. Çelik Malzeme	Alüminyum Malzeme	Bakır Malzeme
	Boru S. (Adet)	Boru S. (Adet)	Boru S. (Adet)	Boru S. (Adet)
0.0020	92	-	-	-
0.0030	76	-	-	-
0.0040	66	-	-	-
0.0050	59	26	21	21
0.0060	53	24	19	19
0.0070	49	22	18	17
0.0080	45	21	16	16
0.0090	42	20	15	15
0.0100	40	19	15	14
0.0110	38	18	14	13
0.0120	36	17	13	12
0.0130	34	16	13	12
0.0140	32	16	12	11
0.0150	31	15	12	11
0.0160	30	14	11	11
0.0170	29	14	11	10
0.0180	28	14	10	10
0.0190	27	13	10	10
0.0200	26	13	10	09
0.0210	25	13	10	09
0.0220	24	12	09	09
0.0230	23	12	09	09
0.0240	23	12	09	08

Tablo 7. İzmir ili için Güneşli Su Isıtıcıları Tasarım Esitlikleri

Yaz Ayı için,

Gerekli Kollektör Alanı	, (m ²)	; GKA = 0.008475	. m _w - 0.000456
Sıcak Su Deposu Hacmi	, (lt)	; SSDH = 0.423743	. m _w - 0.002390
Su Dolaşım Pompası Debisi,	(lt/h)	; SDPD = 0.508490	. m _w + 0.002076
Genleşme Deposu Hacmi	, (lt)	; GDH = 0.013984	. m _w - 0.000468

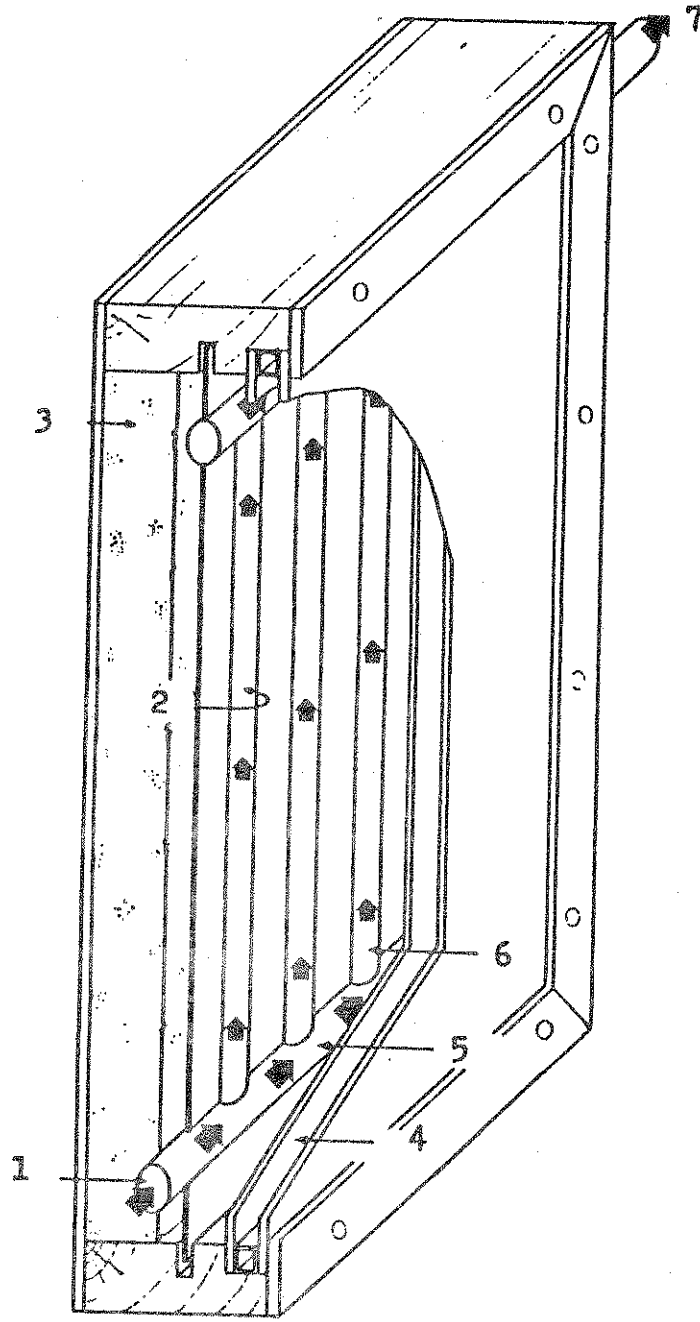
Kış Ayı için,

Gerekli Kollektör Alanı	, (m ²)	; GKA = 0.047375	. m _w - 0.000498
Sıcak Su Deposu Hacmi	, (lt)	; SSDH = 2.368731	. m _w - 0.004774
Su Dolaşım Pompası Debisi,	(lt/h)	; SDPD = 2.842476	. m _w - 0.004790
Genleşme Deposu Hacmi	, (lt)	; GDH = 0.078168	. m _w - 0.000915

Bütün Yıl için,

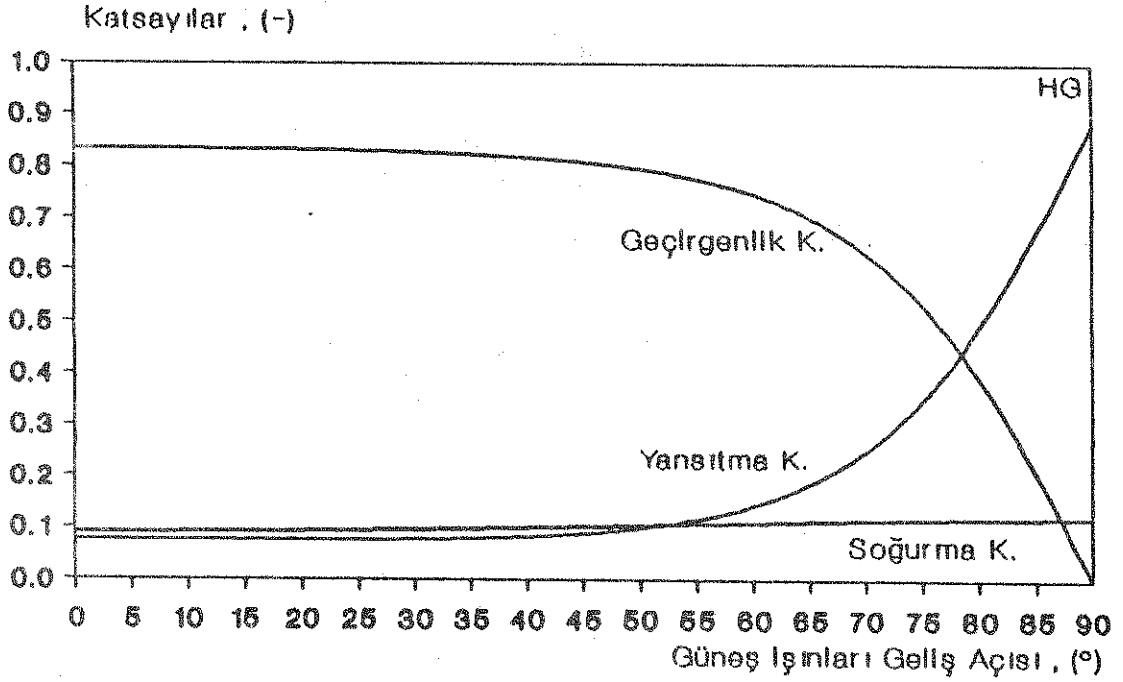
Gerekli Kollektör Alanı	, (m ²)	; GKA = 0.019403	. m _w - 0.000004
Sıcak Su Deposu Hacmi	, (lt)	; SSDH = 0.970149	. m _w - 0.001907
Su Dolaşım Pompası Debisi,	(lt/h)	; SDPD = 1.164177	. m _w + 0.000924
Genleşme Deposu Hacmi	, (lt)	; GDH = 0.032015	. m _w - 0.000454

m_w = Isıtılacak Su Miktarı , (lt/gün)

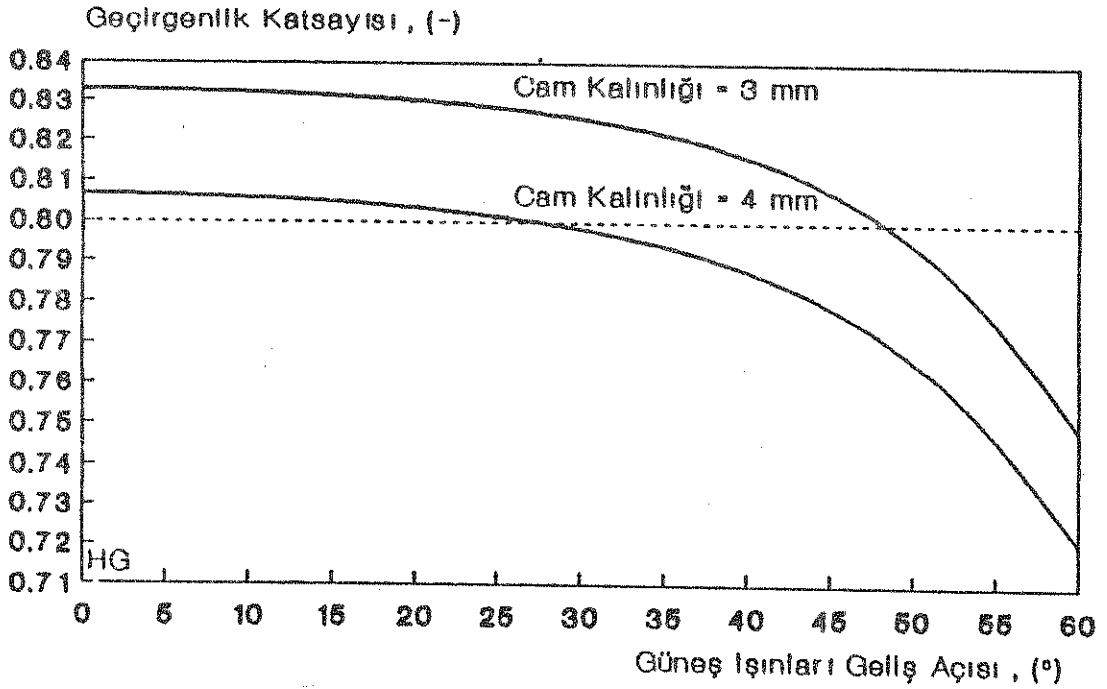


- 1.Sıvı Girişi
- 2.Sogurucu Levha ve Sogurucu Levhaya Birlestirilmis Boru(lar)
- 3.Yalıtım Malzemesi ve Kasa
- 4.Cam Örtü
- 5.Dağıtıcı Boru
- 6.Dağıtıcı Boruya Bağlanmış Boru(lar)
- 7.Sıvı Çıkışı

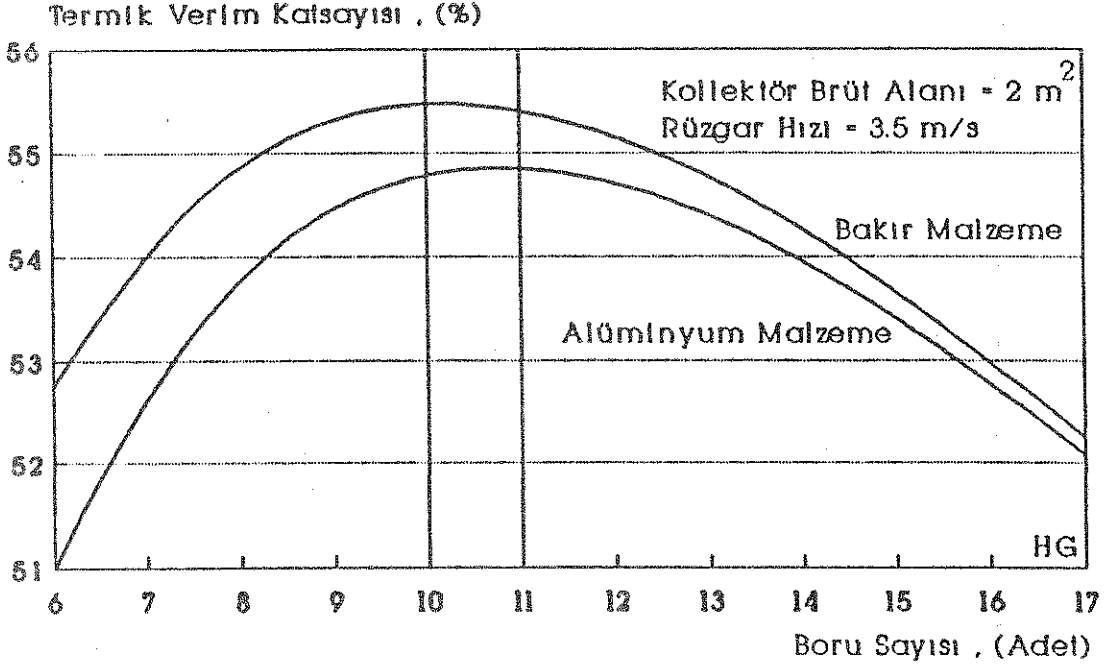
Şekil 1.Sıvılı Düzlemsel Güneş Kollektörleri (42),Şematik.



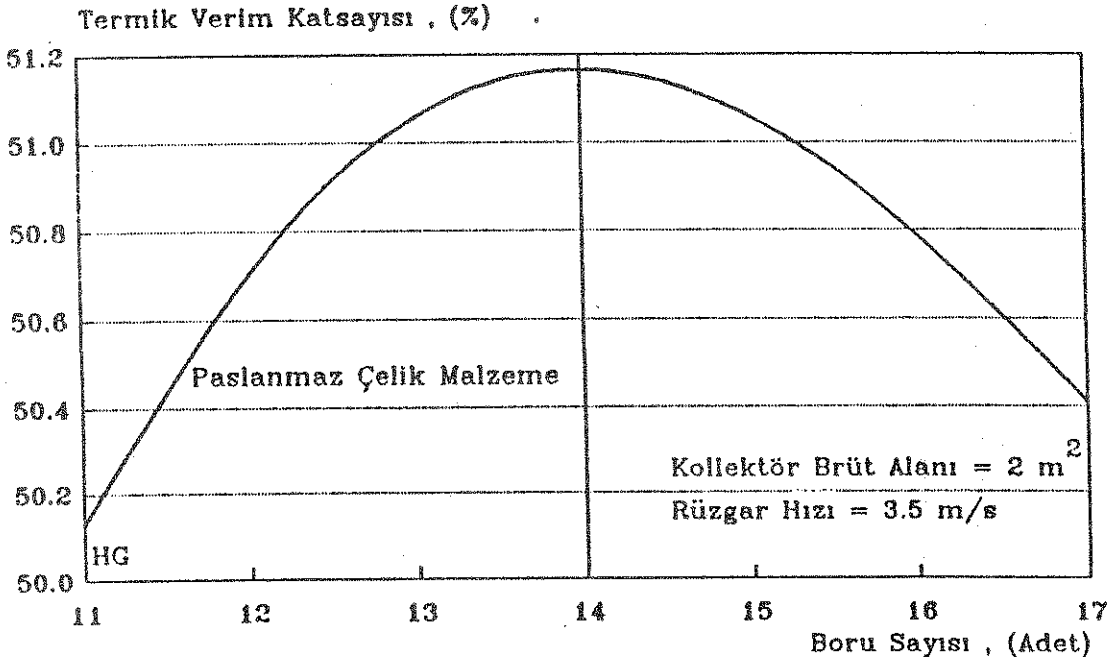
Şekil 2. Kalınlığı 3 mm Olan Cam Malzemesi Özellikleri.



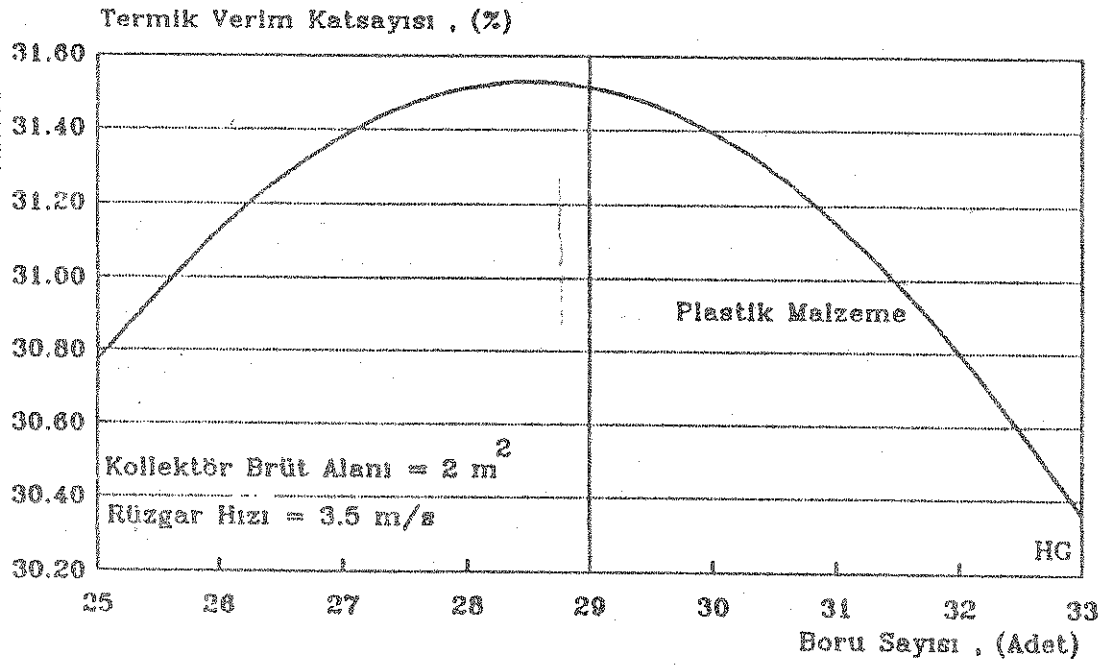
Şekil 3. Kalınlıkları Farklı Olan Cam Malzemelerinin Karşılaştırılması.



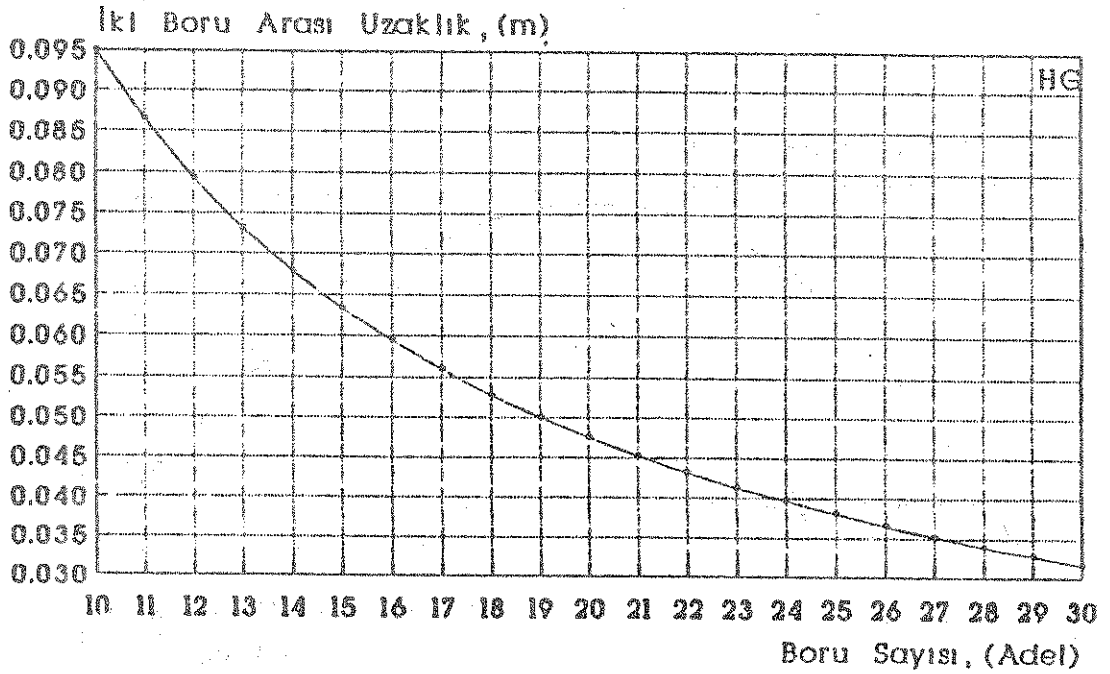
Şekil 4. Bakır ve Alüminyum Malzeme için Termik Verim Katsayısı-
Boru Sayısı Değişimi.



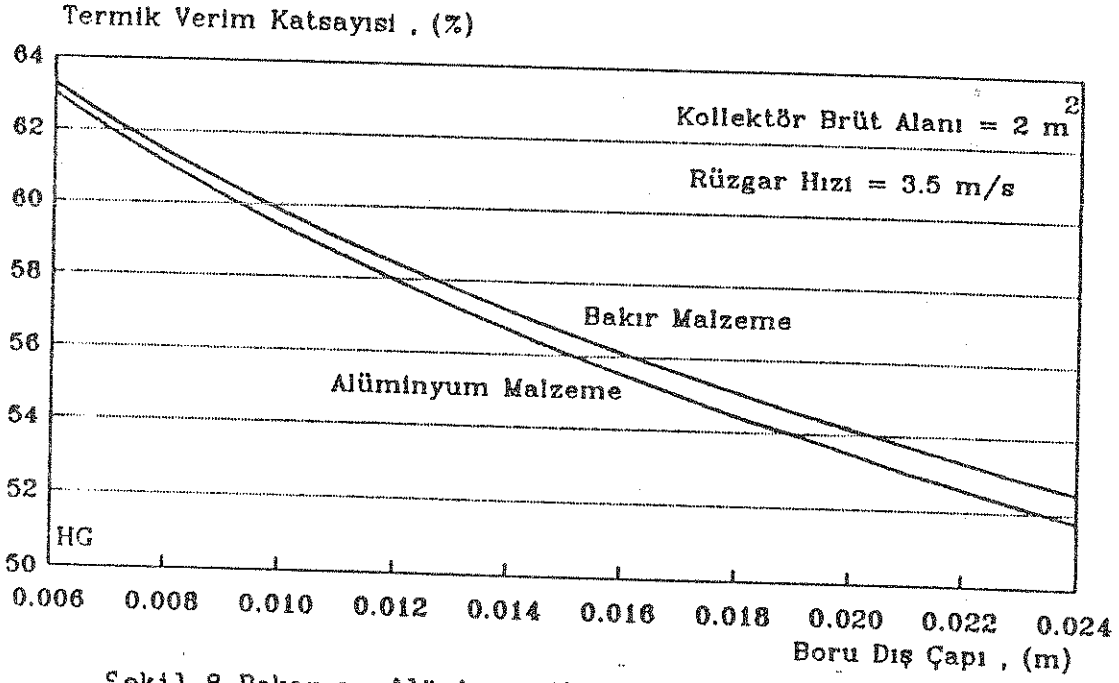
Şekil 5. Paslanmaz Çelik Malzeme için Termik Verim Katsayısı-
Boru Sayısı Değişimi.



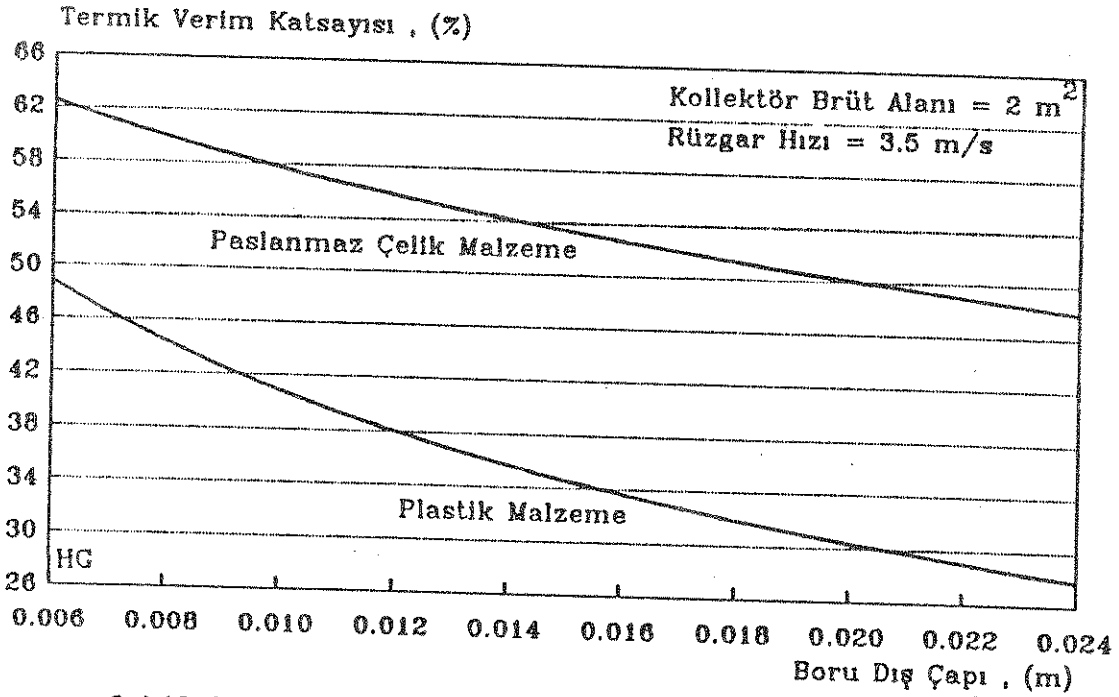
Şekil 6. Plastik Malzeme İçin Termik Verim Katsayısı-Boru Sayısı Değişimi.



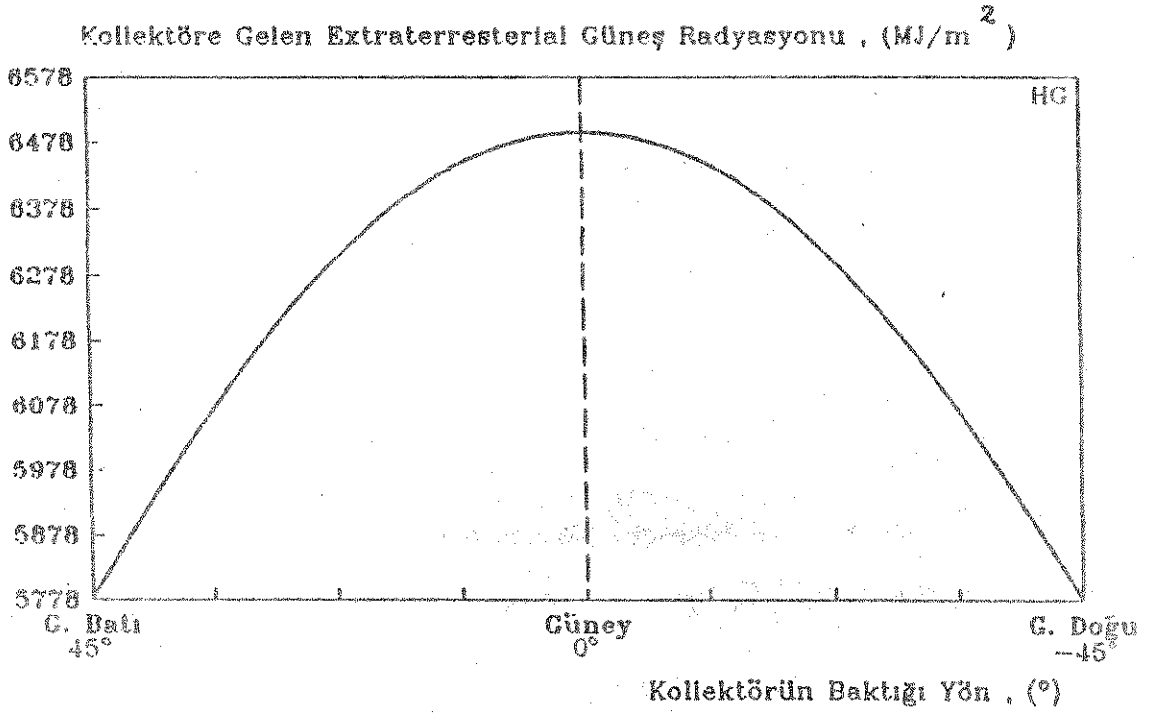
Şekil 7. İki Boru Arası Uzaklık-Boru Sayısı Değişimi.



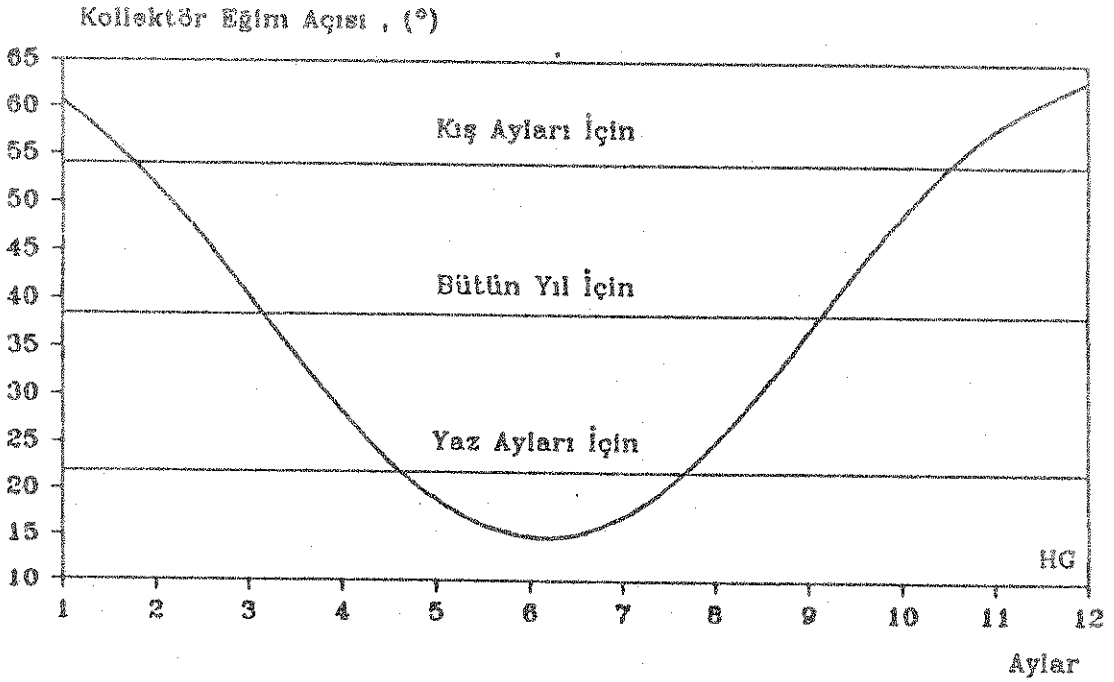
Şekil 8. Bakır ve Alüminyum Malzeme için Termik Verim Katsayısı-
Boru Dış Çapı Değişimi.



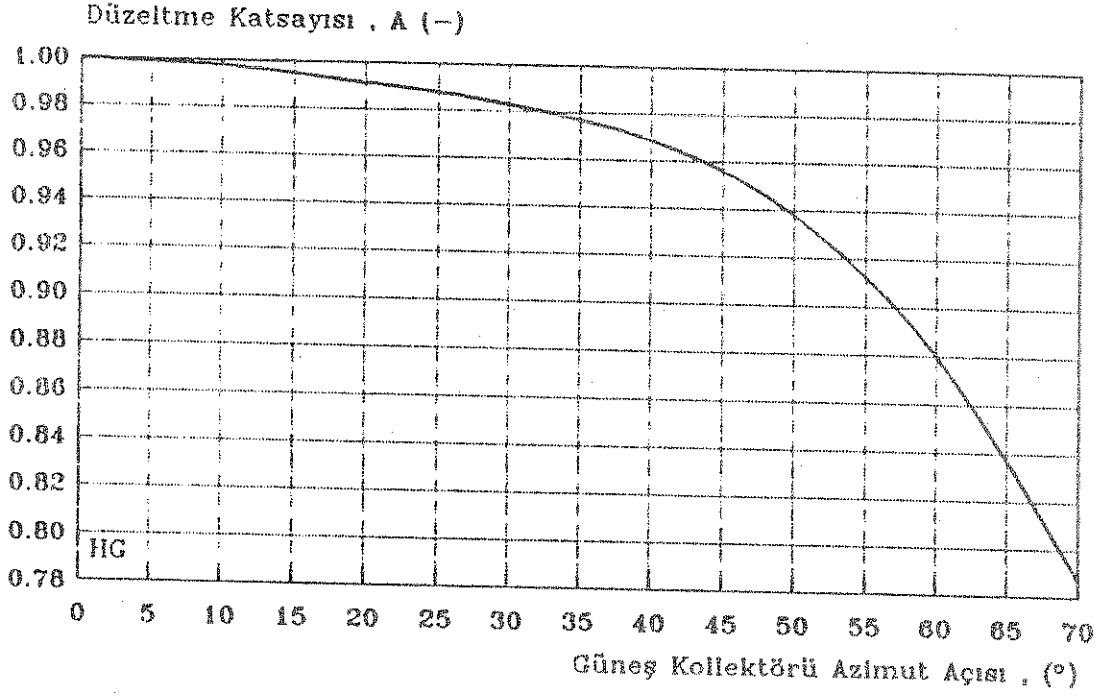
Şekil 9. Paslanmaz Çelik ve Plastik Malzeme için Termik Verim
Katsayısı-Boru Dış Çapı Değişimi.



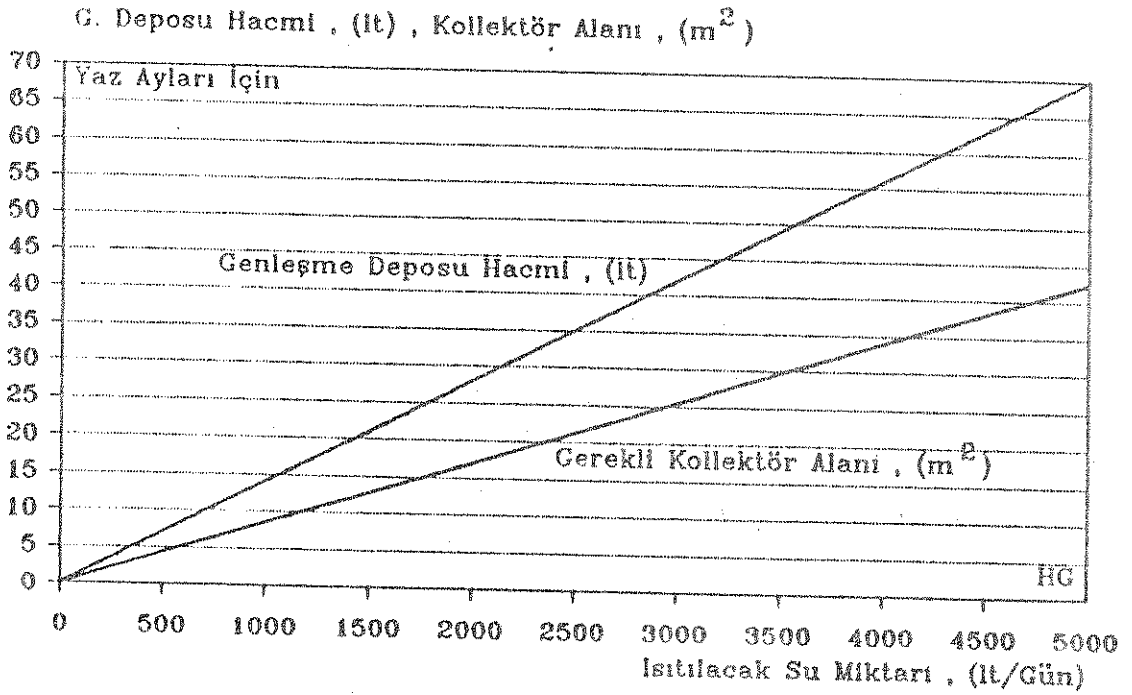
Şekil 10. Kollektöre Gelen Enerjinin Kollektörün Baktığı Yönüne Göre Değişimi.



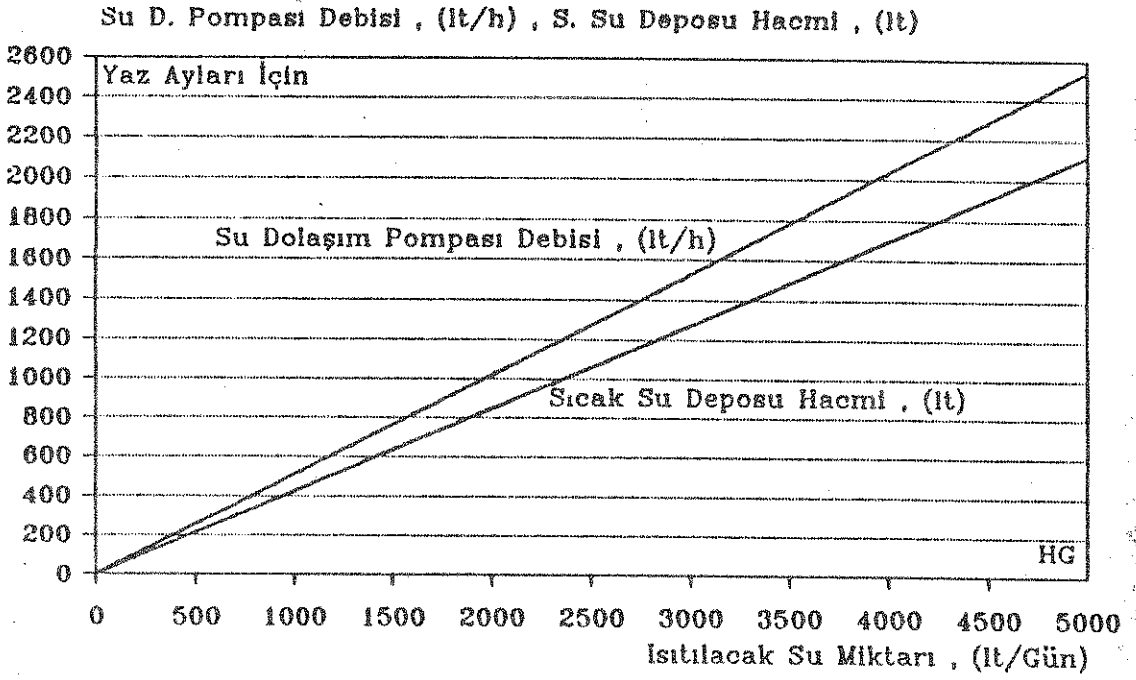
Şekil 11. Kollektör Eğim Açısının Aylara Göre Değişimi.



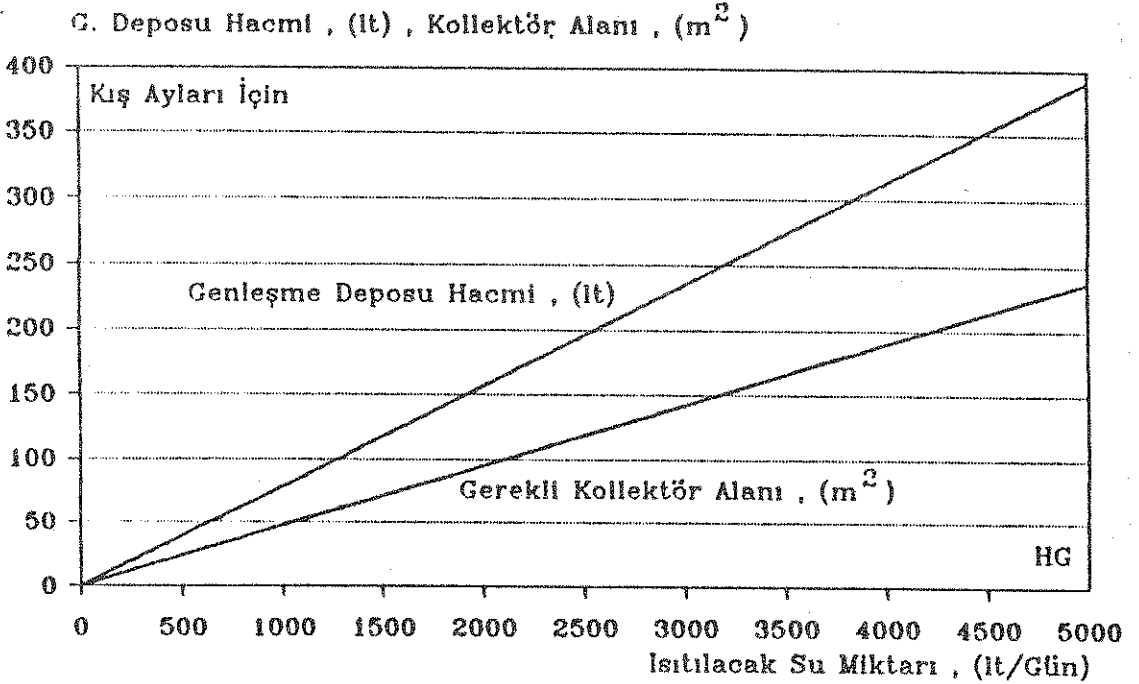
Şekil 12.Yön Düzeltme Katsayısı.



Şekil 13.Yaz Ayları için G. D. Hacmi ve K. Alanının Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.

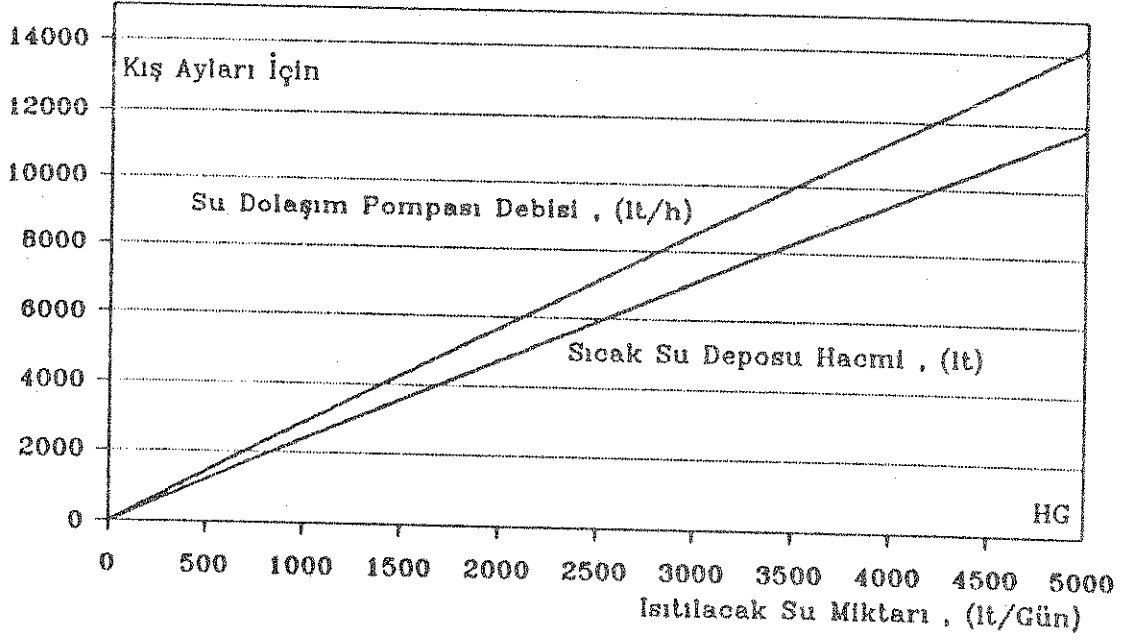


Şekil 14.Yaz Ayları için S. D. Pompası Debisi ve S. Su Deposu Hacminin Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.ü



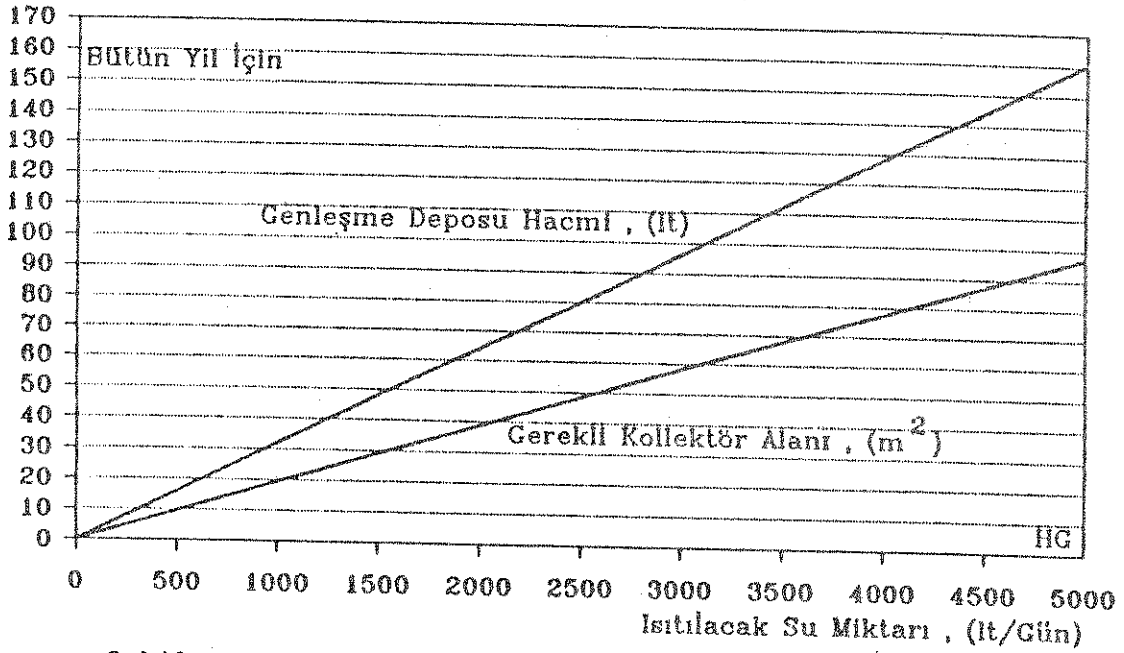
Şekil 15.Kış Ayları için G. D. Hacmi ve K. Alanının Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.

Su D. Pompası Debisi , (lt/h) , S. Su Deposu Hacmi , (lt)

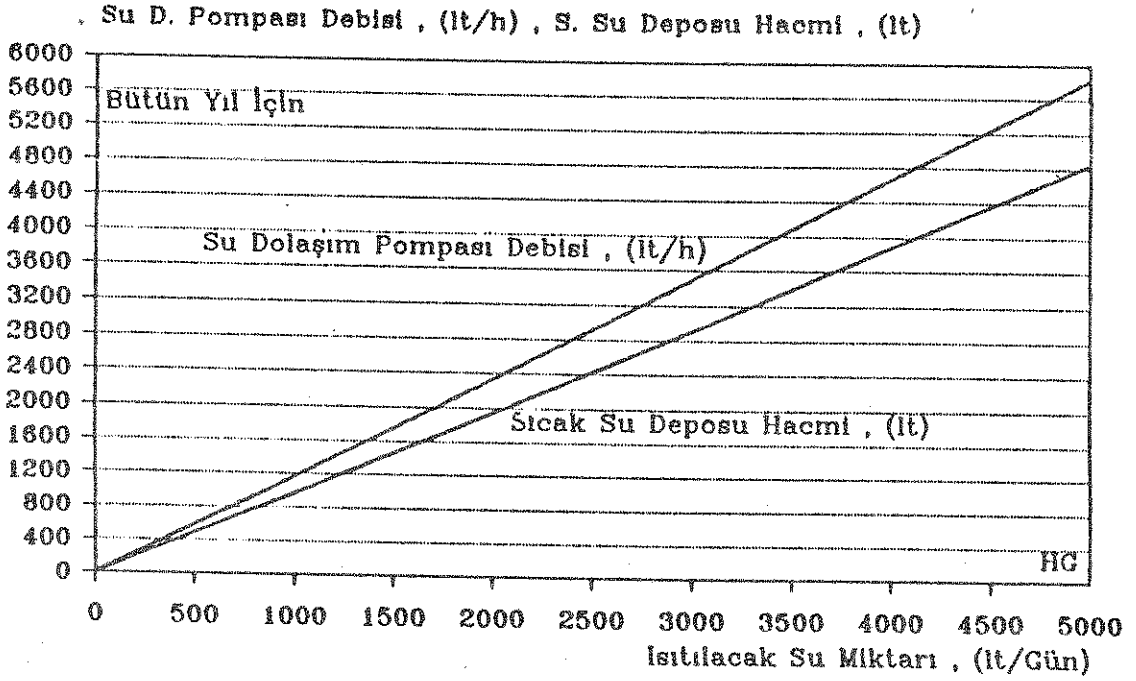


Şekil 16. Kış Ayları İçin S. D. Pompası Debisi ve S. Su Deposu Hacminin Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.

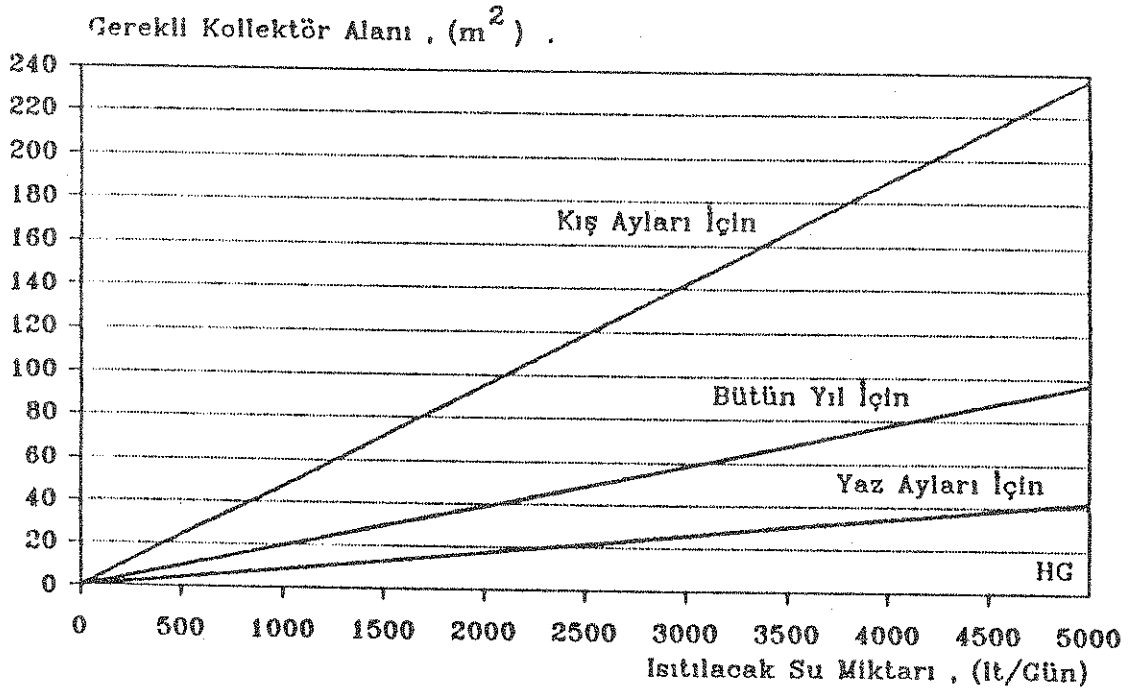
G. Deposu Hacmi , (lt) , Kollektör Alanı , (m²)



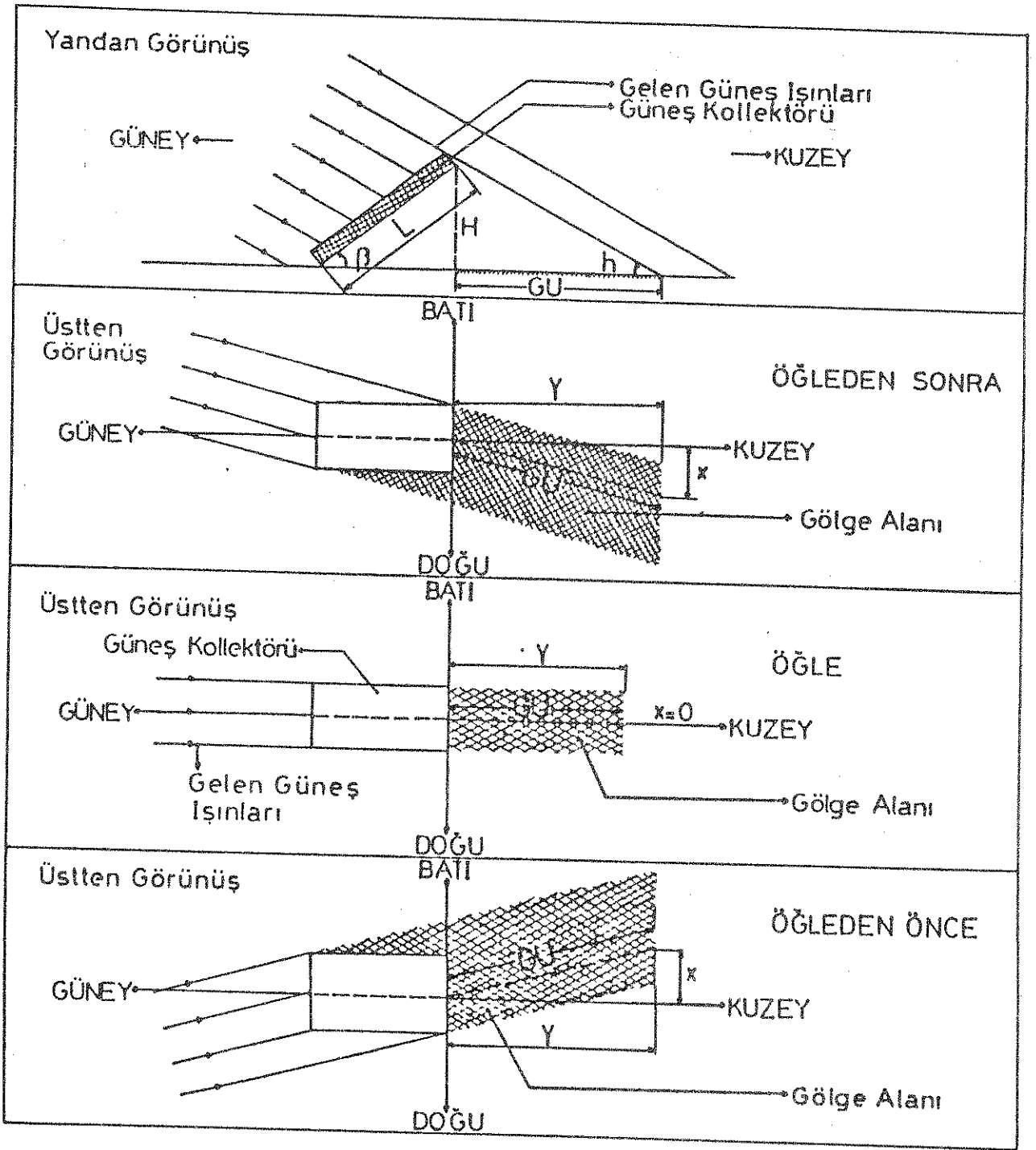
Şekil 17. Bütün Yıl İçin G. D. Hacmi ve K. Alanının Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.



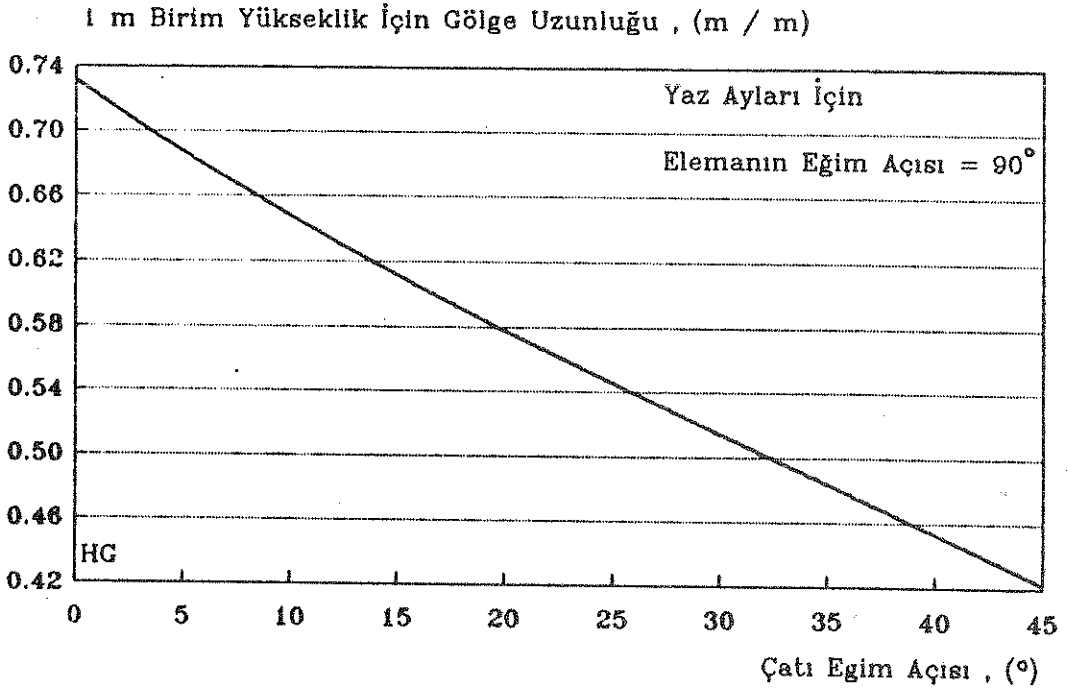
Şekil 18. Bütün Yıl için S. D. Pompası Debisi ve S. Su Deposu Hacminin Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.



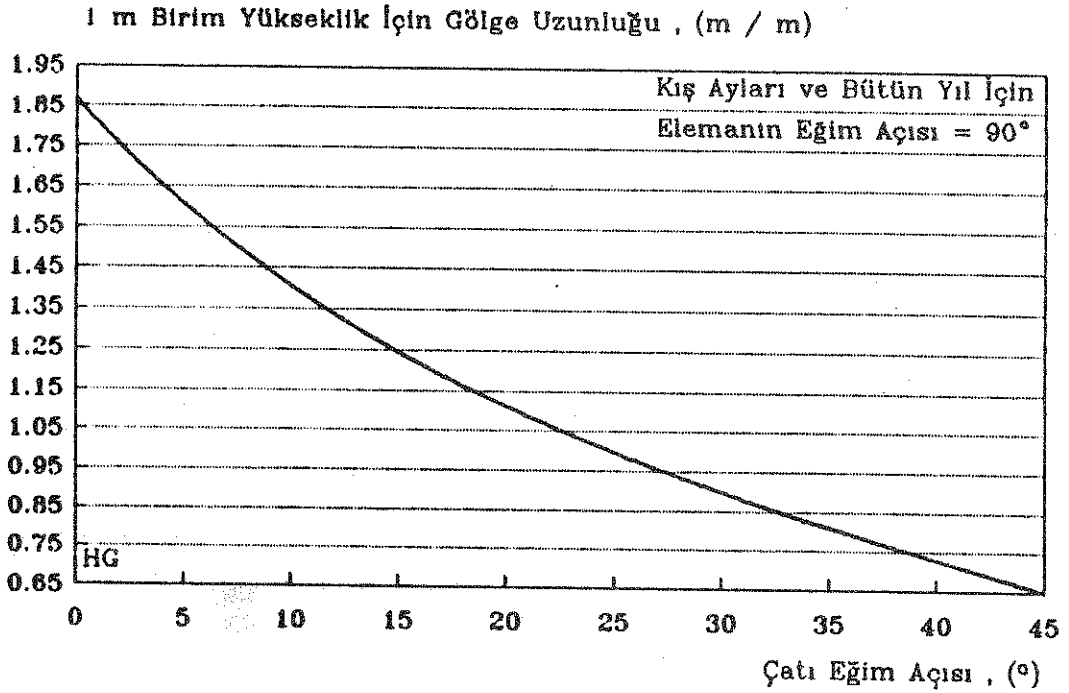
Şekil 19. Yaz ve Kış Ayları ile Bütün Yıl için Kollektör Alanının Isıtılacak Su Miktarına Göre Değişimi.



Şekil 20. Yatay Düzlemde Bulunan Güneş Kollektörünün Oluşturduğu Gölge Uzunlukları

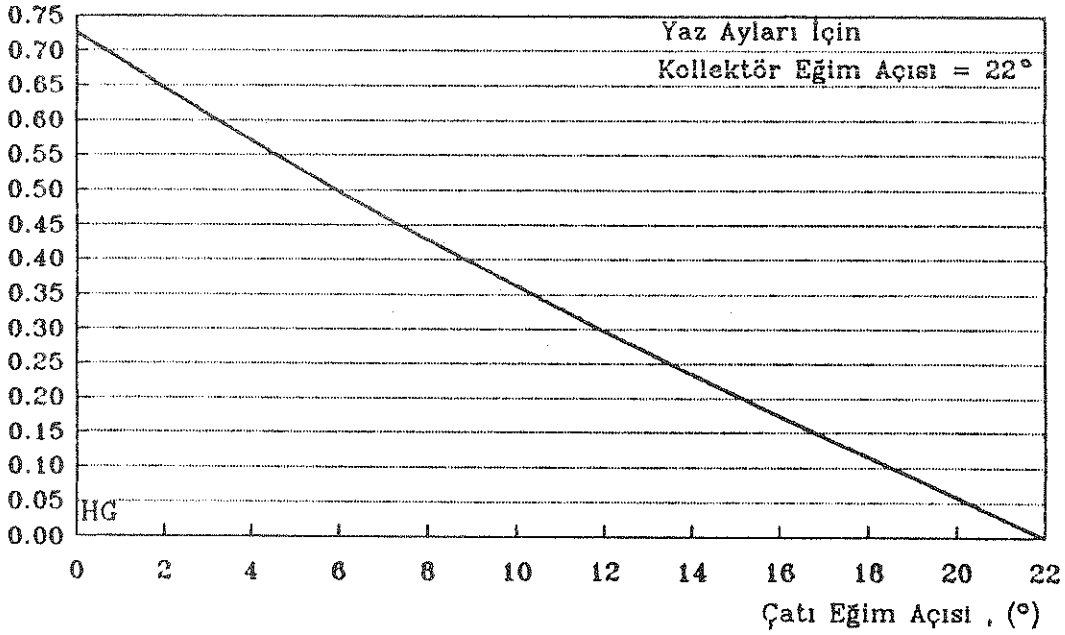


Şekil 22.Yaz Ayları için,1 m Birim Yüksekliğe Ait Yatay Gölge Uzunluğunun Çatı Eğim Açısına Göre Değişimi.



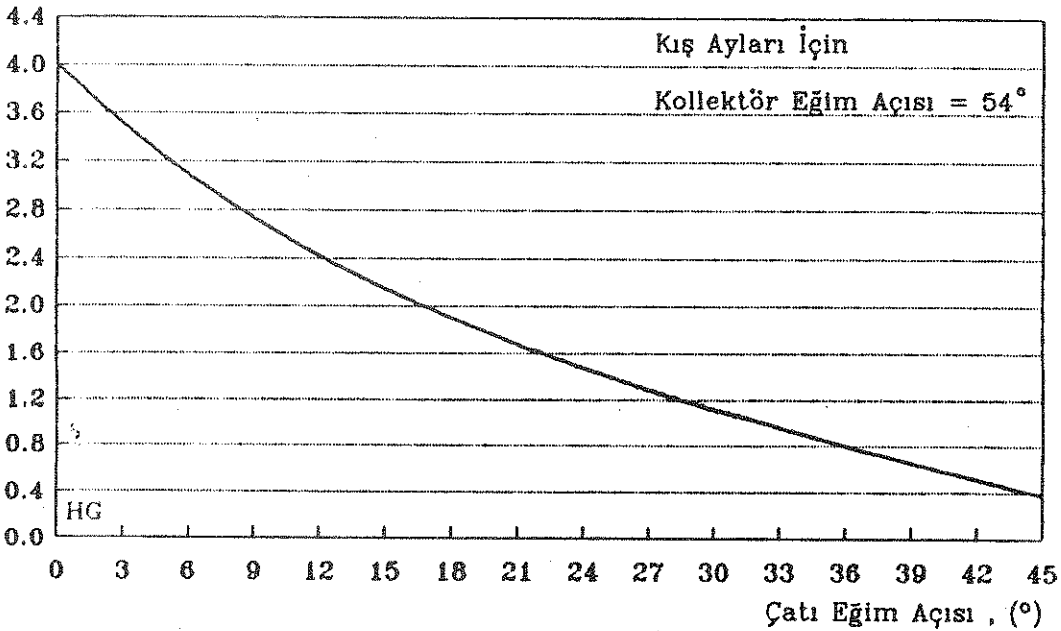
Şekil 23.Kış Ayları ve Bütün Yıl için,1 m Birim Yüksekliğe Ait Yatay Gölge Uzunluğunun Çatı Eğim Açısına Göre Değişimi.

Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Yatay Uzaklık , (m)



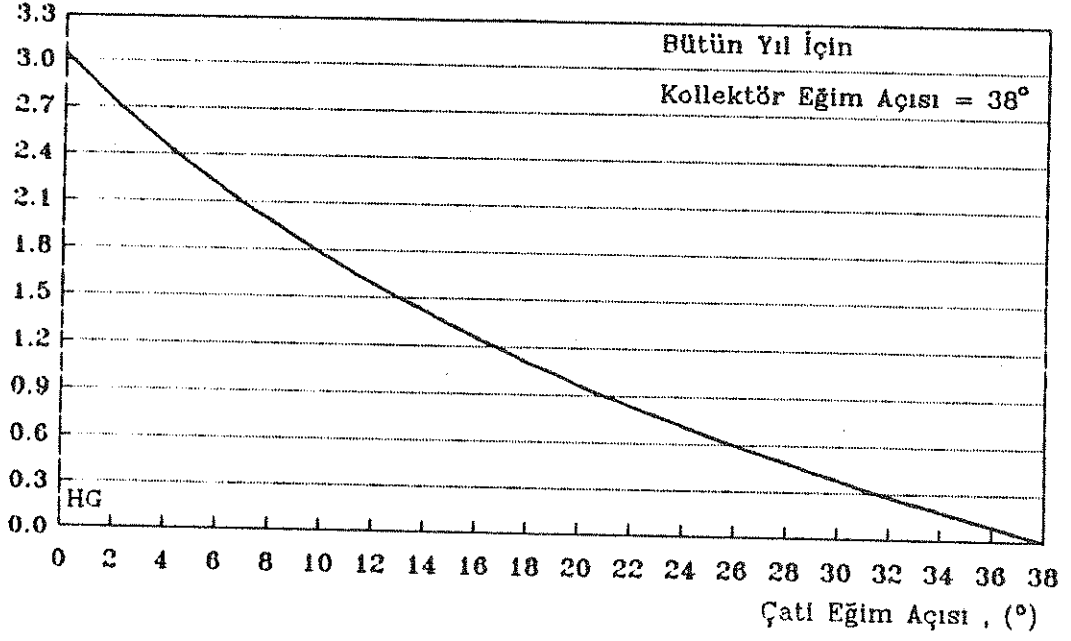
Şekil 24.Yaz Ayları İçin,Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Yatay Uzaklığın Çatı Eğim Açısına Göre Değişimi.

Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Yatay Uzaklık , (m)



Şekil 25.Kış Ayları İçin,Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Yatay Uzaklığın Çatı Eğim Açısına Göre Değişimi.

Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Yatay Uzaklık , (m)



Şekil 26. Bütün Yıl için, Arka Arkaya Dizili Kollektörler Arası Yatay Uzaklığın Çatı Eğim Açısına Göre Değişimi.