

Prof. Dr. Necdet Altuntop
Yrd. Doç. Dr. Yusuf Tekin
Mühendislik Fakültesi
Makine Müh. Bölümü
Erciyes Üniversitesi

Güneş Kolektörlerinde Isıl Verim ve Yalıtım Uygulamaları

Bu çalışmada düzlemsel güneş kolektörlerinde uygulanan ısı yalıtımı ve ısı yalıtımının güneş kolektörüne etkisi anlatılmaktadır. Bunun için öncelikle günümüzde kullanılan düzlemsel havalı ve sulu güneş kolektörleri tiplerine yer verilmiştir. Daha sonra bu kolektörlerde meydana gelen ısı kayıplarının en çok hangi kısımlarında meydana geldiği ve bunların önlenmesi için yapılan ısı yalıtımları anlatılmaktadır. Yapılan ısı yalıtımı sonucunda güneş kolektörlerinin ısı kayıp katsayıları ve ısı verimindeki etkiler ele alınmıştır.

1. Giriş

Güneş kolektörleri, güneş enerjili ısıtma sistemlerinin en önemli öğelerinden biri olup, güneş enerjisini ısı enerjisiye dönüştürürler. Bu enerji daha sonra su, hava v.b. ısı enerjisi taşıyıcı akışkana aktarılır. Günümüzde güneş enerjisinin en yaygın kullanıldığı ısı sistemleri; güneşli kullanım suyu ve yüzme havuzu suyu ısıtma sistemleri ile hacim ısıtma-soğutma ve elektrik üretimidir. Bu çalışmada, güneş kolektörlerinin verimleri ve kolektörlerde kullanılan yalıtımın ısı verime olan etkisi araştırılmıştır.

2. Güneş Kolektörleri

Güneş kolektörlerinin mevcut yapısında, alüminyum veya galvanizli sacdan yapılan dış kasa, yan ve alt kısımlarda ısı yalıtımı ve iç kısımda güneş ışınımını emen siyah yüzeyden oluşmaktadır. Kolektörün üst kısmında, cam ya da plastik esaslı saydam üst örtüler kullanılmaktadır. Kolektörlerde yapılan ısı yalıtım uygulamaları, özellikle güneş kolektörlerinin ısı verim değerlerinin yüksek veya düşük olması açısından büyük önem arz etmektedir.

Güneş kolektörlerinin değişik tipleri vardır. Bunlar:

1. Düzlemsel güneş kolektörleri,
2. Hacimsel güneş kolektörleri,
3. Vakum tüplü güneş kolektörleri,
4. Konsantratik (odaklayıcı) güneş kolektörleridir.

Konut veya işyeri olarak kullanılan binalarda güneş enerjisi sistemlerinde 99 C'den daha düşük sıcaklıklar yeterli olduğu için düzlemsel kolektörler kullanılmaktadır. 99 C'den daha yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalar da vakum tüplü kolektörler kullanılmaktadır. Konutlarda güneşli sıcak su ısıtma ve hacim ısıtma sistemlerinde en yaygın kullanılan kolektörler düzlem-

sel güneş kolektörleridir. Sıradan bir düzlemsel güneş kolektörü alt ve yan yüzeyleri yalıtılmış, üst kısmı saydam örtü ile kapatılmış, bir metal kutu içerisine yerleştirilen siyah boyalı emici yüzeyden oluşmaktadır.

2.1. Düzlemsel Güneş Kolektörleri

Düzlemsel kolektörler, su ve hava ısıtmak için kullanılmaktadır. Şekil 1'de çatıya yerleştirilmiş düzlemsel güneş kolektörleri görülmektedir. Bu kolektörlerin çeşitleri:

- 1- Düzlemsel sıcak su kolektörleri,
- 2- Düzlemsel sıcak hava kolektörleri,
- 3- Üst örtüsüz (camsız) düzlemsel sıcak su kolektörleridir.

Bu çalışmada özellikle su ısıtan düzlemsel güneş kolektörleri ve bu kolektörlerin ısı yalıtım özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

2.1.1. Düzlemsel Sıcak Su Kolektörleri

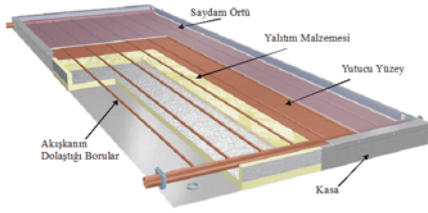
Düzlemsel sıvılı (su) güneş kolektörleri emici yüzeye bitişik boruların içerisindeki sıvıyı ısıtırlar. Türkiye'de kullanılan güneş kolektörlerinin % 95'i düzlemseldir.

2.2. Düzlemsel Güneş Kolektörlerinin Kısımları

Düzlemsel kolektörler genellikle evsel ve endüstriyel sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır. Bu kolektörler de üretilen suyun sıcaklığı 99 °C'a kadar çıkabilmekle birlikte 60 °C'den daha yüksek sıcak su üretiminde kullanılmaması tavsiye edilir.



Düzlemsel sıcak su kolektörlerinin veriminin düşmesinin sebebi kolektörde dolaşan akışkan ısındığında kolektörden çevreye ısı kayıpları da artmaktadır. Bu durum ısı veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Kolektörlerin tipine ve yapıldıkları malzemelere göre üretebilecekleri su sıcaklıkları sınırlıdır. Düzlemsel sıvılı güneş kolektörlerinin kısımları: Siyah yüzey, akışkanın dolaştığı borular, saydam yüzey (cam veya plastik); ısı yalıtım malzemesi ve taşıyıcı kasa (alüminyum, çelik vb). Şekil 2'de, bir düzlemsel güneş kolektörünün kısımları ve kolektör üzerinde-



Şekil-2 Düzlemsel kolektörün kısımları

ki yerleri görülmektedir. Şekil 3'te, düzlemsel güneş kolektörlerinin kullanıldığı doğal dolaşimli güneş enerjili su ısıtma sisteminin genel görünümü verilmiştir.

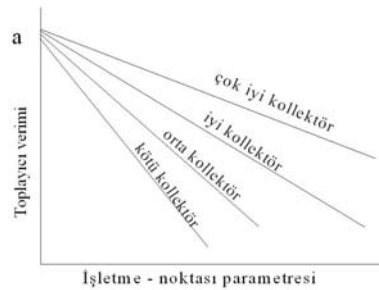
2.3. Güneş Kolektörlerinin Isıl Verimi

Güneş kolektörlerinin ısı verimleri, kolektörü oluşturan tüm kısım ve yapımında kullanılan malzemelerin kalitesine bağlıdır. Kolektörlerin ısı verimlerinin değişimi ve bu değişime bağlı olarak ısı verimlerinin iyi ya da kötü olarak adlandırılması Şekil 4'te verilmiştir. Güneş kolektörlerinin ısı verimini etkileyen faktörler, kolektör verimindeki azalmalar, kolektör üzerine gelen ışınımın miktarına göre değişmektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi güneş ışınımının miktarı arttığında kolektör verimi artmakta, düştüğünde kolektör verimi düşmektedir.

Güneş kolektörlerinin ısı verimlerinin yüksek olması için, güneş ışınımını maksimum ve dik alması gereklidir. Bunun için, kolektörlerin güneş ışınımını 90 derece dik olarak alacak şekilde açısının ayarlanması gereklidir. Şekil 6'da, güneş kolektörlerin, güneş ışınımını maksimum seviyede alabilmesi için, yerleştiriliş şekli görülmektedir.

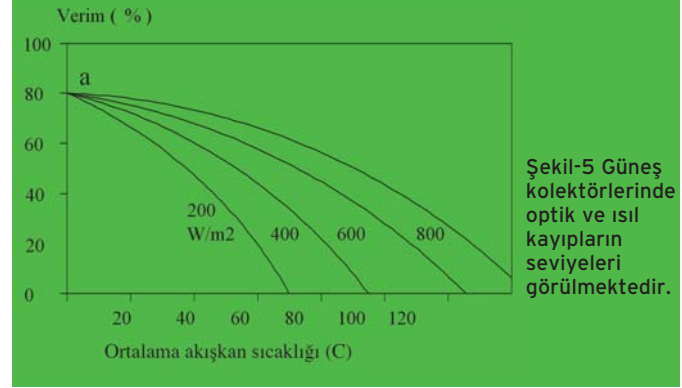


Şekil-3 Doğal sirkülasyonlu güneş enerjili su ısıtma sistemi



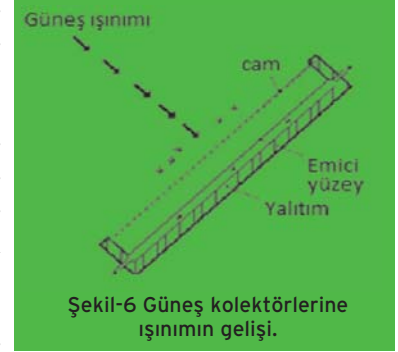
Şekil-4 Güneş kolektörlerinin ısı verim eğrilerinden özelliklerinin belirlenmesi

Güneş kolektörlerinde meydana gelen kayıplar, optik ve ısı kayıpları olmak üzere iki türdür. Optik kayıpların mertebesi, kolektörün üst kısmına konulan saydam örtünün özelliklerine bağlıdır. Kolektörlerin üst, alt ve yan kısımlarından meydana gelen ısı enerji kayıplarıdır. Şekil 5, 7 ve 8 de verilen "a" noktası optik verimi göstermektedir. Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde kolektör sayısının hesabında, optik verim sürekli olarak sağlanan verim değeri değildir. Bu sebepten, hesaplamalarda kolektör verimi olarak, Şekil 8 de "b" noktası olarak adlandırılan günlük ortalama verim değerinin dikkate alınması gereklidir. Şekil 8'de optik verim "a" ve günlük ortalama ısı verim "b" noktaları görülmektedir.



Şekil-5 Güneş kolektörlerinde optik ve ısı kayıplarının seviyeleri görülmektedir.

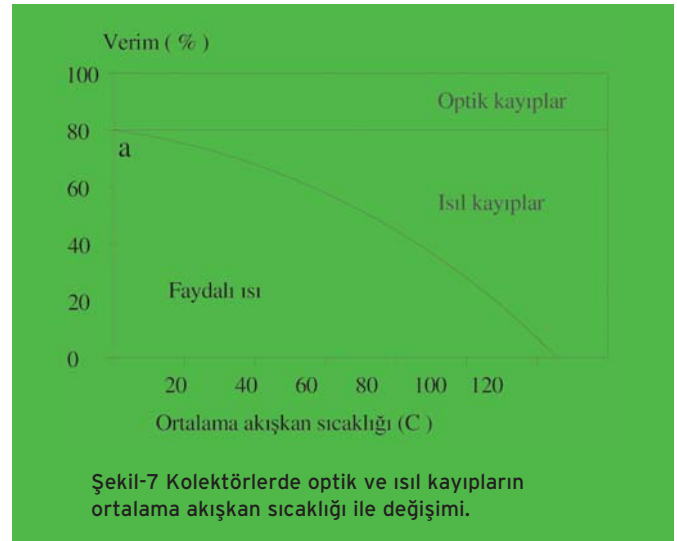
Özellikle Şekil 7'de görüldüğü gibi kolektördeki ortalama akışkan sıcaklığı arttığında, kolektörün ısı verimi iyi değilse, ısı veriminin hızlı bir şekilde düştüğü görülmektedir. Güneş kolektörlerinde optik verimin düşmesinin en önemli sebebi kullanılan camların düşük ışınım geçirgenliğidir. Kolektörlerde kullanılan kaliteli camların ışınım geçirgenliği % 90+92 civarında ve kalitesiz olanları % 75+80 civarındadır.



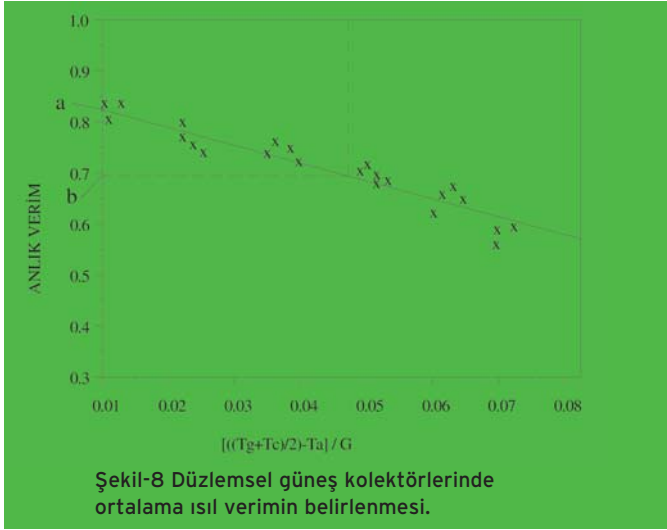
Şekil-6 Güneş kolektörlerine ışınımın gelişimi.

2.3.1. Güneş Kolektörlerinde Isı Yalıtımı

Güneş kolektörlerinde en fazla kullanılan ısı yalıtım malzemeleri; camyünü, taş yünü ve poliüretandır. Bu malzemelerin teknik özelliklerinin karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir. Bu malzemelerden, fiyatının ve teknik özelliklerinin uygunluğundan dolayı en yaygın olarak kullanılanı cam yünüdür.



Şekil-7 Kolektörlerde optik ve ısı kayıplarının ortalama akışkan sıcaklığı ile değişimi.



Düzlemsel güneş kolektörlerinde kullanılan yalıtım malzemesi kalınlığı en az alt kısmında 50 mm ve yan kısmında 30 mm olmalıdır. Yalıtımın tek parça olması, birleşim yerlerinden ısı kayıplarının önlenmesi açısından önemlidir. Güneş kolektörlerinde ısı yalıtım malzemesi seçiminin temel kriteri: $k_y / l_y > 0.5$ olmalıdır.

Düzlemsel kolektörlerde çevreye ısı kaybı kolektörlerin üst, alt ve yan yüzeylerinden olur. Bu kolektörlerde, genellikle ısı kaybının % 80 civarında bir kısmı, kolektörün yalıtımsız üst kısmında, geriye kalan kısmın üçte ikisi alt, üç'te biri ise yan kısımlardan gerçekleşir.

$$K = K_{üst} + K_{alt} + K_{yan}$$

şeklinde yazılabilir.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin cesidi	Birim hacim kütle ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnci faktörü μ ⁴⁾
10.3.3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar.			
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük TS 1293, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun Isıl iletkenlik grupları 025 030 035 040	(≥ 30)	0,025 ⁵⁾ 0,030 0,035 0,040	30-100
10.5	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10)'ye uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050	(8-500)	0,035 0,040 0,045 0,050	1

Kolektör alt ve yan kısımlarından ısı kayıpları yalıtım malzemesinin kalınlığına ve ısı iletim katsayısına bağlıdır. Değeri 'K_{üst}' parametresine göre oldukça küçüktür. Çünkü kolektör üst yüzeyi saydam örtüden dolayı yalıtım yapılamamaktadır. 'k' yalı-

tım malzemesi ısı iletim katsayısı, L yalıtım malzemesi kalınlığı, h taşınım film katsayısı olmak üzere kolektörlerin alt ve yan kısımlarından toplam ortalama ısı geçiş katsayısı;

$$K_{alt} = 1 / ((1/h) + (L/k)) \quad \text{bağıntısıyla hesaplanabilir.}$$

Kolektörün üst kısmından ısı kayıp katsayısının iteratif metotlarla hesaplanması uzun işlemleri gerektirmektedir. Pratikte aşağıda verildiği gibi basit bağıntılar tercih edilmektedir. Bu bağıntı;

$$K_{üst} = \left\{ \frac{N}{\left[\frac{C}{T_y} \frac{T_y - T_{\text{gev}}}{N + f} \right]^{0.3a} + h_{td}} \right\}^{-1} + \frac{\sigma(T_y + T_{\text{gev}})(T_y^2 + T_{\text{gev}}^2)}{[\epsilon_L + 0.05N(1 - \epsilon_L)]^{-1} + \frac{2N + f - 1}{\epsilon_S} - N}$$

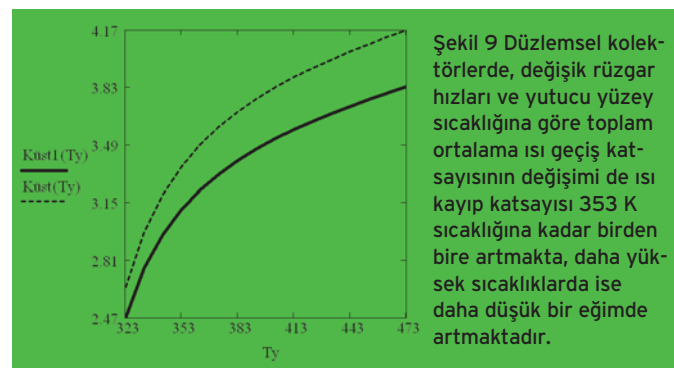
Bu bağıntı ile maksimum $\pm 0,25 \text{ W/m}^2\text{°K}$ hata ile bulunabileceğini belirtmektedir. Burada,

$$h_{td} = 5,7 + 3,8V$$

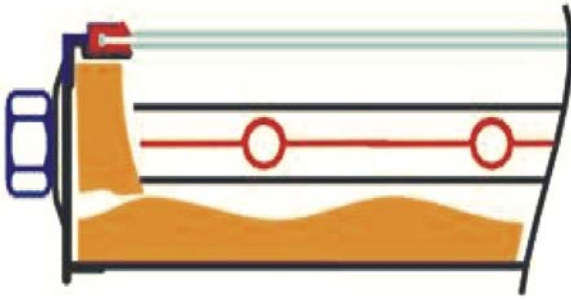
$$f = (1 - 0,04 * h_{td} + 0,0005 * h_{td}^2)(1 + 0,091N)$$

$$C = 250 * (1 - 0,0044 * (s - 90))$$

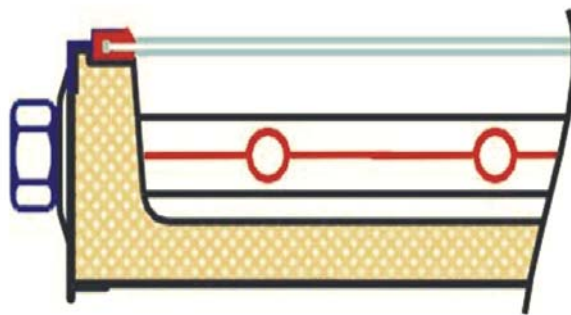
olup, V (m/s) rüzgar hızı, s(drc) kolektör eğimi, N saydam örtü sayısı, ϵ_L yutucu yüzeyin ışınım yama oranı, ϵ_S saydam örtünün ışınım yama oranı T_y ve T_{gev} sırası ile yutucu yüzey ve çevre sıcaklıklarıdır. Saydam örtü sayısının birden fazla ise yukarıdaki denklemin kullanılabilmesi için saydam örtülerin aynı tip olması gerekir. Teorik olarak hesaplanması çok zor olan toplam ortalama kolektör ısı geçiş katsayısı, K; kolektör test çalışması sonucunda elde edilen verim eğrisinden kolayca tespit edilebilmektedir. Kolektörün verimi, giriş suyu sıcaklığı, çevre sıcaklığı, debi ve ışınım değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Toplam ısı kayıp katsayısı da bu parametrelere bağlı olarak değişim gösterir. Pratik olarak verim eğrisinin eğimi toplam ısı kayıp katsayısı değerini verir. Toplam ısı kayıp katsayısı ve bu eğrinin verim eksenini kestiği noktadaki maksimum verime (ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısının 0 kabul edildiği yani hiç ısı kaybının olmadığı durum) göre kolektörlerin iyi veya kötü olduğuna karar verilmektedir.



Şekil 9'da dış ortam rüzgar hızının 5 ve 10 m/s olduğu iki farklı durumda kolektör yüzey sıcaklığına göre kolektör üst ısı kayıp katsayısının değişimi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kesik çizgilerle gösterilen 10 m/s rüzgar hızında kolektörün üst kısmında meydana gelen ısı kaybı yüzey sıcaklığına göre asimptotik olarak artmaktadır. Her iki eğride Poliüretan tek parça ve sert tabaka halinde olduğu için cam yününe ortaya çıkan durum burada söz konusu değildir. Cam yününe en büyük problemleri ise max. 80 °C'a dayanabilmesi, seçici yüzeyli kolektör kullanıldığında, cam poliüretan ile sıcak seçici yüzeyin arasına taş yünü gibi yüksek sıcaklığa dayanabilecek bir malzeme konulması gerekmektedir. Ayrıca poliüretan malzemenin güneş ışınımından aşırı şekilde olumsuz etkilenmesi durumu söz konusudur. Kolektör imal edilirken, poliüretan yalıtımın kesinlikle güneş ışığı görmeyecek şekilde düzenlemelerin yapılması gereklidir.



Şekil-10 Cam yünü veya taş yünü gibi parçalı ısı yalıtımı uygulamaları.



Şekil-11 Poliüretandan yapılan tek parça yalıtım uygulaması.

Sistem verimi (η_{sis}), uygulamada % 80 + 85 arasında alınmaktadır. Bu değer, tesisatta kullanılan toplam boru uzunluğuna, boruların yalıtımına, sıcak su tanklarının yalıtım durumuna göre değişmektedir [2].

3. İrdeleme ve Sonuçlar

Günümüzde kullanılan düzlemsel güneş kolektörlerinde uygulanan ısı yalıtım malzemelerinin, ısı enerji kayıpları ve ısı verime olan etkileri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda;

- Kolektörlerde ısı kayıplarının, iyi ve kaliteli ısı yalıtımı uygulamaları ile azaltılması ile kolektör verimi artmaktadır. Bu nedenle kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin ısı kayıp katsayılarının düşük olması ve zamanla özelliklerini kaybetmemesi gerekmektedir.
- Düzlemsel hava ve su güneş kolektörlerinin ısı yalıtımında yaygın olarak cam yünü, taş yünü veya poliüretan sert köpük yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Bu malzemelerin her birinin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır.
- Bu yalıtım malzemelerinden poliüretan köpük yalıtım malzemesinin yüksek sıcaklıklara maruz kalmayacak şekilde kullanılması gereklidir. Aksi takdirde, zarar görebilmektedirler.

Semboller

k : Isı iletim katsayısı (w/mK)

K : Toplam ısı geçiş katsayısı (W/m²K)

h : Isı aktarım katsayısı (W/m²K)

s : kolektör eğimi (drc)

N : saydam örtü sayısı

ϵ : Işınım yayma oranı

T : Sıcaklık (K)

y : yüzey

L : yutucu yüzey

ϕ : çevre

Kaynaklar,

1. Duffie, J.A. and W.A. Beckman. 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley and Sons. N.Y.
2. Kılıç, A. ve A. Öztürk. 1983. Güneş Enerjisi. İTÜ, Kipaş Dağıtımçılık. Çağaloğlu-İstanbul, 331 s.
3. Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdalli, Y., "Solar Water Heating Systems", TUBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, (1997).
4. ALTUNTOP N. and TEKİN Y., "The Solar Space Heating Application in Erciyes University Sport Center and First Experimental Results", Eurosun2002, European Solar Congress, June 23-26, 2002, Bologna, ITALY.
5. ALTUNTOP N., TEKİN Y. ve METOVİÇ S., "Düzlemsel Kolektörlerin Birim Yüzeyi Tarafından Emilen Güneş Işınımının Belirlenmesi İçin Bir Diyagram", 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 8-10 Eylül 1999, Sakarya, TÜRKİYE.