

T.C.

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Anabilim Dalı

t  
190

T. C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

GÜNEŞ IŞINIMI, TERMOSİFON AKIŞLI TOPLAÇ -  
AYNA SİSTEMLERİNDE ISIL VE AKIŞ ANALİZİ

Doktora Tezi

Kemal Taner

Danışman:

Prof.Dr. Tolga Yarman (25.12.1984- 17.7.1986)

Prof.Dr. Battal Kuşhan (25.11.1986- .... )

T. C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

Eskişehir - 1987

## BÖLÜM II

### DÜZLEM GÜNEŞ TOPLAÇLARI

II.1-	Tonlaç Performansının Sürekli Hal Modeli .....	38
II.2-	Termosifon Akış .....	43
II.3-	Termosifon Akış Analizi .....	50
II.4-	Termosifon Akıslı Düzlem Güneş Tonlaçlı Sıcak Su Üretim Sistemlerinin Verimi .....	54
II.5-	Termosifon Akıslı Düzlem Güneş Tonlaçlı Sıcak Su Üretim Sistemi ile Yapılan Deneyler .....	56

## BÖLÜM III

### DÜZLEM TOPLAÇ AYNA YANSITICI SİSTEMLERİ

..... 62

## BÖLÜM IV

### ESKİŞEHİR İLİN'DE UYGULAMA

IV.1-	Işınım Modellerinin Denenmesi (Program I) .....	68
IV.2-	Deney Tesisatı, Ölçümler .....	81
IV.3-	Aynalı Tonlaçın Kazandığı Enerjinin Teorik ve Deneysel Hesabı (Program II) .....	95
IV.4-	Termosifon Akış Modeli, Bu Modelden Elde Edilen Ortalama Depo Sıcaklığı, Verim, Debi.....	106
IV.5-	Sonuç .....	116
	Yararlanılan Kaynaklar .....	119
Ek Ia-	Beş Ayrı Model ile Açık ve Bulutlu Gökyüzünde Güneş Işınımını Hesaplayan Bilgisayar Programı Açıklaması (PI) .....	127
Ek Ib-	Program II'deki Işınım Hesabında Kullanılan Formülasyon .....	129
Ek Ic-	Çeşitli Modellere Göre Güneş Işınımını Hesaplayan Programın Listesi .....	130
Ek IIa-	Güneş Işınımını, Tonlaçtan Elde Edilen Faydalı Isı, Debi, Verim ile Aynanın Sağladığı Faydalı Isıyı Hesaplayan Bilgisayar Programı Açıklaması .....	134

Ek IIB-	Güneş Isınımı, Tonlaçtan Kazanılan Paydalı Isı, Yansıtıcı Etikisini Teorik ve DeneySEL Verim ve Debiyi Teorik Hesaplayan Bilgisayar Programı Listesi ( P II ) .....	137
Ek IIIa-	Termosifon Akışlı Düzlem Güneş Toplacında Güneş Isınımı, Çevre Sıcaklığı ve Depo ilk Sıcaklığından; Ortalama Depo Sıcaklığı, Verim ve Debiyi Belerli Zaman Aralıklarında Hesaplayan Program ( P III ) .....	147
Ek IIIb-	Termosifon Akışlı Düzlem Güneş Toplacı, Teorik Sıcaklık, Verim, Debi Hesaplayan Program .....	149
	Özgeçmiş .....	153

## SUMMARY

In the first chapter, mathematical models which give solar radiation intensities incident on earth surface, are studied. A formulation which predicts direct, diffuse, reflected and global solar radiation intensities on clear and cloudy skies, including solar and inclined plane angles, total air pressure, precipitable water vapour layer, hourly percentage of duration of sunshine, type and amount of clouds is investigated.

Solar radiation is attenuated via absorption by  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , water vapour, ozone, dust and aerosol and scattering from the air molecules, dust particules. Diffuse and global solar radiation intensities can be calculated on clear skies by using sunshine hours and data related to clouds. Actual radiation can also be calculated.

In the second chapter, thermosphon head, frictional and local losses, heat balance of system are studied.

In thermosphon flow, water circulation between collector and storage tank, collector inlet, outlet and storage tank average temperatures, collector instantaneous efficiency calculations are undertaken via appropriate formulas. Collector overall heat transfer coefficient, effective absorption-transmission product, heat removal factor, plate fin efficiency, characteristic values are then used.

In the third chapter, increased collector energy by adding a specular reflector in a suitable geometry is targeted. The formulation of augmented surface on the collector by reflected rays and then the formulation of energy which is absorbed by the plate and useful collected solar energy are achieved.

Dördüncü Bölüm'de, Eskişehir ilinde güneş ısınımının bulunması için altı ayrı model, iki bilgisayar programı yazılarak denenmiş ve modeller karılmıştır. İkinci program içinde yer alan model tatminkar sonuçlar vermiştir. Bu program içinde aynı zamanda aynalı ve aynasız toplaçların faydalı ısı hesabı da yer almaktadır. Programda veri olarak deneylerden alınmış, her iki toplacın giriş, çıkış, depo ortalama sıcaklıkları ve çevre sıcaklığı, toplaç ve ayna eğim açıları kullanılmıştır.

İki camlı,  $0,5 \text{ m}^2$  yüzeyli, 40 lt su alabilen depolu iki adet toplacın, birisinin üzerine  $1 \times 1 \text{ m}^2$  ebadında ayna yansıtıcı yerleştirilmiş, belli tarihlerde sabah su verilerek akşama kadar sıcaklıklar ölçülmüştür. Sonuç olarak, ortalama  $40^\circ\text{C}$  ortalama depo sıcaklığı elde edilmiştir. Aynalı toplacın deposundaki su sıcaklığı aynasız toplaca oranla 2 ila  $5^\circ\text{C}$  fazla bulunmuştur.

Üçüncü bir bilgisayar programında veri olarak ikinci programdan elde edilen eğik toplaç yüzüne gelen ve levhanın yuttuğu enerjiler ile çevre sıcaklığı veri olarak kullanılmıştır. Bu programda, ikinci bölümdeki formülasyondan yararlanılmış her yarım saat için debi, verim, ortalama depo, toplaç giriş, çıkış ve levha sıcaklıkları bulunmuştur. Sonuçlar deneylerden elde edilen değerler ile karşılaştırılmış ve tatminkar bulunmuştur.

## TEŞEKKÜR

1978 senesin'den beri güneş enerjisi ve uygulamaları konusunda çalışmaktayım. Bu araştırmama 1980 senesinde başladım. Çalışmalarımda bana yardım ve teşviklerini esirgemiyen hocam Prof. Dr. Ali Aydemir'e, danışmanım Prof. Dr. Battal Kushan'a, makina atölyesi çalışanlarına teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tablo (4.6)- Deney ile Ölçülen Toplaç Giriş, Çıkış, Depo ve Çevre Sıcaklıkları .....	87
Tablo (4.7)- Deney Depo Sıcaklıklarının Formül- lerden Elde Edilen Depo Sıcaklık- ları ile Karşılaştırılması (14.7.1982)...	85
Tablo (4.8)- Toplaç Parametresi, Verimi ve Üç Ayrı Metod ile Elde Edilen Debilerin Gün Boyu Değişimi .....	85
Tablo (4.9)- 14.7.1982 Tarihinde Aynasız ve Ay- nalı Toplaçlardan Elde Edilen Fayda- lı Isılar (Deneysel), Aynasız ve Ay- nalı Toplaç Levhalarının Yuttuğu E- nerjiler (Teorik) .....	102
Tablo (4.10)-21.10.1981 Tarihinde Berrak ve Bu- lutlu Gökyüzünde Çeşitli Işınımlar .....	102
Tablo (4.11)-1981-82 Döneminde 0,5 m <sup>2</sup> çift Camlı Basit Düzlem Toplacın 40 lt lik De- posunda Deney Sonu Depo Ortalama Sı- caklıklarının Teorik ve Deneysel So- nuçları .....	109
Tablo (4.12)-Depo Ortalama Sıcaklığının Gün Bo- yu Değişimi (24.10.1981) .....	107
Tablo (4.13)-Verim ve Debinin Değişimi (Ayna- sız Toplaç için Deneysel ve Teorik) 24.10.1981 .....	107
Tablo (4.14)-Aynalı Toplaç için Depo (Deneysel ve Teorik) Giriş,Çıkış ve Levha Sıcaklıklarının (Teorik) Değişimi (24.10.1981) .....	114
Tablo (4.15)-Aynalı Toplaç için Verim ve Debi- nin Değişimi, Deney Sonuçları ile karşılaştırılması (24.10.1981) .....	115

## ŞEKİLLER

### BÖLÜM I

Sayfa

Şekil (1.1)- Güneş Işınımının Bulutlardan Yansıması .....	30
---	----

### BÖLÜM II

Şekil (2.1)- Düzlem Toplaç Yutucu Levhası .....	38
Şekil (2.2)- Termosifon Akıslı Düzlem Güneş Toplacı Sıcak Su Üretim Sistem Şeması .....	44
Şekil (2.3)- Termosifon Akıslı Düzlem Güneş Toplacı Sıcak Su Üretim Sisteminde Yükseklik-Sıcaklık Diağramı .....	51
Şekil (2.4)- Termosifon Akıslı Güneşli Su Isıtıcısının Şeması ve Yükseklik-Sıcaklık Diağramı (Deposu Bölünmüş Hal) .....	52

### BÖLÜM III

Şekil (3.1)- Düzlem Güneş Toplaç- Yansıtıcı Düzenegi Genel Görünüş Resmi, Gelen, Yansıyan Işın ve Açılar .....	62
Şekil (3.2)- Maksimum Kış Toplaması İçin Toplaç- Yansıtıcı Sistemi .....	66
Şekil (3.3)- Maksimum Yaz Toplaması İçin Toplaç Yansıtıcı Sistemi .....	67

### BÖLÜM IV

Şekil (4.1)- Çeşitli Modellerden Elde Edilen Toplam Işınımın Günlük Değişimi ( 21.10.1981 Eskişehir) .....	72
Şekil (4.2)- Model 3.2'den Elde Edilen Yayılı Direkt ve Toplam Işınımın Gün Boyu Değişimi ( 21.10.1981 Eskişehir) .....	73
Şekil (4.3)- Eskişehir'de Yansıyan, Yayılı, Direkt ve Toplam Güneş Işınımının Gün Boyu Değişimi (24.10.1981) .....	75



Şekil (4.4)- Eskişehir'de Berrak Gökyüzünde Yansıyan, Yayıllı, Direkt ve Toplam Isınım- lar (28.5.1982) .....	76
Şekil (4.5)- Eskişehir'de Bulutlu Gökyüzünde Yan- sıyan, Yayıllı, Direkt ve Toplam İsi- nımın Günlük Değişimi .....	77
Şekil (4.6)- Teorik Model Isınım Sonuçlarının Me- teoroloji Ölçümleri ile Karşılaştı- rılması (14.6.1982) .....	78
Şekil (4.7)- Eskişehir'de Teorik Model Isınım So- nuçları, Isınım Şiddeti ile Güneşlen- me Kesri Ölçümleri .....	80
Şekil (4.8)- Düzlem Güneş Toplacı .....	82
Şekil (4.9)- Aynalı ve Aynasız Düzlem Güneş Top- laçların Birbirine Eşdeğer Depoları (Depo Hacmi 40 lt) .....	83
Şekil (4.10)-Deney Tesisatı Şematik Resmi (Aynalı Toplaç, Deposu, Sıcaklık Kaydedici).....	86
Şekil (4.11)-Toplacın Perspektif ve Aynalı Topla- cın Yandan Görünüş Resmi .....	87
Şekil (4.12)-9 °, 12 °, 14 °, ve 16 ° Saatlerinde Sıcaklık- Yükseklik Diğramları ( 28.5.1982) .....	90
Şekil (4.13)-Toplaç Veriminin Toplaç Parametresi ile Değişimi (Verim Doğrusu) .....	91
Şekil (4.14)-Sene Boyunca (Ekim 1981- Ekim 1982) Deney Sonu Depo Sıcaklığının, Termo- sifon akış formülasyon sonuçları ile karşılaştırılması .....	92
Şekil (4.15)-Toplaç-Ayna Düzeneginin Aydınlanan Toplaç Alanı Hesabında Kullanılan Martık .....	96
Şekil (4.16)-28.5.1982 Tarihinde Aynasız ve Ayna- lı Toplaç Yutucu Levhalarının Yuttu- ğu Enerjilerin Günlük Değişimi .....	97
Şekil (4.17)-24.10.1981 Tarihinde Aynasız ve Ay- nalı Toplacın Yutucu Levhalarının Yuttuğu Enerjilerin Günlük Değişimi .....	98
Şekil (4.18)-Aynalı ve Aynasız Toplaçların Fayda- lı ısılarının Günlük Değişimleri 28.5.1982.	99

Şekil (4.19)- Aynalı ve Aynasız Toplaçların Sağladığı Faydalı Isının Gün Boyu Değişimi (24.10.1981) .....	103
Şekil (4.20)- 1981-82 Döneminde Aynasız ve Aynalı Toplaç Denolarının Elde Edilen Maksimum Ortalama Sıcaklıkları .....	105
Şekil (4.21)- Toplaç- Depo Sistemi Gidiş Dönüş Boru Uzunlukları .....	108
Şekil (4.22)- Toplaç Gidiş ve Dönüş Borularındaki Lokal Kayıp Katsayıları .....	110
Şekil (4.23)- Aynasız Toplaç Deposunun Ortalama Sıcaklığının Günlük Değişimi (24.10.1981) .....	112
Şekil (4.24)- Aynalı Toplacın Levhasında Yutulmuş Enerjinin ve Toplaca Gelen Isının Şiddetinin Değişimi (24.10.1981) .....	114

SEMBOLLER

$I_o$	- Güneş sabiti	(W/m <sup>2</sup> )
$I_a$	- Atmosfer dışı ışınım şiddeti	(W/m <sup>2</sup> )
$N$	- Senenin gün sayısı ( 1 Ocak da N = 1 )	( - )
$\varnothing$	- Enlem açısı	( ° )
$\delta$	- Deklinasyon açısı	( ° )
$w_{gb}$	- Gün batış saat açısı	( ° )
$w_s$	- Saat açısı	( ° )
$y$	- Güneş yükseklik açısı	( ° )
$a_g$	- Güneş azimut açısı	( ° )
$r$	- Gerçek Güneş-Dünya mesafesi	(km)
$\bar{r}$	- Ortalama Güneş-Dünya mesafesi	(km)
$e$	- Yörünge elipsinin eksantrisitesi	(km)
$\Omega_w$	- Dünyanın Güneş etrafında dönme açısal hızı	( o/gün)
$\chi'$	- 1 Ocak ile 3 Ocak arasındaki jeosantrik boylamlar farkı ( 1,735°)	( ° )
$w_{gd}$	- Gün doğuş saat açısı	( ° )
$\lambda_a$	- Gün sayısının fonksiyonu olan bir açı	( ° )
$\lambda$	- Işınım dalga boyu	( m )
$m$	- Optik hava kitlesi	( - )
$I_\lambda$	- $\lambda$ dalga boyundaki m hava kitlesinden geçtikten sonraki ışınım	(W/m <sup>2</sup> m )
$I_{0\lambda}$	- $\lambda$ dalga boyundaki atmosfer dışı ışınım	(W/m <sup>2</sup> m )
$C_\lambda$	- $\lambda$ dalga boyunda ışınım sönüm faktörü	( - )
$C_1, C_2, C_3$	- Saçılma, Ozon ve aerosolden dolayı ışınım sönüm faktörü	( - )
$u_{H_2O}$	- Yoğuşabilir su buharı tabaka kalınlığı	( cm )
$\tau_D$	- Temiz gökyüzünde direkt güneş ışınımı geçirgenliği	( - )

$I_{Dn}$	- Güneş ışınına dik yüzeyin aldığı direkt güneş ışınımı bileşeni	( $W/m^2$ )
$I_{On}$	- Atmosfer dışında yüzeye dik direkt güneş ışınımı	( $W/m^2$ )
$\tau_{\lambda}$	- $\lambda$ dalga boyunda geçirgenlik	( - )
$\tau_{\lambda_s}$	- Saçılmadan dolayı spektral geçirgenlik	( - )
$\tau_{\lambda_y}$	- Yutmadan dolayı spektral geçirgenlik	( - )
$m^*$	- Basınç düzeltmeli hava kitlesi	( - )
$\alpha_{O_2}$	- Oksijen yutma oranı	( - )
$u_{CO_2}$	- Karbondioksit tabaka kalınlığı	( cm )
$\alpha_{CO_2}$	- Karbondioksit yutma oranı	( - )
$u_{O_3}$	- Ozon tabaka kalınlığı	( cm )
$\alpha_{O_3}$	- Ozon yutma oranı	( - )
$\lambda_B$	- Boylam açısı	( $^{\circ}$ )
$\times_1$	- Relatif hava kitlesi Ozon tabaka kalınlığı çarpımı	( cm )
$\theta_z$	- Güneş zenit açısı	( $^{\circ}$ )
$\tau_{O_3}(\lambda)$	- Ozon tabakası geçirgenliği	( - )
$C_{O_3}$	- Bir katsayı	( - )
$a_{O_3}$	- Düşeydeki integre edilmiş ozon miktarı	( cm )
$p$	- Bulunulan yerin hava basıncı	( mbar )
$p_o$	- Referans basıncı	( mbar )
$\alpha_{H_2O}$	- Su buharı yutma sayısı	( - )
$\times_2$	- Relatif hava kitlesi su buharı kalınlığı çarpımı	( cm )
$T_d$	- Hava çiy noktası sıcaklığı	( $^{\circ}C$ )
$T_o$	- Referans hava sıcaklığı	( $^{\circ}C$ )
$T$	- Bulunulan yerin hava sıcaklığı	( $^{\circ}C$ )

$\lambda_1$	- Bir sabit ( $\lambda_1 = 2,8$ )	( - )
$\tau_{H_2O}(\lambda)$	- $\lambda$ dalga boyunda, su buharı geçirgenliği	( - )
$C_{1,2}$	- Su buharı geçirgenlik katsayıları	( - )
$b$	- Relatif hava kitlesi su buharı kalınlığı çarpımı üssü	( - )
$x_s$	- Doymuş havadaki su buharı miktarı	( gr/Kg )
	- Nemli hava izafi nemi	( % )
$p_{ob}$	- Su buharı kısmi basıncı	( mbar )
$M$	- Optik hava kitlesi (Atwater)	( - )
$\alpha_{Ae}$	- Aerosol yutma sayısı	( - )
$\beta$	- $1 \mu m$ dalga boyundaki aerosol optik derinliği	
$g$	- $\beta$ ya bağlı fonksiyon	
$\alpha_{Toz}$	- Toz yutma sayısı	( - )
$\tau_{a,s,\lambda}$	- $\lambda$ dalga boyunda aerosol saçılması geçirgenliği	( - )
$\alpha_a$	- Aerosol dalga boyu katsayısı	( - )
$\beta_o$	- $\alpha_a = 1,3$ deki türbidite katsayısı	( - )
$x$	- Görüş uzaklığı	( km )
$S_a$	- Aerosol veya toz saçılma oranı	( - )
$\tau_{R,s,\lambda}$	- $\lambda$ dalga boyunda Rayleigh saçılma geçirgenliği	( - )
$S_h$	- Havanın saçılma oranı	( - )
$f(m^*)$	- $m^*$ a bağlı fonksiyon	( - )
$\tau_a$	- Kuru aerosollerin geçirme kesri	( - )
$l$	- Atmosfer sınır tabakasına bağlı kalınlık	( km )
$I_D$	- Direkt güneş ışınımı bileşeni	( $W/m^2$ )
$(\tau_g \tau_{Rs})_D$	- Gaz ve Rayleigh saçılma geçirgenlik çarpımı direkt bileşeni	( - )
$d$	- Havanın toz içeriği	( parçacık/cm <sup>3</sup> )
$\tau_{saç}$	- Saçılmadan dolayı geçirgenlik	( - )

$\tau_{\text{tot}}$	- İhtimattan sonra geçirgenlik	( - )
$H_D$	- Günlük direkt ısınlam	(Kj/m <sup>2</sup> gün )
$I_D$	- Saatlik ortalama direkt ısınlam	(Kj/m <sup>2</sup> h )
$\theta_z, \theta_{oz}$	- Bir saatlik periyot başlangıcında ve sonundaki zenit açısı	( ° )
$\tau_{r(a)}$	- Aerosol sönümünden sonra geçirgenlik	( - )
$k$	- Aerosol tesir katsayısı	( - )
$\tau_{R(\lambda)}, \tau_{a(\lambda)}, \tau_{gk(\lambda)}$	- $\lambda$ dalga boyunda hava moleküllerinin, aerosolün, gaz karışımlarının geçirgenlik katsayıları	( - )
$\tau_{H_2O(\lambda)}, \tau_{O_3(\lambda)}$	- Su buharının ve Ozon'un dalga boyunda geçirgenlik katsayıları	( - )
$\alpha_i$	- (i=1 den 5'e kadar) Oksijen, CO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O ve Toz yutma sayıları	( - )
$\alpha_{sö}$	- Direkt ısınlam için sönüm katsayısı	( - )
$m_o$	- Güneş öğlesinde hava kitlesi	( - )
$I_D (m=0)$	- m=0 hava kitlesinde direkt ısınlam	( W/m <sup>2</sup> )
$\tau$	- Toplam atmosferik optik kalınlık	
$k_T$	- Gerçek ölçülen direkt güneş ısınlamının ortalama sayılarında hesaplanan değerine oranı	( - )
$K_T$	- Toplam ısınlamın atmosfer dışı ısınlama oranı	( - )
$K_y$	- Yayılı ısınlamın atmosfer dışı ısınlama oranı	( - )
$K$	- Yayılı ısınlamın toplam ısınlama oranı	( - )
$\chi$	- Yayılı ısınlamın hesabında zenit açısına bağlı fonksiyon	( - )
$H_y$	- Günlük yayılı ısınlam	(Kj/m <sup>2</sup> gün )
$I_y$	- Saatlik ortalama yayılı ısınlam	(Kj/m <sup>2</sup> h )
$w_o$	- Aerosol için tek saçılma albedosu spektral ortalaması	( - )
$f_a$	- Aerosol tarafından öne doğru saçılmanın toplam saçılmaya oranı	( - )

$\bar{K}$	- K'nin aylık ortalaması değeri	( - )
$\bar{K}_T$	- $K_T$ 'nin aylık ortalaması değeri	( - )
$K_{ad}$	- K'nin (K-1)'e oranı	( - )
$\tau_G$	- Geçirgenlik	( - )
$s$	- Tonlaç eğimi	( ° )
$I_{ya}$	- Yerden yansımış ısınım	( W/m <sup>2</sup> )
$\rho_s$	- Yer yansımaya katsayısı	( - )
$S_h$	- Değiştirilmiş hava saçılma sayısı	( - )
$S_a$	- Değiştirilmiş aerosol saçılma sayısı	( - )
$\alpha_i$	- Değiştirilmiş yutma sayıları (i=1 den 5'e)	( - )
$I_T$	- Toplam ısınım	( W/m <sup>2</sup> )
$k_{TS}$	- Gökyüzü temizlilik sayısı	( - )
$G$	- Gün sayısına bağlı bir parametre	( - )
$H_o$	- Atmosfer dışı günlük toplam ısınım	(Kj/m <sup>2</sup> gün)
$\tau^o$	- Berrak havada atmosferik geçirgenlik fonksiyonu	( - )
$g$	- Gün sayısını belirten sayı	(Radyan)
$a_b$	- Bulutta sönen direkt ısınım şiddeti kesri	( - )
$C$	- Gökyüzünün bulutlu kesri	( 0 -10)
$\delta_1$	- Bulut kalınlığı	( m )
$\delta_2$	- Bulut genişliği	( m )
$Y_b$	- Bulut alanı başına bulut altından yapılan ısınım	(Kj/m <sup>2</sup> h )
$\tau_b$	- Toplam ısınım için bulut geçirgenlik fonksiyonu	( - )
$(\tau_b)_D$	- Direkt ısınım için bulut geçirgenlik fonksiyonu	( - )
$C_i$	- Bulut miktarı	( - )
$\tau_{bi}$	- Bulut geçirgenlik fonksiyonu	( - )
$\rho_a$	- Atmosfer yansıtma katsayısı	( - )

$\delta_3$	- Asağı doğru ısınım akısı çarpanı	( - )
$s_1$	- Günlük güneşli süre aylık ortalaması	( h )
$S$	- Gün uzunluğu aylık ortalaması	( h )
$H_{Tb}$	- Bulutlu günleri de içine alan toplam ısınım aylık ortalaması	(Kj/m <sup>2</sup> gün)
$t_i$	- Bulut tipi için geçirgenlik	( - )
$A_i, B_i$	- Bulut geçirgenlik parametreleri	( - )
$\rho_{a(R)}$	- Bulutsuz gökyüzü için moleküler yansım	( - )
$\rho_{a(a)}$	- Bulut seviyesinin asağısında aerosol saçılması	( - )
$\bar{\rho}_b$	- Bulut seviyesinde yansım	( - )
$\tau'_r(a)$	- Değistirilmiş aerosol sönümünden sonra geçirgenlik	( - )
$f'_a$	- Değistirilmiş aerosol tarafından öne doğru saçılmasının toplam saçılmaya oranı	( - )
$T_{(A)}$	- Bulut altının sıcaklığı	( °C )
$T_b$	- Bulut sıcaklığı	( °C )
$T_{(Y)}$	- Bulut üstünün sıcaklığı	( °C )
$\rho_{s(A)}$	- Bulut altının yansıtma katsayısı	( - )
$\rho_{s(Y)}$	- Bulut üstünün yansıtma katsayısı	( - )
$C_e$	- Efektif bulut miktarı	( - )
$C_s$	- Sırris şekilde olmayan bulut miktarı toplamı	( - )
$C^*$	- Sırrüs bulutlarının kaydedilen miktarı	( - )
$t^*$	- Sırrüs şeklindeki bulutların geçirgenliği	( - )
$I_{yb1}, I_{yb2}, I_{yb3}, I_{yb4}$	- Sırası ile mavi gökyüzü, sırrüs şeklindeki bulutlar, diğer bulutlardan ve çoklu yansımadan doğan yayılı ısınımlar	( Kj/m <sup>2</sup> h )
$\rho_{bs}$	- Sırrüs olmayan bulut yansıtması	( - )
$\rho^*$	- Sırrüs bulutlarının yansıtması	( - )
$\chi'_{ci}$	- $t_i, C_i, C_s$ 'lere bağlı bir fonksiyon	( - )



$I_{Ib}$	Bulutlu gökyüzünde direkt ısınım bileşeni	( $Kj/m^2 h$ )
$I_{yb}$	Bulutlu gökyüzünde yayılı ısınım bileşeni	( $Kj/m^2 h$ )
$I_{Tb}$	Bulutlu gökyüzünde toplam ısınım bileşeni	( $Kj/m^2 h$ )
$t_{ay}$	C.H.Hoyt'un bulut albedosu ve yutma sayılarından elde edilen değer	( - )
$\tau^b$	Bulutlu havada atmosfer geçirgenliği	( - )
$\tau_{b(y)}$	y Güneş yüksekliği için bulut geçirgenliği	( - )
$\tau_k$	Optik bulut kalınlığı	( m )
$\rho_b$	Yüzey yansımalı yayılı ısınım için bulut geçirgenliği	( - )
$\rho_1$	Atmosferik moleküler ve aerosoller tarafından yansım	( - )
$\rho_2 + \rho_3$	Bulutlar ve dünya tarafından yansım toplamı	( - )
$S_h, S_a$	Sırası ile $m = 1,66^2$ da hesaplanan hava ve aerosol saçılmaları	( - )
$\rho_{ya}$	Yer- Atmosfer sistemi albedosu	( - )
$C_o$	Bulut örtüsü ( 1- 8 )	( - )

$D$ - Kolektör döner toplaç borularının dış çapı	(mm)
$D_i$ - Toplaç borularının dış çapı	(mm)
$W$ - İki boru arasındaki mesafe	(mm)
$e_L$ - Yutucu levha kalınlığı	(mm)
$B$ - Levhanın boru yüzeyine temas ettiği genişlik	(mm)
$x, y, z$ - $x$ , boru boyuna paralel, $y$ levha yüzeyinde	
$x'$ 'e dik, $z$ de levha yüzeyine dik koordinatlar	(-)
$T_L$ - Levhanın herhangi bir yerindeki sıcaklık	( $^{\circ}\text{C}$ )
$(\sum \alpha)_{\text{eff}}$ - Efektif yutma geçirme çarpımı	(-)
$T_{b,x}$ - İki boru arasındaki levha sıcaklığı	( $^{\circ}\text{C}$ )
$K_k$ - Toplaç toplam ısı transfer katsayısı	( $\text{Kj}/\text{hm}^2\text{C}$ )
$T_{\text{Ç}}$ - Çevre sıcaklığı	( $^{\circ}\text{C}$ )
$k_L$ - Levhanın ısı iletim katsayısı	( $\text{Kj}/\text{mh}^{\circ}\text{C}$ )
$b_L$ - Isıtransfer katsayıları ile ilgili bir parametre(m)	
$q_f$ - Birim toplaç yüzeyi başına kazanılan faydalı ısı	( $\text{Kj}/\text{m}^2\text{h}$ )
$F$ - Levha kanat verimi	(%)
$T_{s,x}$ - $x$ mevkiinde su sıcaklığı	( $^{\circ}\text{C}$ )
$r_b, r_d, r_i$ - Sırası ile birleştirme parçası, boru ci-	
darı, boru iç direnci	( $\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{Kj}$ )
$F'$ - Toplaç verim faktörü	(%)
$T_{s\text{Ç}}(T_2)$ - Toplaç su çıkış sıcaklığı	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{s\text{g}}(T_1)$ - Toplaç su giriş sıcaklığı	( $^{\circ}\text{C}$ )
$A_k$ - Toplaç alanı	( $\text{m}^2$ )
$\dot{m}$ - Toplaçdaki su dolaşım debisi	( $\text{Kg}/\text{sn}$ )
$c_p$ - Su ısınma ısısı	( $\text{Kj}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$ )
$Q_f$ - Toplaçdan kazanılan faydalı ısı	( $\text{Kj}/\text{h}$ )
$F_R$ - Toplaç ısı çıkartma faktörü	(%)
$N_C$ - Toplaç cam örtü sayısı	(-)
$Q_u$ - Toplaç üstünden kaçan ısı	( $\text{Kj}/\text{h}$ )
$l_k$ - Toplaç daki düşey boruların boyu	(m)
$C_{eg}$ - Toplaç eğimine bağlı bir sabit	(-)

$f_r$	- Rüzgar hızına bağlı bir sabit	(-)
$h_r$	- Cam örtü ile hava arasında taşınım ile ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C)
$\sigma$	- Stefan Boltzman katsayısı	(W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )
$\epsilon_L, \epsilon_C$	- Sırası ile levha ve camın emisiviteleri	(%)
$f_{kü}$	- Üst kayıp katsayısı formülünde , dış film katsayısı ve cam örtü sayısına bağlı bir fonksiyon	(-)
$f_{garg}$	- $f_{kü}$ için H.P.Garg tarafından verilen fonksiyon	(-)
$l_{lc}$	- Levha ile cam arasındaki mesafe	(mm)
$h_L$	- Toplaç levhası taşınım ile ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C)
$T_m$	- Ortalama sistem sıcaklığı (Toplaç-Depo)	( <sup>0</sup> C)
$C_h, f_h$	- Levha ısı transfer katsayısı formülündeki sayılar	(-)
$C_{ü}, f_{ü}$	- Üstten ısı kaybı formülündeki fonksiyonlar	(-)
$V$	- Rüzgar hızı	(m/sn)
$l_i$	- Toplaç arkası izolasyon kalınlığı	(mm)
$h_a$	- Toplaç arkası taşınım ile ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C)
$h_k$	- Toplaç kenarlarında taşınım ile ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C)
$A_C$	- Toplaç çevresi	(m)
$Q_A$	- Toplaç arkasından ısı kaybı	(Kj/h)
$Q_K$	- Toplaç yanlarından ısı kaybı	(Kj/h)
$\Omega_s$	- Toplaç-Depo sistemi ısı kapasitesi	(Kj/ <sup>0</sup> C)
$T_m'$	- Belli bir periyot sonunda sistem sıcaklığı	( <sup>0</sup> C)
$\Delta t$	- Zaman aralığı	(h)
$\tau_c$	- Camın geçirgenliği	(%)
$\alpha_L$	- Levhanın yutma sayısı	(%)
$\Omega_d$	- Deponun ısı kapasitesi	(Kj/ <sup>0</sup> C)
$T_5$	- Suyun depodan çıkış sıcaklığı	( <sup>0</sup> C)
$K_d$	- Deponun toplam ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C)
$(\sum K)_s$	- Sistem toplam ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C)

$S_{L,b}^2, S_{bb}^2, S_d^2, S_{s,b}^2, S_{sbb}^2, S_{sd}^2$	- Sırası ile, levha ve borular, bağlantı boruları, borulardaki su, bağlantı borularındaki su, denodaki su ısı kapasiteleri	(Kj/ °C)
$L_k$	- Toplaç yutucu levhası boyu	( m )
$r_L$	- Levha ısı direnci	( m <sup>2</sup> h°C/Kj )
$\delta_b$	- Birleştirme parçası kalınlığı	(mm)
$k_b$	- Birleştirme parçası ısı iletim katsayısı	(Kj/mh°C)
$k_{bb}$	- Boru malzemesi ısı iletim katsayısı	(Kj/mh°C)
$r_k$	- Boru içi kirlenme direnci	(Kj/mh°C)
$r_s$	- Su taşınım ısı transfer katsayısı	(m <sup>2</sup> h°C/Kj)
$h_k$	- Kirlenme taşınım ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h°C)
$h_s$	- Su taşınım ısı transfer katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h°C)
$\mu$	- Suyun dinamik viskozitesi	(kg/msn)
$\alpha_j$	- Bir katsayı	(-)
$A_j$	- Toplaç-Depo sisteminde j'inci kısmın ısı transfer yüzeyi	(m <sup>2</sup> )
$\Omega_j$	- Toplaç-Depo sisteminde j'inci kısmın ısı kapasitesi	(Kj/ °C)
$\theta_1$	- Toplaç ortalama sıcaklığı	( °C )
$T_j, T_j'$	- Toplaç-Depo sisteminde $\Delta t$ periyodu önce- si ve sonrasında j'inci kısmın sıcaklıkları	( °C )
$T_{j-1}$	- j'inci kısımdan bir önceki kısmın sıcaklığı	( °C )
$\Theta_{c1}, \Theta_{c2}$	- Sırası ile levhadan örtüye ve örtüden çevreye taşınım ile ısı transferi	(Kj/m <sup>2</sup> h)
$\Theta_{R1}, \Theta_{R2}$	- Levhadan örtüye, örtüden çevreye ışınlam ile ısı transferi	(Kj/m <sup>2</sup> h)
$\Theta_{su}$	- Toplaç borularında suya ısı transferi	(Kj/h)
$\Theta_{KL}$	- Toplaç levhası boyunca iletim ile ısı transferi	(Kj/h)
$\Theta_{Arka}$	- Levhadan toplaç arkasına ısı kaybı	(Kj/h)
$T_{cj}$	- Cam sıcaklıkları (j adet)	( °C )

$V_d$	- Depodaki su hacmi	(lt)
$m_d$	- Depodaki su kütlesi	(Kg)
$H_d$	- Depodaki su yüksekliği	(m)
$Q_{Depo}$	- Belirli zaman periyodunda depodaki ısı kazancı	(Kj/h)
$Q_y$	- Depodan çekilen ısı yükü	(Kj/h)
$Q_{Kayıp}$	- Depodan ısı kaybı	(Kj/h)
$\dot{m}_y$	- Yük debisi	(Kg/h)
$T_y$	- Yük sıcaklığı	( °C )
$T_{vs}$	- Depoya verilen su sıcaklığı	( °C )
$K_{yan}$	- Depo yanlarından ısı kayıp katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h°C)
$K_{ÜD}, K_{AD}$	- Depo altından ve üstünden ısı kayıp katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h°C)
$h_d, h_i$	- Depo dış ve iç film ısı transfer katsayıları	(Kj/m <sup>2</sup> h°C)
$k_{izo}$	- İzolasyon malzemesi ısı iletim katsayısı	(Kj/mh°C)
$r_i, r_d$	- Depo iç ve dış yarıçapları	(m)
$N_d$	- Deponun kısımlara bölünme sayısı	(-)
$F(\zeta\alpha)_n, F'K_k$	- Toplaç karakteristik sayıları	(-)(Kj/m <sup>2</sup> h°C)
$T_{so}$	- Ortalama akışkan sıcaklığı	( °C )
$T_{Lo}$	- Ortalama levha sıcaklığı	( °C )
$G$	- Toplaç alanı başına akışkan debisi	(Kg/m <sup>2</sup> sn)
$n$	- Yutucu levha daki düşey boruların sayısı	(-)
$R$	- Eğik yüzeye gelen ısınının yatay'a gelen ısınım oranı	(-)
$a_i$	- Kapasite denklemlerindeki katsayılar	(-)
$H$	- Toplaç-Depo sisteminde herhangi bir noktanın yüksekliği	(m)
$\rho_{su}$	- Suyun yoğunluğu	(Kg/m <sup>3</sup> )
$H_T$	- Termosifon kuvvet	(mSS)
$H_K$	- Yük kaybı	(mSS)
$K$	- Lokal kayıp katsayısı	(-)

$\lambda_k$	- Akışta sürtünme kayıp katsayısı	(-)
$V_{su}$	- Suyun akış hızı	(m/sn)
$g$	- Yerçekimi ivmesi	(m/sn <sup>2</sup> )
$l_b$	- Boru boyu	(m)
$d_b$	- Boru çapı	(m)
$K_e$	- Sistem eşdeğer lokal kayıp katsayısı	(-)
$\lambda_e$	- Sistem eşdeğer sürtünme kayıp katsayısı	(-)
$M_s$	- Gelişen akıstaki sürtünme direncinin, gelişmiş akıstakine oranı	(-)
$\nu_s$	- Suyun kinematik viskozitesi	(m <sup>2</sup> /sn)
$k_{su}$	- Suyun ısı iletim katsayısı	(Kj/m <sup>2</sup> h <sup>o</sup> C)
$\beta_{sg}$	- Suyun genleşme katsayısı	(1/ <sup>o</sup> C)
$\eta_a$	- Toplaç anlık verimi	(%)
$\eta_y$	- Toplaç yığın verimi	(%)
$\Omega_{db}$	- Deponun ısı kapasitesi	(Kj/ <sup>o</sup> C)
$T_o, T_o'$	- Peryot başında ve sonundaki depo ortalama sıcaklıkları	( <sup>o</sup> C)
$D'$	- (2.58b) denkleminde tariflenmiş değer	
$\theta_d$	- Deponun bölünmüş düşünülmesi halinde ortalama depo sıcaklığı	( <sup>o</sup> C)
$\sum_{sj}$	- j'inci parçadaki suyun ısı kapasitesi	(Kj/ <sup>o</sup> C)
$\eta_o$	- Ortalama sistem verimi	(%)
$\theta_d, \theta_d - \Delta t$	- $\Delta t$ zamanı sonunda ve basındaki depo sıcaklıkları	( <sup>o</sup> C)
$T_{dos}, T_{doi}$	- Deney sonunda ve basındaki depo ortalama su sıcaklıkları	( <sup>o</sup> C)
$T_{ci}$	- Toplaç borularının iç cidar sıcaklığı	( <sup>o</sup> C)
$q_{Ni}$	- i'inci ayın N'inci gününde birim toplaç alanı başına toplanan enerji	(Kj/m <sup>2</sup> gün)
$g_i$	- i'inci aydaki gün sayısı	(-)
$Q_i$	- i'inci aydaki birim toplaç alanı başına toplanan enerji	(Kj/m <sup>2</sup> Ay)
$f_i$	- Aylık enerji toplama verim faktörü	(%)

$H_{T,i}$ - i'inci avda toplaç'a gelen ortalama günlük tonlam ısınım	(Kj/m <sup>2</sup> gün)
$\vec{n}_D, \vec{n}_y, \vec{n}_{yk}$ - Sırası ile, gelen güneş ışınlarına paralel, yansıtıcıya dik ve yansıyan ışınlar yönünde birim vektörler	(-)
$S_k$ - Toplaçın yatay ile yaptığı açı	( ° )
$S_y$ - Yansıtıcının yatay ile yaptığı açı	( ° )
$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - x,y,z doğrultularında birim vektörler	(-)
$a_k$ - Toplaç eni	(m)
$b_k$ - Toplaç boyu	(m)
$a_y$ - Ayna eni	(m)
$b_y$ - Ayna boyu	(m)
- Yansıyan ışınlara paralel vektör katsayısı	(-)
u,v,w - Yansıyan ışınlar yönündeki vektör bileşenleri	(-)
S - Toplaç levhasının yuttuğu enerji	(Kj/m <sup>2</sup> h)
$(\% \alpha)_D$ - Direkt ısınım bileşeni için geçirme yutma çarpımı	( % )
$(\% \alpha)_y$ - Yayıllı ısınım bileşeni için geçirme yutma çarpımı	( % )
$\rho_y$ - Yansıtma oranı	( % )
$\theta_{yk}$ - Yansıyan ışığın toplaç üzerine düşme açısı	( ° )
$(\% \alpha)_{yk}$ - $\theta_{yk}$ düşme açısında hesaplanan geçirme yutma çarpımı	( % )
$S_a$ - Aynalı toplaçın levhasının yuttuğu enerji	(Kj/m <sup>2</sup> h)
Tz - Toplaç tozlanma faktörü	( % )
Gö - Toplaç gölgelenme faktörü	( % )
$S_{yk}$ - Aynanın gölgeleme faktörü	( % )
$S_a''$ - Aynalı toplaç levhasının yuttuğu gerçek enerji	(Kj/m <sup>2</sup> h)
$(mc_p)_d$ - Depo içindeki suyun ısıl kapasitesi	(Kj/ °C)

$W_d$ - Depo karakteristik sayısı ( (4.1) denkle- minden önce tariflenmiş )	( - )
$S_{ort}$ - Birim zaman aralığındaki levhanın yut- tuğu ortalama enerji	(Kj/m <sup>2</sup> h)
$(KA)_d$ - Depo toplam ısı transfer katsayısı depo yüzeyi çarpımı	(Kj/h <sup>o</sup> C)

### Boyutsuz Parametreler

$Re_d$  - Boru çapı üzerine kurulmuş Reynold sayısı  $\frac{D_i V_{su}}{\nu_s}$

$Pr$  - Prandtl sayısı  $\frac{c_p \mu}{k_{su}}$

$Gz$  - Graetz sayısı  $\frac{4l_k/D_i}{Re_d Pr}$

$Gr$  - Grashof sayısı  $\frac{g \beta l^3 (T_{ci} - \theta)}{2 \nu_s}$



## BÖLÜM

### I

## GÜNEŞ ISINIM MODELLERİ

### I.1 - Giriş

Güneş sabiti, ortalama Güneş-Dünya mesafesinde atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim yüzeye birim zamanda gelen toplam enerjidir. Bu enerjinin dalga boyuna bağımlılığı, atmosfer dışı güneş spektrumudur. Bu spektrumun aralığı 0,2-2,6  $\mu\text{m}$ 'dir. Mevsimler boyunca Güneş-Dünya geometrisinin değişimi sebebi ile güneş sabiti de değişmektedir.  $I_0$  ortalama güneş sabiti ( $1353 \text{ W/m}^2$ ),  $N$  gün sayısı (1 Ocak'ta,  $N=1$ ),  $\phi$  enlem,  $\delta$  deklinasyon,  $w_s$  saat,  $w_{gb}$  gün batış saat açıları olmak üzere, aylara göre düzeltilmiş güneş sabiti  $I_a$ , çeşitli literatürde aşağıdaki şekillerde verilmiştir [13, 21, 18] :

$$I_a = I_0 \left[ 1 + 0,035 \cos \left( 2\pi \frac{N-4}{366} \right) \right] \quad (1.1)$$

$$I_a = \sum_{N=i}^j \frac{24}{\pi} I_0 \left[ 1 + 0,033 \cos \frac{360N}{365} \right] \left[ \cos \phi \cos \delta \sin w_{gb} + \left( \frac{w_s 2\pi}{360} \right) \sin \phi \sin \delta \right] \quad (1.2)$$

$$I_a = I_0 \left( \frac{\bar{r}}{r} \right)^2 \quad (1.3)$$

Burada  $r$  gerçek Güneş-Dünya mesafesi,  $\bar{r}$  ortalama Güneş-Dünya mesafesidir ( $150 \times 10^6 \text{ km}$ );  $2e$  yörünge elipsi eksantritesinin iki katı ( $0,0334$ )  $\Omega_w$  Dünya'nın Güneş etrafında dönmesinin açısal hızı ( $0,9856 \text{ o/gün}$ );  $\gamma$  1 Ocak ile 3 Ocak arasındaki jeosantrik boylamlar farkını ( $1,735^\circ$ ) gösterdiğine göre,

$$\left( \frac{\bar{r}}{r} \right)^2 = 1 + 2e \cos [\Omega_w(N-1) - \gamma] \quad (1.4)$$

olarak verilmiştir [26] .

Diğer bir formülasyon ise  $w_{gd}$  gün doğuş saat açısı olmak üzere, şu şekilde ifade edilmiştir [34] :

$$I_a = \left(\frac{I_0}{r^2}\right) \cos \cos(\sin w_{gd} - w_{gd} \cos w_{gd}) \quad (1.5)$$

$$r^2 = (1 - e^2) / [1 + e \cos(77.5 - \lambda)] \quad (1.6)$$

$$\lambda_a = (N + 80) \frac{180}{186} \quad (N + 80) < 186 \quad (1.7)$$

$$\lambda_a = (N + 80) - 6 \quad (N + 80) > 186$$

## I.2 - Güneş Enerjisinin Atmosferden Geçerken Sönümü

Monokromatik ışık demetinin yutulması, Beer veya Bouguer'in eksponansiyel azalma kanunu ile ifade edilir :

$$I_\lambda = I_{0\lambda} e^{-c\lambda^m} \quad (1.8)$$

Burada,  $I_0$  ve  $I$ , sırası ile, verilen  $\lambda$  dalga boyundaki ve  $m$  "optik hava kitlesinden" geçtikten sonraki atmosfer dışı ışınım şiddeti,  $c$  sönüm faktörüdür;  $c_1$  Rayleigh,  $c_2$  ozon ve  $c_3$  aerosol veya atmosferik "türbiditeden" dolayı saçılmaları ifade eden faktörleri içermektedir. Bu faktörler Elterman (1968 tarafından Standart Atmosfer için verilmiştir [4] .

Direkt güneş ışınımı, temiz gökyüzü şartlarında deniz seviyesinde atmosferden geçerken, atmosferin geçirgenliği  $\tau_D$ , Dünya yüzeyinin aldığı güneş ışınım şiddetinin  $I_{Dn}$ , atmosfer dışı ışınım şiddeti  $I_{on}$ ' ye oranıdır :

$$\tau_D = \frac{I_{Dn}}{I_{on}} \quad (1.9)$$

Burada  $n$  indisi güneş ışınının, yüzeye dik geldiğini belirtmektedir. Tek dalga boyunda geçirgenlik, saçılmadan dolayı geçirgenlik ile yutulmadan dolayı geçirgenliğin çarpımıdır :

---

\*  $\theta_z$  Güneş zenith açısı olarak,  $m = 1 / \cos \theta_z$  dir.

$$\tau_{\lambda} = \tau_{\lambda S} \tau_{\lambda Y} \quad (1.10)$$

Asağı atmosferdeki Oksijen tarafından güneş ışınlarının yutulması çok zayıftır. Bununla beraber, bu yutma ozon oluşumunu doğurduğundan önemli bir rol oynar. Oksijen için yutma oranı,

$$\alpha_{O_2} = 7,5 \cdot 10^{-3} (m^*)^{0.875} \quad (1.11)$$

bağıntısı ile verilir. Burada,  $m^*$  basınç düzeltilmeli hava kitlesidir;  $p$  (mbar) düşünülen mahaldeki hava basıncı ise

$$m^* = mp/103 \quad (1.12)$$

olmaktadır.

Karbondiyoksit için yutma oranı ise

$$\alpha_{CO_2} = 0.00235 (u_{CO_2}^{0.26} + 0.0129) - 7.5 \cdot 10^{-4} \quad (1.13)$$

olmaktadır. Burada  $u_{CO_2}$  = 126 m atmosferdeki karbondiyoksit tabaka kalınlığıdır.

Ozon, güneş ışınımının spektral bölgesinde birçok önemli yutma bandlarına sahiptir. Ozon, atmosferde düzgün olarak dağılmamıştır. Ortalama toplam ozon miktarı üst enlemlerde 0,38 cm, ekvator üzerinde ise 0,24 cm'dir. Sonbahar'da maksimum, İlkbahar'da minimumdur. 40°K enlemde 0,35 cm olduğu söylenebilir. Çeşitli hava kitlelerinde farklı Ozon miktarı için spektrum'un değişimi görülebilir, [15]. T.K. Van Heuklon, kuzey yarımkürede dünyanın herhangi bir mevkiinde ve senenin herhangi bir gününde cm biriminde, atmosferdeki ozon tabaka kalınlığı  $u_{O_3}$  'u tahmin eden bir ifadeyi aşağıdaki şekilde vermiştir. [12]

$$u_{O_3} = 235 + \left\{ 150 + 40 \sin[0,9865(N-30)] + 20 \sin[3(\lambda_B + 20)] \right\} [\sin^2(1.28\phi)]^* \quad (1.14)$$

Burada  $\lambda_B^0$  gözönüne alınan yerin boylamıdır. Ozon için yutma oranı şu şekilde verilmiştir,

---

\* Bağıntı, Türkiye'de kullanılacak şekilde yazılmıştır.

$$\alpha_{O_3} = 0,045 (u_{O_3} + 8,34 \times 10^{-4}) - 3,1 \times 10^{-3} \quad (1.15)$$

J.A. Davies ve D.C. McKay, kullandıkları modelde ozon tabakası geçirgenliğini şu şekilde kullanmışlardır [22] :

$$\begin{aligned} \tau_{O_3} = 1 - & \frac{0,1082 x_1}{(1 + 13,86 x_1)^{0,805}} + \frac{0,00658 x_1}{1 + (10,36 x_1)^3} \\ & + \frac{0,002118 x_1}{1 + 0,0042 x_1 + 0,00000323 x_1^2} \end{aligned} \quad (1.16a)$$

burada, izafi hava kitlesi,

$$m_r = \frac{35}{1224 \cos^2 \theta_z} \quad (1.16b)$$

ozon tabaka kalınlığı,

$$u_{O_3} = 3,5 \text{ mm,}$$

ve

$$x_1 = m_r u_{O_3}$$

olmaktadır.

Guzzi ve arkadaşları, Ozon geçirgenliği  $\tau_{O_3}(\lambda)$  'yı, modellerinde şu şekilde almışlardır [25] :

$$\tau_{O_3}(\lambda) = \exp(-c_{O_3} a_{O_3} m_r) \quad (1.17)$$

Burada  $a_{O_3}$  düşeydeki integre edilmiş ozon miktarı,

$$m_r = m \left( \frac{p_o}{p} \right),$$

relatif hava kitlesi,  $p_o$  ve  $p$  sırası ile standart ve gerçek yeryüzü hava basınçları,  $c_{O_3}$  bir katsayıdır. Ozon yutma miktarı sabiti  $\alpha_{O_3}$  (1/cm) Vigroux tarafından  $\lambda$  dalga boyuna göre tablo halinde verilmiştir [15].

Su buharı yutma spektrumu karışıktır. Aşağıdaki bağıntı C. H. Hoyt tarafından kullanılmıştır [7] :

$$\alpha_{H_2O} = 0,11 (u_{H_2O} + 6,31 \times 10^{-4})^{0,3} - 0,021 \quad (1.18)$$

$u_{H_2O}$ , ışın yolundaki toplam basınç düzeltmeli su buharıdır ( $g/cm^2$ ). Su buharı yutmasının  $\lambda$  dalga boyuna göre değişimi, efektif yutma sabitleri, düşey kolonda su buharı miktarının çe-

şitli enlemlerdeki değerleri, ışınım şiddeti değişimi, çeşitli su buharı miktarlarında Yaz ve Kış mevsimleri için dalga boyuna göre çizimi görülebilir [15] .

J.A.Davies ve D.C. Mckay, su buharı yutma oranını şu şekilde kullanmışlardır [22] ,

$$\alpha_{H_2O} = \frac{0,29}{[(1 + 14,15 X_2)^{0,635} + 0,5925 X_2]} \quad (1.19)$$

burada su buharı tabaka kalınlığı  $u_{H_2O}$  ;

$$u_{H_2O} = \exp(2,2572 + 0,05454 T_d) \left(\frac{P}{P_0}\right)^{3/4} \left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2} \quad (1.19a)$$

$$X_2 = m_r u_{H_2O} \quad (1.19b)$$

dır,  $m_r$  (1.16b) denkleminde verilmiştir.  $T_0$ ,  $p_0$  standart sıcaklık ve basınç,  $T$ ,  $p$  de sırası ile hava sıcaklığı ve basıncı,  $T_d$  ise  $T$  sıcaklığındaki aynı mutlak nemde doymuş nemli havanın sıcaklığıdır ve çiğ noktası sıcaklığı denir. W. Smith ,  $u_{H_2O}$  su buharı tabaka kalınlığı ile,  $T_d$  çiğ noktası sıcaklığı arasındaki ifadeyi şöyle vermektedir,

$$u_{H_2O} = [3,8767 / (\lambda_1 + 1)] \times 10^{(17,5 T_d - 238,1) / (T_d + 395,1)} \quad (1.20)$$

burada  $\lambda_1$  , bir sabittir.

Guzzi ve arkadaşlarının kullandıkları modelde, su buharının geçirgenliği şu şekilde verilmektedir [25] ,

$$\zeta_{H_2O}(\lambda) = \exp(-C_{1,2} (u_{H_2O} m_r)^b) \quad (1.21)$$

yukarıdaki denklemde, "b" üs indisi, zayıf yutmalar için 1 kuvvetli yutmalar için 0,5 alınmakta,  $C_{1,2}$  katsayıları ve  $m_r$  relatif hava kitlesi de (1.17) denkleminde belirtilen referanstan alınmaktadır.

S.Barbaro ve arkadaşları, kullandıkları modelde, yoğuşabilir su buharı kalınlığını, şu şekilde almışlardır [13] ,

$$U_{H_2O} = 2 X_s \varphi \quad (1.22)$$

burada  $\varphi$  relatif nem,  $X_s$  doymuş havadaki su buharı miktarıdır.

Bu hususta verilen diğer iki formül aşağıda verilmiştir :

$$U_{H_2O} = (16 + 20) P_{ob} \text{ (mm)} \quad (1.23a)$$

$$U_{H_2O} = 0,17 P_{ob} \text{ (cm)} \quad (1.23b)$$

Burada,  $p_{ob}$  (mbar) su buharı basıncı olmaktadır.

M.A.Atwater ve J.T.Ball su buharı yutmasını aşağıdaki şekilde almışlardır [11] :

$$\alpha_{H_2O} = 0,077 \left( \frac{U_{H_2O}}{M} \right)^{0.3} \quad (1.24a)$$

$$M = \frac{35 p}{101,3 \sqrt{1224 \cos^2 \theta + 1}} \quad (1.24b)$$

B.Choudhury, ışınım şiddeti hesaplarında kullandığı modelde , aerosol yutma katsayısını C.H. Hoyt'dan almıştır [23] ,

$$\alpha_{Ae} = 0,05(1 - g^{m^*}) \quad (1.25)$$

burada  $m^*$  basınç düzeltmeli hava kitlesidir :

$$m^* = \frac{mP}{1013} \quad (1.26)$$

$g$ , ise hava kitlesi içinde  $1 \mu\text{m}$  dalga boyunda aerosol optik derinliği  $\beta$  "türbidite" den hesaplanmıştır,

$$g = \begin{cases} 1 - 1375 \beta & \beta < 0,08 \\ 0,9843 - 11429 \beta & \beta \geq 0,08 \end{cases} \quad (1.27)$$

$m$  hava kitlesi için de  $\gamma$  güneş yükseklik açısı olmak üzere ,

$$m = \left( \rho^2 \sin^2 \gamma + 2 \rho + 1 \right)^{1/2} - \rho \sin \gamma \quad (1.28)$$

formülü kullanılmış  $\rho = 797 \text{ 14679}$  oranı alınmıştır.

A.Mani ve S.Rangarajan, kullandıkları modelde toz yutma katsayısını ,

$$\alpha_{\text{toz}} = (1 - 0,95) g^{m'} \quad (1.29)$$

olarak almışlardır [27] .

Güneş enerjisinin atmosferdeki yayılması, bir taraftan havada süspansiyon halde mevcut katı veya sıvı partiküller, diğer taraftan havanın kendi molekülleri tarafından saçılması ile meydana gelir. Partiküllerin boyutu, gelen ışının dalga boyuna eşit veya daha büyük olursa, yalnız yayılma değil, partikül büyüdükçe önem kazanan kırılma ve yansımada meydana gelir. Bu saçılmaya aerosol saçılması denebilir. Aerosol'den dolayı geçirgenlik katsayısı şöyle yazılır;

$$\tau_{as\lambda} = \exp\left(-\frac{m\beta}{\lambda^{\alpha_a}}\right) \quad (1.30)$$

Burada  $\alpha_a$  dalga boyu katsayısı, "Mie" saçılma teorisine göre açıklanır, 0,8 ile 2 değerleri arasındadır.  $\beta$  ise, türbidite katsayısıdır ve  $\alpha_a = 1,3$  ortalama değerindeki tekabülüne  $\beta_0$  denir.  $\beta_0$ 'ın enlemlere göre maksimum, orta ve minimum değerleri verilmistir [15] . Buna göre,

$$\beta = \beta_0 0,5^{\alpha_a - 1,3} \quad (1.31)$$

ifadesinden hesaplanabilir. Eğer, ölçüm yoksa aşağıdaki bağıntı kullanılabilir [21] .  $x$  (km) görüş uzaklığı olduğuna göre,

$$\beta = (0,55)^a \left(\frac{3,91}{x} - 0,01162\right) \left\{ \frac{(1,577 - 1,132)(x - 5)}{(23 - 5)} + 1,132 \right\} \quad (1.32)$$

olur. Güneş enerji spektrumunun  $\alpha_a$  ve  $\beta$ 'ya göre değişimi görülebilir [15] .

Aerosol veya toz için saçılma oranı,

$$S_a = 1 - g_{(\beta)}^{m'} \quad (1.33)$$

olur.  $f(\beta)$  fonksiyonu'nun değişimi tablo halinde makalelerde verilmistir [15] .

Hava moleküllerinden saçılma sebebi ile ısınım geçirme katsayısı şu şekilde formüle edilmiştir.Bu saçılma literatürde "Rayleigh" saçılması olarak bilinir,

$$\zeta_{RS,\lambda} = \exp(-0.0089 m(\frac{P}{P_0}) \lambda^{-4}) \quad (1.34)$$

Hava'nın yansıma oranı ise aşağıdaki gibidir :

$$S_h = 1 - f(m^*) \quad (1.35)$$

$f(m^*)$  fonksiyonu,  $m^*$  izafi hava kitlesine göre C.H.Hoyt tarafından tablo halinde verilmistir [15] .Bu tablo yerine aşağıdaki ifade de kullanılabilir :

$$S_h = \frac{0,606 m^*}{6,43 + m^*} \quad (1.36)$$

Yukarıdaki denklem ve tablodan hesaplanması atmosferik geçirme katsayısı  $S_h$  arasındaki fark %0,2'den azdır [23] .

Penndorf ise Rayleigh geçirgenliğini aşağıdaki şekilde vermiştir :

$$\zeta_{RS\lambda} = \exp(0,008735 \lambda^{-4,08} m(\frac{P}{P_0})) \quad (1.37)$$

### I.3 - Güneş Işınım Şiddeti Modelleri

#### I.3.1- Temiz Gökyüzünde Direkt Işınım Bileşeni

Güneş ışınım şiddetinin bilinmesine, güneş enerjili sistemlerin hesaplarında ihtiyaç vardır.Toplam güneş ışınımı direkt, yayılı ve yansıyan bileşenlerin toplamıdır.

M.L.Wesely ve arkadaşları,kullandıkları modelde temiz gökyüzünde yüzeye dik gelen direkt güneş ışınım bileşeni  $I_{Dn}$ 'ni

$$I_{Dn} = (1050/m) \exp.(-0,1m) \cdot 1 \zeta_a \quad (1.38)$$



ile ifade etmişlerdir [9] .Burada  $\tau_a$  kuru aerosollerin geçirme kesrini göstermektedir ve şöyle formüle edilmektedir,

$$\tau_a = \exp\left(-\frac{1}{x}\right) \quad (1.39)$$

yukarıdaki formülde 1, atmosfer sınır tabakasına bağlı olarak değişir, uygun değerleri 3 ile 5 km arasındadır, x ise görüş uzaklığıdır.

M.A.Atwater ve J.T.Ball, kullandıkları modelde direkt güneş ışınım şiddeti için aşağıdaki bağıntıları vermişlerdir [11] ;

$$I_D = I_a \cos\theta_z \left[ (\tau_g \tau_{RS}) - \alpha_{H_2O} \right] \tau_a \quad (1.40)$$

burada  $\tau_g$  gaz yutmasından sonra,  $\tau_{RS}$  Rayleigh saçılması sonucu geçirgenlik katsayısı olmak üzere, direkt ışınım için çarpım halinde,

$$\left[ \tau_g \tau_{RS} \right]_D = 1,041 - 0,16 \left[ \frac{949 \times 10 \times 0,51}{m} \right]^{0,5} \quad (1.41)$$

verilmiştir.Burada p (kpa) hava basıncı, M (1.24b) denklemi ile verilen optik hava kitlesi,  $\alpha_{H_2O}$  ise (1.24a) denklemi ile verilen su buharı yutma sayısıdır,  $\tau_a$  da aerosol sönümünden sonra geçirgenlikdir ve aşağıda formüle edilmiştir,

$$\tau_a = \left[ \exp. - \alpha_a M \right] \quad (1.42)$$

S.Barbaro ve arkadaşları, direkt ışınım şiddeti için ;

$$I_D = I_a \cos\theta_z \times \exp \left\{ -0,13491 - 0,00428 \cdot u_{H_2O} - 0,368 \times 10^{-4} (d-400) \right\} \times \exp \left\{ -0,13708 + 0,00261 \cdot u_{H_2O} + 1,131 \times 10^{-4} (d-400) \right\} \quad (1.43)$$

ifadesini kullanmışlardır [13]. Burada  $d$  havanın toz içeriğidir (Normal halde  $d_0 = 400$  parçacık/cm<sup>3</sup>),  $I_a$  (1.1) formülünde  $u_{H_2O}$  formül (1.22) de verilmişlerdir. Eğer günlük direkt ışınım şiddeti istenir ise, gün doğuşundan gün batışına (1.43) formülü integre edilmelidir.

F.J.K Ideriah, kullandığı modelde direkt güneş ışınım şiddetini şu formül ile hesaplamıştır;

$$I_D = \tau_D I_a \quad (1.44)$$

$$\tau_D = \tau_{saç} - \tau_{yut} \quad (1.45)$$

Burada  $\tau_{saç}$  saçılmadan dolayı,  $\tau_{yut}$  da yutulmadan dolayı geçirgenliktir ve aşağıdaki bağıntılar ile verilirler :

$$\tau_{saç} = \left( \frac{5,228}{mp} \right) \left\{ \exp(-0,0002254 mp) - \exp(-625 \times 0,0002254 mp) \right\} \exp(-m\beta/0,6489^{\alpha_a}) + 0,00165 mp + (1 - m\beta/2,875^{\alpha_a}) 0,2022$$

$$\tau_{yut} = 0,1055 + 0,07053 \log(mu_{H_2O} + 0,07854) \quad (1.46)$$

$$\exp\left(-\frac{m\beta}{1,519^{\alpha_a}}\right) \quad (1.47)$$

Burada  $\beta$  (1.32) denklemindeki "türbidite" katsayısıdır,  $I_a$  ise (1.1) denkleminde verilmişti. Toplam günlük direkt ışınım şiddetini temiz gökyüzünde bulmak için,

$$H_D = \sum_{i=1}^n I_{D_i} (\cos\theta_z - \cos\theta_{o_z})_i \cdot \Delta\theta_i \quad (1.48)$$

toplamı yapılabilir,  $I_{D_i}$  saatlik ortalama direkt ışınım şiddeti  $\Delta\theta$  zaman aralığı, 0 alt indisi zaman aralığı başlangıcı-

cındaki değerini göstermektedir.

J.Davies ve D.C.Mckay, kullandıkları modelde bulutsuz ışınım şiddetinin direkt bileşeni için;

$$I_D = I_a \cos \theta_z \left[ \tau_{03} \tau_{SR} - \alpha_{H_2O} \right] \cdot \tau_r(a) \quad (1.49)$$

denklemini kullanmışlardır. Bu denklemde  $\tau_{03}$  (1.16.a) denklemi ile verilmiştir.  $\tau_{SR}$  Rayleigh saçılmasından dolayı olan geçirgenlik, (1.16b) denklemi ile verilen  $m_r$  relatif hava kitlesine göre Tablo (1.1)'de verilmiştir,

Tablo (1.1) Rayleigh saçılmasından dolayı geçirgenlik  $\tau_{SR}$  in,  $m_r$ 'e göre değişimi

$m_r$	0,5	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$\tau_{SR}$	0,9385	0,8973	0,883	0,8696	0,8572	0,8455	0,8344
$m_r$	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$\tau_{SR}$	0,7872	0,7673	0,7493	0,7328	0,7177	0,7037	0,6907
$m_r$	10	30					
$\tau_{SR}$	0,6108	0,4364					

$\alpha_{H_2O}$  denklem (1.19) ile verilmişti.

$\tau_r(a)$  aerosol sönümünden sonra geçirgenlik ise aşağıdaki şekilde yazılır :

$$\tau_r(a) = k^{m_r}, \quad (1.50)$$

burada k aerosol tesir katsayısı, Kanada şehirlerinde 0,91 ile 0,97 arasında alınmıştır [22] .

R.Guzzi ve arkadaşları, spektral direkt güneş ışınım şiddeti için şu bağıntıyı kullanmışlardır [25] :

$$I_{D\lambda} = I_{o(\lambda)} \tau_R(\lambda) \tau_a(\lambda) \tau_{gk}(\lambda) \tau_{H_2O\lambda} \tau_{O_3(\lambda)} \quad (1.51)$$

Denklemdaki semboller sırası ile, atmosfer dışı spektral ışınım  $I_0(\lambda)$ ,  $\tau_R(\lambda)$ , aerosolün  $\tau_a(\lambda)$ , gaz karışımlarının  $\tau_{gk}(\lambda)$  su buharının  $\tau_{H_2O}$  ve Ozonun  $\tau_{O_3}(\lambda)$  spektral geçirgenlik katsayılarıdır.  $\tau_R(\lambda)$  hava moleküllerinin spektral geçirme sayısı;

$$\tau_R(\lambda) = \exp(-9,33 \cdot 10^{-3} \lambda^{-4,09} \text{ m}^{-1}) \quad (1.52)$$

formülü ile verilir.  $\tau_{O_3}(\lambda)$ ,  $\tau_{H_2O}(\lambda)$ ,  $\tau_a(\lambda)$  sırası ile (1.17), (1.21), (1.30) denklemlerinde verildiği gibidir. Gaz karışımlarının geçirgenliği verilmemiştir. Görüş uzaklığı 12 km ve  $m=2$ ,  $\alpha_a = 0,84$ ,  $\beta/a = 0,17$  ve  $u_{H_2O} = 0,8$  cm ve ayrıca, görüş uzaklığı 30 km ve  $m=2$ ,  $\alpha_a = 0,68$ ,  $\beta/a = 0,18$ ,  $u_{H_2O} = 0,7$  cm alınarak, direkt ışınım şiddetinin spektral değişimi çizilmiştir.

A.Mani ve S.Rangarajan, C.H.Hoyt'un metodunu kullanmışlar ve direkt ışınım şiddeti için aşağıdaki bağıntıyı almışlardır [27]

$$I_D = I_a \cos \theta_z \left(1 - \sum_{i=1}^5 \alpha_i\right) (1 - S_h)(1 - S_a), \quad (1.53)$$

burada  $\alpha_i$ ; Oksijen, Karbondioksit, Ozon, su buharı ve toz yutma oranlarıdır. Daha önce I.2 kısmında (1.11), (1.13), (1.15), (1.18) ve (1.25) denklemlerinde verilmişlerdir.  $S_h$  ve  $S_a$  ise Rayleigh ve toz saçılma sayılarıdır ve (1.35) ile (1.33) denklemleri ile daha önce verilmişlerdir.

A.M.Mujahid, ASHRAE\* metoduna göre Riyad-Suudi Arabistan'da toplam ve direkt ışınım şiddetlerini incelemiştir [31].

ASHRAE'e göre bulutsuz havada toplam güneş ışınımının öfle saatine göre simetrik olduğu kabul edilmektedir. Hava kitlesine göre güneş ışınım şiddeti grafiği, ışınım şiddetinin hava

\* ASHRAE - Isıtma Soğutma Klima Mühendisleri Amerika Birliği

kitlesi ile eksponansiyel olarak değiştiğini göstermektedir. Model aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$I_D = \frac{I_{D(m=0)}}{e^{\alpha_{s\ddot{o}} m} + 1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2} \quad (1.54)$$

burada  $I_{(m=0)}$ , sıfır hava kitlesinde görünür direkt güneş ısınım siddeti  $\alpha_{s\ddot{o}}$  direkt güneş ısınımı için sönüm katsayısı,  $m$  hava kitlesi,  $m_0$  da güneş blesindeki hava kitlesidir. ASHRAE'e göre, görünür güneş sabiti ve sönüm katsayısı da Tablo (1.2) de verilmiştir.

Tablo (1.2) Direkt ısınım siddeti için görünür güneş sabiti ve sönüm katsayısı

	6.ve7.Aylar	5.ve8.	4.ve9.	3.ve10.	2.ve11.	1.ve12.
$I_{D(m=0)}$	1220	1210	1190	1140	1100	1090
$\alpha_{s\ddot{o}}$	0,19	0,20	0,21	0,225	0,24	0,25

R.Brinsfield ve arkadaşları, bulutsuz gkvz sartlarında dünya üzerinde yatay yüzeye ulasan direkt güneş ısınım şiddeti için aşağıdaki bağıntıyı kullanmışlardır [34] ,

$$I_D = [K_T I_a \exp(-\zeta m)] \cos \theta_z \quad (1.55)$$

burada  $\zeta$ , toplam atmosferik optik kalınlıktır. Atmosferik toz miktarı ve su buharı miktarı coğrafik bölge ve hava şartlarına göre değişmektedir. Bu hususu hesaba katmak için Threlkeld ve Jordan tarafından atmosferik temizlik sayısı " $K_T$ " parametresi ilave edilmistir.  $K_T$ , gerçek ölçülen direkt güneş ısınım şiddetinin ortalama sayılarında hesaplanan değerine oranıdır.  $I_a$  (1.5),(1.6),(1.7) denklemleri ile daha önce verilmişti.

### I.3.2 - Bulutsuz Gkvznde Yavılı Güneş Isınım Bileseni

Bulutsuz gökyüzünde yavılı güneş ısınım siddetini,

Argonne de ölçümlerden (1.43) denklemi ile verilen direkt ı-  
şınım şiddetinin  $25^{\circ}$  zenit açısında % 9 'u ve  $65^{\circ}$  zenit açı-  
sında % 16 'sı olduğu bulunmuştur [9] .

S.Barbaro ve arkadaşları yayılı güneş ışımasını için su ba-  
ğıntıyı vermişlerdir [13] ;

$$I_y = 0.5 \cos^2 \theta_z \left\{ I_a \left[ 0.938 \exp(-0.0154 m_{H_2O}) \right] + 0.004 (m_{H_2O})^{2.1} - 1.1086 \times 10^{-5} \right. \\ \left. (m_{H_2O})^3 + \left( \frac{121948(1 + m_{H_2O})}{1 + 10 m_{H_2O}} \right) - I_a \exp \left[ -0.13491 - 0.00428 u_{H_2O} - 0.368 \times 10^{-4} \right. \right. \\ \left. \left. (d - 400) \right] \exp \left[ - \left( 0.13708 + 0.00261 u_{H_2O} + 1.131 \times 10^{-4} (d - 400) \right) m \right] \right\}, \quad (1.56)$$

yukarıdaki denklemde  $I_a$  (1.1),  $u_{H_2O}$  ise (1.22) denklemi ile  
I.2. kısımda daha önce verilmişti.

Liu-Jordan toplam ve atmosfer dışı ışıma şiddetinden fay-  
dalanarak yayılı ışıma şiddeti için bazı oranlar tarif ede-  
rek, bu tarifler ile yayılı ışıma şiddetini bulmuşlardır. Bu  
oranlardan  $K_T$  toplam ışımanın, atmosfer dışı ışıma oranı,  
 $K_y$  yayılının, atmosfer dışı ışıma oranı ve  $K$  da yayılının  
toplam ışıma oranı olduğuna göre; Liu-Jordan  $K$  için  $K_T$   
cinsinden aşağıdaki ifadeyi vermiştir,

$$K = 1.39 - 4.027 K_T + 5.531 K_T^2 - 3.108 K_T^3, \quad (1.57a)$$

$K$  için Page tarafından elde edilen bağıntı geniş bir şekil-  
de kullanılır,

$$K = 1.0 - 1.13 K_T. \quad (1.57b)$$

F.J.K. Ideriah yayılı güneş ışımasını için aşağıdaki ifade-  
deyi vermiştir [21] ;

$$I_y = \gamma \tau_{sa\check{c}} \cdot I_a , \quad (1.58)$$

burada  $\gamma$  , 0,25 yer yansıtması için Robinson'un verdiği ve S.Barbaro ile arkadaşlarının da kullandığı zenit açısına bağlı olarak aşağıdaki şekilde değişir,

$$\gamma = 0,5 \cos \theta_z^{1/3} . \quad (1.59)$$

$\tau_{sa\check{c}}$  ise (1.46) denkleminde verilmiştir.Gün boyunca toplam ışınım değeri  $H_y$  'i bulmak için,

$$H_y = \sum_{i=1}^n I_y (\cos \theta_{z_i} - \cos \theta_z) \Delta \theta_i , \quad (1.60)$$

bağıntısından yararlanılır.Burada,  $I_y$  saatlik ortalama yayılı ışınım,sıfır alt indisi ise periyot basındaki zenit açısını göstermektedir.

J.Davies ve D.C.Mckay, yayılı ışınım için şu ifadeyi kullanmışlardır [22] ,

$$I_y = I_a \cos \theta \left[ \frac{\tau_{03}}{2} (1 - \tau_{SR}) - (\tau_{03} \tau_{SR} - \alpha_{H_2}) (1 - \tau_{Ra}) w_o f_a \right] \quad (1.61)$$

denklemindeki değerler (1.53) denklemi ile verilen direkt ışınımdaki değerleri aynıdır.Ayrı olarak  $w_o$ , aerosol için tek saçılma albedosu spektral ortalamasıdır Kanada da  $43^\circ - 45^\circ$  K enlemlerde 0,7 değeri alınmıştır.  $f_a$  ise zenit açısına göre Tablo (1.3) ' de verilmiştir.

Tablo (1.3) Aerosol tarafından öne doğru saçılmanın toplam saçılmaya oranı  $f_a$ 'nın zenit açısına göre değişimi

$\theta_z$	0	25,8	36,9	45,6	53,1	60	66,4	72,5	78,5	90
$f_a$	0,92	0,91	0,89	0,86	0,83	.78	.71	.67	0,60	,6

A.Mani ve S.Rangarajan yayılı ısınımın hesabında C.H.Hoyt'un modelini tatbik etmişlerdir [27] ,

$$I_y = I_a \cos \theta \left(1 - \sum_{i=1}^5 \alpha_i\right) (0,5 S_h + 0,75 S_a) , \quad (1.62)$$

yukarıdaki denklemde değerler (1.53)'dekinin aynıdır. Yanlız Rayleigh saçılmasının yarısı, toz saçılmasının ise % 75'i öne doğru yayılı bileşene yardım eder.

A.M.Mujahid, K ve  $K_T$  arasındaki bağıntıyı Riyad için de-ğiştirmiştir. Bunun için Erbs'in metodunu kullanmıştır. Erbs'in verdiği denklemler [31] ,

$$K = 1 - 0,085 K_T \quad K_T \leq 0,02 \quad (1.63a)$$

$$K = 1,1441 - 0,7352 K_T - 0,3522 K_T^2 \quad K_T > 0,02 \quad (1.63b)$$

şeklindedir. D.K.Mcdaniels ve F.Vignola, K,  $K_T$  nin aylık ortalamaları için Eugene-Kanada da şu bağıntıyı bulmuşlardır [32].

$$\frac{\bar{K}}{\bar{K}_T} = 1,163 - 14,43 \cdot \bar{K}_T + 0,053 \cdot \sin(2(N - 40)/365) \quad (1.64)$$

Yayılı gök ısınımı, tüm gökyüzünden geldiği için şiddeti ve dağılımının takdiri zordur. Fritz'e göre ortalama temiz gökyüzünde, güneş gökyüzünde yüksekte olduğu zaman, toplamın % 16'sıdır. Güneş yükseklik açısı "y"  $10^\circ$  civarında ise yaklaşık % 37'si kadardır.

Işınım saçılma teorisi ve yayılı gökyüzü ısınım şiddeti tayininde teorik bir metod bilinmemektedir. Threlkeld, Parmella'nın çalışmasını geliştirmiş ve  $K_{dD}$  boyutsuz parametresini türetmiştir,

$$K_{dD} = \frac{K}{K-1} \quad (1.65)$$

R.Brinsfield, yayılı güneş ısınım bileşeni için, yayılı



yatay ışınının, direkt normal ısınım oranı cinsinden şu şekilde yazılmıştır [34] :

$$I_y = \left( \frac{K_{dD}}{K_T} \right) I_a \exp(-\zeta m) \quad (1.66)$$

Eğimli yüzeye gelen yayılı ışınım şiddeti ise ,

$$I_{ye} = I_y (1 + \cos(s)/2) \quad (1.67)$$

şeklinde yazılmıştır. Burada "s" düzlem eğimidir.

### I.3.3- Yansımış Güneş Işınım Şiddeti

Çevreden yansiyarak, düşünülen yüzeyimize gelen ışınım bileşenidir. C.H.Hoyt'un metodunda aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$I_{ya} = \rho_a (I_D + I_y) (0,5 S_h + 0,25 S_a) \left( 1 - \sum_{i=1}^5 \alpha_i \right) \quad (1.68)$$

Burada  $\rho_a$  veryüzünün yansıtma katsayısıdır. Yansıyan güneş ışınım bileşeni, dünya yüzeyi ile bulutsuz atmosfer arasında yansımaya ve yayılı ışınım bileşenini içerir. Burada  $S'_h$  ve  $S'_a$  ; yüzeyin Lambert yansıtmasını hesaba katmak için zenit hava kitlesi,  $(p/p_0)$ 'ın 1,66 katı alınarak tayin edilir  $\alpha'_i$  ler hesaplanırken, değiştirilmiş hava kitlesi;

$$m = 1,66 \frac{p}{p_0}$$

kullanılır.

### I.3.4 - Toplam Işınım Şiddeti

Bulutsuz gökyüzünde toplam ısınım hesabında, çoğu kez direkt ve yayılı ışınımalarının toplamı alınmakta; burada yansıyan ışınım alınmamaktadır.

M.L. Wesely ve arkadaşları, toplam ısınımı aşağıdaki gibi vermişlerdir [9] ;

$$I_T = I_{Dn} \zeta + I_{Dn} (0,09 + 0,7(1 - \zeta_a)) \quad (1.69)$$

Burada  $I_{Dn}$ , daha önce (1.42) denklemleri ile verilmisti.

C.Morgan ve G.Garg, San Diego A.B.D'de ölçülen ısınlm şiddetlerini, takdir edilen değerler ile karşılaştırmışlardır [10]. Thelkeld,Liu Jordan metodunda  $k_{Ts} = 0,989$ , ASHRAE metodunda ise  $k_{Ts} = 0,973$  alınmaktadır.Thelkeld'in kullandığı metodun, ölçümlere daha yakın olduğu görülmüştür.(Tablo 1.4)'de berraklık sayıları görülmektedir.

Tablo (1.4) Senelik Ortalama Temizlilik Sayısının Günlük Değişimi

Saat	6 -	8 -	10 -	12 -	14 -	16 -	18 -
$k_{Ts}$	.979	.982	.932	.938	.955	1.012	1.200

M.A.Atwater'in toplam ısınlm için verdiği bağıntı şu şekildedir :

$$I_T = I_a \cos \theta_z \left( (\tau_g \tau_{RS}) - \alpha_{Ho} \right) \tau_a \quad (1.70)$$

Yukarıdaki formülde semboller, direkt ısınlm için verilen semboller ile aynıdır; denklem (1.40). Yanlız,  $(\tau_g \tau_{RS})$  çarpımı aşağıdaki gibi alınmalıdır :

$$\tau_g \tau_{RS} = 1.021 - 0.0824 \left[ \frac{949 \times 10^{-5} + 0.51}{m} \right]^{0.5} \quad (1.71)$$

B.Goldberg ve W.H.Klein, toplam ısınlm için aşağıdaki modelini vermişlerdir [17] :

$$I_T = I_a \left[ \frac{(1 + e^{-m\tau_{RS}}) e^{-m(\tau + \alpha_{O_3} u_{O_3})}}{2} + 0.05 \right] \cos \theta_z \quad (1.72)$$

Burada  $\tau$  opasite ve albedo tesir katsayısı,  $\tau_{RS}$  Rayleigh saçılma katsayısıdır.Günes ısınlm datası bulunmayan birçok yerin olmasından dolayı, m efektif hava kitlesi hesaplanmıştır. Modelde m yerine kullanıldığı zaman, sabit sayılarını kul-

lanarak, toplam günlük ışı nım de ğerleri hesaplanabilir. 0,05 terimi amirik tayin edilmiş düzeltmedir.  $\bar{\tau}$  için bu halde, endüstri mahallerinde 0,20, kırsal alanlarda 0,15, temiz alanlarda da 0,10 de ğeri alınır sa, toplam ışı nım siddetinde % 5 ortalama hata olmaktadır.

Saatlik toplam ışı nım de ğerini hesaplar ken, m hava kitle sine düşünölen periyot ortasındaki  $w_s$  saat açısını da katmak gerekir:

$$m = (\sin \theta \sin \delta + \cos \theta \cos \delta w_s) \quad (1.73)$$

Deklinasyon açısı  $\delta$  ve atmosfer dışında yatay yüzeye gelen güneş ışı nımını  $H_0$  ve m izafi hava kitlesinin ortalama toplam de ğerleri aşı ğıdaki formöllerle verilmektedir. ( $H_0$ , 40°K enlem için verilmiştir.)

$$G = \frac{360}{365} N \quad (1.74)$$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} \delta = & 0.33281 - 22.984 \cos(G) - 0.3499(2G) - 0.1398 \cos(3G) + 37872 \sin(G) \\ & + 0.3205 \sin(2G) + 0.07187(3G), \end{aligned} \quad (1.75)$$

$$H_0 = 6773 - 3321 \cos(G) - 185 \cos(2G) + 576 \sin(G) + 51 \sin(2G)$$

$$(1.76)$$

$$m^* = 0,346 + 1,01118 m + 0,078603 m^2 \quad (1.77)$$

Toplam ısıtım hesaplarında  $I_0 = 1312 \text{ W/m}^2$  alınıp, düşünülen günün yarıçap vektörünün karesi  $r^2$ 'ye bölünmelidir.  $H_0$  sonuçta  $\text{cal/cm}^2$  olarak çıkar. 698 ile çarpırsak  $\text{W/m}^2$  cinsinden bulunur.

B.Choudhury, B.Goldberg ve W.H.Klein'in verdiği bulutsuz temiz gökyüzü için günlük toplam ısıtım hesabında aşağıdaki denklemleri kullanmışlardır [23] :

$$I_T = I_a \left[ \frac{1}{2} (1 + e^{-0,104 m^*}) e^{-m^*} (+0,0135) + 0,05 \right] \quad (1.78)$$

$$m = \frac{1}{\cos(\phi - \delta)} \quad (1.79)$$

(1.78) denklemindeki  $m$ 'in hesaplanmasında yukarıdaki  $m$  değeri kullanılacaktır. Gün doğuş açısı  $w_{gd}$ ,

$$w_{gd} = \pi - \text{Arcos}(\tan \phi \tan \delta) \quad (1.80)$$

ve

$$g = \frac{2(N-80)}{365} \quad (1.81)$$

olmak üzere  $\delta$  ve  $I_a$  şu şekilde verilmiştir;

$$\begin{aligned} \delta = & 0.38647 - 0.792624 \cos(g) + 0.377853 \cos(2g) \\ & + 0.03124 \cos(3g) + 23.259526 \sin(g) \\ & + 0.131544 \sin(2g) - 0.167013 \cos(3g) , \end{aligned} \quad (1.82)$$

$$r = 1 - 0.0335 \sin \left[ \frac{2(N-94)}{365} \right] \quad (1.83)$$

olmak üzere,

$$I_a = \frac{86.4 I_{or}}{w_{gd}} \left[ w_{gd} \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin w_{gd} \right] . \quad (1.84)$$

Goldberg ve Klein,  $I_a$  güneş sabitini,  $\mathcal{C}$  amprik değerini tayin ederken,  $1312 \text{ W/m}^2$  almışlardır. Rockville ABD' de gözlenen ışınlam şiddetinden,  $\mathcal{C}$  'nün değeri 0,143 tayin edilmiştir.

F.Neuwirth, "s" eğimindeki yüzeyin yatay ile yaptığı açı olduğuna göre , bu yüzeye gelen toplam ışınlamı şu şekilde hesaplamıştır [18] :

$$I_{Te} = I_D \frac{\cos \theta_{ze}}{\cos \theta_{zy}} + I_y \cos^2 \frac{s}{2} + I_T \rho_a \sin^2 \frac{s}{2} . \quad (1.85)$$

Burada e, ze, zy alt indisleri, sırası ile eğimli, eğimli yüzeye gelen ışına göre ve yatay yüzeye gelen ışına göre zenit açıları demektir.

B.Choudhury, C.H.Hoyt'un ışınlam şiddeti gözlemlerinde farklı güneş yüksekliklerinde ve tüm spektral skalada ( $5 \mu\text{m}$  'e kadar dalga boylarında) kesin olmayan algılayıcı cevabın-

dan dolayı, hatalı olduğunu söylemiştir [23] .Gözlemlerin düzeltilmesinde bu yöntem kullanılabilir.Bu yöntem temiz gökyüzünde ve kısmi bulutlu gökyüzünde oldukça doğru sonuçlar vermektedir.Bu modelde atmosferik moleküllerin ve aerosollerin yutma ve saçma sabitleri C.H.Hoyt'un verdiği denklemler ile hesaplanır.Çoklu yansıma ise Sivkov'a göre hesaplanmaktadır. Berrak havada toplam ışınım için;

$$I_T = I_0 \sin \gamma \mathcal{Z}^{\circ}(\sin \gamma; \rho_a^u, u_{H_2O}, u_{O_3}, P/\beta) \quad (1.86)$$

verilmektedir.Burada,  $\mathcal{Z}^{\circ}$  atmosferik geçirgenlik fonksiyonu;

$$\mathcal{Z}^{\circ} = \frac{[1 - \sum_{j=1}^5 \alpha_j] [(1 - S_h)(1 - S_a) + 0.5 S_h + 0.75 S_a]}{1 - \int_a \frac{0,0658}{0,9606}} \quad (1.87)$$

gibidir.Semboller, daha önce (1.57) denklemindeki semboller ile aynıdır.  $\int_a$  veryüzünün yansıtması için (1.29) denklemi kullanılır.

A.Mani ve S.Rangarajan, toplam ışınım hesabında direkt ve yayılı ışınım bileşenlerine ilaveten yansıyan bileşen için C.H.Hoyt'un formülünü kullanmışlardır [27] ;

$$I_{ya} = \int_a (I_D + I_y) (0,5 S_h + 0,25 S_a) (1 - \sum_{i=1}^5 \alpha'_i) \quad (1.88)$$

Bu bileşen, dünya yüzeyi ile temiz atmosfer arasında birinci yansımayı ve yayılı ışınım bileşenini içerir.  $S_h'$  ve  $S_a'$  ; Lambert yansımalarını dikkate almak için (Zenit hava kitlesi  $\times (p/p_0)$  1,66) değerinde takdir edilirler.  $\alpha_i'$  yutma sayısı değerleri de ,

$$( m = 1,66 \frac{p}{p_0} )$$

değiştirilmiş hava kitlesinde takdir edilmektedir.

(1.62) denklemindeki direkt ışıınım formülü toplam ışıınım için de kullanılır. Yanlız  $I_D$  ler  $I_T$  olacak,  $I_{T(m=0)}$  ve toplam ışıınım için  $\alpha_{sö}$  asağıdaki Tablo (1.5)'den alınır.

Tablo (1.5) Toplam Işıınım İçin Görünür Güneş Sabiti ve Sönüm Katsayısı

6.ve7. Ay 5.ve8. 4.ve9. 3.ve10. 2.ve11. 1.ve12.

$I_{T(m=0)}$	1320	1310	1300	1220	1210	1200
$\alpha_{sö}$	0,282	0,285	0,295	0,303	0,320	0,330

### I.3.5 - Bulutlu Gökyüzünde Güneş Işıınımı

Bulutların miktarı ve tipi, dünya üzerine gelen ışıınımı büyük ölçüde tayin eder.

Bulutlu havada direkt ışıınım için kuru aerosollerden geçme kesrini  $\zeta_a$  ile, gökyüzünün bulutlu kesrini  $c$  ile göstererek direkt ışıınım şiddeti şu şekilde yazılabilir :

$$I_D = \cos \theta_z \zeta_a (1 - c) I_a . \quad (1.90)$$

M.A.Atwater ve J.T.Ball, bulutları hesaba katmak için direkt ışıınım bileşenini  $(\zeta_b)_D$  ile, toplam ışıınımı bulmak için de  $\zeta_b$  ile çarpmışlardır [11] ;

$$(\zeta_b)_D = \prod_{i=1}^n (1 - c_i) , \quad (1.91)$$

$$\zeta_b = \prod_{i=1}^n [1 - c_i (1 - \gamma_{bi})] . \quad (1.92)$$

Burada  $c_i$  bulut miktarı,  $\chi_{bi}$  ise bulut geçirgenlik fonksiyonudur. Bulut geçirgenlik fonksiyonları optik yol uzunluğunun - M , (1.24b) denkleminde verilmiştir- fonksiyonu olarak bulut tiplerine göre Haurwitz tarafından Tablo 1.6 'daki gibi verilmiştir.

Tablo (1.6) Bulut Tipleri için Geçirgenlik Fonksiyonları

Bulut Tipi	Denklem
Sis	$\chi_b = 0,1626 + 0,0054 M$
Stratus	$\chi_b = 0,2684 - 0,0101 M$
Stratokümlüs	$\chi_b = 0,3658 - 0,0149 M$
Kümlüs	$\chi_b = 0,3658 - 0,0145 M$
Kümlülonimbüs	$\chi_b = 0,2363 + 0,0145 M$
Altostratus	$\chi_b = 0,4130 - 0,0014 M$
Altokümlüs	$\chi_b = 0,5456 - 0,0236 M$
Sirrus	$\chi_b = 0,8717 - 0,0179 M$
Sirrostratus	$\chi_b = 0,9055 - 0,0636 M$

Tecrübeler sonucu, kar örtüsü olduğunda, aşağı doğru ısı-  
sınım akısı şu çarpan ile çarpılmalıdır;

$$\chi_g = \frac{1}{1 - \rho_a \rho_{at}} \quad (1.93)$$

Burada,  $\rho_{at}$  atmosferik albedodur. Lacis ve Hansen, bulutsuz gökte,  $\rho_{at}$  için 0,0685 değerini kullanmışlardır. Bulutların optik kalınlığını 10 kabul ederek bulutlu havada  $\rho_{at}$  için 0,56 değeri alınabilmektedir.

S.Barbard ve arkadaşları, bulutlu gökyüzünde ısısınımı he-



sağlamak için gerçek güneşlenme periyodu  $s_1$ 'in mümkün güneşlenme periyodu  $S'$ 'e oranını kullanarak, toplam ışınım şiddeti için aşağıdaki bağıntıyı kullanmışlardır [13,9] ;

$$H_{T_b} = \frac{s_1}{S} H_D + H_{yi} \frac{s_1}{S} + 0,33 \left(1 - \frac{s_1}{S}\right) H_T \quad (1.94)$$

Yukarıdaki denklemde 0,33 sayısı  $40^\circ K$  enlem içindir, diğer enlemlerde bu sayı tablo halinde verilmiştir [19] .  $T$ ,  $T_b$ ,  $D$ ,  $ya$  alt indisleri sırası ile toplam, bulutlu gökyüzünde toplam, direkt ve yayılı manasına kullanılmıştır.  $H$  ise günlük ısınımı ifade etmektedir.

B.Goldberg ve H.Klein, saatlik veya günlük toplam güneş ısınımının hesabında bulutlu havalarda temiz havadaki ısınım değerini bulut geçirgenliği  $\tau_b$  ile çarpmışlardır [17] .  $c$  bulut örtüsü 7 değerinden az olduğunda;

$$\tau_b = 1,005 - 0,229c - 0,0010c^2 \quad (1.95)$$

formülünü,  $c$ 'nin 7 ve daha büyük değerlerinde ise ;

$$\tau_b = 0,116 + 0,3031c - 0,02456c^2 \quad (1.96)$$

formülünü kullanmışlardır. Birinci denklemde, korrelasyon katsayısı 0,964, ikincisinde ise 0,978 'dir.

F.J.K.Ideriah, S.Barboro ve arkadaşlarının bulutlu havalar için verdikleri modeli kullanmıştır [21]

J.A.Davies ve D.C.Mckay, bulutlu gökte toplam ısınım için bulutsuz gökyüzü halinde verdikleri formülü, aşağıda verilen bulut tabakası geçirgenlik ve albedo fonksiyonları ile çarpmışlardır [22] ;

$$\tau_b f(\alpha) = \prod_{i=1}^m [(1 - c_i) + t_i c_i] / (1 - \rho_a \rho_{at}) \quad (1.97)$$

Burada  $m_b$  bulut çeşit sayısı,  $C_i$  bulut tabaka miktarı,  $t_i$  bulut tipi için geçirgenlik aşağıdaki gibi verilmiştir;

$$C_i = \frac{C_i}{1 - C_{Top}} \quad (1.98)$$

$$t_i = A_i \exp(-B_i m_r) \quad (1.99)$$

Yukarıdaki denklemde  $m_r$  (1.16b) denkleminde alınır  $A_i$  ve  $B_i$  ise Tablo 1.7 'de verilmiştir.  $C_i$ , 0 ile 8 değerleri arasında değişen, bulut miktarları  $C_{Top}$  da toplam bulut miktarını ifade etmektedir.

Tablo (1.7) Bulut Geçirgenlik Parametreleri

Bulut Tipi	$A_i$	$B_i$
Altokümlüs	0,556	0,053
Kastellanus	0,556	0,053
Altostratus	0,413	0,004
Sirrokkümlüs	0,923	0,089
Sirrostratus	0,923	0,089
Sirrüs	0,871	0,020
Kümülonimbüs	0,119	-0,226
Kümümlüs	0,368	0,045

Atmosfer ve yüzey albedosu, atmosfer ile yer arasında çoklu yansıma göz önüne alınarak belirlenmelidir. Atmosferik albedo, bulutsuz gökyüzü için moleküler saçılma, bulut seviyesinden aşağıda aerosol saçılması ve bulut seviyesindeki albedonun toplamıdır :

$$\rho_{at} = \rho_{at(R)} (1 - c) + \rho_{at(a)} \rho_b^c \quad (1.100)$$

Yukarıdaki denklemde moleküler saçılma albedosu  $\rho_{at(R)}$  0,0685 verilmiştir. Bulut seviyesinden aşağıda aerosol saçılması  $\rho_{at(a)}$  ise ;

$$\rho_a^{(a)} = [1 - \tau_{r(a)}] w_o' (1 - f_a') \quad (1.101)$$

olmaktadır. Yukarıdaki denklemde  $\tau_{r(a)}$  ve  $f_a'$  ;  $\tau_{r(a)}$  ve  $f_a'$ 'nin,  $m_r = 1,66$  daki değerleridir.  $f_a'$  yüzey albedosu ise şu şekilde yazılmıştır :

$$\rho_a = \rho_{a(A)} + \frac{[\rho_{a(Y)} - \rho_{a(A)}] [T - T_{(A)}]}{T_{(Y)} - T_{(A)}} \quad (1.102)$$

Burada,  $\rho_{a(A)}$ ,  $T_{(A)}$  sıcaklığındaki bulut altının yansıtması,  $\rho_{a(Y)}$  de  $T_{(Y)}$  sıcaklığındaki bulut örtüsünün yansıtmasıdır. ( $T_Y = 3^\circ C$ ,  $T_A = -6^\circ C$ ,  $\rho_{a(Y)} = 0,2$ ,  $\rho_{a(A)} = 0,6$  alınabilir.)

$C_e$  efektif bulut miktarı esas alınarak yapılan modelde  $C_s$  Sırrüs şeklinde olmayan bulut miktarının toplamı,  $s_{ls}$  güneşli saat kesri olduğuna göre:

$$C_e = \frac{2c_s + (1 - s_{ls})}{3} ; \quad (1.103)$$

Bulutlu halde direkt ışınım siddeti :

$$I_{Db} = [(1 - C_e) - C^* (1 - t^*)] \quad (1.104)$$

Burada  $C^*$ , Sırrüs bulutlarının kaydedilen miktarı,  $t^*$  da Sırrüs şeklindeki bulutların geçirgenliğidir.

Yayıllı ışınım için mavi gökyüzündeki  $I_{yb1}$ , Sırrüs şeklinde bulutlardan yansıyan  $I_{yb2}$ , diğer bulutlardan  $I_{yb3}$ ,

ve çoklu yansımadan doğan yayılı ışınım  $I_{yb4}$  aşağıdaki for-  
müllerle verilmişlerdir;

$$I_{yb1} = (1 - C) I_y \quad (1.105a)$$

$$I_{yb2} = c^* t^* I_y \quad (1.105b)$$

$$I_{yb3} = C_s I_y \prod_{i=1}^n \psi_{c_i} \quad (1.105c)$$

$$I_{yb4} = \rho_a (I_D + I_{yb1} + I_{yb2} + I_{yb3}) (\rho_{bs} c_s + \rho_c^*) \quad (1.105d)$$

$$\psi_{c_i} = 1 - (1 - t_i \frac{C_i}{C_s}) \quad (1.105e)$$

Burada  $\rho_{bs}$  Sırrüs olmayan ve  $\rho_c^*$  da Sırrüs bulutların albedo değerleridir. Sırası ile 0,6 ve 0,2 alınabilir.

Diğer taraftan direkt, yayılı ve toplam ısınımın bulutlu gökyüzündeki değerleri, aerosollerin tesiri ihmal edilerek hesaplanabilir. Direkt ışınım şiddeti için;

$$I_{Db} = (1 - C) I_D \quad (1.106)$$

ve yayılı ışınım için;

$$I_{yb} = (1 - c) I_y + c t_{ay} I_D + \rho_a I_{yb} \bar{\rho}_b^c \quad (1.107)$$

yazılabilir. Yukarıdaki denklemde ilk terim yayılı ısınımı, ikincisi buluttan geçen yayılı ısınımı ve üçüncü terim ise bulut ve yer arasında yansımadan sonraki ısınımı göstermektedir.

$\bar{\rho}_b$  ortalama bulut yansıması,  $t_{ay}$  C.H.Hoyt'un, bulut albedosu ve yutma sayılarından elde edilen değerdir. (1.106) ve (1.107) denklemlerini toplarsak;

$$I_{Tb} = I_T \frac{[(1 - c) + t_{ay} c]}{1 - \rho_a \bar{\rho}_b^c} \quad (1.108)$$

Tüm gökyüzünün bulutla örtülü olduğu halde ısıtım, bulut kalınlığına bağılı olarak dalgalanır. İdeal bulut tabakaları (düzgün kalınlıkta) ideal şekilli bulutlar halinde güneş ısıtım akıllarını hesaplayan nümerik metotlar geliştirilmiştir.

Kısmi bulutlu gökyüzü için Schneider ve Dickinson, toplam ısıtımı parametreleştirmişlerdir.

$$I_{T_b} = I_0 \sin y \tau_b^b, \quad (1.109)$$

$$\tau_b^b = \tau^0 \left[ \frac{1 - c + c \tau_b(y)}{1 - c \rho_a \rho_b} \right]. \quad (1.110)$$

Burada  $\tau$  geçirgenliği, b ve 0 üst indisleri de sırası ile bulutlu ve temiz gökyüzünü,  $\tau_b(y)$  ise "y" güneş yüksekliği için bulut geçirgenlik sabitini göstermektedir.  $\rho_b$  yüzey yansımalı yayılı ısıtım için bulut albedosudur. Çoklu yansımaya işlemdeki atmosferik sönüm ihmal edilmiştir. Alçak ve orta yükseklikteki bulutlar için;

$$\tau_b(y) = \frac{0,97(2 + 3 \sin y)}{4 + 0,6 t_k}, \quad (1.111)$$

$$\rho_b = \frac{0,6 \tau_k}{4 + 0,6 t_k}, \quad (1.112)$$

yazılabilir. Burada  $t_k$  bulut geçirgenliği,  $\tau_k$  optik bulut kalınlığıdır ve bulut tipine göre Tablo 1.8 'de görülebilir .

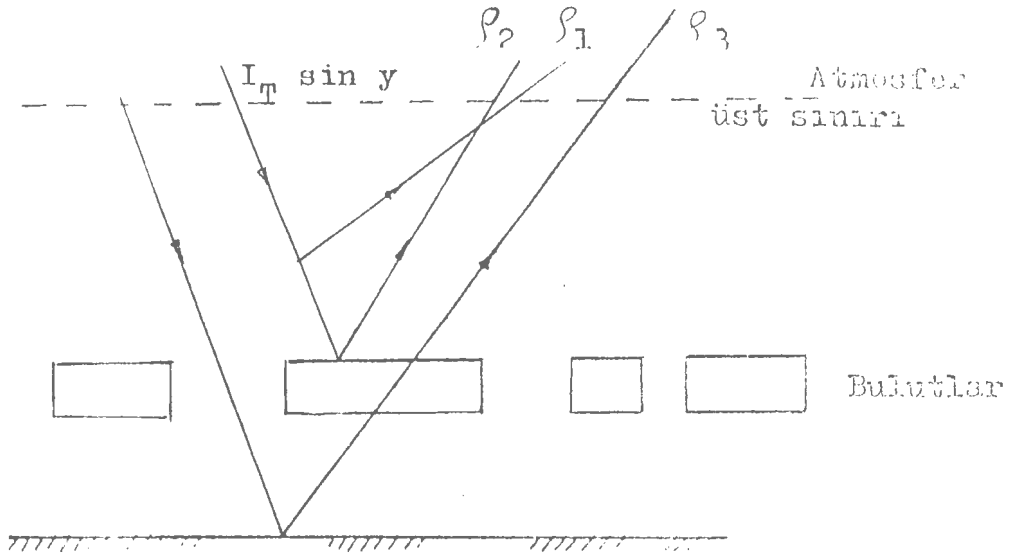
Tablo (1.8) Bulut Kalınlıkları

Bulut Tipi	Ac	As	Sc	St	Ns
$\tau_k$	7,5	10,9	14,8	22,3	35

Kısmi bulutlu gökyüzünde dünya-atmosfer sistemi tarafından yansayan ışınım üç bileşenden oluşur. Atmosferik moleküller ve aerosol tarafından yansımaya, bulutlar ile yansımaya, dünya tarafından yansımaya ,

$$\rho_1 = [1 - \sum \alpha_j] [0,5 S_h + 0,25 S_a] , \quad (1.113)$$

bağıntısıyla verilmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 - Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımının, Atmosfer Molekülleri, Bulutlar ve Yeryüzü Tarafından Yansıtılması

Bulut-yüzey sistemi albedosu, yansımış yayılı ışınım hesabında, yansımaya için atmosferik geçirgenlik fonksiyonu, yalnız saçılmadan meydana geliyor kabul edilmektedir. Bulut ve yerden olan yansımalar toplamı şu şekilde yazılır :

$$\rho_2 + \rho_3 = \tau^0 \rho_{eff} [(1 - S_h^*) (1 - S_a^*) + 0,5 S_h^* + 0,75 S_a^*] . \quad (1.114)$$

Bulut-yüzey sisteminin efektif albedosu (1.111) ve (1.112) denklemlerini kullanarak şu şekilde bulunur :

$$\rho_{eff} = c \left[ \frac{2 - 3 \sin y + 0,6 t_k}{4 + 0,6 t_k} \right] + \left[ \frac{(1 - c) + c \tau_b(y)}{1 - c \rho_a \rho_b} \right] \rho_a (1 - y \rho_b) \quad (1.115)$$

Burada,  $S_h$  ve  $S_a$ , (1.33) ve (1.35) denklemleri ve (1.26) denkleminde,  $m = 1,66$  alınarak hesaplanan hava ve aerosol saçılma oranlarıdır.

Berrak gökyüzü için efektif albedo yüzey albedosuna esittir. Tamamen kapalı gökyüzü için ( $c = 1$ ) efektif albedo bulut albedosu ile efektif yüzey albedosunun toplamıdır; ki bu, yüzey ile bulut arasındaki çoklu yansıma ile değiştirilmiş yüzey albedosudur. Yoğun bulutlar ( $N_s$ ) için efektif albedo ( $\tau_k = \infty$ ,  $\tau_b = 0$ ,  $\rho_b = 1$ ) ile verilir ;

$$\rho_{\text{eff}} = c \cdot \frac{(1 - c^2) \rho_a}{1 - c \rho_a} , \quad (1.116)$$

dünya atmosfer sisteminin albedosu  $\rho_{ya}$  ;

$$\rho_{ya} = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 \quad (1.117)$$

ve yansımış enerji de ;

$$I_{\text{yan}} = \rho_{ya} I_0 \sin y \quad (1.118)$$

olmaktadır.

## I.4 - Güneş Isınım Modelleri

### I.4.1 - Model 1

Hava kütlesi, hava basıncı, yoğuşabilir su buharı tabaka kalınlığı, türbidite ve dalga boyu katsayıları, yoğuşma noktası sıcaklığı, hava sıcaklığı, görüş uzaklığı ve relatif nem, zenit açısı ve atmosfer dışı ışıının düzeltilmiş şekli kullanılarak, saçma ve yutma geçirgenlikleri, bunlardan da berrak gökyüzündeki direkt ve yayılı ışıının siddetleri bulunur. Bunlar gün boyunca toplanarak günlük toplam ışıınım hesaplanır. Bulutlu halde direkt ışıını bulmak için günlük güneşlenme kesri ve berraklık katsayısı "k" ile çarpılır. Yayılı günlük ışıını bulmak için ise (1.94) denklemi kullanılır.

Model 1977 senesinde Ibadan-Nijerya'da günlük global ışıının siddetinin bulunması için denenmiş ve sonuçlar ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Formüllerde  $k = 0,75$  alınarak yapılan hesaplarda ölçümlerden % 10 fark ettiği bulunmuştur.

### I.4.2 - Model 2

Seçilen ikinci modelde parametre olarak, ozon yol uzunluğu, yoğuşabilir su buharı kalınlığı, Angstrom türbidite katsayısı, yüzey hava basıncı ve albedosu, bulut örtüsü kesri ve bulut kalınlığı, yeryüzü, atmosfer ve bulutlar arasındaki çoklu yansıma dikkate alınmıştır. Gerçek ışıının sonuçlarına göre ışıının siddetlerindeki hata % 1' den azdır. Albedo'daki hata ise % 10'dan azdır. Ölçümlere göre % 2 ila % 3'lük bir fark bulunmuştur.

Berrak gökyüzünde toplam ışıının, atmosfer dışı ışıının ve efektif geçirgenlik fonksiyonu ile hesaplanır. Aerosollerin ve atmosferik moleküllerin saçma ve yutma sabitleri D.V. Hoyt tarafından verilen denklemlerden alınmıştır [15] .



Bulutların düşen ısınımı saçma ve yutmaları aerosolle-  
rinkine benzer.Farklı yüksekliklerdeki bulutlar ısınımına  
farklı şekilde tesir ederler.Alçaktaki su bulutları yüksek-  
teki buz bulutlarından, su ve buz partiküllerininin farklı  
saçma ve yutma özelliklerinden dolayı farklı özellik gösterir.Kısmi bulutlu gökyüzünde güneş diskine göre bulut parçalarının pozisyonu, ayrılmaları ve şekli ısınımı etkiler.Berrak gökyüzünde yerden yansıyan ısınım gökyüzünde kaybolur.Yüzeyin yansıtma katsayısı fazla olursa, bulut geri yansıtması fazla olacaktır.Bu tesirler şekilseldir ve iyi bilinir.Miktarsal takdirlerde esaslı belirsizlikler vardır.Isınımın ani değerleri (saatlik veya dakikalık), güneş diski ile bulut parçaları arasındaki dinamik bağıntıdan, disk engellemesi az ise ısınım az olmakta, tamamen kapalı halde de bulutların düzgün bulut olup olmadığına göre değişir.

#### I.4.3 - Model 3

Bulutlu gökyüzünde toplam ısınım, direkt bileşen , aerosol ve Rayleigh saçılmasından olan yayılı bileşenlerin toplamıdır.Direkt bileşen, ozon, Rayleigh, aerosol, su buharı yutması; Rayleigh saçılmasından doğan yayılı bileşen, ozon ve Rayleigh geçirgenlikleri; aerosol saçılmasından doğan yayılı bileşen de; ozon, Rayleigh ve aerosol geçirgenlikleri, su buharı yutması, spektral olarak ortalama aerosol tek saçılma albedosu  $w_0$ , aerosol tarafından öne doğru saçılmanın toplam saçılmaya oranı  $f'$  in fonksiyonudurlar.

Model Kanada'nın bazı şehirlerinde denenirken, ozon kalınlığı 3,5 mm alınmış, su buharı tabaka kalınlığı, çiğ noktası sıcaklığına göre Won'un türettiği formül ile bulunmuştur.Rayleigh saçılmasından sonraki geçirgenlik, spektral

integral değeri relatif optik hava kütlesinin fonksiyonu olarak Thekaekara'nın atmosfer dışı ışıınının spektrumunu kullanarak elde edilmiştir.

Aerosol tarafından sönme sonrası geçirgenlik yalnız saçan aerosoller için  $w_0 = 1$  alınır.Şehir kesiminde aerosoller hem saçar hem de yutar.Bu halde  $w_0 = 1$ 'dir.Aerosollerin tesiri ihmal edilirse, aerosollerin geçirgenliği  $\tau_{r(a)} = 1$  alınır.

Bu modelin Kanada şehirlerinde denenmesinde ortalama

( RMSE ) hatası ,

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_i} ( T_{ei} - \text{Öl}_i )^2}{n_i} \right]^{1/2}$$

(Burada  $T_{ei}$  teorik hesaplanan ışıının,  $\text{Öl}_i$  ölçülen ışıının değeri,  $n_i$ 'de işlem sayısıdır.) toplam ışıınınında günlük % 11 - 15, 2 ila 4 günlük de % 10, direkt ışıınınında günlük % 25, 10 ila 15 günlük de ise % 10 olmaktadır.

#### I.4.3.1 - Model 3.1

3.1 alt modelinde berrak gökyüzündeki ışıının değerleri Model 3 başlığı altında verilmiştir.Bu alt modelde bulutlu haldeki gerçek ışıınımları hesaplamak için;  $c_i$  i'inci tabakadaki bulut miktarı veya opasite,  $t_i$  tabakadaki bulut tipi için geçirgenlik,  $\rho_b$  ,  $\rho_a$  albedosundaki yeryüzünden yansıyan ışıınının atmosferik geri saçmasını içermektedir.  $c_i$  değerleri doğrultulmuş değerlerdir.Geçirgenlikler bu modelde eksponansiyel ifadelerle verilmektedir.Atmosferik albedo, moleküler saçılma  $\rho_{at(R)}$  (yanlız, gökyüzünün bulutsuz kısmına uygulanmakta), bulut altındaki atmosferde aerosoller tarafından saçılma  $\rho_{at(a)}$  ve bulut seviyesindeki albedo ile bulut örtüsü

çarpımının toplamı şeklinde bulunur. Yüzev albedosu da,  $-6^{\circ}\text{C}$  de 0,6 ve  $3^{\circ}\text{C}$ 'de 0,2 takdir edilen albedolar cinsinden formüle edilerek bulunmaktadır.

Direkt bileşen,  $(1 - \text{toplam bulut opasitesi})$  ile berrak göküzündeki direkt bileşen değerinin çarpılması hesaplanmaktadır. Genellikle direkt güneş ısınımının hesaplanmasında, saatlik bulut miktarı tahminlerini geliştirmek için bulut ve güneşlenme datası kullanılır.

#### I.4.3.2 - Model 3.2

Model 3.2'de efektif bulut miktarı, güneşin engellediği saat kesri  $c_e$ , sirrüs şeklinde olmayan bulutların toplam ve güneşlenme saatlik kesri cinsinden yazılır. Sirrüs bulutlarının toplam miktarları ve geçirgenliklerini hesaba katarak direkt ısınım bileşeni bulunur. Bu Model'de yayılı ısınım, mavi gökyüzündeki sirrüs bulutlarından, diğer bulutlardan, çoklu yansımadan doğan yayılı ısınım bileşenlerinin toplamı ile hesaplanmaktadır. Çoklu yansıma sirrüs olmayan bulutların albedosu 0,6 ve sirrüslerinki 0,2 alınarak bulunmaktadır.

#### I.4.3.3 - Model 3.3

Model 3.3, toplam bulut temelli model olmaktadır. Direkt, yayılı ve toplam ısınım, berrak göküzünde Model 3'de MAC Model aerosol tesiri ihmal edilerek hesaplanmıştır. Bulutlu halde, berrak göküzündeki direkt bileşen göğün açık olan kesri ile çarpılmış, yayılı ısınım bileşeninin bulunması için berrak havadaki yayılı bileşenin, göğün açık olan kesri ile çarpımı buluttan geçirilen ısınım ve bulut ile yeryüzü arasındaki yansımadan sonraki ısınımın toplamı alınarak hesaplanır. Direkt ile yayılı ısınım da toplanarak top-

lam ısınım bulunur.

#### I.4.4 - Model 4 (Ek II'de verilen bilgisayar programında verilen model)

Ek II'de verilen bilgisayar programında kullanılan ısınım modelinde berrak havadaki hal için birçok araştırmacının esas aldığı D.V.Hoyt'un modeli temel olarak kullanılmıştır 15 .

Bu modelde direkt, yayılı ve yansıyan ısınım toplandıdır.Habuki diğer modellerde yansıyan ısınım ya hesaba katılmamış yahut da fazla katılmıştır ( yeryüzüne düşmeden ve bulutlardan yansımalar da katılmıştır). Model, D.V.Hoyt tarafından denenmiş, mutlak ısınım skalasında hakiki güneş öylesinde ölçülen değerler model hesaplamalarından türetilen değerlerden % 1 ila %2,3 daha alçaktır.Fakat bu %5 olan pironometre hassaslığından daha küçük kalmaktadır. 18 ayrı yerde, yalnız berrak gökyüzüne sahip havalarda ölçülen günlük ortalama ısınımın senelik ortalaması, model hesaplamaları ile karşılaştırıldığında hesaplanan değerler Fritz tarafından sağlanan ölçüm değerlerini ortalama %0,9 geçmektedir.Bununla beraber ölçülen değerler hesaplanan değerleri % 1,7 geçmektedir.Bulutları içeren model testinde Boulder Colorado- A.B.D için ısınım klimatolojisi hesaplanıp Bennett'in gözlemleri ile karşılaştırılmıştır.Hesaplanan ısınımın senelik ortalaması gözlemlerden % 2,7 alçak bulunmuştur.Düşünülen tüm hallerde ölçülen ve hesaplanan ısınım değerlerinin senelik ortalamaları karşılaştırıldığında % 2,7 fark görülmüştür.

Bu modelde berrak havadaki direkt, yayılı ve yansıyan ısınım formülleri D.V.Hoyt'dan alınmıştır.Yalnız su buharı ve ozon tabaka kalınlığı için daha hassas ve güvenilir formüller kullanılmıştır (1.14 ve 1.23b).Direkt ısınımın saatlik değerini bulutlu havada bulmak için berrak havadaki değeri saatlik

güneslenme kesri ile çarptılmıştır. Yayılı ısınımı bulmak için de Model 1'de günlük ısınımların bulunması için verilen (1.94) formülünde günlük ortalama güneslenme süresi yerine saatlik güneslenme süresi (oran olarak) alınmıştır.

## BÖLÜM

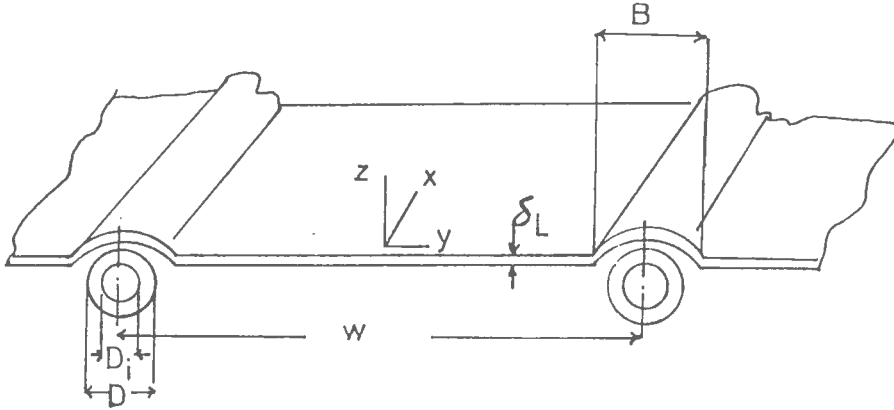
### II

#### DÜZLEM GÜNEŞ TOPLAÇLARI

##### II.1 - Toplaç Performansının Sürekli Hal Modeli

Düzlem toplaçlarda, genellikle kullanılan performans modelleri, Hottel ve Woertz (1942), Hottel ve Whiller (1958) ve Bliss (1959) tarafından geliştirilmiştir. Bu modellerde, toplaç bileşenlerinin termal kapasite tesirleri ihmal edilmiştir.

Tipik düzlem toplaç, alt ve üst toplama borularını birleştiren, bunlara dik ve daha küçük çaplı borulardan ibarettir (Şekil 2.1). Toplaç performansına, toplama borularının tesiri ihmal edilmiştir.



Şekil (2.1) Düzlem Toplaç yutucu levhası

İç ısı üretimi düzgün fiziksel özelliklere sahip bir katıda, sürekli hal ısı iletimi denkleminde hareketle;  $(\alpha \tau)_{eff}$  efektif yutma geçirme çarpımı, I toplaca düşen ısınım,  $K_k$  toplaç toplam ısı transfer katsayısı,  $T_L$  levha sıcaklığı,  $T_C$  çevre sıcaklığı,  $k_1$  levhenin ısı iletim katsayısı olmak üzere, y eksenini boyunca sıcaklık dağılımı aşağıdaki şekilde yazılır :

$$\frac{d^2 T}{dy^2} + \frac{(\alpha \tau)_{eff} H - K_k (T_L - T_C)}{K \delta_L} = 0 \quad (2.1)$$

$$\left[ \frac{dT}{dy} \right]_{y=0,x} = 0$$

$$T_y = (w - B)/2 = T_{b,x}$$

sınır şartları ile,

$$b_L = \sqrt{K_k / k_L \delta_L}$$

olmak üzere, sıcaklık dağılımı ,

$$T = T_{b,x} \frac{\cosh(b_L y)}{\cosh[b_L (w - B)/2]} + T_\zeta + \frac{1}{K_k} \left[ 1 - \frac{\cosh(b_L y)}{\cosh[b_L (w - B)/2]} \right] \quad (2.2)$$

şeklinde bulunur.

Boruya her iki yan tarafındaki kanattan iletim ile geçen ve borunun direkt güneş ısınımından, yuttuğu enerjileri yazararak, birim yüzeyden kazanılan faydalı ısı  $q_f$ , kanat verimi  $F$  olmak üzere aşağıdaki şekilde yazılır :

$$q_f = B + F(W - B) [H - K_k (T_{b,x} - T_\zeta)] , \quad (2.3)$$

$$F = [\tanh b_L (w - B)/2] / [b_L (w - B)/2] .$$

Levhadan boruya ısı akısında, dirençleri yazarsak,

$$q_f = \frac{T_{b,x} - T_{s,x}}{r_b + r_d + r_i} ; \quad (2.4)$$

burada,  $r_b, r_d, r_i$  sırası ile birleştirme parçası, boru cidarı ve boru iç direnci,  $T_{s,x}$  de  $x$  mesafesindeki su sıcaklığıdır.  $x$  mesafesindeki boru sıcaklığı  $T_{b,x}$  yok edilerek ,

$$q_f = WF' [H - K_k (T_{s,x} - T_4)] \quad (2.5)$$

bulunur ,

$$F = \frac{1/K_k}{W 1/K_k (B + (w - B)F) + r_b + r_d + r_i} \quad (2.6)$$

Burada  $F'$  toplaq verim faktörüdür.  $dx$  elemanındaki akışkan kütlesinin enerji dengesini vazarak,  $F'$  ve  $K_k$ 'nin sabit olduğu kabul edilirse, differansivel denklemin çözümünde  $x = l_k$  levha boyu konularak, su çıkış sıcaklığı;

$$T_{s\zeta} = T_{\zeta} + \left(\frac{H}{K_k}\right) - \left(\frac{H}{K_k}\right) - (T_{sg} - T_{\zeta}) \exp\left(-\frac{K_k F A_k}{\dot{m} C_p}\right) \quad (2.7)$$

şeklinde bulunur.  $T_{sg}$  su giriş sıcaklığı,  $A_k$  toplaq alanıdır. Toplam faydalı enerji,  $\dot{m}$  su akış debisi,  $c_p$  su ısınma ısısı olmak üzere;

$$Q_f = \dot{m} C_p (T_{s\zeta} - T_{sg}) \quad (2.8)$$

olur. Bu denklemde  $T_{s\zeta}$  çekilip (2.7) denkleminde yerine konulursa ,

$$Q_f = A F_R \left[ H - K_k (T_{sg} - T_{\zeta}) \right] \quad (2.9)$$

bulunur. Burada ,

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p}{A_k K_k} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{F' K_k A_k}{\dot{m} C_p}\right) \right] \quad (2.10)$$

olur.  $F_R$ 'e "toplaq ısı çıkarma faktörü" denir.

Toplaq üstünden  $N_c$  adet cam örtü boyunca kaçan ısı  $Q_{\ddot{u}}$  ,  $(N_c + 1)$  adet lineer olmayan denklem sisteminin çözümü ile bulunur.

Ortalama toplaq levha sıcaklığı ,  $T_L$  levha sıcaklık dağılımının integrasyonu ile elde edilir;

$$T_L = \frac{1}{A_k} \int_0^{(w-B)z} \int_0^{L_k} T dx dy \quad (2.11)$$



Önce  $T_L$  bulundu mu,  $(N_c + 1)$  denklem, iteratif olarak çözülebilir ve  $Q_{\dot{u}}$  ile  $N_c$  adet ortalama cam sıcaklıkları bulunur. Woertz (1942) söz konusu işlemi yapıp  $Q_{\dot{u}}$ 'nün çabuk hesaplanması için yaklaşık bağıntı geliştirmiştir :

$$Q_{\dot{u}} = \frac{A_k (T_L - T_c)}{\frac{N}{C_{e\dot{g}}} \sqrt[4]{(T_m - T_c)/(N_c + f_r)}} + \left( \frac{1}{h_r} + \frac{\sigma A_k (T_L^4 - T_c^4)}{\left( \frac{1}{\epsilon_L} \right) + \left[ \frac{2N_c + f_r + 1}{\epsilon_c} \right] - N_c} \right) \quad (2.12)$$

Burada,  $C_{e\dot{g}}$  toplaç eğimine bağlı bir sabit,  $f_r$ 'in değeri de sırası ile 0, 10, 20 m/h rüzgar hızlarında, 0,76, 0,36, 0,24 alınmaktadır. Ayrıca  $\sigma$  Stefan Boltzman sabiti ( $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$ )  $\epsilon_L$  levha  $\epsilon_c$  cam emisiviteleri,  $h_r$  de cam ile levha arasındaki film katsayısıdır.

Klein (1973), toplaç üst kayıp katsayısı için aşağıdaki denklemi vermiştir [1] :

$$K_{\dot{u}} = \left( \frac{N_c}{\left( \frac{344}{T_L} \right) \left[ \frac{(T_L - T_c)}{(N + f_{k\dot{u}})} \right]^{0,31}} + \frac{1}{h_r} \right)^{-1} + \frac{\sigma (T_L + T_c)(T_L^2 + T_c^2)}{\left[ \epsilon_L + 0,0425N(1 - t_L) \right]^{-1} \left[ \frac{2N + f_{k\dot{u}} - 1}{\epsilon_c} \right] - N_c} \quad (2.13a)$$

$$f_{k\dot{u}} = 1 - 0,04h_r + 5 \cdot 10^{-4} h_r^2 (1 + 0,058 N_c) \quad (2.13b)$$

H.P.Garg ve G.Datta, (2.13a) denklemindeki  $T_L$  levha sıcaklığının üzerindeki "344" sayısı yerine;

$$204,429 \frac{(\cos(s))^{0,252}}{l_{LC}^{0,24}}$$

değerini kullanmışlardır. Bu denklemde  $s$  toplaç eğimi  $l_{LC}$  levha ile cam arasındaki mesafedir. Ayrıca  $f_{k\dot{u}}$  yerine,  $h_r, T_c$

ve  $N_c$ ' ve bağılı aşağıdaki fonksiyonu vermişlerdir;

$$f_{gar g} = \left( \frac{9}{h_r} - \frac{30}{h_r^2} \right) \left( \frac{T_c}{316,9} \right) (1 + 0,091 N_c) \quad (2.13c)$$

K.S.Ong, araştırmasında toplam levhası taşınım ile ısı transfer katsayısı için Hottel ve Woertz'in bağıntısını kullanmıştır [36] ;

$$h_L = \frac{1}{\frac{N_c}{c_h \left( \frac{T_m - T_c}{N_c + f_h} \right)^{1/4} + \frac{1}{h_r}}} + \frac{G(T_m^2 - T_c^2)(T_m^2 + T_c^2)}{\frac{1}{\epsilon_L} + \frac{2N_c + f_h - 1}{\epsilon_c} - N_c} \quad (2.14)$$

Burada,  $T_m$  sistem sıcaklığı,  $c_h = 0,19$ ,  $N_c = 1$ ,  $\epsilon_L = \alpha_L$  ve  $h_r = 407$ ,  $G = 0,1723 \cdot 10^{-8}$  İngiliz birimlerinde alınmıştır.

S.A.Klein, toplam üst kayıp katsayısı için aşağıdaki bağıntıları vermiştir [38] .

$$Q_{\bar{u}} = \frac{(T_L - T_c) A_k}{\frac{N_c}{\frac{C_{\bar{u}}}{T_L} \left[ \frac{(T_L - T_c)}{N_c + f_{\bar{u}}} \right]^{0,33}} + \frac{1}{h_r}}} \quad (2.15)$$

$$\frac{G(T_L^4 - T_c^4) A_k}{\frac{1}{T_L + 0,05 N_c (1 - T_L)} \frac{2N_c + f_{\bar{u}} - 1}{T_c} - N_c}$$

$$f_{\bar{u}} = (1 - 0,04 h_r + 0,0005 h_r^2) (1 + 0,091 N_c)$$

$$c_{\bar{u}} = 365,9 (1 - 0,00883 s + 0,0001298 s^2)$$

olmaktadır.  $V$  (m/sn) rüzgar hızı olduğuna göre, toplam camından çevreye film sayısı Mc Adams tarafından ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) biriminde aşağıdaki gibi verilmiştir;

$$h_r = 5,7 + 3,8 V \quad W/m^2 \cdot K$$

$Q_A$  toplam altından olan ısı kaybı,  $l_i$  izolasyon kalınlığı,  $k_{izo}$  izolasyon maddesinin ısı iletim katsayısı,  $h_a$  da arkadaki taşınım ile ısı transfer katsayısı olduğuna göre;

$$Q_A = A_k (T_L - T_C) / (l_i/k_{izo} + 1/h_a) \quad (2.16)$$

şeklinde yazılabilir. Tabor  $h_a$  için 12,5 ila 25 ( $W/m^2 \cdot K$ ) değerlerini tavsiye etmiştir [1].

Toplaç kenarlarından ısı kaybı,  $A_C$  toplaç kenar çevresi,  $h_k$  kenar yüzeyinden çevreye taşınım ile ısı transfer katsayısı olmak üzere aşağıdaki gibidir;

$$Q_k = h_k A_C (T_L - T_C) \quad (2.17)$$

$h_k = 0,5 W/m^2 \cdot K$  tavsiye edilmektedir. Sonuçta toplaçın toplam ısı transfer katsayısı;

$$K_k = \frac{Q_{\dot{U}} + Q_A + Q_k}{A(T_L - T_C)} \quad (2.18)$$

şeklinde bulunur.

## II.2 - Termosifon Akısı

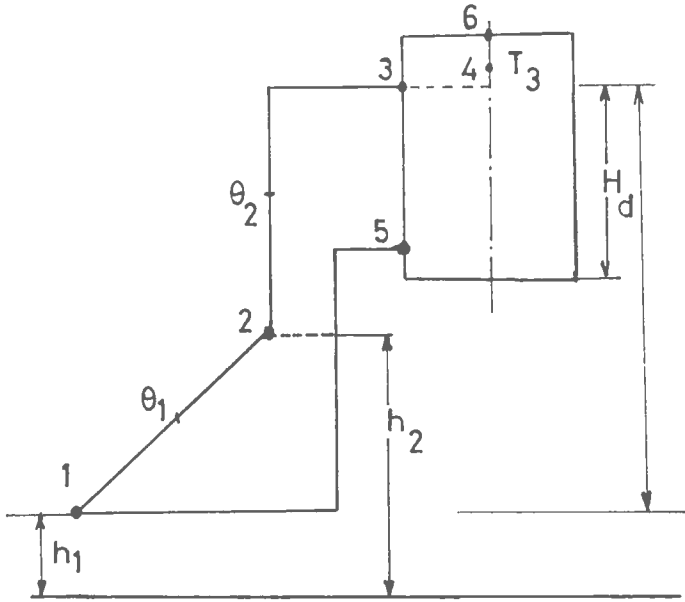
Düzlem toplaç ile onun üzerindeki depodan ibaret sistemin anlık ısı denge denklemini yazmak için, depolanan ısı ile ısı kaybı toplamının toplaca düşen ve levha tarafından yutulan güneş ışınımına eşitliği düşünülür :

$$\sum \Omega_s \frac{T'_m - T_m}{\Delta t} + (\sum K)_s (T_m - T_C) = \sum \alpha_L F_k A_k H \quad (2.19)$$

Depolama tankı için :

$$\dot{m} C_p (T_3 - T_5) = \Omega_d \frac{dT_m}{dt} + K_d (T_m - T_C) \quad (2.20)$$

esitliği yazılabilir. Burada  $T'_m$  ve  $T_m$  sırası ile  $\Delta t$  periyot sonrası ve öncesi ortalama sistem sıcaklıkları,  $\% \alpha_C$  camın geçirgenliği,  $\alpha_L$  levhanın yutma sayısı,  $T_C$  çevre sıcaklığı,  $T_3$  ve  $T_5$  sırası ile toplaç çıkış ve giriş sıcaklıkları (bak Şekil 2.2 ),  $\Omega_d$  deponun ısıl kapasitesi,  $dT_m / \Delta t$  zaman aralığında depo ortalama sıcaklığındaki yükselme,  $K_d$  de de no toplam ısı transfer katsayısıdır.



Şekil(2.2)Termosifon Akışlı Düzlem Güneş Toplaçlı sıcak su Hazırlama sistemi Şeması

t zamanı kadar sonra sistem ortalama sıcaklığı ,

$$T'_m = (\% \alpha_L F_L A_L H + \sum K_S T) \Delta t / \sum \Omega_S \quad (2.21)$$

olur. Burada  $K_S$ , Toplaç üstünden, arkasından ve depodan olan ısı kayıp katsayılarının toplamıdır :

$$\sum K_S = K_{\dot{u}} + K_a + K_d \quad (2.22)$$

Yukarıdaki denklemlerdeki  $\sum \Omega_s$  ise sırasıyla, tonlaç levha ve boruları, tonlacı denova bağlayan boruların, denolama tankının; borulardaki, bağlantı borularındaki ve depodaki suyun termal kapasitelerinin toplamıdır;

$$\sum \Omega_s = \Omega_{L,b} + \Omega_{b,b} + \Omega_d + \Omega_{s,bb} + \Omega_{s,d} \quad (2.23)$$

Borular içindeki kirlenme faktörünü de hesaba katarak levha verimi;

$$\frac{1}{F_L} = h_L W L_k (r_L + r_b + r_{bd} + r_k + r_s) \quad (2.24)$$

şeklindedir. Burada;

$$r_L = \frac{1}{h_L L_k [F_L (W - D) + D]} \quad (\text{Levha direnci})$$

$$r_b = \frac{\delta_b}{B L_k b} \quad (\text{birleştirme direnci})$$

$$r_{bd} = \frac{(D - D_i)}{\pi L_k b b (D + D_i)} \quad (\text{boru direnci})$$

ve  $r_k = \frac{1}{\pi D_i h_k L_k} \quad (\text{kirlenme direnci})$

$$r_s = \frac{1}{\pi D_i h_s L_k} \quad (\text{iç film direnci})$$

olmaktadır. Burada F kanat verimi aşağıdaki şekilde yazılır :

$$F_L = \frac{\tanh \left\{ \frac{0,5(W-B)\sqrt{h_L}}{\sqrt{k_L \delta_L}} \right\}}{\frac{(W-B) h_L}{2\sqrt{k_L \delta_L}}} \quad (2.25)$$

İç boru tasarımla ısı transfer katsayısı  $h_s$ , Faker tarafından şu şekilde verilmiştir :

$$Nu = 1,75 \left( \frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0,14} \left[ G_z + 0,0083 (Gr.Pr)^{0,75} \right]^{1/3} \quad (2.26)$$

Burada  $\mu$  ve  $\mu_s$  sırası ile sistem ve boru iç çidar sıcaklığındaki dinamik viskoziteler,  $G_z$  Greatz,  $Gr$  Grashof ve  $Pr$  de, Prandtl boyutsuz parametreleridir.

K.S.Ong, yine termosifon akışlı düzlem toplaçlı sıcak su sistemleri üzerinde yaptığı araştırmada, sistemi kısımlara bölmüştür [40] . j'inci kısımda yutulan ısıyı enerji depolanana, kaybolana ve taşınım ile geçen enerjiye eşitliğinden aşağıdaki bağıntıyı yazmıştır;

$$\alpha_j A_j H = \Omega_j (T'_j - T_j) / \Delta t + K_j A_j (T_j - T_g) + \begin{matrix} j=1 & \dot{m} c_p (T_2 - T_1) \\ j=2 & \dot{m} c_p (\theta_2 - T_2) \\ j \geq 3 & \dot{m} c_p (T_j - T_{j-1}) \end{matrix} \quad (2.27)$$

Burada  $\bar{\alpha}_j$  kontrollü değişen katsayı,  $A_j$  ve  $\Omega_j$  j'inci elemanın alanı ve ısı kapasitesidir. Sırası ile  $T_j$ ,  $T'_j$  j'inci kısmın  $\Delta t$  periyodu öncesi ve sonrasındaki sıcaklığı,  $T_{j-1}$  j'inci kısımdan bir önceki kısmın sıcaklığı,  $T_1$  ve  $T_2$  sırası ile toplaç'a giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır. Yutucu kısımda;

$$\bar{\alpha}_j = \bar{h} \alpha F$$

alınır.

Sıcak su sisteminde, toplaç örtüsünde enerji dengesi;

$$c_{pc} m_c \frac{dT_{cj}}{dt} = \alpha_c I + Q_{R1} + Q_{c1} - Q_{R2} - Q_{c2} \quad , \quad (2.28)$$

şeklinde, levhada

$$c_{pL} m_L \frac{dT_{cj}}{dt} = (\alpha_L I - Q_{Arka} - Q_{R1} - Q_{c1}) A - Q_{Su} - Q_{KL} \quad , \quad (2.29)$$

şeklinde, sudaki enerji dengesi de;

$$c_{ps} m_s \frac{dT_{sj}}{dt} = Q_s - c_{ps} m (T_{sj} - T_{s,j-1}) \quad , \quad (2.30)$$

şeklinde yazılabilir. Yukarıdaki denklemlerde,  $Q_{c1}$ ,  $Q_{c2}$ ,  $Q_{R1}$  sırası ile levhadan örtüye ve örtüden çevreye taşınım ve ısınım ile ısı transferleridir.  $Q_{Su}$  toplaç borularında suya ısı transferi,  $Q_{KL}$  toplaç levhası boyunca iletim ile ısı transferi,  $Q_{Arka}$  levhanın arka tarafa ısı kaybı,  $T_{cj}$ ,  $T_L$ ,  $T_S$  sırası ile cam, levha ve su sıcaklıklarıdır.  $T_{Sj}$  ve  $T_{S,j-1}$  de j'inci eleman ve ondan bir önceki elemandaki su sıcaklıklarını göstermektedir. Dönüş borularında boru cidarı ve izolasyon malzemesi arasında ısı transferi yalnız iletimdir ve izolasyon ve izolasyon dış yüzeyinden ısı transfer katsayısı sabit farzedilmektedir.

M.F.Young ve J.B.Bergquam, termosifon akıslı güneş toplaçlı sıcak su sistemlerini, deneyler ile araştırmışlar, aşağıdaki ısı denge denklemlerini kullanarak dolaşım debisini hesaplamışlardır [48] :

$$m_k = \frac{\Delta Q_{depo} + \dot{Q}_{yük} + \dot{Q}_{kayıp}}{C_p (T_{dg} - T_{dç})} \quad , \quad (2.31a)$$

$$\Delta Q_{Depo} = \sum_{i=1}^{N_d} \left( \frac{m_d c_p \Delta T_{dep}}{\Delta t} \right)_i \quad . \quad (2.31b)$$

Burada,  $Q_{\text{depo}}$  depodaki ısı kazancını,  $Q_{\text{yük}}$  kullanıma si-  
den ısıyı,  $Q_{\text{kayıp}}$  depodan kaybolan ısıyı,  $m_d$  depodaki su a-  
ğırlığını,  $\Delta T_{\text{depo}}$   $\Delta t$  zamanında depodaki sıcaklık değisi-  
mini göstermektedir.

$$\dot{Q}_{\text{yük}} = \dot{m}_y c_p (T_y - T_{vs}) \quad (2.31c)$$

$$\dot{Q}_{\text{kayıp}} = \sum_{i=1}^{N_d} K_{\text{yan}} A_{y(i)} (T_i - T_{\phi}) + K_{\text{ÜD}} A_{\text{üst}(1)} (T_{(1)} - T_{\phi}) + K_{\text{AD}} A_{\text{alt}(N_d)} (T_{N_d} - T_{\phi}) \quad (2.31d)$$

$$K_{\text{yan}} = \frac{1}{\frac{1}{h_d} + \frac{r_d - r_i}{k_{\text{izo}}} + \frac{1}{h_i}} \quad (2.31e)$$

$$K_{\text{ÜD}} = K_{\text{AD}} = \frac{1}{\frac{1}{h_d} + \frac{r_d - r_i}{k_{\text{izo}}} + \frac{1}{h_i}} \quad (2.31f)$$

Yukarıdaki formülasyonda depo,  $N_d$  parçaya bölünmüş,  $T_{(1)}$  en  
üst depo parçasının,  $T_{N_d}$  de en alt depo bölgesinin ortalama  
sıcaklıkları,  $T_i$  i'inci tabakanın sıcaklığı,  $K$  toplam ısı t-  
ransfer katsayısı ve  $A$  ısı transfer yüzeylerinin altın;  $d, y,$   
 $k$  alt indisleri sırası ile, depo, yük ve kayıp manasına kul-  
lanılmış,  $h$  film katsayısı ve  $r$  depo yarıçapı altındaki  $d$  ve  
 $i$  alt indisleri de sırası ile "dış" ve "iç" 'i temsil etmek-  
tedir.  $T_{vs}$  depoya verilen suyun sıcaklığıdır.  $K_{\text{yan}}$ ,  $K_{\text{ÜD}}$  ve  
 $K_{\text{AD}}$  sırası ile yan, üst ve depo altından toplam ısı transfer  
katsayılarıdır.

Isı çıkarma faktörü  $F_R$ , faydalı ısı  $Q_f$ , ortalama akışkan  
sıcaklığı  $T_{so}$ , ortalama levha sıcaklığı  $T_{Lo}$  formülleri aşağı-



daki gibidir [1] :

$$F_R = \frac{GC_p}{K_k} \left( 1 - e^{-\frac{K_k F'}{GC_p}} \right) \quad (2.32)$$

$$Q_f = A_k F_R [S - K_k (T_{s,g} - T_c)] \quad (2.33)$$

$$T_{s,o} = T_{s,g} + \frac{[Q_f/A_k]}{A_k F_R} \left[ 1 - \frac{F_R}{F'} \right] \quad (2.34)$$

$$T_{L,o} = T_{s,o} + \frac{Q_f}{h_s \pi D_i n L} \quad (2.35)$$

Yukarıdaki formüllerde  $G$  ( $\text{Kg/sn m}^2$ ) toplaç alanı başına akış debisi,  $n$  yutucudaki düşey boru sayısı,  $T_{s,g}$  de toplaç su giriş sıcaklığıdır.

$S$  ise :

$$S = 0,951 H.R (\% \alpha)_e \quad (2.36)$$

şeklinde yazılmaktadır. Burada  $H$  düşünülen zaman aralığında yatay yüzeye gelen ısıtım şiddeti,  $R$  eğik yüzeye gelen ısıtımın yatay yüzeye gelene oranı,  $(\% \alpha)_e$  ise geçirgenlik yutma efektif çarpanıdır.  $0,951$  çarpanı toplaç üzerindeki tozlanma ile ısıtımın azalmasını hesaba katmaktadır.

Kapasite tesirini hesaba katarsak, efektif kapasite :

$$(mc)_e = (mc_p) + \sum_{i=1}^n a_i (mc)_{c,i} \quad (2.37)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $a_i$  katsayıdır.  $m$  akış kütlesi,  $i$  ise bütün sistem elemanlarının toplanacağını göstermektedir. Buna göre levha sıcaklığı :

$$T_L = T_{\phi} \cdot \frac{S}{K_k} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{A_k K_k t}{(mc)_e}\right) \right] \quad (2.38)$$

Burada  $t$ , zamanı göstermektedir.

Depo ortalama sıcaklığının,  $\Delta t$  zaman aralığı başındaki ve sonundaki değerleri arasındaki bağıntı aşağıdaki gibidir [2] :

$$T_{oy} = T_{oE} + \frac{\Delta t}{(mc)_s} \left[ Q_f - Q_y - (K_k A)_d (T_{oE} - T_{\phi}) \right] \quad (2.39)$$

Burada  $(KA)_d$  depo ısı transfer yüzeyi kayıp katsayısı çarpımı,  $(mc)_s$  depo ısı kapasitesi,  $Q_y$  çekilen ısı yükünü göstermektedir.

Akış debi ifadesi ise ,

$$\dot{m} = \frac{Q_f}{C_p [T_{s\phi} - T_o]} \quad (2.40)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $T_{s\phi}$  toplaç su çıkış sıcaklığı,  $T_o$  depo ortalama sıcaklığıdır.

### II.3 - Termosifon Akış Analizi

Suyun özgül ağırlığı  $\rho_{su}$ ,  $T_m$  ortalama sistem sıcaklığı olduğuna göre, su şekilde verilmiştir [42] :

$$\rho_{su} = 1000 - 0,039 T_m - 0,00405 T_m^2 \quad (2.41)$$

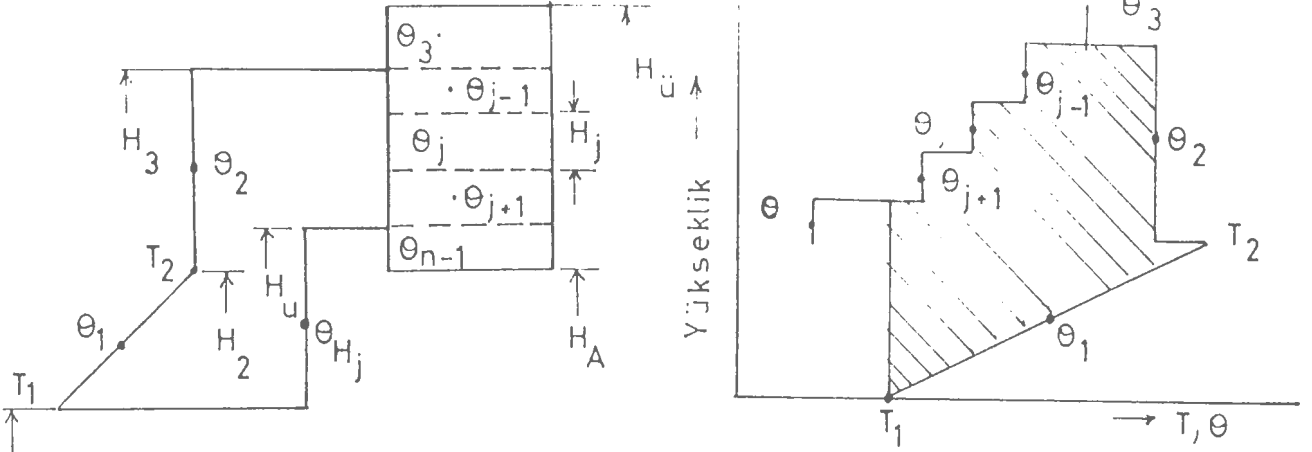
Suyu dolastıran termosifon kuvvet  $H_T$  :

$$H_T = \frac{\left[ \int_{451} \rho_{su} g dz - \int_{124} \rho g dz \right]}{\rho g} \quad (2.42)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $z$  düşey eksen, ortalama su özgül ağırlığıdır.

Sıcaklık değişimi yutucuda  $T$ , depoda  $\theta$  olsun. Buna göre





H<sub>1</sub> Şekil (2.4) Toplaç ve depo sisteminin parçalara Bölünmüş sekli bu halde yükseklik sıcaklık diyagramı

Burada  $N_d$  sistemin bölündüğü eleman adedi,  $H$  yükseklik, alt indisler de Şekil(2.4)'deki noktaları temsil etmektedir.

Termosifon yük, boru sürtünme kaybı ve lokal kayıpların toplamına eşit, akışa karşı yük kaybı ile dengelenir. Yük kaybı  $H_K$  aşağıdaki gibi formüle edilebilir :

$$H_K = \left( \lambda_k \frac{l_b}{d_b} + K \right) \frac{V^2}{2g} \quad (2.46)$$

Burada  $K$  lokal kayıp katsayısı,  $\lambda_k$  ise sürtünme kayıp katsayısıdır ve laminer akışta ( 2000 den küçük Reynold - boru içinden akışta çap ile su hızı çarpımının kinematik viskoziteye oranı- sayılarına)  $64/\text{Reynold}$  değerine esittir.  $H_K$ , toplaç borularında ve depoya bağlantı borularında ayrı ayrı bulunup toplanmalıdır. Yukarıdaki denklemde ayrıca  $l_b$  boru boyu  $d_b$  boru çapı,  $V$  su akış hızı,  $g$  yerçekimi ivmesidir.

Hız, debi cinsinden yazıldığında  $H_K$  için şu denklem bulunur:

$$H_K = \frac{8m^2 \left( \lambda_e \frac{l}{d_i} + K_e \right)}{\pi^2 g \rho_{su}^2 d_i^4 h^2} \quad (2.47)$$

Burada  $\lambda_e$  sistem eşdeğer sürtünme kayıp katsayısı,  $K_e$  eşdeğer lokal kayıp katsayısıdır.

Termosifon tük, basınç kaybını esittirenin, akış debisi çö-  
kilerse :

$$m = D' \sqrt{H_T} \quad (2.48)$$

$$D' = (\pi \rho_s n d_i^2) \left\{ \frac{g/8}{(\lambda_e \frac{l_1}{d_1} + K_e)} \right\}^{1/2} \quad (2.49a)$$

Eşdeğer sürtünme katsayısı  $\lambda_e$  ve eşdeğer lokal kayıp katsayısı  $K_e$ , bağlantı borularındaki suyun voğunluk farkla-  
rınıda dikkate alarak aşağıdaki gibi yazılabilir [40] :

$$\lambda_e = \lambda_1 + \lambda_2 n^2 \left( \frac{l_2}{l_1} \right) \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^5 \left( \frac{\rho_{su1}}{\rho_{su2}} \right)^2 + \lambda_n n^2 \left( \frac{l_n}{l_1} \right) \left( \frac{d_1}{d_n} \right)^5 \left( \frac{\rho_{su1}}{\rho_{sun}} \right)^2 \quad (2.49b)$$

$$K_e = K_1 + K_2 n^2 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 \left( \frac{\rho_{su1}}{\rho_{su2}} \right)^2 + K_n n^2 \left( \frac{d_1}{d_n} \right)^4 \left( \frac{\rho_{su1}}{\rho_{sun}} \right)^2 \quad (2.49c)$$

Yukarıdaki denklemlerde, 1,2 ve n alt indisleri sırası ile depodan tonlaca gidiş, toplaç içi ve toplaçtan depoya gidiş borularını temsil etmektedir.

Termosifon akışlı sistemlerde, sürtünme kaybı genellikle tamamen gelişmiş laminer akışta takdir edilir. Fakat birçok halde Reynold sayısı 1000'i aşar ve boru devresindeki çoğu kısımlarda gelişen akış vardır. Hal böyle olduğunda sürtünme kaybı % 40 kadar yanlış tahmin edilebilir. Langhaan bu durumu araştırmış ve gelişen akıştaki sürtünme direncinin, gelişmiş akıştakine oranı  $M_s$ 'i şu şekilde formüle etmiştir [42] :

$$M_s = 1 + \frac{0,038}{\left( \frac{l_b R_d}{d_b} \right)^{0,96}} \quad (2.50)$$

Yukarıdaki denklemde  $R_d$ , d boru çapı üzerine kurulmuş Reynold sayısıdır.

Sıcaklık sistem çevrimi boyunca ve zamanla, değiştiği için hesaplarda geçen su fiziksel özelliklerinin de sıcaklıkla

değişimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Aşağıda suyun gerekli fiziksel özellikleri verilmektedir.

Suyun genleşme katsayısı  $\beta_{sg}$  :

$$\beta_{sg} = \frac{(-0,06427 \times 10^{-3} + 17,0106 \times 10^{-6} T_m - 20,37 \times 10^{-8} T_m^2)}{1 - 0,06427 \times 10^{-3} T_m + 8,5053 \times 10^{-6} T_m^2 - 6,79 \times 10^{-8} T_m^3} \quad (2.51)$$

Yukarıdaki formülde  $T_m$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) biriminde konulunca  $\beta_{sg}$   $1/^{\circ}\text{C}$  biriminde çıkmaktadır.

Dinamik viskozite ;

$$\frac{100}{\mu_s} = 2,1482 \left\{ (T_m - 8,435 + [8078,4 + (T_m - 8,435)^2]^{1/2}) - 120 \right\} \quad (2.52)$$

Burada  $T_m$ , ( $^{\circ}\text{C}$ ) biriminde alınarak  $\mu$  (cp) biriminde bulunur. (  $1 \text{ cp} = 2,42 \text{ lb/hr ft} = 0,001 \text{ N-s/m}^2$  )

Kinematik viskozite  $\nu_s$ ,

$$\frac{1}{\nu_s} = 2,1482 \quad (2.53)$$

Suyun,  $0^{\circ}\text{C}$  ila  $80^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkları arasında ısı iletkenlik katsayısı  $k_s$ ,

$$k_s = 0,34 + 0,000416 (T_m - 50) \quad (2.54)$$

Burada,  $T_m$  ( $^{\circ}\text{F}$ ) biriminde formüle konulunca  $k_s$  İngiliz birimlerinde bulunur. (  $1 \text{ Btu/h ft}^{\circ}\text{F} = 1,731 \text{ W/m-K}$  )

#### II.4 - Termosifon Akışlı Düzlem Güneş Toplayıcı Sıcaksu Üretim Sistemlerinin Verimi

Düzlem güneş toplayıcıları ile depo arasında tabii dolaşan sıcaksu üretim sistemlerinin anlık verimi  $\eta_a$  ;

$$\eta_a = \frac{m c_p (T_2 - T_1)}{I A_k} \quad (2.55)$$

olmaktadır. Yutucu kısmın ısı toplama kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Toplağa düşen güneş ısınımının, faydalı termal enerjiye dönüşme siddetini gösterir.

Günün belirli bir periyodunda güneşli su ısıtıcısının toplam performansını takdir etmede,  $\eta_y$  "yışın verim" tarif edilmiştir. Yışın verim, depoda toplanan termal enerji artımının, o periyotta toplağa düşen güneş ısınımına oranıdır;

$$\eta_y = \frac{\Omega_{db}(T_o - T_o^*)}{A_k \int_0^t I dt} \quad (2.56)$$

Burada  $\Omega_{db}$  deponun ısı kapasitesi , t zaman,  $T_o$  ve  $T_o^*$  zaman sonundaki ve başındaki ortalama depo sıcaklıklarıdır. Ortalama sistem sıcaklığı  $T_m$ ,  $T_1 = T_5$  ve  $T_2 = T_3$  olduğu göz önünde tutulursa ,

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{T_5 + T_3}{2} \quad (2.57)$$

yazılabilir. Daha önceki konu ile ilgili kısımdaki formüllerden ,

$$T_1 = T_5 = T_m + Dm^2 / [(2AT_o + B) f(s)] \quad (2.58a)$$

olduğu bulunur;

$$D = 16(\lambda_e \frac{l_1}{d_1} + K_e) / \pi g \rho_s^2 d_1^4 N_b^2 , \quad (2.58b)$$

$$f(s) = 2(H_3 - H_1) - (H_2 - H_1) - \frac{(H_3 - H_5)^2}{H_6 - H_5} , \quad (2.58c)$$

$$T_2 = T_3 = 2T_m - T_5 \quad , \quad (2.59)$$

olduğu gösterilebilir.

Sistem kısımlara ayrılırsa K.S.Ong [40] , Şekil (2.3)'e göre depodaki ortalama su sıcaklığı  $\theta_d$ ,

$$\theta_d = \frac{\sum_{j=3}^{n-1} \Omega_{sj} \theta_j}{\sum_{j=3}^{n-1} \Omega_{sj}} \quad (2.60)$$

yazılabilir. Burada  $\Omega_{sj}$ , j'inci parçadaki suyun ısı kapasitesi,  $\theta_j$  de o kısımda kalan suyun ortalama sıcaklığıdır. Bu halde,  $\Delta t$  zaman aralığında ortalama sistem verimi  $\eta_0$  ;

$$\eta_0 = \frac{\left( \sum_{j=3}^{n-1} \Omega_{sj} \right) (\theta_d - \theta_d^*)}{A_d \cdot \sum_{t=0}^t H_t \Delta t} \quad (2.61)$$

yazılabilir, burada  $\theta_d$  ve  $\theta_d^*$  sırası ile t zaman sonunda ve basındaki depo sıcaklığı,  $I_t$  de  $\Delta t$  periyodundaki ortalama toplam ısınım siddetidir.

## II.5 - Termosifon Akışlı Güneş Toplaçlı Sıcaksu Üretim Sistemi ile Yapılmış Deneyler

K.S.Ong, termosifon akışlı güneş toplaçları ile deneysel ve teorik çalışmalar yapmıştır [36] .Kullandığı toplaçlar, 5,5 ft (1,67 m) uzunluğunda, 3 ft (0,914 m) genişliğinde bakır levha üzerine 6 adet (3/16)" (4,7 mm) dış çapında bakır borulardan oluşan, yutucu yüzeyi mat siyah tahta boyası ile boyanmış tahta muhafazaya alınmış, alttan 10 cm izole edilmiş, üstten de (1/8)" (3 mm) lik cam örtü konulmuş tiptendir. Toplaç, 7,5° Güneye dönük yerleştirilmiştir. Depo bakırdan ve 28 galon (0,1 m<sup>3</sup>) kapasitededir. 1" (2,54 cm) lık borular ile izolasyonlu bağlantı yapılmıştır. Isınım siddeti, silikon pilli güneş ölçe-



ri kullanarak toplaç yutucu levhası üzerine yerleştirilin kavdedici ile kayıt yapılmıştır.Çevre sıcaklığı da Casella sıcaklık kaydedicisi ile kaydedilmiştir.Levha ve boru üzerindeki sıcaklıklarla, depo derinliği boyunca sıcaklıklar Bakır-Konstantan termokupl ile ölçülün 24 kanallı kaydedici ile kaydedilmişlerdir.Debi ise, cam boru içine boya enjekte edilip, belli mesafeyi katetme zamanı ölçülerek bulunmuştur.

Sıcaklıkların gün boyunca değişimi, hesap ve deneylerden bulunan değerlerle çizilmiştir.Ayrıca kütle debisi boru boyunca sıcaklık yükselmesi, anlık verim ve yılın verimin gün boyunca değişimi çizilmiştir saat parametre alınıp depo düzeyi boyunca sıcaklık değişimi de grafik halinde verilmiştir. Son olarak saat 7- ve 19-'da, sistem çevrimi boyunca sıcaklık değişimi çizilmiştir.

Yine K.S.Ong, evvelkinden iki sene sonra yayınladığı araştırma makalesinde, aynı deney tesisatı üzerinde geliştirip yaptığı deney ve teorik hesap sonuçlarını yayınlamıştır [40].

Yalnız toplam güneş ışınımı için Kipp ve Zonen güneş ölçeri kullanmıştır.Değişik depo yüksekliklerinde yapılan deneylerde toplam ışınım şiddeti, maksimum depo sıcaklığı ve maksimum sistem verimini tablo halinde vermiş, verim, debi ve depo sıcaklığı deney sonuçlarının günlük değişimleri ve teorik hesap sonuçları aynı grafikde gösterilmiştir.Ayrıca sıcaklık-yükseklik dağılım grafiği çizilmiştir.Son olarak çeşitli deneylerde ışınım- verim doğruları gösterilmiştir.

G.L.Morrison ve D.B.J.Ranatunga, termosifon akıslı güneş toplaçlarının geçici davranışını araştırmışlardır [42]. Bunun için  $((1,26 \times 0,57) m^2)$  seçici yüzeyli yutucu ve tek camlı toplaç kullanmışlardır.Düşey yutucu boruları 4 adet ve iç çapları 0,011 m dir.Depo bağlantı boruları, 0,0022 m iç çaplı ve 6,9 m boyundadır.Termosifon akış Laser Dopler Anemometresi ile ölçülmüştür.Enirji, 0' dan  $700 W/m^2$ 'ye kademeli o-

larak değistiğinde, zamanla debinin ve sıcaklığın değiğimini çizilmiştir. Deneysel sonuçlar takdir edilenlerle karşılaştırılmıştır. Toplacın denodan olan yatay ve düşey mesafesi değistirilerik dönüş borusunun 1,5 m artımıyla, daha önce 3,3 dakika sonra 0,025 kg/sn debiye ulaşılırken, 4,6 dakikada aynı debiye ulaşıldığı görülmüştür. Deponun yükseltilmesi ile akışın gelişimi aynı karakterde olduğu görülmüştür. Fakat yükseklik artınca, debi de artmaktadır.

Aynı araştırıcılar, diğer bir yazılarında termosifon do-laşımı incelemişlerdir. Deneysel ve teorik debi değişimini gün boyunca çizmişler, öğle vakti deneysel ölçüm 11 gm/sn iken teorik sonucun 10 gm/sn olduğunu görmüşlerdir. Yanlış toplaca gelen güneş ışıınıını elektrik direnç teli ile temsil etmişlerdir. Bağlantı boru boylarını ve düşey mesafeyi değiştirerek ısı transferine göre sıcaklık yükselmesi ve debi çizilip, teori ile karşılaştırılmıştır. Depo yüksekliğinin gidis borusu düşey mesafesine oranı artarken termosifon yük % hatasının düştüğu görülmüştür.

B.J.Huang, doğal sirkülasyonlu güneşli su ısıtıcılarını benzerlik teorisi ile nümerik olarak araştırmışlardır [44]. Sistem performansını tayin etmede on ayrı boyutsuz parametre tarif edilmiştir. Denklemlerin nümerik çözümünden ortalama verimin, güneş ışıınıını ve depo yüksekliği ile arttığı, fakat yüksek sürtünme ve kayıp sayıları için ( $10^5$ ), bunlardan bağımsız olduğu görülmüştür. Yüksek depo seviyesi ve alçak ısı kayıp ve yutma sayıları için ortalama verim artmaktadır. Çeşitli zamanlarda yükseklik sıcaklık diağramları çizilmiştir.

Aynı araştırıcı C.T.Hsieh ile beraber, uzun zaman per-yotunda deneysel sonuçları, teorik sonuçlara uygunluğunu göstermiştir [49]. Kullanılan toplacın karakteristik sayıları ,  $F_R (Z\alpha)_R = 0,824$  ve  $F_R K_k = 8,11 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  dir. Aksam

6'dan önce sıcak su çekilmemiş, bu saatten sonra tüm sıcak su kullanılmıştır. Birim toplaç alanı başına günlük toplanan enerji  $q_f$  ;

$$q_f = \frac{\sum_{sup}^c V_d (T_{dos} - T_{doi})}{A_k} \quad (2.62)$$

olmaktadır. Burada  $T_{dos}$  saat 18<sup>oo</sup> deki depo ortalama sıcaklığı,  $T_{doi}$  ise sabahleyin verilen su sıcaklığıdır. i'inci aydaki toplanan enerji  $Q_i$  de ,

$$Q_i = \sum_{i=1}^{g_i} q_{Ni} \quad (2.63)$$

olur. Burada  $q_{N,i}$  i'inci ayın N. gününde toplanan enerjiyi göstermektedir,  $g_i$  de aydaki gün sayısıdır. Enerji toplama verim faktörü  $f_i$  ,

$$f_i = \frac{Q_i}{H_{T,i} g_i} \quad (2.64)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $H_{T,i}$  toplaca gelen ortalama günlük toplam ışıdır. Depo sıcaklığı, debi, ısıtım siddeti gün boyunca çizilmiş, çeşitli saatler için (9<sup>oo</sup>, 12<sup>oo</sup>, 15<sup>oo</sup>) yükseklik sıcaklık diağramları verilmiştir. Uzun zaman döneminde aylık enerji kazancı ve aylık ortalama verim, 1983-84 yılında deney ve hesap yolu ile bulunmuştur. Enerji kazancı 900 Mj/m<sup>2</sup> ay ile 1700 Mj/m<sup>2</sup> ay arasında, verim de %38 ile %48 arasında değişmektedir.

N.E. Wijesundera, çok örtülü güneş toplaçlarının geçici rejim ısı transfer modelini açıklamış ve bu modeli güneş toplacının uzun periyot dinamik karakter takdiri için kullanmıştır [37] .Sonuçta, cevap zamanının örtü sayısı, örtü kalınlığı ve yutucu kalınlığı ile arttığı görülmüştür. Yutucu emisi-

vitesinin azalması, cevap verme zamanını azaltır. Yüksek yutucu yüzey sıcaklığı ve alçak toplaç verimleri, zamanı uzatır. Çalışma sınırları içinde örtünün sönme katsayısı ve izolasyon ısı kavıpları, cevap verme zamanını önemli şekilde etkilemez.

H.P.Garg, depo tipi güneşli su ısıtıcılarının gündüz sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir olduğunu göstermiştir [39]. Eğer gece kullanılacaksa toplaç örtülerek veya su yalıtımlı depoda saklanarak, sabahleyin de kullanılabilir. Jodhpur-Hindistan'da saat 16<sup>00</sup> da kışın 50 - 60°C, yazın 50-70°C de 90 lt sıcak su elde edilmiştir. Toplaç 10 cm depo (yutucu) derinliğinde 50°C suyu %60 verimle elde edebilmektedir.

W.A.Kamal, tabii dolasımlı düzlem toplaçlı sıcak su üretim sistemlerinin optimizasyonu üzerine çalışmıştır [43]. Dizayn kriteri olarak depodaki ortalama sıcaklığın hesaplamaların sonunda maksimum olması alınmıştır. İskenderiye-Mısır şartlarında depo yüksekliğinin boyuna eşit, depo izolasyonunun 40-50 mm cam yünü, depo alt seviyesi ile toplaç üst seviyesi arasındaki mesafenin sıfır veya negatif, depoya giriş borusunun, depo üstünden depo boyunun %20'si kadar uzunlukta bir mesafe kadar aşağıda ve dönüş borusunu da depo altından, depo boyunun %10'u uzunlukta bir mesafe kadar üste bağlanması, toplaç ve bağlantı borularının çapları, toplaç boru çaplarının üç misli büyük olması ve optimum toplaç yalıtımının 6-7 cm olması gerektiğini bulmuştur.

M.F.Young ve J.B.Bergquam, denevlerinde 3,47 m<sup>2</sup> toplaç ve 250 lt depo kullanmışlardır [49]. Debi akısı diğer araştırmalarda olduğu gibi direkt ölçülmeye kalkışılmamış, (2.31) denklemlerinden hesaplanmıştır. Debinin, gün boyunca 14 ila 28 gm/sn değerleri arasında değiştiği bulunmuştur (Tablo 2.1).

Tablo(2.1) Termosifon Akısta Gün boyunca Debinin Değişimi

Zaman (h)	8-	9-	10-	11-	12-	13-	14-	15-	16-	17-
m (gm/sn)	15	22	25	26	28	27	27	24	18	14

J.A.Mmett ve J.W.Hussain, Bağdat-Irak'ta, farklı tonlaç-  
ların performans ve dizayn datası üzerinde çalışmışlardır [47].  
Çeşitli eğimlerde tonlaca gelen ısınım enerjisini, çeşitli  
tonlaçlar ile ve çeşitli tonlaç giriş sıcaklıkları için ton-  
lanabilecek faydalı enerji miktarını ve tonlaç verimini, gü-  
nes açıları ve (2.36) denklemini kullanarak hesaplamışlardır.

G.J.Parker, Christchurch-Yenizelanda da, binalarda güneşli  
sıcaksu ısıtma sistem performansını hesaplamıştır [47] .

J.E.Scott, güneşli su ısıtıcılarının ekonomik analizini  
yapmıştır [41] . 4200,6300,8400 TL lık ilk yatırımlar için  
ve vakit fiyatında hiç artış olmadığı, %4 ve %8 artış oldu-  
ğu hallerde senelik net kazancı alternatif vakıta elektrik  
olarak grafiklemiştir.Ayrıca Florida-ABD de tesis edilmiş  
tonlaç depolarının su kaçağı yaptığını ve değiştirildiğini  
istatistiksel olarak vermiştir.

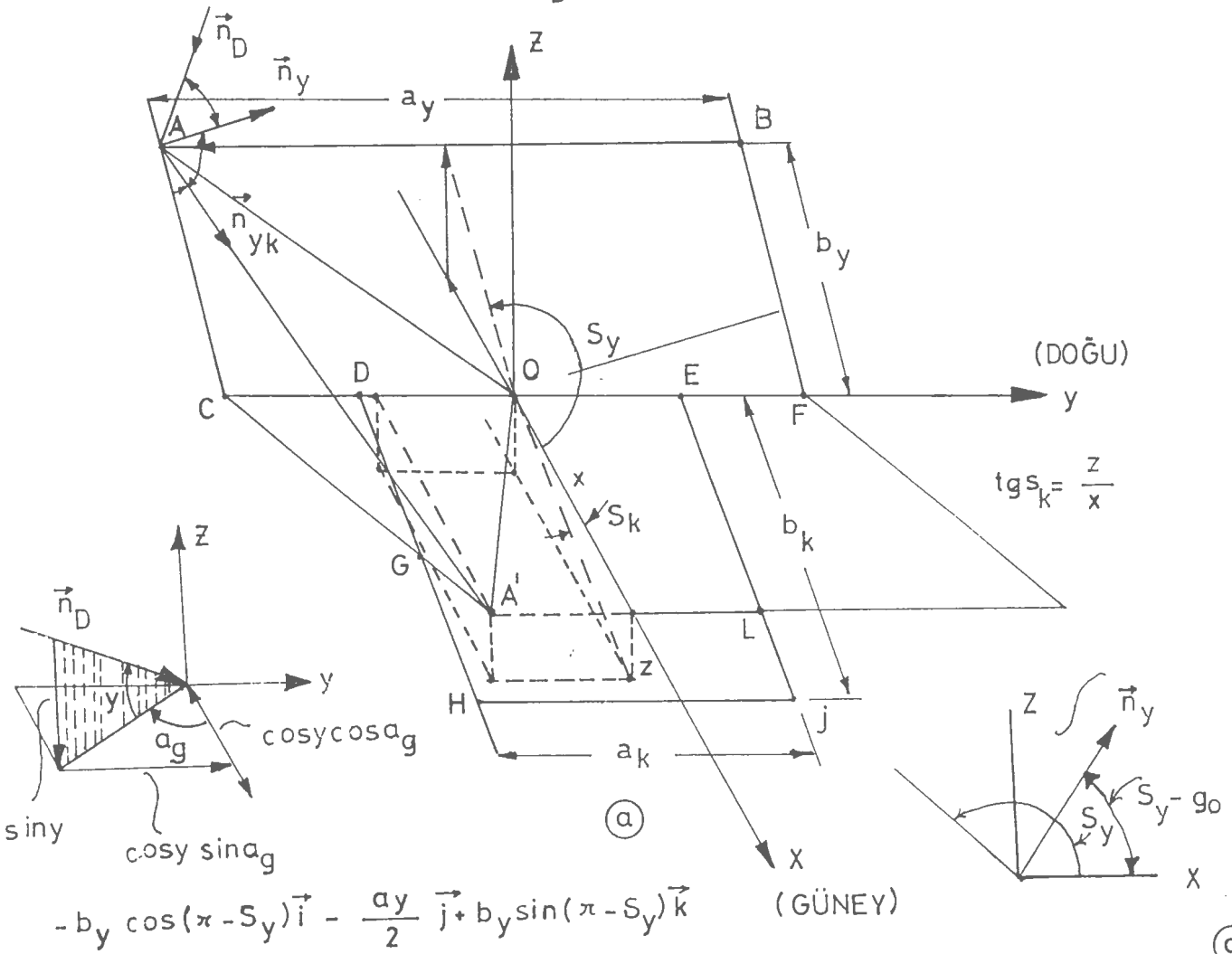
BÖLÜM

III

DÜZLEM TOPLAÇ AYNA YANSITICI SİSTEMLERİ

Düzlem toplaçlardan toplanan faydalı enerji ve depolanan akışkan sıcaklığı, bir ayna yansıtıcının toplaç üzerine ve ya altına uygun boyutlarda ve konumda yerleştirilmesi ile arttırılabilir.

Bunun için (Şekil 3.1)'de görüldüğü gibi toplaç-düzlem ayna sistemi düşünelim;  $\vec{n}_D = -\cos\gamma \cos\alpha_g \vec{i} + \cos\gamma \sin\alpha_g \vec{j} - \sin\gamma \vec{k}$



Şekil 3.1 a.b.c

Düzlem Güneş Toplacı - Yansıtıcı Genel görünüş resmi Gelen yansıyan ışın ve açılar [1]

$$\vec{n}_y = \cos(S_y - \frac{\pi}{2}) \vec{i} + \sin(S_y - \frac{\pi}{2}) \vec{k}$$

$\vec{n}_D$  gelen güneş ışınlarına paralel,  $\vec{n}_y$  ayna yansıtıcıya dik  $\vec{n}_{yk}$  yansıyan ışınlar yönünde birim vektörler olduğuna;  $S_k$  toplanın yatay ile,  $S_y$  düzlem aynanın yatay ile yaptığı açı,  $a_g$  güneş azimut açısı olduğuna göre,  $\vec{n}_D$  ve  $\vec{n}_y$  birim vektörleri, aşağıdaki aşağıdaki gibi yazılabilir, (Şekil 1.3a ve 1.3c):

$$\vec{n}_D = -\cos y \cos a_g \vec{i} + \cos y \sin a_g \vec{j} - \sin y \vec{k} \quad (3.1)$$

$$\vec{n}_y = \cos(S_y - \frac{\pi}{2}) \vec{i} + \sin(S_y - \frac{\pi}{2}) \vec{k} \quad (3.2)$$

Diğer taraftan  $a_g$  güneş azimut ve  $y$  güneş yükseklik açıları diğer güneş açıları ile ( $\delta$  deklinasyon,  $w_s$  saat  $\phi$  enlem açısı) şu şekilde bağımlıdır [1] :

$$\sin y = \cos \phi \cos \delta \cos w_s + \sin \delta \sin \phi \quad (3.3)$$

$$\cos a_g = \frac{\cos \delta \sin \phi \cos w_s - \sin \delta \cos \phi}{\cos y} \quad (3.4)$$

$$\sin a_g = \frac{\cos \delta \sin w_s}{\sin y} \quad (3.5)$$

$\vec{OA}'$  vektörü ;

$$\vec{OA}' = \vec{OA} + \vec{n}_{yk} \quad (3.6)$$

$$\vec{OA} = -b_y \cos(\pi - S_y) \vec{i} - \frac{a_y}{2} \vec{j} + b_y \sin(\pi - S_y) \vec{k} \quad (3.7)$$

$$\vec{n}_{yk} = u\vec{i} + v\vec{j} + w\vec{k} \quad (3.8)$$

şeklinde yazılır.

$$\vec{OA} = \left[ \xi u - b_y \cos(\pi - S_y) \right] \vec{i} + \left( \xi v - \frac{ay}{2} \right) \vec{j} + \left[ w\xi + (b_y \sin(\pi - S_y)) \right] \vec{k} \quad (3.9)$$

$$\vec{OA} = x\vec{i} + y\vec{j} + x \operatorname{tg} S_k \vec{k} \quad (3.10)$$

bağıntısından,

$$x = \xi u - b_y \cos(\pi - S_y)$$

$$y = \xi v - \frac{ay}{2} \quad (3.11)$$

$$z = x \operatorname{tg} S_h$$

$$\xi = \frac{b_y [\cos S_y \operatorname{tg} S_k - \sin S_y]}{w - u \operatorname{tg} S_k} \quad (3.12)$$

Aynasal yansımadan,

$$\vec{n}_D \cdot \vec{n}_y = -\vec{n}_{yk} \cdot \vec{n}_y \quad (3.13)$$

ve

$$\vec{n}_D \wedge \vec{n}_y = \vec{n}_{yk} \wedge \vec{n}_y \quad (3.14)$$

bağıntıları bilinir. Buradan yararlanarak,  $\vec{n}_{yk}$  vektörünün  $u, v, w$  bileşenleri bulunur.

Düzlem toplaktan toplanan faydalı enerji;



$$Q_f = A_k F_R [S - K_k (T_g - T_q)] \quad (3.15)$$

Şeklinde yazılır.  $F_R$  ve  $K_k$  değerleri toplaç parametrelerine bağlıdır [3] .

Aynasız bir toplaç için birim yüzeyde yutulan enerji  $S$ , aşağıdaki şekilde yazılır :

$$S = (\rho\alpha)_D I_D + (\rho\alpha)_y I_y \quad (3.16)$$

Aynalı toplaç için bu enerji ,

$$S_a = S + (\rho\alpha)_{yk} \rho_y f_{yk} I_D \cos\theta_{yk} \quad (3.17)$$

olur. Burada  $\theta_{yk}$  yansıyan ışının toplaç üzerine düşme açısı,  $(\rho\alpha)_{yk}$  bu düşme açısında hesaplanan geçirme yutma çarpımı,  $\rho_y$  yansıtma sayısı,  $f_{yk}$  da toplacın aydınlanan yüzeyinin toplaç yüzeyine oranıdır.

Gölgelenme, toz ve aynanın gölgelediği alanı da göz önüne alırsak, gerçek yutulan enerji  $S'_a$  ,

$$S'_a = S_a (1 - T_z) (1 - G_ö) (1 - S_{yk}) \quad (3.18)$$

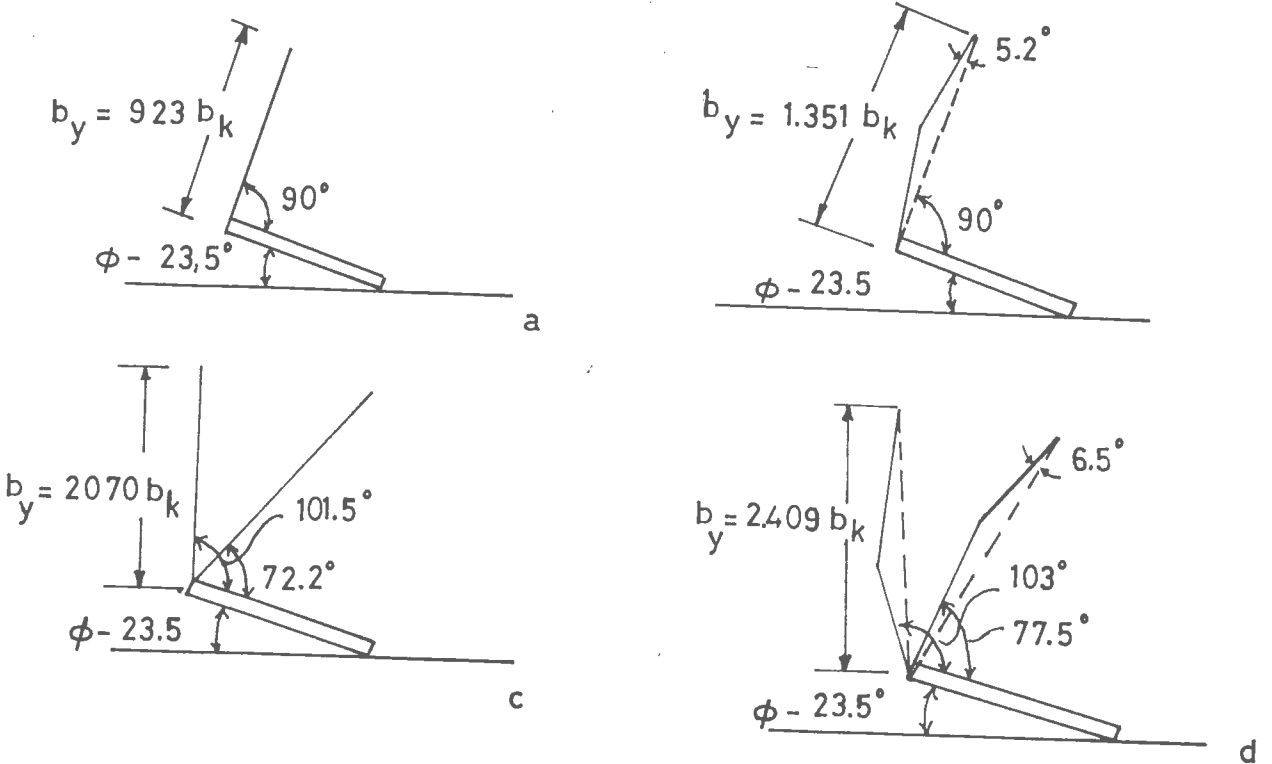
olur. Burada  $T_z$  tozlanmadan,  $G_ö$  toplacın gölgelenmesinden doğan katsayılar ve  $S_{yk}$  da aynanın gölgelediği alan kesridir. Gölge alan,  $\vec{n}_D$  ve  $\vec{n}_{yk}$  vektörlerinin çakıştığı şartta,  $A'$  noktasının bulunması ile hesaplanır.

S.L.Grassie ve N.R.Sheridan, Brisbane-Avustralya'da üzerinde ayna yansıtıcı bulunan  $35^\circ$  eğimli düzlem toplacı deneysel ve teorik araştırmışlardır [51] .  $50^\circ\text{C}$  giriş sıcaklığı için Eylül'den Mart ayına ayna açısı  $90^\circ$  ' de %5 ila %30 enerji artımı, diğer aylarda ise  $70^\circ$  ' de %20 ila %50 enerji

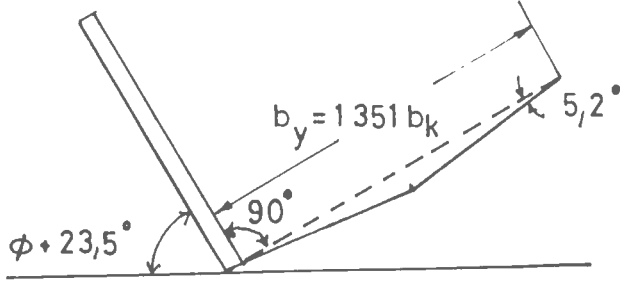
artımı görmüşlerdir. Toplaç altına yerleştirilen aynada ise  $20^\circ$  ayna açısında Mart ve Eylülde günde, toplaçada birim alanda toplanan enerji  $12,5 \text{ MJ/m}^2$  gün den  $17,5 \text{ MJ/m}^2$  gün değerine, Haziranda  $11 \text{ MJ/m}^2$  gün den  $13 \text{ MJ/m}^2$  gün değerine arttığı görülmüştür.

M.Mercanti, yaptığı çalışmalar sonucu yansıtıcı birim maliyetinin  $1/8$  ini aşmadığı sürece uygun olacağını ve yansıtıcı yüzeyinin, toplaç yüzeyinin 1 veya 1,5 katı civarında tutulması gerektiğini söylemektedir [55]. Kış kullanımı için  $S_k = 0$ ,  $S_y = 100^\circ$ , Yaz kullanımı için de  $S_k = 30^\circ$  ve  $S_y = 130^\circ$  alınması gerekmektedir. Yansıtma katsayısının  $0,7$  ile  $0,8$  olduğu, yüzeyi parlatılmış ve oksidasyondan korunmuş Alüminyum kullanıldığında yakalanan enerjinin %20 ile %35 arttığı hesaplanmıştır.

P.Drago, güneşi takibeden toplaçların, sabit toplaçlara göre Ocak ayında enerjiyi %47 arttırdığını bulmuştur [52].



Şekil 32. Maksimum kış toplaması için  
Yansıtıcı-Toplaç sistemi  
(Yansıtıcısız Toplaç eğimi  $\phi + 10^\circ$  dir)



Şekil 3.3 Maksimum Yaz toplaması için  
Yansıtıcı- Toplaç sistemi  
(Yansıtıcıs kollektör eğimi  $\phi - 10^\circ$ 'dir.)

P.N. Espy, Kış çalışmasında toplacı, bulunulan yerin enleminden  $10^\circ$  fazla eğim ile yerleştirip, bununla Şekil (3.2)'de görüldüğü gibi (Enlem  $- 23,5^\circ$ ) eğimli toplacın üzerine, iki eğimleri iki şekilde ayarlanabilen (Şekil 3.2 c ve d) dört ayrı şekilde ayna yerleştirilmiş sistemlerde toplanabilecek enerjiyi karşılaştırmış ve d halinde, temiz gökyüzünde Kasım, Aralık, Ocak, Nisan ve Ağustosta 3 misli, Mayıs ve Eylülde 1,6 misli, Haziran ve Temmuzda yaklaşık 2,9 misli arttığını hesaplamıştır [56]. Yaz çalışmasında ise Kasım, Aralık Ocak'ta 1,4 misli Haziranda da maksimum 2,3 misli arttığını bulmuştur (Şekil 3.3).

I.S.Taha ve S.M.Eldıghıdy, S.L. Grassie ve N.R.Sheridan'ların modeline benzer şekilde bir bilgisayar programı ile aynanın artıracacağı enerjiyi hesap etmişlerdir [54]. Toplaç azimutunu'da parametre olarak alıp, Cidde-SuudiArabistan'da ( $\phi = 21,5^\circ$ ) optimum parametreleri şu şekilde bulmuşlardır;  $S_k = 31,5^\circ$ ,  $S_y = 138,15^\circ$ ,  $b_k/a_k = 0,275$ ,  $b_y/a_y = 4$ , ( $a_k = a_y$ ) ve  $a_g = 0$ . Tüm sene boyunca eğim açılarının bir defa değiştirilmesi ile aynalı halde toplanan enerji artması %13,1 bulunmuştur.

## BÖLÜM

### IV

#### ESKİŞEHİR İLİN'DE UYGULAMA

##### IV.1 - Güneş Işınım Şiddeti Modellerinin Denenmesi

Güneş ışınım şiddetinin hesabı için, subuharı miktarı, çiğ noktası sıcaklığı, güneşlenme süresi, güneş sabiti düzeltme faktörü, hava sıcaklığı, hava basıncı, Ozon tabaka kalınlığı, havanın toz içeriği, CO<sub>2</sub> tabaka kalınlığı, optik hava kitlesi, görüş uzaklığı, aerosol optik derinliği, türbidite katsayısı  $\beta$ , dalga boyu katsayısı  $\alpha_a$ , toz ve hava moleküllerinden saçılma katsayıları, hava yansım oranı, güneş açıları, mevki açıları, bulut çeşitleri ve geçirgenliklerinin çeşitli kombinezonları ile yansımış, yayılı ve direkt ışınım şiddetlerini hesaplayan matematik modeller bir bilgisayar programına dökülerek, Eskişehir meteoroloji datasından hareketle, burada belirli günlerdeki ışınım şiddetleri bulunmuştur.

Tablo (4.1) de 1982 Mayıs ayının saatlik güneşlenme datasını, Tablo (4.2) de 28 Mayıs 1982 tarihinde Eskişehir'de gün boyunca bulut miktarlarını göstermektedir. Hesaplarda güneş saati kullanıldığından memleket saati ile güneş saati arasındaki bağıntı,

$$GS = ES - (45 - By) \frac{4}{60} + \frac{ZD}{60} ,$$

formülünden hesaplanmıştır. Burada GS güneş saatini, ES Eskişehir saatini, By Eskişehir boylamını, ZD ise zaman eşitliğini göstermektedir ve tablo halinde verilmiştir [5]. Sonuçlar her ay için Tablo (4.3)'de görülmektedir.

Işınım şiddetlerini beş ayrı model kullanarak hesaplayan bir bilgisayar program açıklaması Ek Ia'da, bu program'ın listesi de Ek Ic'de verilmiştir. Bu programda açık ve bulutsuz gökyü-

Tablo (4.1) - Güneşlenme Müddetinin Saatlik Kıymetleri Tablosu

Boylamı : 30° 31'  
Yüksekliği: 782-432 m

S A A T L E R (Mahalli)														Toplam
6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	
	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8					8.2
		0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	1.0	1.0	0.6	0.2				5.2
		0.1		0.1				0.1						0.3
	0.4	0.6	0.7	1.0	0.9	1.0	0.6	0.3	0.1	0.1				5.7
	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4				8.8
	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3				8.7
		0.1			0.4	0.5	0.8	0.1	0.3					2.2
				0.4	0.3	0.1	0.2	1.0	0.2	0.1	9 Kasım			0.0
			0.2	0.1	0.8	0.1	0.2	0.1	0.3					2.3
														1.8
	1.6	3.9	4.1	5.0	6.1	5.7	5.8	5.6	4.3	1.1				43.2

Tablo (4.2) - Saatlik Bulutluluk ve Diğer Veriler (28.5.1982)

İstasyon No	İstasyon Tazyiki (Mb)	Kuru ter- metre (°C)	Nisbi Ruru- bet (%)	Mutlak nem (Mb)	Rüzgâr hızı (m/s)	Rüzgâr yönü (°)	B U L U T L U K											
							En alçak		Alçak		Orta		Yüksek		Diğer			
							Sicil	Yükseklik	Sicil	Yükseklik	Sicil	Yükseklik	Sicil	Yükseklik	Sicil	Yükseklik		
925.3	12.4	89	12.8	5	2	Sc	1200	0	-	-	5	5	Ac	3000	0	-	-	5
924.5	12.4	98	13.7	5	3	Sc	1200	0	-	-	-	5	Ac	3000	0	-	-	5
924.2	12.4	98	13.4	6	5	Sc	1200	0	-	-	-	5	Ac	3000	0	-	-	6
924.2	11.4	98	13.4	3	2	Sc	1200	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
924.2	11.0	98	13.6	2	1	Sc	1200	0	-	-	-	2	Ac	3000	0	-	-	2
924.5	13.4	95	14.0	0	0	-	-	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
924.6	15.2	81	14.1	3	0	-	-	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
924.6	7.0	73	14.3	3	1	Cu	1200	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
924.4	18.6	69	15.0	2	2	Cu	1200	0	-	-	-	1	Ac	3000	0	-	-	2
924.3	20.0	67	15.2	3	2	Cu	1200	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
924.0	21.8	61	16.3	3	3	Cu	1200	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
923.4	22.8	56	15.8	-	1	Cb	900	4	Cu	1200	4	2	Ac	3000	0	-	-	4
922.7	21.8	56	16.4	4	1	Cb	900	4	Cu	1200	4	1	Ac	3000	0	-	-	4
922.6	23.8	56	16.4	5	1	Cb	900	4	Cu	1200	4	2	Ac	3000	0	-	-	5
922.4	21.8	61	16.3	5	4	Cb	900	5	Cu	1200	5	2	Ac	3000	0	-	-	5
922.2	21.8	61	16.3	5	4	Cb	900	4	Cu	1200	5	2	Ac	3000	0	-	-	5
922.	19.2	69	15.0	5	1	Cb	900	4	Cu	1200	5	2	Ac	3000	0	-	-	5
922.	18.6	69	15.0	6	1	Cb	900	5	Cu	1200	5	3	Ac	3000	0	-	-	6
922.	18.0	81	13.0	6	2	Cb	900	5	Cu	1200	5	3	Ac	3000	0	-	-	6
923	16.4	86	16.5	6	2	Cb	900	5	Cu	1200	5	2	Ac	3000	0	-	-	6
923.4	15.6	90	16.2	5	3	Cb	900	4	Cu	1200	4	2	Ac	3000	0	-	-	5
923.6	14.8	90	15.4	4	1	Cb	900	3	CuSe	1200	3	3	Ac	3000	0	-	-	4
923.6	14.2	90	14.7	3	1	Sc	1200	0	-	-	-	3	Ac	3000	0	-	-	3
923.	15.4	90	14.0	2	1	Sc	1200	0	-	-	-	2	Ac	3000	0	-	-	2

Tablo(4.3) Eskişehir'de Güneş saati ile Mahalli saat arasındaki bağıntı

GS : Güneş Zamanı

TS Eskişehir Mahalli Saati

ZD Zaman Eşitliği

Tablo 2.6 A.Öztürk [5]

Eskişehir

Boylam  $30^{\circ} 31'$   $\phi = 30,51$

$$GS = TS - 0,96556 + \frac{ZD}{60}$$

$$GS = MS + 4(B_s - B_y) + ZD$$

+ Batı  
- Doğu  
o Greenwich

$$GS = TS - \frac{4}{60}(45 - B_y) + \frac{ZD}{60}$$

AY	NO	ZD	GS
OCAK	1	8,45	GS = TS - 1,106
ŞUBAT	2	14,33	GS = TS - 1,204
MART	3	9,82	GS = TS - 1,129
NİSAN	4	0,78	" " - 0,978
MAYIS	5	3,73	" " - 0,903
HAZİR	6	0,30	" " - 0,960
TEMM	7	5,3	" " - 1,053
AGUST	8	4,95	" " - 1,048
EYLÜL	9	3,75	" " - 0,903
EKİM	10	13,50	" " - 0,740
KASIM	11	15,78	" " - 0,702
ARALIK	12	6,20	" " - 0,862

zünde direkt, yayılı ve yansıyan ısınm şiddetleri her yarım saatte bir hesaplatılmaktadır.

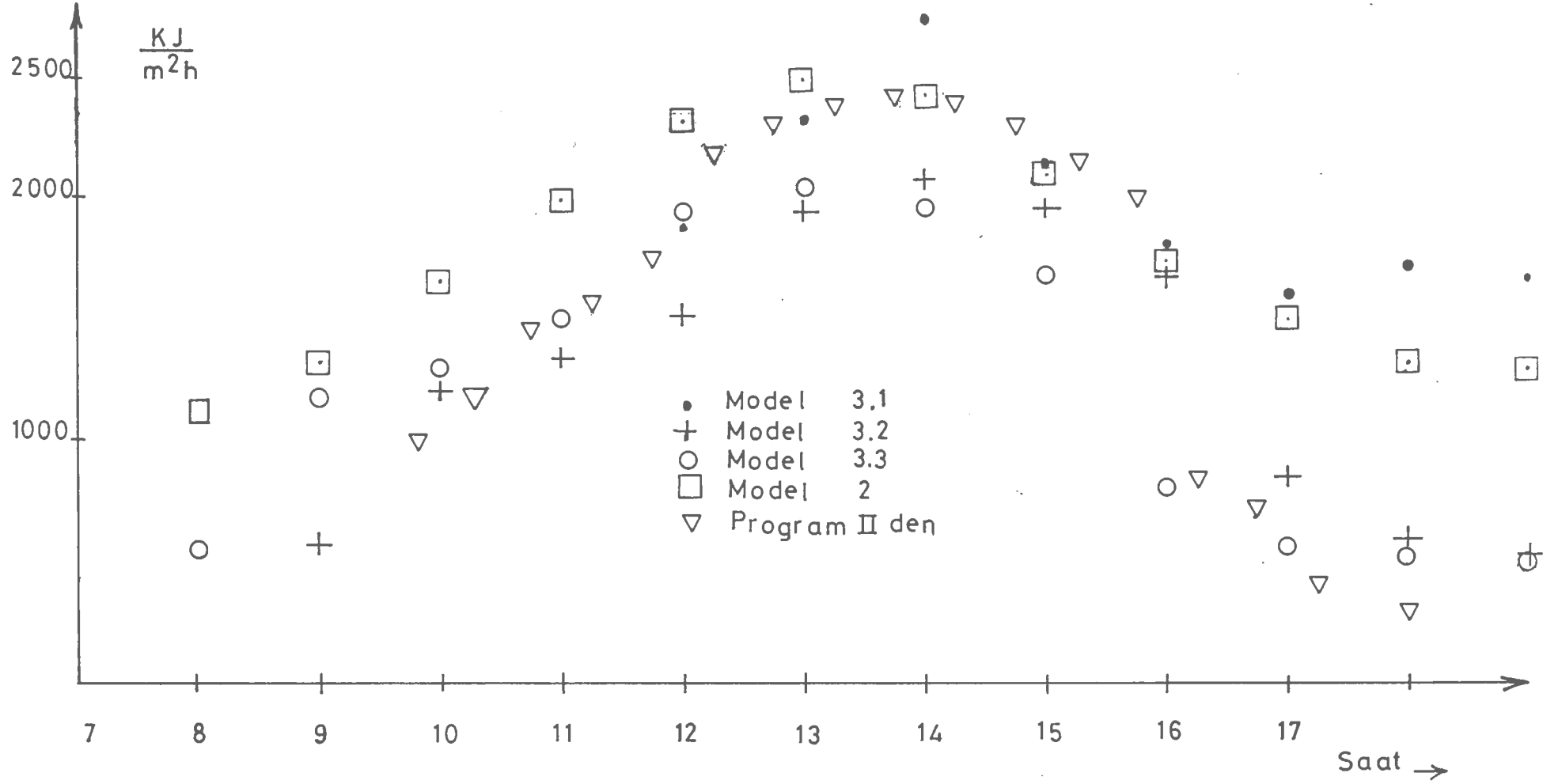
Ek II'de açıklanan ikinci bir bilgisayar programında yer alan başka bir model ile açık ve bulutlu gökyüzünde direkt, yayılı ve yansıyan ısınm bileşenleri hesaplanmıştır. Bu modelin kullandığı formüller Ek I.b'de görülebilir.

Model sonuçları Şekil (4.1)'de toplu olarak aynı grafik üzerine çizilmiştir. 21.10.1981 tarihinde toplam ısınm şiddetinin Eskişehir'de günlük değişimi görülmektedir. Bu tarihteki standart meteorolojik veriler Ek I'deki bilgisayar programına verilerek elde edilen sonuçların irdelenmesinde, 2. modelin verdiği toplam ısınm şiddetinin gün boyunca değişimi diğerlerinden daha büyük olmaktadır. Bunun sebebi, yeryüzüne gelen ısınmın atmosferden, bulutlardan ve yerden yansıyan bileşenlerini içermesidir.

Program II içinde yer alan modelden elde edilen ısınm değişimi (ki bu model toplaç ısıl hesaplarında veri olarak kullanılmıştır) sabah ve akşam saatleri ( 10<sup>00</sup>'dan önce ve 16<sup>00</sup>'dan sonra) model 3.1 sonuçlarına ortalama %4'lük bir hata ile uymaktadır.

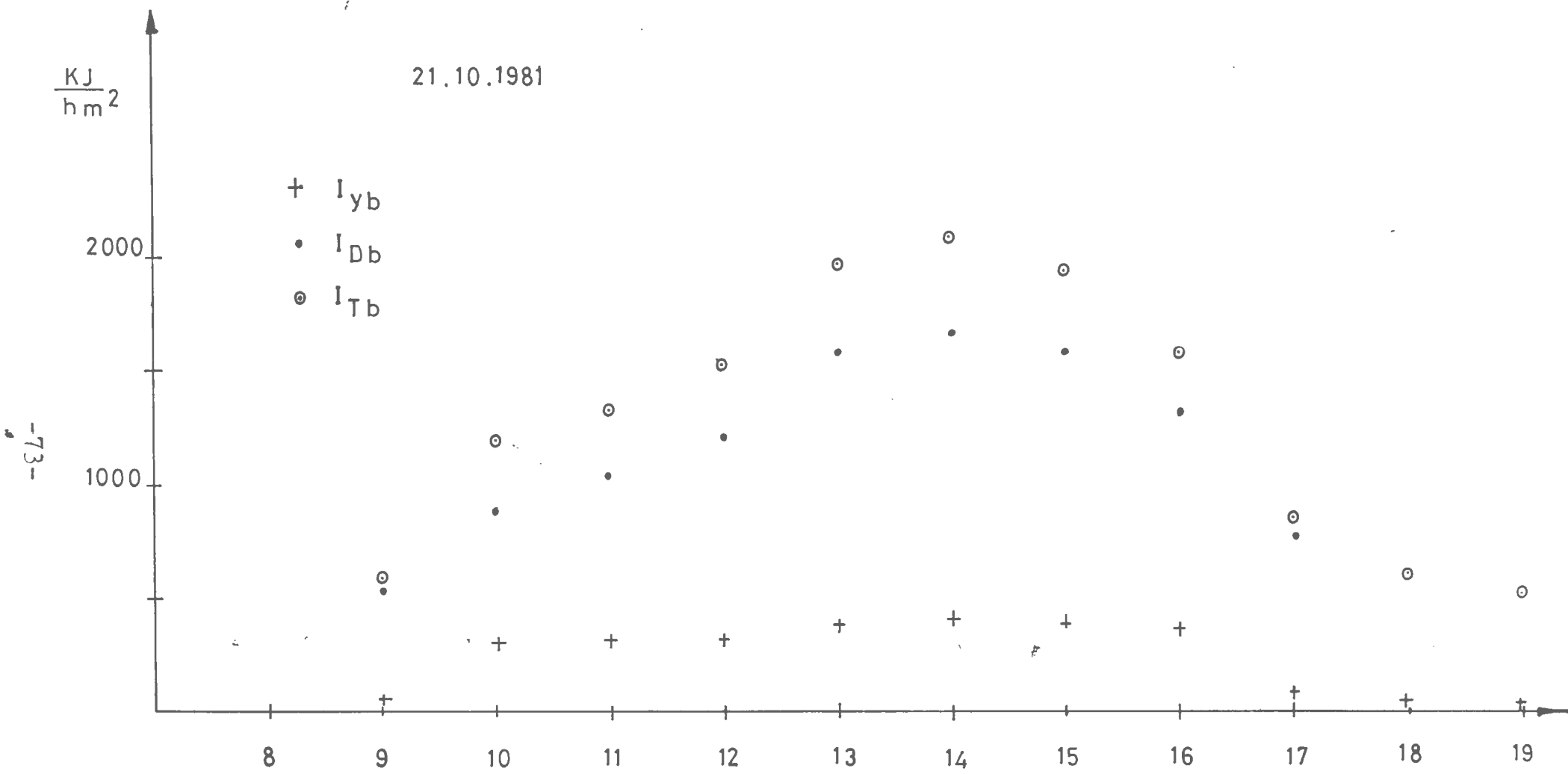
Sabah ve akşam saatlerinde ise model 3.3 ile program II'nin içindeki model sonuçları tam bir uyum içindedir. Program II içindeki modelden elde edilen ısınm şiddetlerinin bilhassa öğle vaktinden bir iki saat evvel ve sonra büyük çıkması yansıyan ısınmın da hesaba katılmasındandır. Bu sebeptendir ki, bu modelden elde edilen ısınm şiddetleri, termosifon akışlı düzlem güneş toplaçlarının ısıl ve dolaşım hesaplarında veri olarak kullanılmıştır.

Şekil (4.2)'de, Ek Ia'daki model 3.2'nin sonuçları olarak aynı tarih için yayılı, direkt ve toplam güneş ısınmının bulutlu gökyüzünde saatlik değişimi çizilmiştir. Görüldüğü gibi



Şekil (4.1) 21/10/1981 Tarihinde çeşitli Modellerden elde edilen Toplam Bulutlu gökyüzü için Işınım şiddeti günlük değişimi





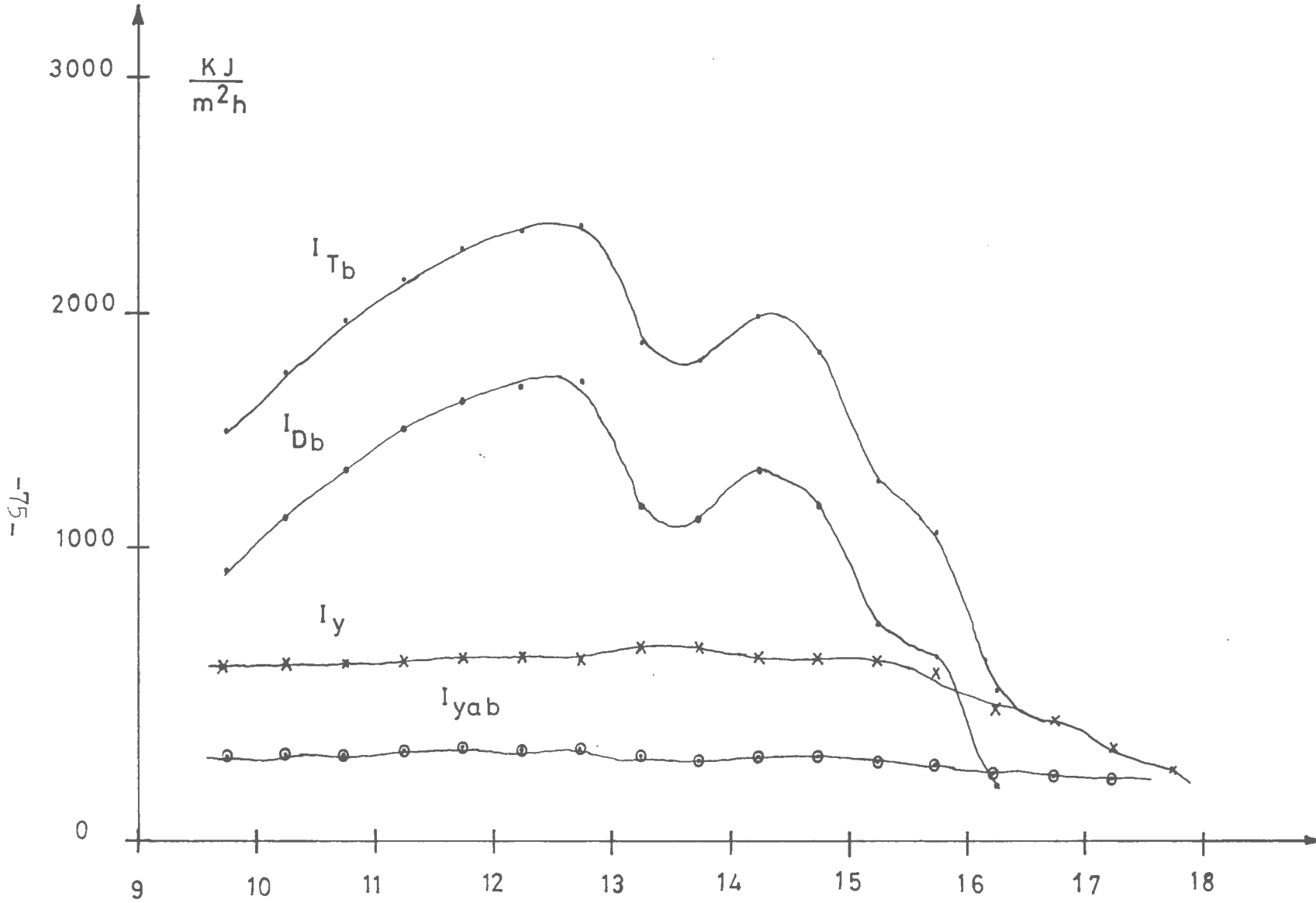
Şekil (4.2) - 3.2 Modelden elde edilen Yayılı, Direkt ve Toplam Güneş Işınım değerleri ( Bulutlu - gerçek )

yayılı ısınım  $250 - 375 \text{ Kj/hm}^2$  civarında kalmakta, nek fazla ani değişimler göstermemektedir. Direkt ve toplam ısınım da sırası ile  $13^{\circ}$ ,  $14^{\circ}$  ve  $15^{\circ}$  saatleri civarında  $1700$  ve  $2200 \text{ Kj/hm}^2$  şiddetleri ile maksimum değerini almaktadır.

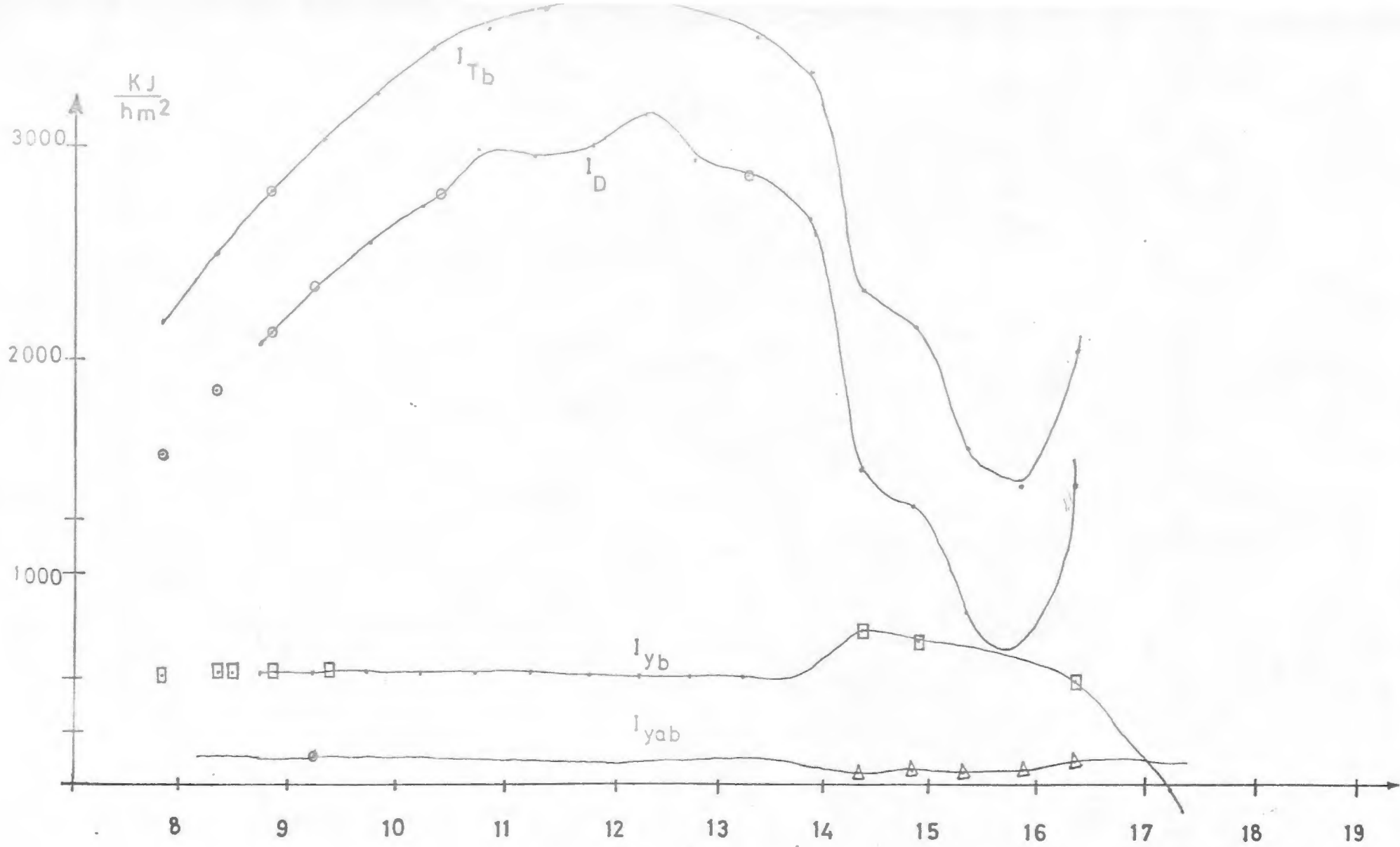
Düzlem güneş toplacı ısı hesaplarında kullanılan, program II'de hesaplatılmış ısınımlar 24.10.1981 tarihi için Şekil (4.3)'de çizilmiştir. Yansıyan ısınım  $100 \text{ Kj/hm}^2$  civarındadır. Saat  $15^{30}$ 'dan sonra  $20 \text{ Kj/hm}^2$  değerine kadar düşmektedir. Yayılı ısınım ise  $250- 375 \text{ Kj/hm}^2$  değerlerindedir ve 21.10.1981 tarihindeki yayılı ısınım değerlerine uymaktadır. Direkt ısınım ise güneşlenme süresi datasına uymakta ve  $13^{\circ}$   $14^{\circ}$  arasında bir düşme göstermektedir. Maksimum değerini  $12^{30}$ 'da almakta, bu saatte toplam ısınım da  $2400 \text{ Kj/hm}^2$  olmaktadır ki, direkt ısınımdan  $650 \text{ Kj/hm}^2$  fazladır.

Şekil (4.4) ve Şekil (4.5)'da 28.5.1982 tarihinde Eskişehir'de sırası ile, berrak gökyüzünde ve bulutlu (gerçek) gökyüzünde ısınımların gün boyunca değişimi çizilmiştir. Toplam ısınım saat  $12$  -'de  $3600 \text{ Kj/hm}^2$  civarında olmaktadır. Saat  $14^{\circ}$ 'den sonra çıkan bulut tabakaları, toplam ısınımı  $15^{30}$ 'da  $1500 \text{ Kj/hm}^2$  değerine kadar düşürmektedir. Yansıyan ısınım  $125 \text{ Kj/hm}^2$  şiddeti civarında, yayılı ısınım ise direkt ısınımın aksine saat  $14^{\circ}$ 'den sonra  $14^{30}$  'da  $750 \text{ Kj/hm}^2$  değerine yükselmektedir.

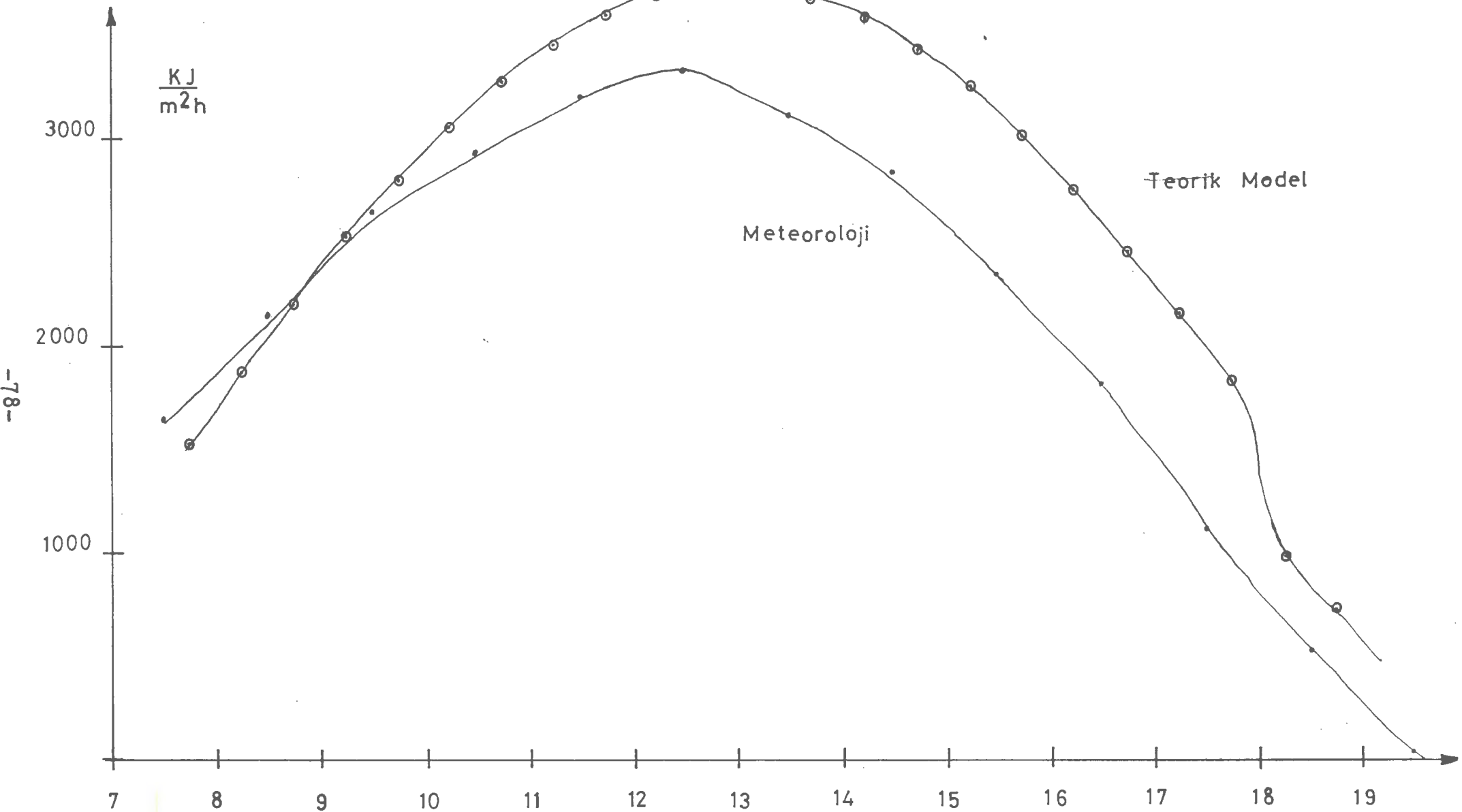
14.6.1982 ve 14.7.1982 tarihlerinde teorik modelden hesaplanan toplam ısınım şiddetleri, aynı tarihlerde Eskişehir Meteoroloji Müdürlüğü'nün ölçmeleri ile karşılaştırıldığında, 14.6.1982 tarihinde öğleden sonra meteoroloji ölçümlerinin % 25 kadar küçük kaldığı görülmüştür. Bu kadar hata olamayacağı açıktır. H.Ögelman ve arkadaşları Ankara'da 1977-1981 senelerini içeren 962 gün Eppley Model 848 siyah ve beyaz pronometreler ile ölçmeler yapmış ve günlük toplam ısınımı



Şekil(4.3) 24.10.1981 Tarihinde Bulutlu halde yansıyan  $I_{yab}$ , yayılı  $I_{yb}$ , Direkt  $I_{Db}$  ve Toplam  $I_{Tb}$  ışınım şiddetlerinin gün boyunca değişimi (Eskişehir)



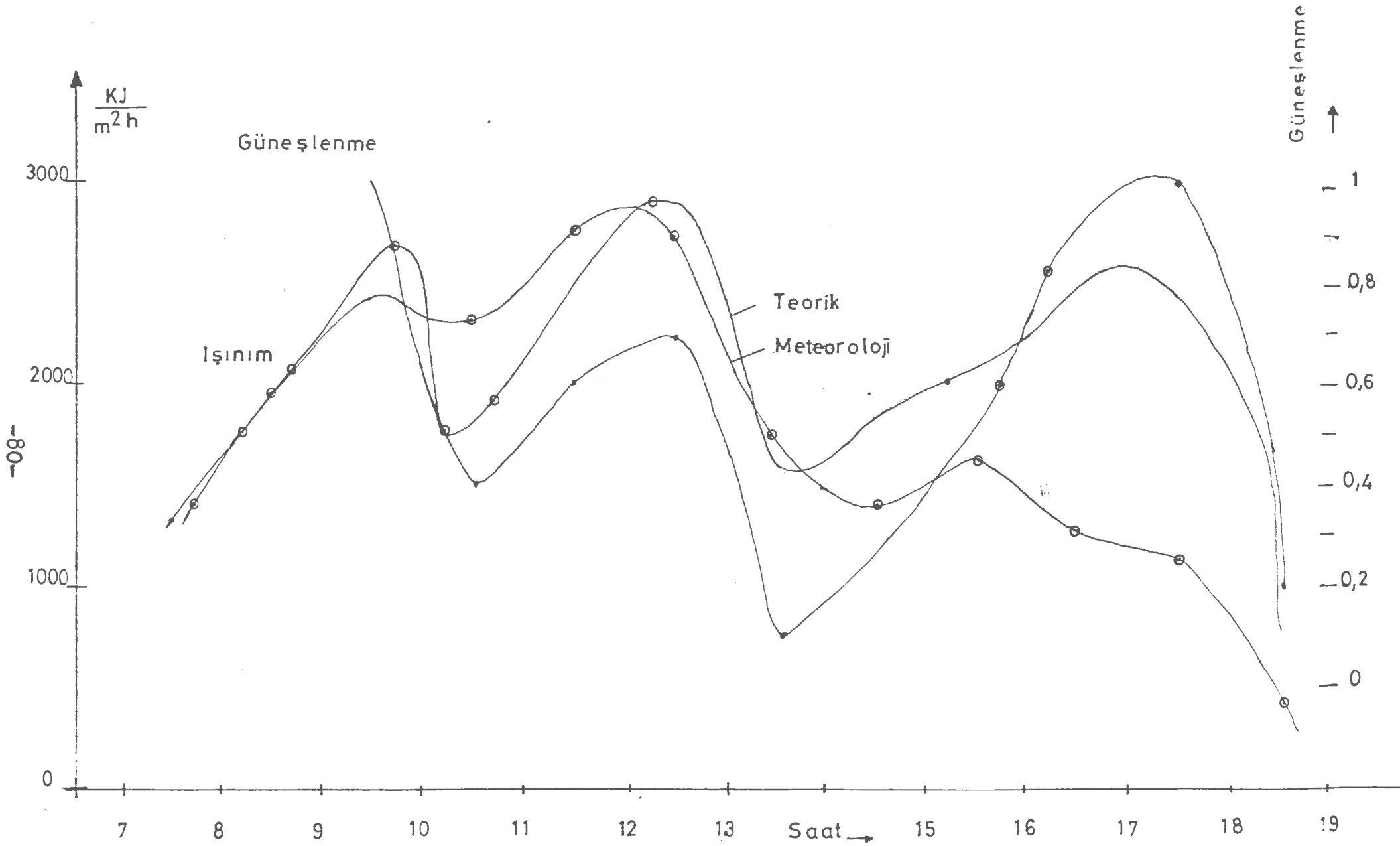
Şekil (4.5) 28-5-1982 Tarihinde Bulutlu halde  $I_{yab}$  yansıyan  $I_{yb}$  yayılı  $I_D$  Direkt ve  $I_{Tb}$  toplam ışınım şiddetleri (Eskişehir)



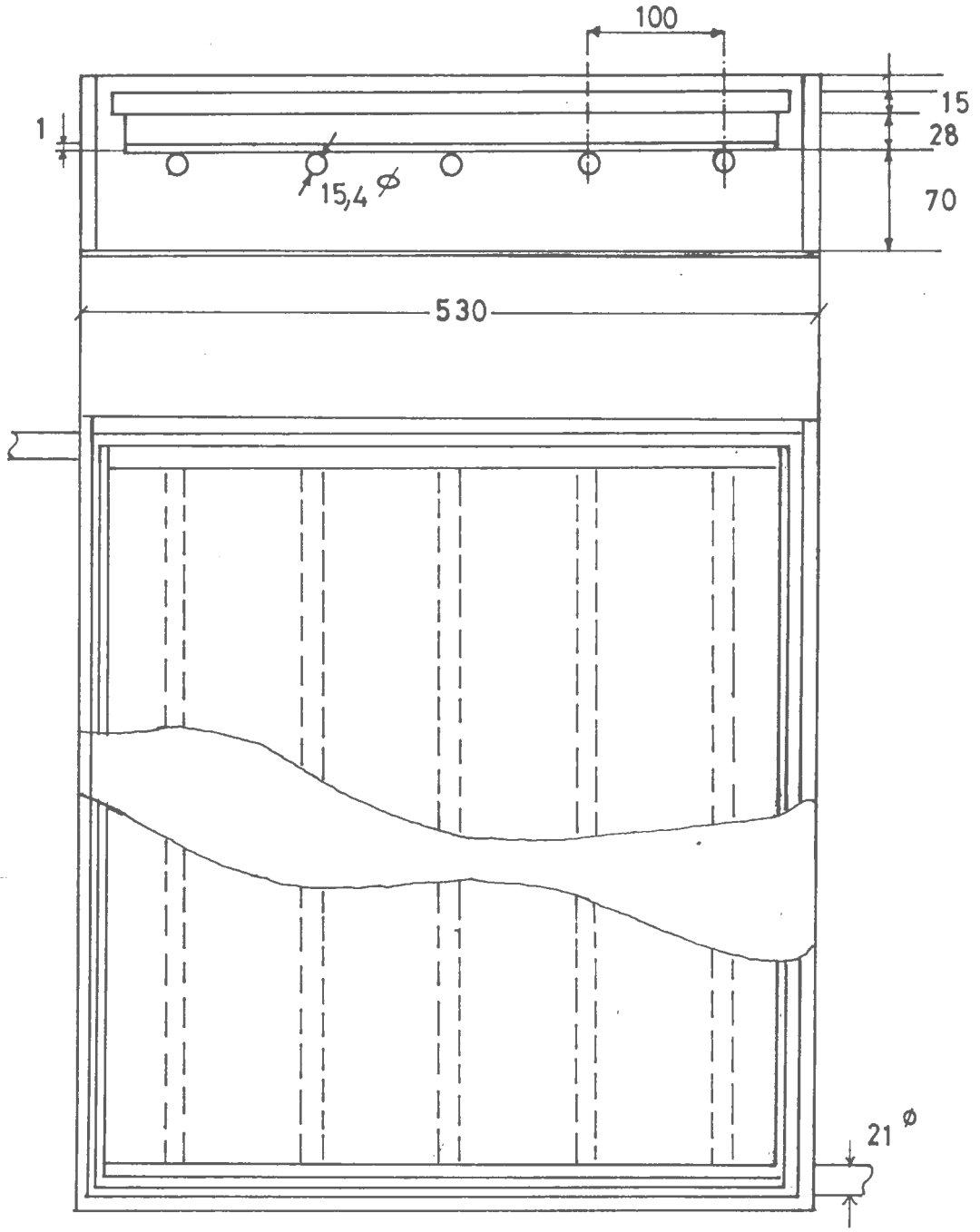
Sekil (46) 14.6.1982 Tarihinde teorik model ile Meteoroloji ölçümlerinin karşılaştırılması

meteoroloji ölçmelerinden % 20 - %25 daha fazla bulmuşlardır  
[35] .

14.7.1982 tarihinde ise ölçmeler ile model sonuçları 15<sup>30</sup> dan sonrası hariç oldukça iyi uyuşmaktadır. Model sonuçları saatlik güneşlenme süresinin günlük değişimine uymaktadır. Ölçümler ise, güneşlenme kesri 0,8 olmasına karşın düşmekte ve 1200 Kj/hm<sup>2</sup> şiddetinde olmaktadır. Aynı saatte model sonucu 2600 Kj/hm<sup>2</sup> şiddetindedir, yani % 50 'yi aşan bir fark vardır.

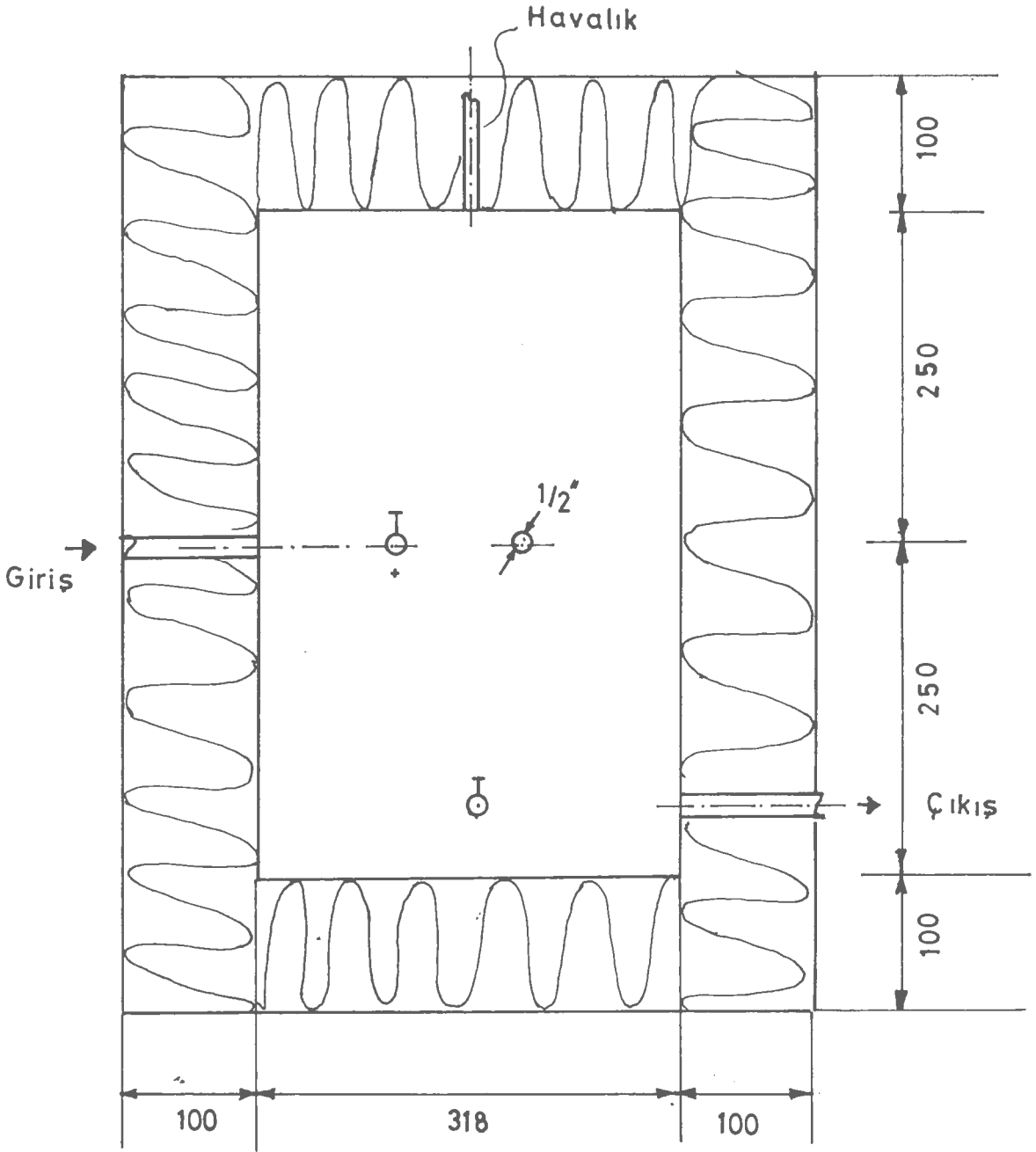


Sekil(47) 14.7.1982 Tarihinde Güneş ışınım siddeti ve Güneşlenmenin günlük değişimleri



Sekil (4.8) Düzlem Güneş Toplacı





Şekil (4.9) Aynalı ve aynasız düzlem toplacların birbirine eşdeğer depoları (Depo hacmi  $\approx 40$  lt.)

Tablo (4.4)

## TOPLAÇ KARAKTERİSTİKLERİ

$k_b = 47,6 \text{ W/m}^\circ\text{C}$	$d_o + d_i = 0,0372$	$V = 5 \text{ m/sn}$
$x_b = 0,004 \text{ m}$	$d_o - d_i = 0,006$	$h_w = 605 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}^\circ\text{C}}$
$b = 0,008 \text{ m}$	$L = 1 \text{ m}$	
$L = 0,08 \text{ m}$	$N = 2$	$r_s = 0,002$

$$w = \pi \frac{(0,318)^2}{4} 0,5 \rho_{su} c_p = 0,166 \rho_{su}$$

$$f_s = 2 \left( \frac{H_3 - H_1}{3} - \frac{H_2 - H_1}{2} \right) - \frac{(H_3 - H_5)^2}{H_6 - H_5} = 2,236 - \sin(S)_{opt}$$

$$f_e = f_1 + f_2 d_1 n^2 \left( \frac{l_2}{l_1} \right) \left( \frac{d_1}{d_2} \right) + f_3 d_1 n^2 \left( \frac{l_3}{l_1} \right) \left( \frac{d_1}{d_3} \right)^5$$

$$f_e = 0,83$$

$$K_e = K_1 + K_2 n^2 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 + K_3 n^2 \left( \frac{d_1}{d_3} \right)^4 = 193$$

$$\Sigma W = 8,0933 + 0,00015608 \rho_L c_{PL} + 0,1774 \rho_{su}$$

$$K_{Top} \cong 20 \text{ KJ/hm}^2$$

$$F = 0,94$$

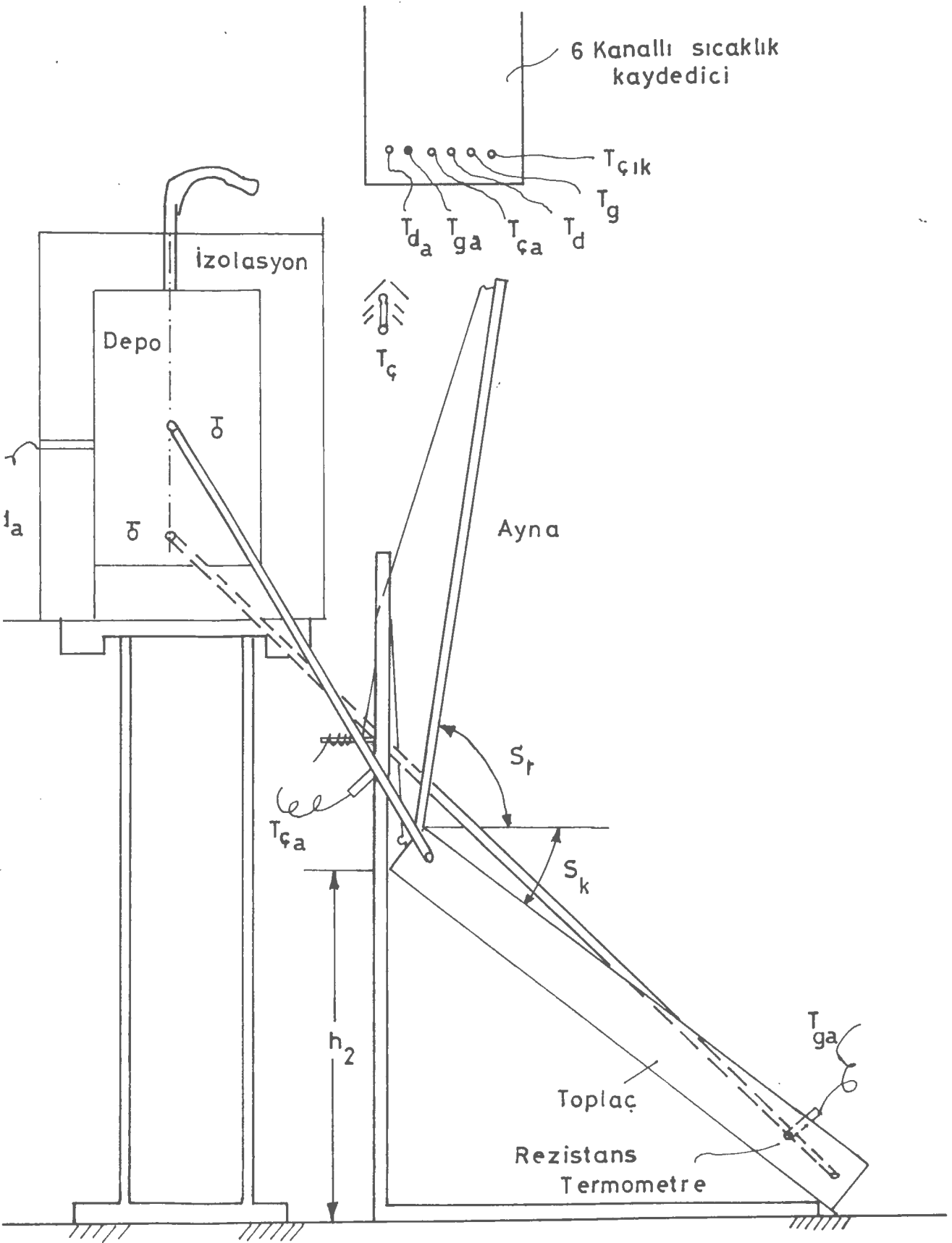
$$F_R = 0,884$$

Tablo 4.7 - Deney ile Ölçülen Devo Sıcaklıklarının Formüllerden Elde Edilenlerle Karşılaştırılması (14.7.1982)

zaman	T(d)1	T(d)2	T(d) Deney
7.75	19.25	19.25	19.25
8.25	19.82	19.83	19.75
8.75	20.67	20.70	19.50
9.25	21.87	21.93	20.50
9.75	23.34	23.44	21.75
10.25	24.38	24.50	23.25
10.75	25.50	25.65	25.00
11.25	27.04	27.23	27.00
11.75	28.66	28.88	29.00
12.25	30.48	30.74	31.00
12.75	32.30	32.59	33.00
13.25	32.96	33.25	34.50
13.75	33.58	33.87	35.50
14.25	34.49	34.79	36.00
14.75	35.27	35.56	36.00
15.25	36.27	36.56	36.00
15.75	37.14	37.44	36.15
16.25	38.22	38.52	36.65
16.75	39.02	39.31	37.50

Tablo 4.8 - Toplaç Parametresi, Verimi ve Üç Ayrı Metod ile Elde Edilen Debilerin Günboyu Değişimi (14.7.1982)

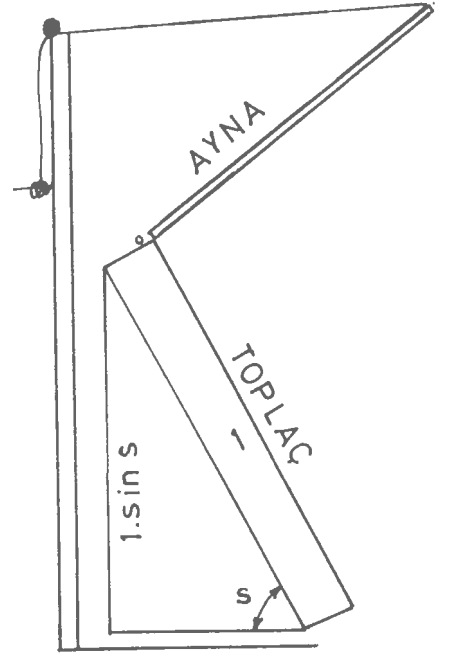
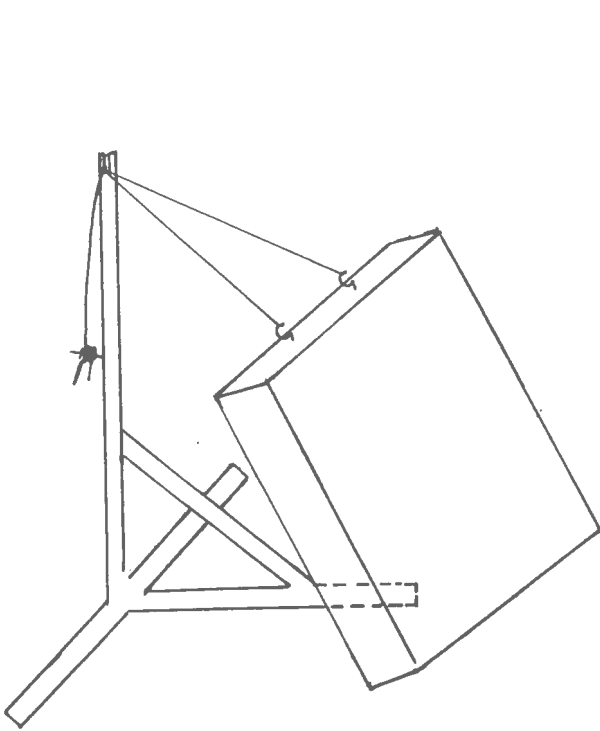
zaman	p	eta	m1	m2	m3
7.75	0.00294	0.345	60.00	60.00	41.52
8.25	0.00229	0.383	10.00	10.00	44.06
8.75	0.00188	0.373	33.43	31.98	28.08
9.25	0.00120	0.417	22.61	19.97	22.89
9.75	0.00070	0.425	29.69	26.62	25.59
10.25	0.00053	0.425	30.65	26.61	17.06
10.75	0.00098	0.428	39.70	31.97	16.49
11.25	0.00075	0.443	39.70	31.97	23.14
11.75	0.00000	0.450	45.40	31.98	24.62
12.25	0.00108	0.451	53.15	31.10	27.37
12.75	0.00263	0.447	55.63	29.71	26.11
13.25	0.00514	0.399	32.22	13.43	7.80
13.75	0.00520	0.393	58.93	14.69	8.54
14.25	0.00593	0.413	10.00	10.00	27.82
14.75	0.00774	0.372	10.00	10.00	297.74
15.25	0.00565	0.386	10.00	10.00	62.77
15.75	0.00779	0.373	10.00	13.58	45.45
16.25	0.00882	0.370	10.00	28.70	51.19
16.75	0.01247	0.345	10.00	46.67	44.87



Şekil (4.10) Deney Tesisatı şematik resmi, Aynalı Toplaç deposu sıcaklık kaydedici

Tablo (4.6)- 14.9.1982 Tarihinde Aynalı ve Aynasız Toplaç giriş, çıkış, Depo ve Çevre Sıcaklıklarının ölçülen değerleri.

	8	15	30	45	9	15	30	45	10	15	30	45	11	15	30	45	12	15
	12		14		15,1	16,5	18,5	19,9	19,9	20	21,5	23	24	24	24	26	27	28
AYNALI	To	26	26	26,2	28	30	32,5	35	38	41	44							
	T <sub>g1</sub>	27	28	32	34	36	37	40	41,5	43,3	46							
	T <sub>g1</sub>	28	29,5	29,6	30,8	31	32	34	35,3	37	38,7							
AYNASIZ	To	26	26	26,2	27,3	29,2	32	34	37	40	42							
	T <sub>g1</sub>	26	29,5	32	34	35,5	36	38,5	38,7	40	42							
	T <sub>g1</sub>	26	27	28	28,4	28,5	29	31	33	35,5	38							



Sekil (4.11) Toplaç perspektif ve aynalı toplaçın yandan görünüş resmi

miş çevre sıcaklığı ise yine 15 dakika ara ile civalı bir termometre depo altına ışıınımdan korunacak şekilde yerleştirilip okunmuştur. Skala  $-10^{\circ}\text{C}$  ila  $90^{\circ}\text{C}$ 'dir. Üzerine kaydedilen kağıt ise  $0^{\circ}\text{C}$  ila  $100^{\circ}\text{C}$  arasında skalalandırıldığından  $10^{\circ}\text{C}$ 'lik bir fark ile sıcaklıklar kağıda kaydedilmektedir.

Şekil (4.12)'de 28.5.1982 tarihinde sıcaklık-yükseklik diyağramı, saat  $9^{\circ}$ ,  $12^{\circ}$ ,  $14^{\circ}$ , ve  $16^{\circ}$  da çizilmiştir. Burada toplaç çıkışı ile depo giriş ve toplaç giriş ile depo çıkış sıcaklıkları eşit kabul edilmiş, yani gidiş ve dönüş borularındaki ısı kayıpları ihmal edilmiştir. Suyu dolastıran kuvvet, yüksekliğin, suyun yoğunluk farkı ile çarpımına eşittir. Yoğunluk farkı ise sıcaklık farkından doğmaktadır. Bu sebepten belirli bir saatte çizilen yükseklik-sıcaklık diyağramında, kapalı alanın büyüklüğü termosifon kuvveti ile doğru orantılıdır. Şekilden görüldüğü gibi, öğle vaktine kadar alan büyümekte sonra küçülmektedir. Bu da termosifon kuvvetinin ve debinin nasıl değiştiğini göstermektedir.

Şekil (4.13)'de iki ayrı formülle toplaç parametresi ,

$$p = \frac{(T_{sg} - T_{\zeta})}{I_{Tbe}} ,$$

ile (ki burada  $T_{sg}$  toplaç giriş,  $T_{\zeta}$  çevre sıcaklıkları  $I_{Tbe}$  de eğimli toplaç üzerine gelen gerçek toplam güneş ısıyım şiddetidir) toplaç verimi sene boyunca çeşitli tarihlerde ölçülen sıcaklıklar, ileride IV.3 kısmında açıklanacak bir bilgisayar programına data olarak verilip hesaplatılmıştır. Buna göre, ordinat ile kesişme noktası ,

$$F_R (\zeta \alpha)_e = 0,53,$$

apsis ile kesişme noktası ise;

$$\frac{(\bar{\epsilon}_\alpha)_e}{K_k} = 0,07 ,$$

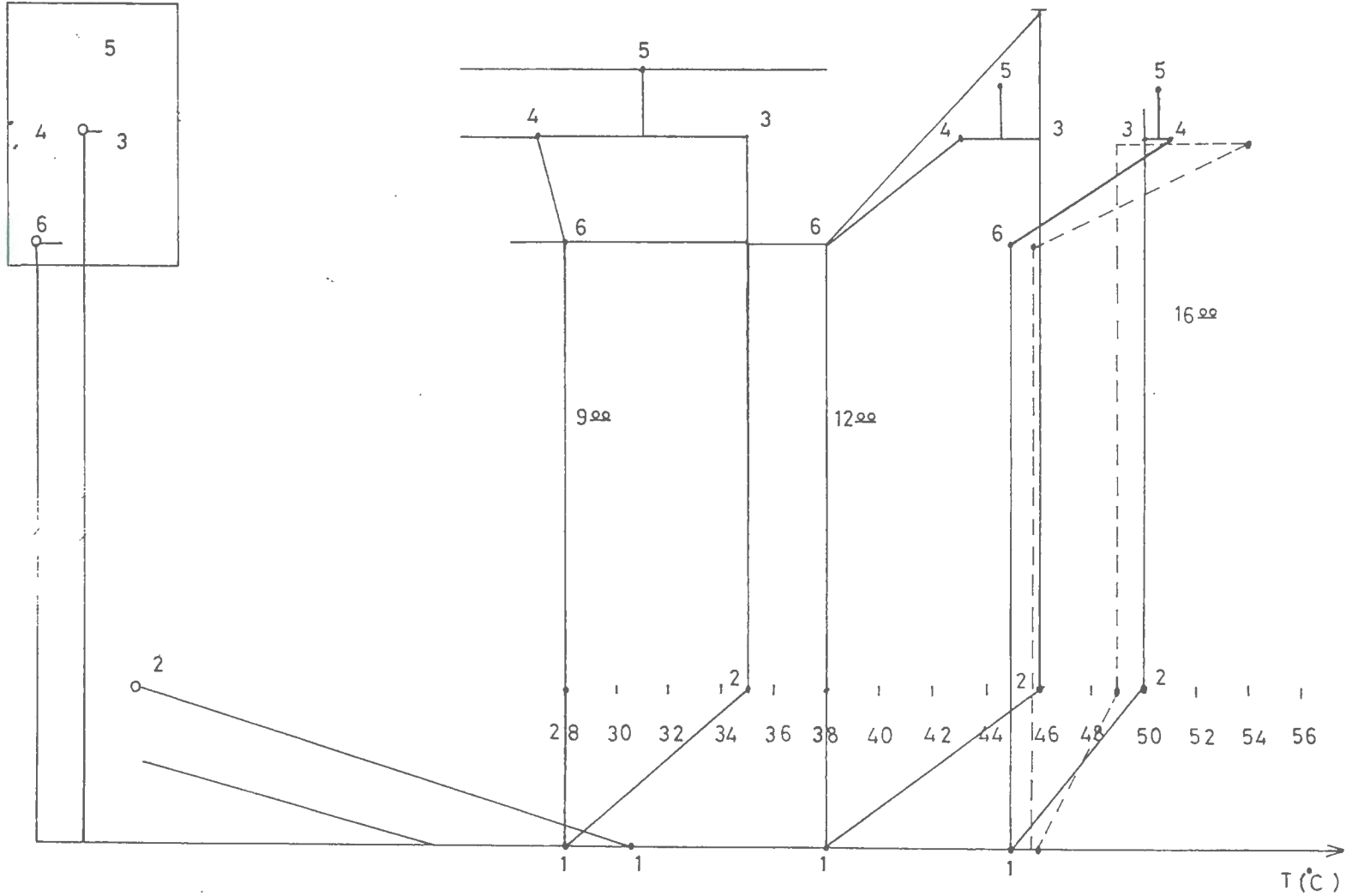
bulunmuştur. Her iki formülden elde edilen verim doğruları toplaç giriş ve çevre sıcaklıkları deneylerden, ısınım değerleri model yardımı ile hesaplanarak, verim de yine program II'nin deney yapıldığı belirli günlerde çalıştırılması ile bulunmuştur. Şekil (4.13)'de sağ taraftaki formülden elde edilen verim doğrusu daha yatık görülmektedir. Bu sebepten verimi, bilhassa düşük çalışma sıcaklıklarında daha yüksektir. Her iki formül için de ordinat ile kesişme noktasında verim %51-%55 civarındadır. Apsis ile kesişme noktası sağ taraftaki formülden 0,09 bulunmuştur. Verim doğrusu birçok çalışma noktalarından geçecek şekilde çizilmiştir.

Şekil (4.14) 'de deney yapılan tarihlerde program III yardımı ile termosifon akış formülasyonundan elde edilen gün sonu teorik ortalama depo sıcaklığı ile deneyden ölçülen değeri, deney yapılan tarihlerde karşılaştırılmıştır. Bilhassa 13.5.1982, 14.7.1982, 9.11.1982 tarihlerinde teorik modelden hesaplanan gün sonu ortalama depo sıcaklıkları deney sonu ortalama depo sıcaklıklarından % 6 kadar yüksek 8.4.1982 tarihinde ise % 6 kadar alçak bulunmuştur. Diğer bazı günlerdeki deneylerde ise deneyden elde edilen sıcaklıklar % 15 - % 20 kadar daha fazla bulunmuştur.

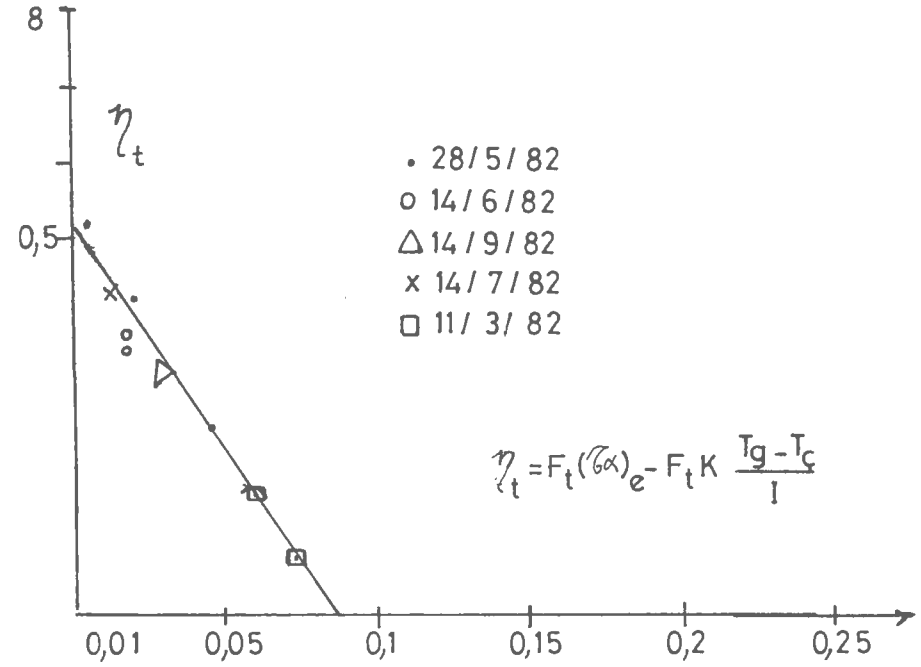
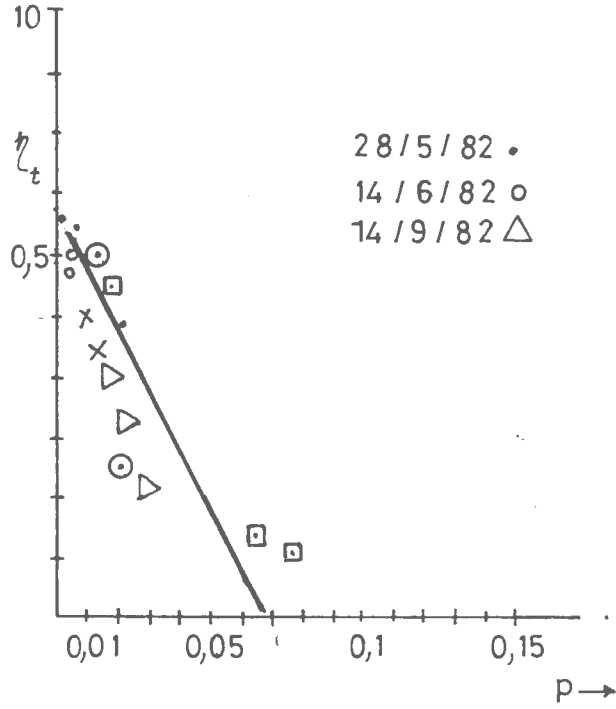
Şekil (412) 9<sup>00</sup>,12<sup>00</sup>,14<sup>00</sup>,16<sup>00</sup> saatlerinde sıcaklık yükseklik diyagramları

28/5/1982

-06-







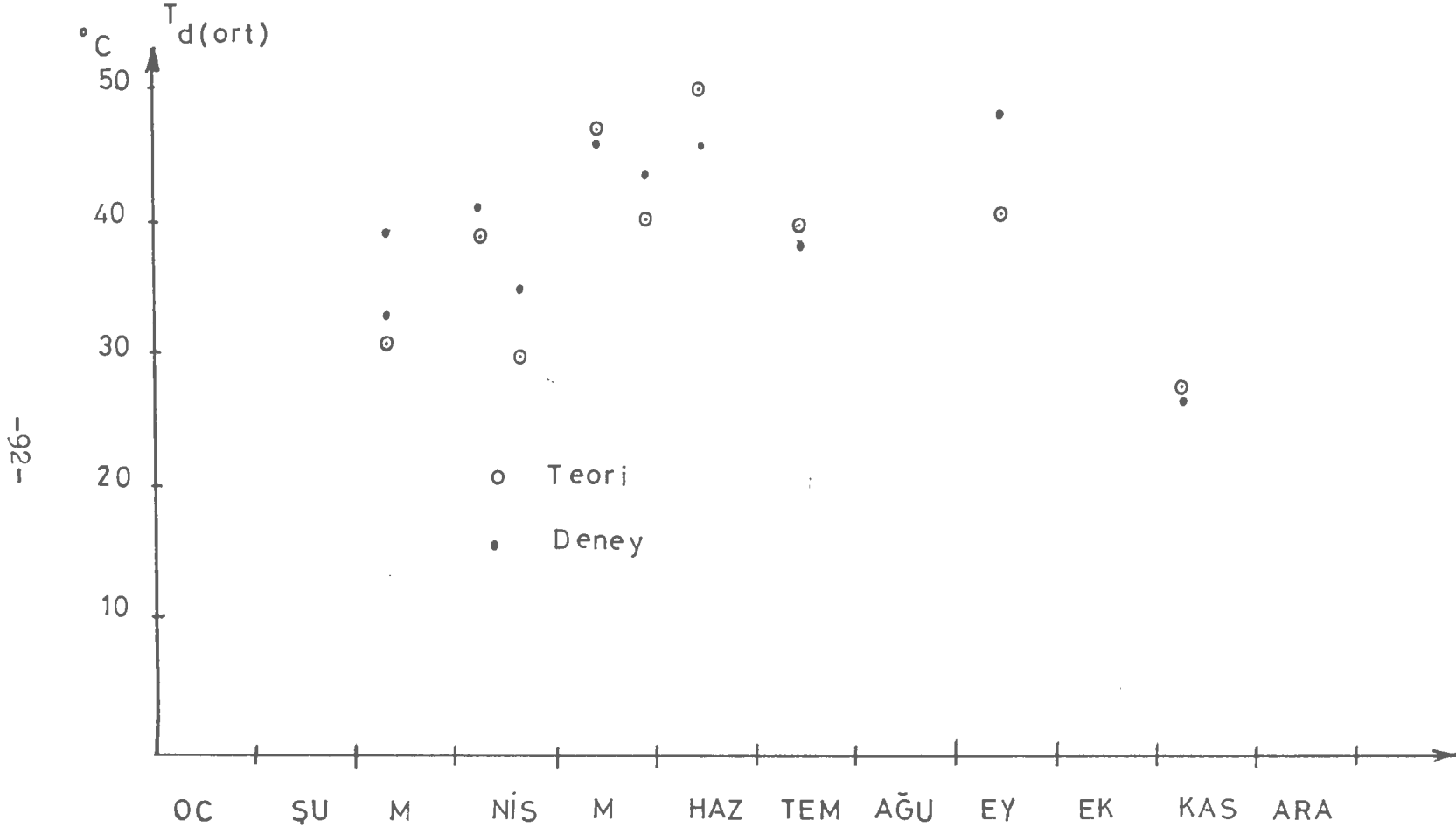
$$\eta_t = F_t (\zeta\alpha)_e e^{-F_t K \frac{T_g - T_c}{I}}$$

$$\eta_t = \frac{F_t A_k [(\zeta\alpha) I - K (T_g - T_c)]}{I_{be} A_k}$$

$$(\zeta\alpha)_e = 0,69 - 0,1 \left( 1 - \left( \frac{I_D \times R_D}{I_{eb}} \right) \left( 2 - \frac{1}{\cos \theta_z} \right) \right) - 0,058$$

$$\begin{aligned} Hb8 &= (\zeta\alpha) I \\ &= (\zeta\alpha) R_D I_{D b D} + \zeta\alpha I_{by} (1-D)(1-S) \end{aligned}$$

Sekil(4.13) İki ayrı formüle göre  $p = \frac{T_g - T_c}{I_{Tbe}}$  ile verim değişimi



Şekil (4.14) Sene boyunca (Ekim 1981 - Ekim 1982) depo deney sonu sıcaklığının Doğal akış formülasyonunu (Program III) sonuçları ile karşılaştırılması

tedir.

Tabii dolaşımli düzlem güneş tonlaçlarında ortalama depo sıcaklığı aşağıdaki gibi hesaplanır. Karıştırılmış depo için

$$w_d = \frac{(m c_p)_d}{A_k F_R K_k \Delta t} ,$$

olmak üzere,

$$T_o = \frac{1}{1 + w_d} \left( w_d T_o^* + \frac{1}{2K_k} S_{Ort} + T_{Çort} \right) \quad (4.1)$$

Yukarıdaki denklemlerdeki sembollerin anlamları ikinci bölümden dekilerle aynıdır. Yanlız  $S_{Ort} \Delta t$  periyodunda levhanın yuttuğu ortalama enerji  $T_{Çort}$  ise aynı periyotdaki ortalama çevre sıcaklığıdır.

Aynı formül diğer bir referansta şu şekilde verilmiştir:

$$T_o = T_o^* + \frac{t}{(m c_p)_d} \left( \alpha_f - \alpha_{Yük} + (KA)_d (T_o^* - T_{Ç}^{**}) \right) \quad (4.2)$$

Deneylerimde  $\alpha_{Yük}$  çekilen yük sıfırdır.  $\alpha_f$ ,  $\Delta t$  periyodundaki kazanılan faydalı ısı  $(KA)_d$  ise depo ısı transfer katsayısı ile yüzeyi çarpımıdır.

Tablo (4.7)'da 14.7.1982 tarihinde depo sıcaklıkları günlük değişimlerinin deneysel ve teorik sonuçları, Tablo (4.8) da ise "p" toplaç parametresi ile  $\eta_a$  anlık verimin ve üç ayrı metod ile deneyden elde edilen debi değişimleri görülmektedir.

<sup>x</sup> A.Öztürk, A. Kılıç sh, 152 ve 214 [5]

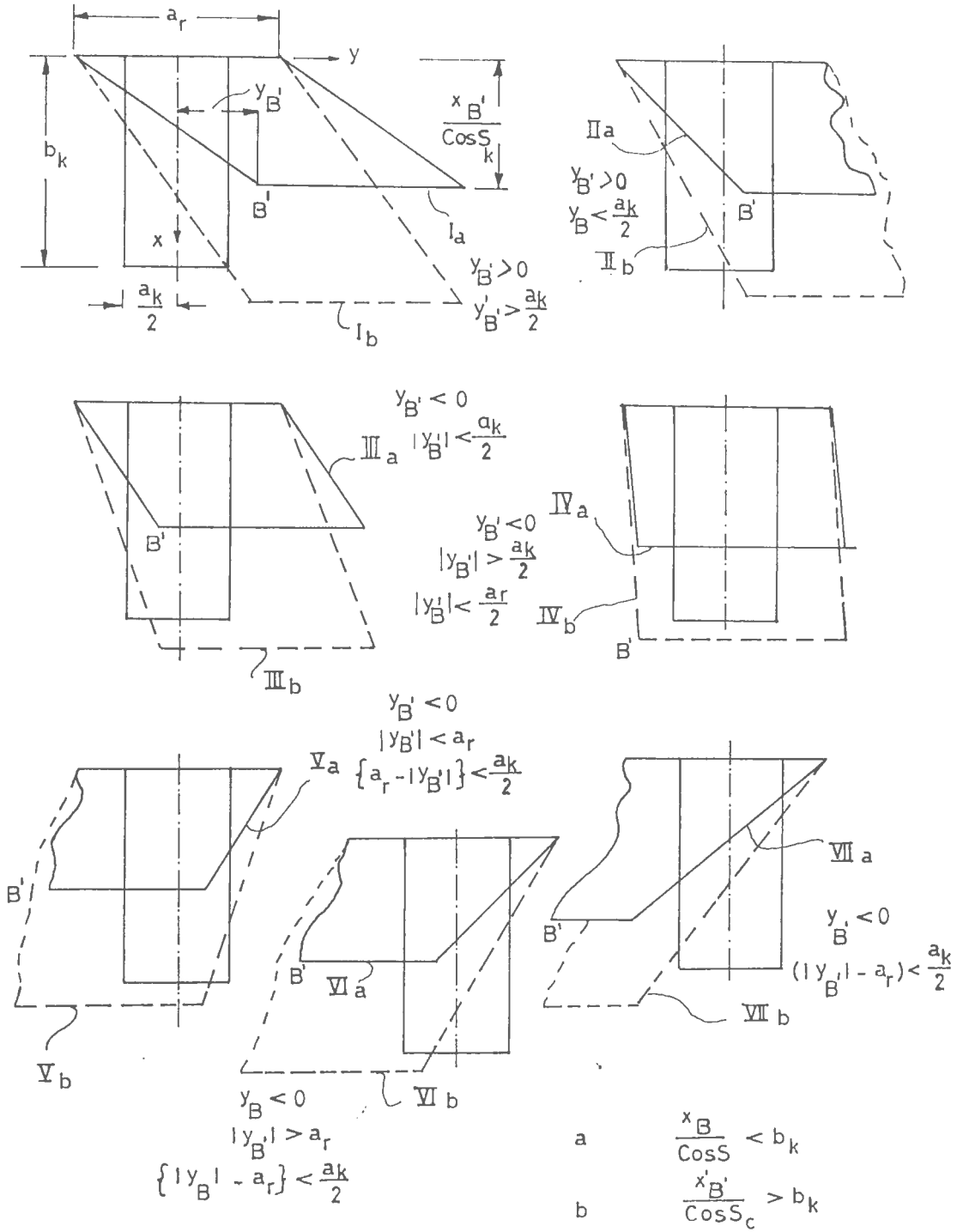
<sup>xx</sup> J.A.Duffie, W.A. Beckman pp. 221 [1]

Program II yardımı ile (4.1) ve (4.2) formüllerinden hesaplanan depo ortalama sıcaklığının gün boyu değişimleri birbirine uymakta ancak % 1 - % 2 fark göstermektedir. Çünkü her iki formülde toplaç-depo sisteminin ısıl dengesinden kurulmuştur. Deney ile ölçülen ortalama depo sıcaklıkları ile formülden elde edilen sıcaklıklar arasındaki yaklaşık % 3'lük bir fark gün boyunca görülmektedir. Bu uyum formüllere veri olarak kullanılan ve matematik modelden hesaplanan toplam ısı-nım değerlerinin doğru olduğunu, aynı zamanda seçilen ve hesaplanan toplaç parametrelerinin doğru seçildiğini gösterir.

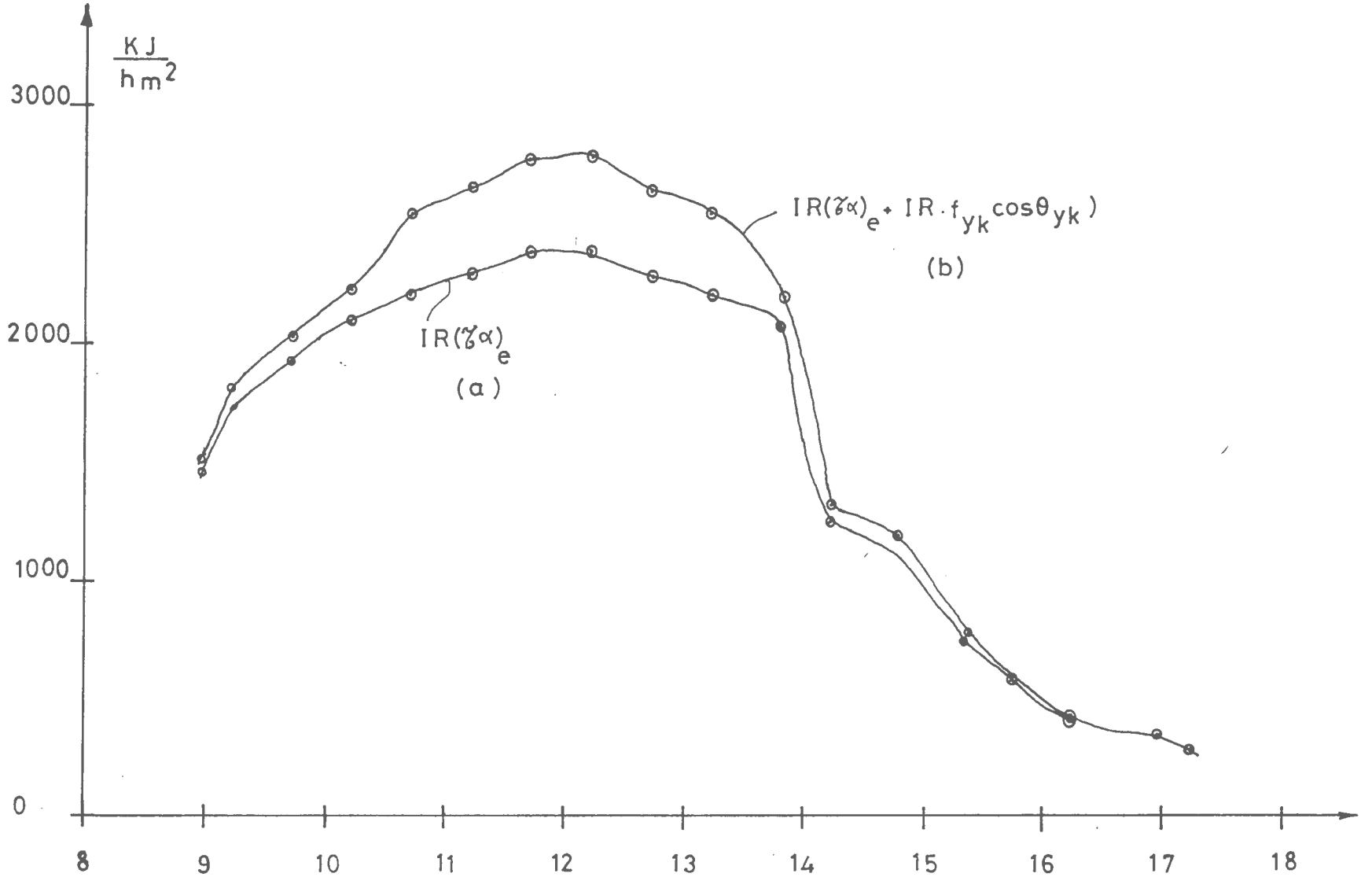
Şekil (4.13)'deki toplaç verim doğrularının çizilmesi için lüzumlu  $p$  parametresi ve verim program II'den elde edilmektedir. Veri olarak deneyde ölçülen toplaç giriş ve çevre sıcaklıkları ile teorik hesaplanan ısı-nım değerleri kullanılmıştır. Verim % 34 ile % 45 arasında değişmektedir. Akış debisi ölçümleri yerine termosifon kuvvet ve akışa karşı direnç, ısı denge denklemlerinden çekilmiştir. Bu formüller program II'de yazılmış ve bunlardan debi hesaplanmıştır. 14.7.1982 tarihinde debi değişimi 0 ile 50 Kg/h arasında değişmektedir. Isı dengesinden ve termosifon akış denkleminde elde edilen debiler birbirinden farklı çıkmaktadır.

### IV.3 - Üzerine Ayna Yansıtıcı Takılmış Toplaç ile Kazanacağı Enerjinin Teorik ve Deneysel Hesabı

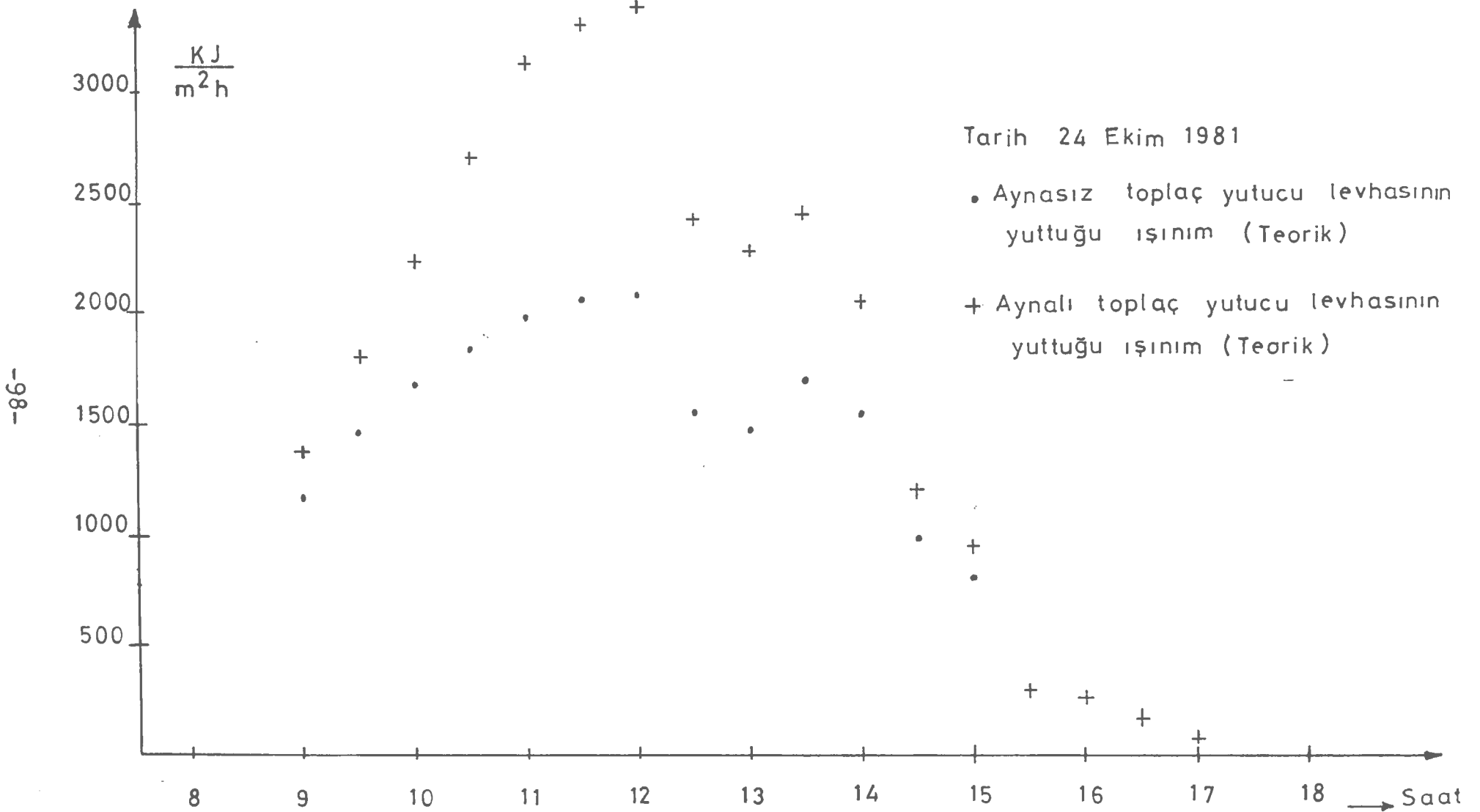
Güneş ışınımının atmosferden geçerken sönümü, yani atmosferdeki ozon, su buharı, oksijen, aerosol ve tozun yutma sayıları, toz ve hava moleküllerinin saçılma oranları göz önüne alınarak berrak havada direkt, yayılı ve yansımış güneş ışınım şiddeti su buharı basıncı, toplam hava basıncı gibi bazı meteorolojik veriler kullanılarak teorik olarak hesaplanmış, güneşlenme süresi göz önüne alınarak bulutlu havadaki gerçek ışınımı ve eğimli toplacımıza düşen toplam ışınım yarım saat ara ile hesaplayacak bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program kısa bir akış şeması ile Ek IIA'da açıklanmaya çalışılmıştır. Program listesi Ek IIB'de verilmiştir. Aynı program içine aynanın toplaç üzerine yansıttığı ışınımın toplacı aydınlattığı alanın hesabında lüzumlu formüller çıkarılmış, Şekil (4.15)'de görüldüğü gibi aydınlanan alanın şekli ve hesabı gün boyunca çeşitli şekiller almaktadır. Bu alanın hesabından sonra kazanılan enerji teorik olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda deney ile ölçülen sıcaklıklar programa data olarak verilip, aynalı ve aynasız toplaçlardan elde edilen faydalı ısılar hesaplanmıştır. Şekil (4.16) ve Şekil (4.17)'de aynasız ve aynalı toplaçta 28.5.1982 ve 24.10.1981 günlerinde teorik hesaplar sonucunda bulunan toplaç levhalarının yuttuğu enerjinin gün boyunca değişimi görülmektedir. Buna göre toplaç üzerine ayna yerleştirilerek, toplaç levhasının 28.5.1982 tarihinde gün boyunca yuttuğu enerji iki eğri arasında kalan alan yaklaşık  $2500 \text{ KJ/m}^2$  gün, toplaçtan suya geçen faydalı enerji ise, Şekil (4.18)'deki iki eğri arasında kalan alan ölçülerek, yaklaşık  $960 \text{ KJ/m}^2$  gün bulunmaktadır. 24.10.1981 tarihinde aynasız toplaç levhasının yuttuğu enerji saat 11<sup>45</sup>'de maksimum ve  $2070 \text{ KJ/hm}^2$  civarındadır. Aynı saatte 28.5.1982 tarihinde bu değer  $2375 \text{ KJ/hm}^2$  ol-



Sekil (4.15) Toplaç-Yansıtıcı düzeneğinde aydınlanan Toplaç alanı hesabında kullanılan mantık



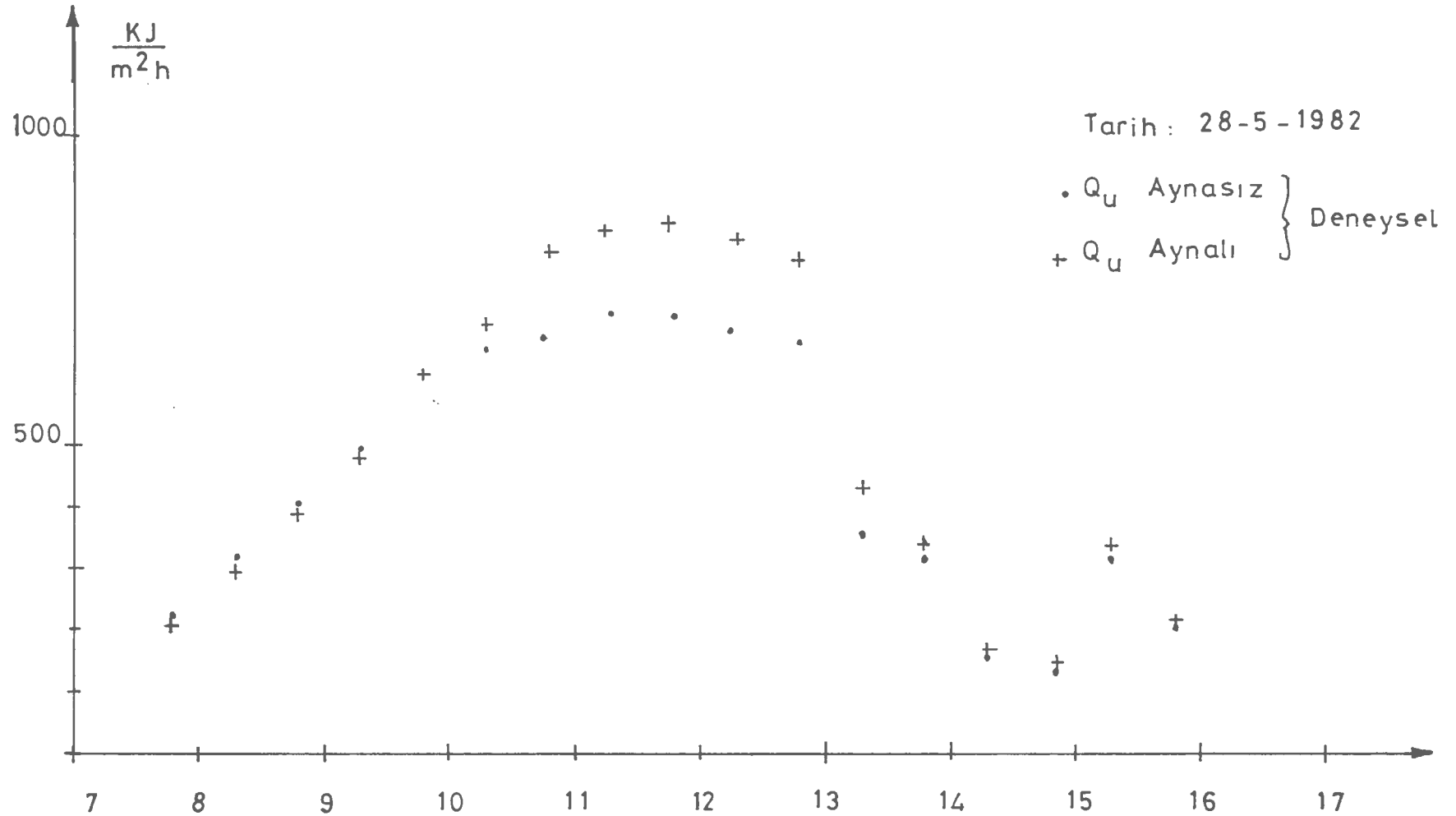
Sekil(4.16) 28.5.1982 tarihinde yansıtıcısız(a) ve yansıtıcılı (b) toplaclarda yutucunun yuttuğu teorik enerjiler



Şekil (4.17) Aynalı ve Aynasız toplaç yutucu levhalarının yuttuğu ışınımın

zamanla değişimi





Şekil (4.18) Aynalı ve Aynasız toplacın sağladığı faydalı ısının gün boyunca değişimi

maktadır. Bu iki değerin birbirine yakın olması akla yakın görünmeyebilir. Çünkü Mayıs ayında ışınım, Ekim ayındakinden daha fazla olması beklenir. Fakat toplaç, optimum eğimde yerleştirildiğinden Ekim ayında  $S_k$  toplaç meyli  $50^\circ$  ve direkt ışınımın yatay yüzeye gelene göre artma oranı 1,68 hesaplanmıştır. Halbuki bu değer Mayıs ayında Eskişehir için 1,018'dir ( Tablo 4.5). 24.10.1981 gününde aynasız toplaçtan elde edilen faydalı enerji saat  $12^{00}$ 'de maksimum ve  $670 \text{ Kj/hm}^2$  civarındadır. Bu tarihte aynanın takılması ve ayarlanması ile levhanın yuttuğu fazla enerji  $750 \text{ Kj/m}^2$  gün, faydalı enerji de  $2900 \text{ Kj/m}^2$  gün bulunmaktadır.

Aynalı ve aynasız toplaçların verdiği enerjilerin deney ve teoriden bulunan saatlik değerleri 14.7.1982 tarihi için Tablo (4.9)'da verilmiştir. Levhanın yuttuğu enerji, aynasız toplaç için saat  $12^{45}$  'de  $1618 \text{ Kj/hm}^2$  hesaplanmıştır. Aynanın ilavesi ile aynı saatte yutulan enerji % 15 artmıştır. Aynı tarihte ve saatte kazanılan faydalı ısı  $1111 \text{ Kj/hm}^2$ , aynanın katkısı da % 20 olmaktadır.

Tablo (4.10)'da berrak ve bulutlu gökyüzünde ışınım, aynalı ve aynasız toplaç levhasının yuttuğu enerjilerin, eğimli toplaç yüzeyine gelen ışınımın gün boyu saatlik değerleri 24. 10.1981 tarihinde Eskişehir için verilmiştir. Berrak gökyüzünde program II'deki modelden elde edilen toplam ışınım  $950 \text{ Kj/hm}^2$  olan minimum değeri ile  $2400 \text{ Kj/hm}^2$  olan maksimum değeri arasında değişmektedir. Gerçek ışınım değerleri aynı değişimi göstermemekte, sabah  $10^{00}$  ila  $12^{15}$  ve akşam  $16^{15}$  'den sonra çıkan bulutların tesiri ile saatlik güneşlenme oranına göre azalmaktadır. Program III'de yer alan termosifon akış formülasyonunda veri olarak kullanılan levhanın yuttuğu enerji aynasız toplaç için öğle saatlerinde  $2100 \text{ Kj/hm}^2$  aynalı toplaç için  $3300 \text{ Kj/hm}^2$  olmaktadır. Aynı saatlerde  $50^\circ$  eğimli

	AYLAR	GÜN	$s_{opt}$	$R_b$ Güney	$1 \sin s_{opt}$
16	OCAK	16	63	2,26	86,5
15	ŞUBAT	46	51	1,68	77,5
16	MART	76	38	1,3	61,5
15	NİSAN	106	23	1,07	39,2
15	MAYIS	136	13	1,018	22,5
15	HAZİRAN	166	5	1	8,75
15	TEMMUZ	196	9	1	15,6
14	AĞUSTOS	226	22	1,07	37,5
13	EYLÜL	256	36	1,3	58,7
13	EKİM	286	50	1,68	76,5
12	KASIM	316	56	2,26	82,7
12	ARALIK	346	65	2,62	90,6

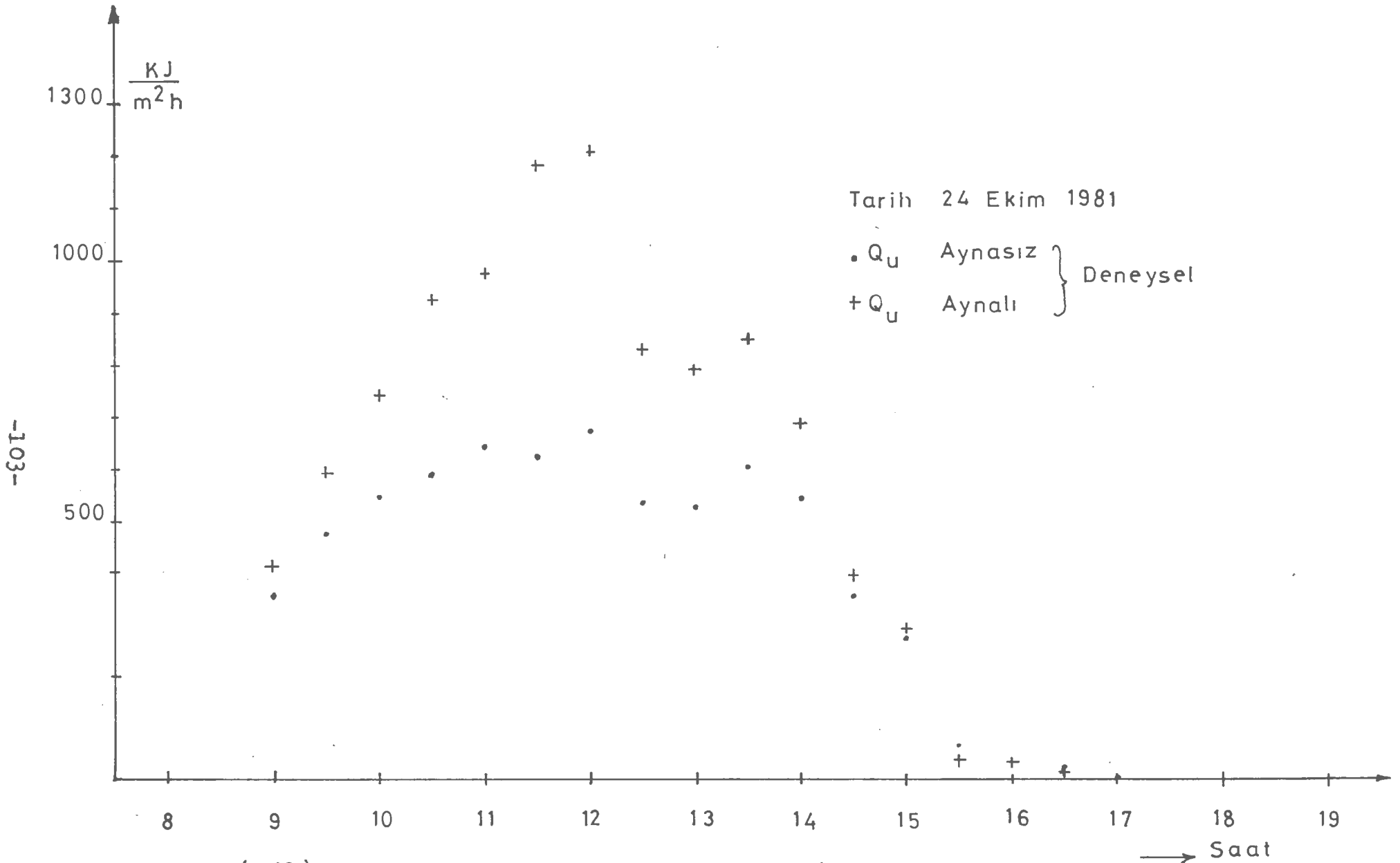
Tablo(4.5) Toplaçların aylık ortalama optimum eğim açıları

Tablo 4.9 -14.7.1982 Tarihinde Aynasız (qu1) ve Aynalı (qu2) Toplaçtan Elde Edilen Faydalı Isılar (deney),Aynasız (hb8) ve Aynalı (hb9) Toplaç Levhalarının Yuttuğu Enerjiler (Kj/hm<sup>2</sup>)

	qu <sub>(1)</sub>	qu <sub>(2)</sub>	hb8	hb9	
7.75	169.27	161.45	249.73	249.73	
8.25	370.53	370.53	505.62	505.62	hb8 = IR (ζα) <sub>e</sub>
8.75	551.73	555.46	802.73	802.73	
9.25	775.92	791.88	1043.56	1043.56	hb9 = IR (ζα) <sub>e</sub> + IR f <sub>yk</sub> cosθ <sub>yk</sub>
9.75	958.14	1001.13	1297.34	1307.52	
10.25	657.70	712.94	879.58	889.62	
10.75	708.42	779.12	951.33	971.24	
11.25	984.45	1089.23	1308.50	1362.10	
11.75	1044.78	1238.92	1377.47	1559.46	
12.25	1195.18	1397.65	1588.88	1826.46	
12.75	1201.22	1447.20	1618.30	1869.81	
13.25	434.72	502.67	611.40	647.52	
13.75	426.34	488.24	607.57	642.08	
14.25	651.52	747.39	915.53	1009.23	
14.75	566.95	589.78	882.41	912.63	
15.25	726.08	747.62	1097.26	1125.66	
15.75	652.18	668.55	1011.59	1026.33	
16.25	792.23	813.74	1249.10	1260.55	
16.75	609.25	596.54	1021.58	1024.71	

Tablo 4.10- 21.10.1981 Tarihinde Berrak Havada Yansıyan (k3),Yayıllı(k2),Direkt(k6),Bulutlu Havada Yansıyan,Yayıllı,Direkt,Toplam,Levhanın Yuttuğu, Aynalının Yuttuğu ve Eğimli Işınım (Kj/hm<sup>2</sup>)

zam.	Iya	Iy	Id	It	Iyab	Iyb	Idb	Itb	(ζα)Itb	(ζα)ItbAy.	Ieb
9.75	91.49	442.73	429.27	963.49	91.49	442.73	429.27	963.49	549.48	602.71	1297.23
10.25	103.27	484.06	687.52	1274.86	96.35	474.32	618.77	1189.44	817.88	913.13	1603.09
10.75	110.28	501.05	949.55	1560.87	102.89	498.81	854.60	1456.30	1097.93	1280.61	1983.30
11.25	115.16	511.91	1186.93	1813.99	99.73	521.65	949.54	1570.92	1248.95	1512.46	2109.38
11.75	121.00	519.13	1390.58	2030.71	104.78	541.35	1112.46	1758.59	1430.98	1843.30	2360.99
12.25	123.42	523.96	1554.36	2201.74	123.42	523.96	1554.36	2201.74	1877.86	2696.57	3053.23
12.75	127.08	527.05	1673.95	2328.07	127.08	527.05	1673.95	2328.07	1999.01	3093.89	3224.56
13.25	127.17	528.77	1746.45	2402.39	127.17	528.77	1746.45	2402.39	2072.09	3296.13	3327.81
13.75	127.46	529.31	1770.18	2426.95	127.46	529.31	1770.18	2426.95	2095.95	3335.78	3361.51
14.25	127.14	528.73	1744.60	2400.47	127.14	528.73	1744.60	2400.47	2070.21	3293.03	3325.17
14.75	127.03	526.96	1670.28	2324.26	127.03	526.96	1670.28	2324.26	1995.29	3081.38	3219.31
15.25	123.35	523.81	1548.95	2196.11	123.35	523.81	1548.95	2196.11	1872.37	2679.38	3045.45
15.75	120.89	518.91	1383.58	2023.38	120.89	518.91	1383.58	2023.38	1703.38	2210.24	2806.00
16.25	115.00	511.58	1178.53	1805.11	53.36	548.50	235.71	837.57	541.55	606.29	883.26
16.75	110.06	500.54	940.04	1550.63	51.07	480.42	188.01	719.49	476.48	516.29	754.66
17.25	102.95	483.25	677.32	1263.51	33.97	382.99	0.00	416.96	291.01	291.01	328.27
17.75	90.30	436.96	423.68	950.94	29.80	284.01	0.00	313.81	263.14	263.14	243.44



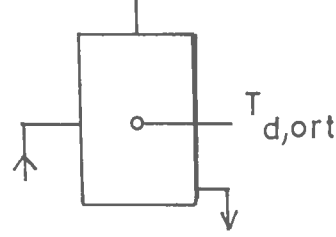
Şekil (4.19) Aynalı ve Aynasız toplacın sağladığı faydalı ısının gün boyunca değişimi

toplaç yüzeyine gelen toplam ısınım da  $3300 \text{ Kj/hm}^2$  civarında olmaktadır.

Sene boyunca deneylerden elde edilen , aynasız ve aynalı toplaç deney sonu ortalama depo sıcaklıkları Şekil (4.20)' de çizilmiştir. Buna göre aynanın etkisi ile aynalı ve aynasız toplaç deney sonu ortalama depo sıcaklıkları arasındaki farkın maksimum  $8^{\circ}\text{C}$  ila minimum  $2^{\circ}\text{C}$  olduğu görülmektedir.

1981 { \* AYNALI  
          o AYNASIZ

1982 { + AYNALI  
          . AYNASIZ



Şekil (4.20) 1981 ve 82 senesinde Aynasız ve Aynalı Toplaç depolarının elde edilen maksimum ortalama sıcaklıkları ( $m_{opt} = 0$ )

#### IV.4 - Termosifon Akış Modeli; Bu Modelden Elde Edilen Ortalama Depo Sıcaklığı, Verim ve Debi

Tabii dolaşımli düzlem güneş toplaçlarında, suyun ısınıp yoğunluğunun düşmesi sonucu hafifliyerek yerini daha soğuk ve yoğunluğu yüksek suyun almasını sağlayan termosifon kuvvet ve suyun toplaç-depo sisteminde akışına karşı gelen sürtünme ve lokal dirençlerin hesabı ve ısı dengesinden depodaki suyun ortalama sıcaklığını, sirkülasyon debisini ve verimini hesaplayan üçüncü bir bilgisayar programı daha yazılmıştır. Program açıklaması Ek IIIa, listesi de Ek IIIb'de verilmiştir.

Debi 20 Kg/h alınarak hesaplanan Reynold sayısı  $(1/2)$ " lık borularda 242,  $(3/4)$ " lık borularda ise 180 bulunmuştur. Buna karşılık sürtünme katsayıları da sırası ile 0,266 ve 0,357 bulunmuştur. Lokal kayıp katsayıları Şekil (4.22)'de verilmiştir. Bunların hesabında gerekli boru uzunlukları Şekil (4.21)'de toplu olarak verilmiştir. Tablo (4.11)'de belirli tarihlerde çevre sıcaklıkları, deney başlangıcındaki depo sıcaklıkları, deney sonundaki ortalama depo sıcaklıklarının ardarda olan üç adedi, termosifon akış ve ısı dengesinden (formül (4.1) ve (4.2)'den) teorik hesaplanan son üç ortalama depo sıcaklığı verilmiştir.

Tablo (4.12)'de 24.10.1981 tarihinde, Ek III deki programla, termosifon akış ve ısı dengesinden teorik olarak hesaplanan toplaç giriş, depo ortalama, toplaç çıkış, yutucu levha ve çevre sıcaklıklarının gün boyu değişimi görülmektedir. Bu tablo bilgisayar çıkışı olarak alınmaktadır. Ek III'de açıklaması ve listesi görülen program fakültemizdeki bilgisayar merkezindeki Amstrad marka bilgisayarlarda yazılıp kasete alınmıştır. Bu tarihte maksimum levha sıcaklığı saat 14<sup>45</sup> 'de olmaktadır ve değeri 42°C dir. Akşam üstü 33°C'ye düşmek-



Tablo 4.12- Depo Sıcaklığının Değişimi (Deneysel ve Teorik) 24.10.1981

zaman	T1	Td	Td(den)	T2	To2	Tc
9.25	12.15	14.61	14.00	17.07	17.65	12.20
9.75	12.78	15.23	15.80	17.69	17.85	14.50
10.25	12.93	16.22	16.20	19.52	21.07	16.50
10.75	13.61	17.57	17.00	21.54	24.33	18.00
11.25	14.76	19.26	17.80	23.75	27.76	19.70
11.75	16.39	21.18	18.50	25.98	30.88	21.00
12.25	18.34	23.27	19.00	28.20	33.76	22.10
12.75	20.50	25.47	20.00	30.45	36.49	23.50
13.25	23.09	27.16	27.50	31.23	35.21	25.00
13.75	24.85	28.85	31.50	32.86	37.15	25.50
14.25	26.44	30.87	33.00	35.31	41.00	26.00
14.75	28.60	32.74	34.20	36.88	41.83	24.20
15.25	30.87	33.95	35.20	37.04	39.57	25.40
15.75	32.20	35.04	36.20	37.87	40.14	25.40
16.25	34.39	35.16	36.00	35.92	35.61	24.00
16.75	34.57	35.24	36.20	35.92	35.68	23.00
17.25	34.73	35.30	35.00	35.87	35.63	22.10
17.75	33.89	34.96	34.00	36.03	33.00	7.50

Tablo 4.13- Verim Ve Debinin Değişimi (Deneysel ve Teorik, Aynasız Toplaç) 24.10.1981

20	46	(%)	-	Zaman	Verim	Ve(De)	Debi	DEbi(De)
*	.		-	9.25	0.32	0.36	18.16	18.9
*	.		-	9.75	0.32	0.36	18.43	22.99
*	.		-	10.25	0.38	0.375	21.66	30.31
*	.		-	10.75	0.42	0.38	24.38	23.53
*	.		-	11.25	0.45	0.373	26.78	46.58
*	.		-	11.75	0.46	0.35	26.67	54
*	.		-	12.25	0.46	0.38	30.22	27.87
*	.		-	12.75	0.46	0.439	31.56	23.19
*	.		-	13.25	0.45	0.457	29.63	16.27
*	.		-	13.75	0.44	0.464	30.18	10
*	.		-	14.25	0.44	0.453	32.60	10
*	.		-	14.75	0.42	0.443	32.40	10
*	.		-	15.25	0.40	0.426	28.68	10
*	.		-	15.75	0.39	0.225	27.92	10
*	.		-	16.25	0.20	0.201	14.72	10
*	.		-	16.75	0.19	0.214	13.80	10
*	.		-	17.25	0.18	0.19	12.73	10
*	.		-	17.75	-0.55	10	17.43	10
13	32	(kg/h)	-					



Tarih	T Cevre Başlam	T <sub>depo</sub> Başlam	T <sub>d</sub> Gün sonu Dene y			T <sub>d</sub> Gün sonu Teorik 1			T <sub>d</sub> Teorik 2 Denklem(4.1)			T <sub>d</sub> Teorik 3 Denk(4.2 )		
24.10.1981	12,2	14	36,2	35	34	35,2	35,3	34,9	38,2	38,1	38,09			
11.3.1982	1	4	39	39	39	30,7	30,5	30,3						
8.4.1982	7	10	40,7	41	41	37,9	39	39,7	36,6	37,6	38,3	36,8	37,8	38,4
19.4.1982	8,4	8	34,8	34,5	34	29	29	29,8	30,9	31,3	31,3	27,5	27,9	28
13.5.1982	15,3	17	46	46	46	47	46,6	46,2	47	46,97	46,28	47,9	47,7	46,9
28.5.1982	15	15,5	43,8	43,5	43	37	38	40,4	45,2	45	46,5	42,6	43,3	43,3
14.6.1982	18	19,5	44,5	45	45	50	50	49	54,5	54,3	53,9			
14.7.1982	17	19	36,1	36,7	37,5	37,5	38,6	39,4	39,7	41	41,9	39,6	39,7	39,6
14.9.1982	13	16	47,7	48	47,7	40	40,5	40,6	43,1	43,3	43,3			
9.11.1982	9	4,8	26,3	26,5	26,3	27,6	27,7	27,7	19,1	19,5	19,8	°C		

T (4.11) 1982 senesinde  $0,5m^2$  çift camlı basit düzlem toplaçda 40 lt depoda son depo sıcaklıklarının teorik ve deneysel sonuçları.

Ani Genişleme

$$\left(\frac{1}{2}\right) \rightarrow \left(\frac{3}{4}\right) \text{ Geçişde } K = \left(\frac{s_2}{s_1} - 1\right)^2$$

$$s_1 = 1,9 \times 10^{-6} \quad s_2 = 3,67 \times 10^{-6}$$

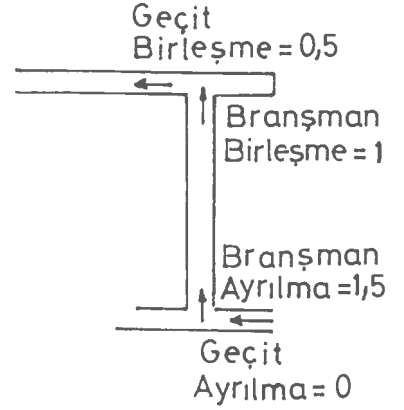
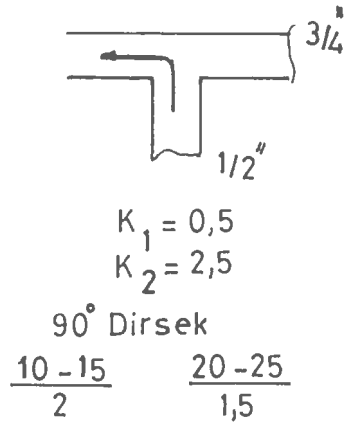
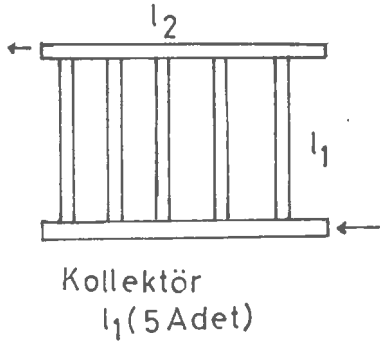
$$K = \left(\frac{3,67}{1,9} - 1\right)^2 = 0,93^2 = 0,865$$

Ani daralma

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{1,9}{3,67} = 0,518 \rightarrow$$

$$\text{Tablodan } M_D = 0,681$$

$$K = \left(\frac{1}{0,681} - 1\right)^2 = 0,468^2 = 0,22$$



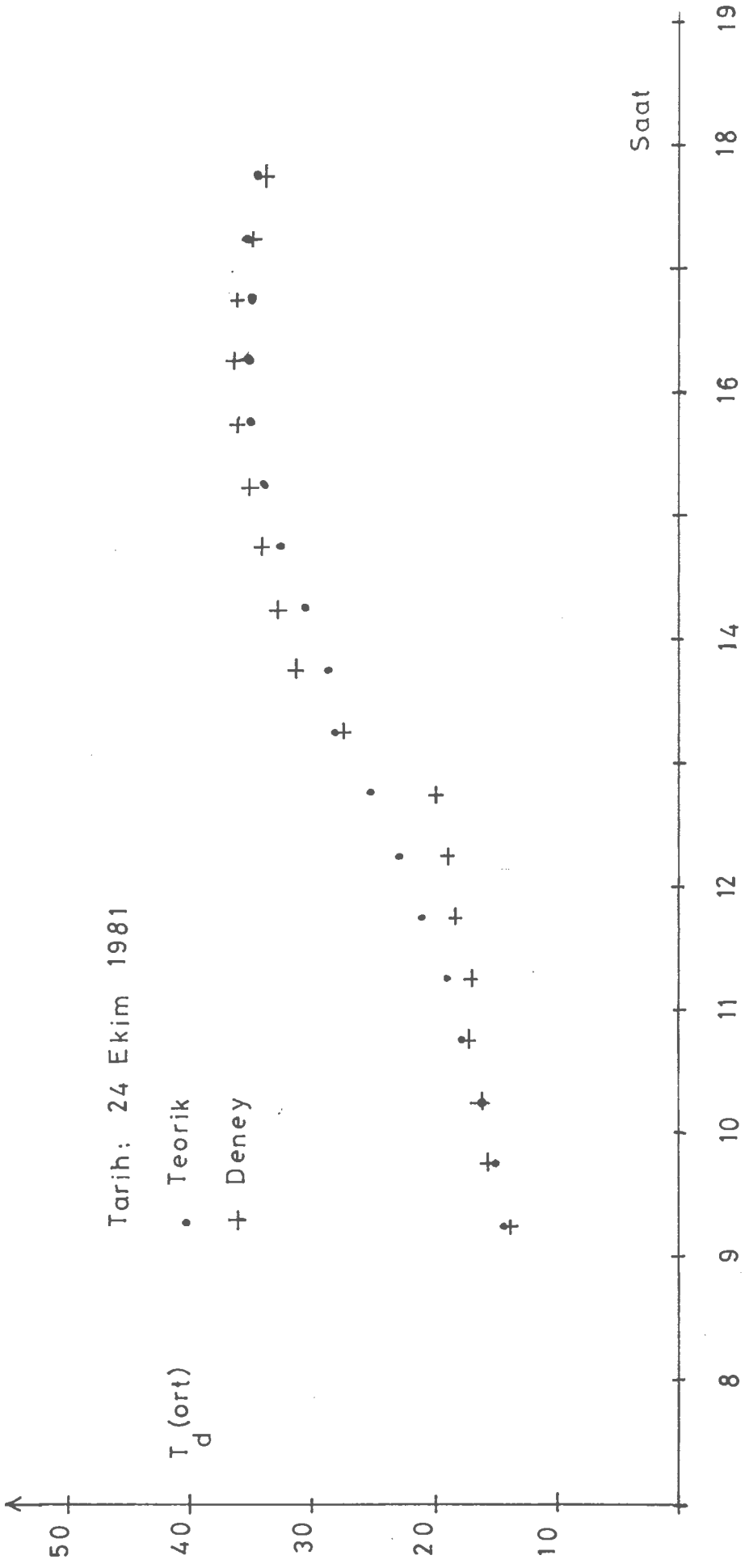
$l_{31}$	$l_{32}$	$l_2$	$l_1$
0,5	0,5	0,865	2,5 < 1,5
0,865	0,865	0,22	
0,22	0,22		
0,5	0,5		
2	1	0,5 + 0	
4,085	3,085	1,585	
3,085			
7,17	$K_3 = 7,17$	$K_2 = 1,585$	$K_1 = 2,5$

Şekil(4.22) Toplaç gidiş dönüş borularındaki lokal kayıp katsayıları 1,2 ve 3 alt indisleri sırası ile yutucu levha düşey boruları, alt ve üst dağıtma ve toplama boruları ve toplac ile depo arasındaki bağlama borularını göstermektedir.

te iken sistem sıcaklığı  $35^{\circ}\text{C}$  olmaktadır. Bu günde çevre sıcaklıkları  $23$  ila  $25^{\circ}\text{C}$  civarında değişmektedir.

Şekil (4.23)'de 24.10.1981 tarihinde Ek III'de belirtilen program yardımı ile termosifon akışlı güneş toplama rında ısı dengesi ve termosifon kuvvet ve yük kayıpları formülasyonundan elde edilen depo ortalama veya sistem sıcaklığının gün boyu değişimi ölçülen değerler ile mukayeseli çizildiğinde (hassas değerleri Tablo 4.12'de verilmiştir) oldukça iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür. Yanlız  $11^{30}$  ile  $12^{45}$  saatleri arasında teorik formülasyondan elde edilen sıcaklıklar  $2$  ila  $5^{\circ}\text{C}$  kadar yüksek,  $13^{30}$  'dan sonra ise  $16^{30}$ , a kadar deney ile ölçülen sıcaklıklar  $1$  ila  $2^{\circ}\text{C}$  kadar daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak  $12^{45}$  'e kadar toplaç malzemelerinin gelen güneş enerjisini yutarak su sıcaklığının teoriden elde edilenlere kıyasla düşük olduğu, öğleden sonra ise ısınan toplaç malzemelerinin suya enerji vererek deneyden ölçülen sıcaklıkları yükselttikleri gösterilebilir.

24.10.1981 tarihinde aynasız toplaç için termosifon akış formülasyonundan elde edilen debinin gün boyu değişimi, deney ile ölçülen sıcaklıkların ısı denge formüllerine konularak buradan program II yardımı ile elde edilen debi Tablo (4.13)'de beraber verilmiştir. Buna göre teorik debi değişimi  $12^{15}$  ile  $15^{25}$  saatleri arasında  $30$  Kg/h civarında kalmakta, deneyden bulunan debi değerleri ise saat  $11$  - civarında  $46$  hatta  $54$  Kg/h değerlerine çıkmakta,  $13^{45}$  'e kadar diğer saatlerde uyuşma görülmektedir. Aynı tabloda program III yardımı ile hesaplatılan verim değerleri sayısal değerler ile beraber grafik halinde bilgisayar çıkışı olarak alınmıştır. Teorik olarak elde edilen verim değerleri  $11^{15}$  ila  $14^{15}$  saatleri arasında  $\% 45$  civarında olmaktadır. Sabah  $\% 32$ 'e ka-



Şekil : ( 4.23 ) Aynasız Toplaç depo ortalama sıcaklığının gün boyu değişimi

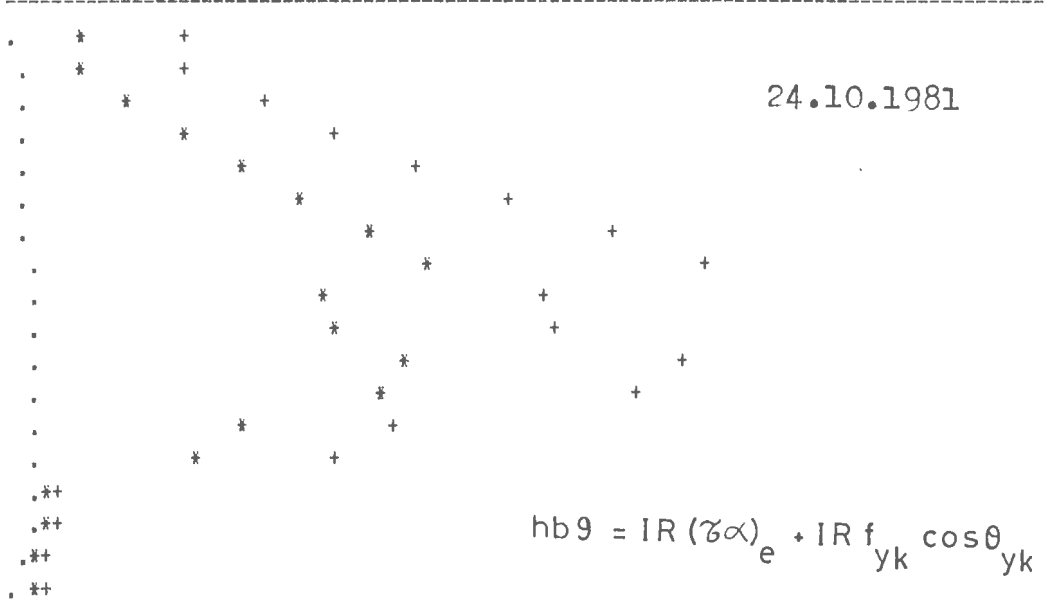
dar , saat 17<sup>15</sup> 'e doğru da % 20 'ye kadar düşmektedir. Deneyden ölçülen sıcaklıklar kullanılarak elde edilen verim değerleri teorik olarak elde edilen değerlere uymaktadır.

Şekil (4.24)'de Ek III'deki programda veri olarak kullanılan, Ek II'deki programın çalıştırılması ile elde edilen, toplaç üzerine düşen (aynanın vansittiği ısınm dahil) ısınm ile levhanın yuttuğu ısınm ve ölçülen çevre sıcaklığının gün boyu değişiminde ısınmaların öğle vakti dalgalandığı görülmektedir.

Tablo (4.14)'de aynalı toplacın giriş, çıkış, sistem ortalama, levha sıcaklıklarının gün boyu değişimlerinin bilgisayar çıkışlarında maksimum levha sıcaklığı saat 14<sup>45</sup>'de 53°C olmakta, maksimum ortalama depo sıcaklığı da 42°C olmakta ve 17<sup>45</sup> 'e kadar sabit kalmaktadır.

Tablo (4.15)'de 24.10.1981 tarihinde aynalı toplaç için teorik ve deneysel elde edilen verim ile debi değerleri tablo halinde verilmiştir. Deneysel verim değerleri daha yüksek ve % 50 civarında olmaktadır. Teorik olarak elde edilen debi değerleri, ısı dengesinden elde edilen debi değerlerine daha çok uymaktadır.

Şekil 4.24 - Toplaca Gelen Isınının ( $I_e$ ), Aynalı Top-  
lacın Yutucu Levhasında Yutulmuş Enerjinin  
( $hb_9$ ) ve Çevre Sıcaklığının ( $T_c$ ) Değişimi



Tablo 4.14- Aynalı Toplaçta Depo, Toplaç Giriş, Toplaç  
Çıkış, Levha ve Çevre Sıcaklıkları Değişimi.  
( 24.10.1981 )

zaman	T1	Td	Td(den)	T2	Ip2	Tc
9.25	12.04	14.68	12.30	17.31	18.13	12.20
9.75	12.75	15.36	13.00	17.98	18.30	14.50
10.25	12.93	16.48	14.00	20.02	21.99	16.50
10.75	13.67	18.06	15.20	22.45	26.08	18.00
11.25	15.02	20.11	18.50	25.21	30.60	19.70
11.75	16.97	22.63	22.20	28.29	35.47	21.00
12.25	19.47	25.63	26.00	31.78	40.90	22.10
12.75	22.56	29.04	29.50	35.51	46.29	23.50
13.25	26.42	31.60	31.90	38.78	43.94	25.00
13.75	29.10	34.17	34.00	39.23	46.89	25.50
14.25	31.65	37.29	35.30	42.93	53.04	26.00
14.75	34.96	40.09	36.50	45.23	53.90	24.20
15.25	38.21	41.66	37.20	45.11	49.10	25.40
15.75	39.98	42.85	38.10	45.71	48.94	25.40
16.25	42.50	42.75	38.40	43.01	42.73	24.00
16.75	42.30	42.64	38.40	42.98	42.46	23.00
17.25	42.04	42.50	38.00	42.96	42.05	22.10
17.75	40.37	41.90	37.00	43.44	38.71	7.50



Tablo 4.15- Aynalı Toplaç İçin Verim ve Debinin Değişimi,  
Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması (24.10.981)

S. No	Deney	Zaman	Verim	Ve (De)	m(tco)	m1(Den)	m2(Den)	m3(Den)
		- 9.25	0.32	0.48	18.78	10	10	10
		- 9.75	0.33	0.46	19.05	10	6.7	10
		- 10.25	0.38	0.45	22.58	43.33	19.1	59.48
		- 10.75	0.42	0.44	25.81	11.87	17.37	17.71
		- 11.25	0.44	0.425	28.82	16.75	41.68	35.39
		- 11.75	0.45	0.407	31.70	19.41	51.12	32.05
		- 12.25	0.44	0.43	34.68	21.51	56.53	26.02
		- 12.75	0.44	0.5	37.46	22.95	44.7	17.28
		- 13.25	0.42	0.52	35.33	18.26	44.16	16.25
		- 13.75	0.42	0.51	36.20	19.46	42.06	13.54
		- 14.25	0.42	0.5	39.51	25.45	32.34	9.54
		- 14.75	0.40	0.52	39.17	23.64	31.11	9.6
		- 15.25	0.36	0.51	33.14	13.83	23.58	6.35
		- 15.75	0.33	0.56	30.69	11.3	16.65	4.08
		- 16.25	-7.11	0.57	9.203	4.41	13.54	2.65
		- 16.75	-0.11	10	10.73	14.47	10	10
		- 17.25	-0.20	10	12.41	1.34	3.16	10
		- 17.75	-1.01	10	22.63	2.22	21	10
12	39	(kg/n)	-					

#### IV.5 - Sonuç

Güneş ışınım şiddetinin çok detaylı matematik modellerinin taranması yapılarak, her birinin sağlıklı ve hassas olan yanları göz önüne alınarak, belirli tarihlerde meteorolojiden güneşlenme süresi ve bulutluluk gibi veriler kullanılarak Eskişehir'de saatlik ışınım şiddeti hesaplanmıştır.

Ek I'de verilen bilgisayar programı ve Ek II'de verilen bilgisayar programının bir bölümünün çalıştırılması ile elde edilen ışınım şiddetleri, meteorolojiden alınan değerlerle karşılaştırıldığında, bilhassa öğleden sonra teorik model sonuçlarının "daha yüksek" (14.6.1982 tarihinde, Şekil 4.5'da yaklaşık  $500 \text{ Kj/hm}^2$ ) olduğu görülmüştür. Bu olgu ODTÜ'de pironometrelerle 900 gün devamlı alınan güneş ışınımı ölçüm sonuçları için de geçerlidir [35]. Meteoroloji ölçümleri Modelimizin sonuçlarıyla yalnız Haziran ve Temmuz 1982 aylarında karşılaştırılabilmektedir. Çünkü bu aylar haricinde ölçüm yapılmadığı Meteoroloji kayıtlarından anlaşılmaktadır. 14.7.1982 tarihindeki ışınımın günlük değişiminde teorik hesap sonuçları, saatlik güneşlenme kesrinin günlük değişimine uymaktadır. Oysa Meteoroloji tarafından ölçülen güneş ışınımının günlük değişimi, saatlik güneşlenme kesrinin günlük değişimine maalesef uymamaktadır (Şekil 4.7).

1981 Ekim - 1982 Kasım tarihleri arasında yapılan deneylerde, aynasız toplaçtan, bahar aylarında  $35, 27^{\circ}\text{C}$ , yaz aylarında  $40, 45$  ve hatta  $48^{\circ}\text{C}$ 'de sıcak su elde edilebileceği görülmüştür. Deney süresince  $40 \text{ lt}$ 'lik depodan hiç su çekilmemiştir. Toplaç yüzeyi de  $0,5 \text{ m}^2$  seçilmiştir. Aynalı toplaç deposu içindeki su sıcaklığı, aynasız toplaç deposundaki su sıcaklığından, deney sonu itibarı ile  $3$  ila  $4^{\circ}\text{C}$  fazla ölçülmüştür.

Şekil (4.13)'de sağ taraftaki formülden elde edilen verim doğrusu daha yatık görülmektedir. Bu sebepten verimi, bilhassa düşük çalışma sıcaklıklarında diğer formülden elde edilen verim doğrusunununkinden daha yüksek olmaktadır. Her iki formül için de ordinat ile kesişme noktasında verim % 51 - % 55 civarındadır. Apsis ile kesişme noktası sağ taraftaki formülden 0,09, diğer formülden ise 0,07 olarak bulunmuştur. Verim doğrusu birçok çalışma noktalarından geçecek şekilde çizilmiştir.

13.5.1982, 14.7.1982, 9.11.1982 tarihlerinde teorik modelden hesaplanan gün sonu ortalama depo sıcaklıkları deney sonu depo sıcaklıklarından % 6 kadar yüksek, 8.4.1982 tarihinde ise % 6 kadar daha küçük bulunmuştur.

24.10.1981 gününde aynasız toplaktan elde edilen faydalı enerji saat  $12^{00}$ 'de maksimum değerde ve  $670 \text{ Kj/hm}^2$  civarındadır. Bu tarihte aynanın takılması ve ayarlanması ile levhanın yuttuğu fazla enerji  $7500 \text{ Kj/m}^2$  gün, faydalı enerji de  $2900 \text{ Kj/m}^2$  gün bulunmaktadır.

24.10.1981 tarihinde teorik olarak hesaplanan sistem sıcaklığının gün boyu değişimi deney ile ölçülen değerlerin oldukça iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür. Yanlız  $11^{30}$  -  $12^{45}$  saatleri arasında teorik formülasyonundan elde edilen sistem sıcaklıkları  $2$  ila  $5^{\circ}\text{C}$  kadar daha yüksek,  $13^{30}$  'dan sonra ise  $16^{30}$  'a kadar deney ile ölçülen sıcaklıklar  $1$  ila  $2^{\circ}\text{C}$  daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, toplacın "kapasite tesiri" gösterilebilir.

24.10.1981 tarihinde ölçülen depo sıcaklıkları ile formülden hesaplanan depo sıcaklıkları arasındaki yaklaşık % 3'lük uyum gün boyunca görülmektedir.

14.7.1982 tarihinde debi  $0$  ila  $50 \text{ Kg/h}$  arasında değişmektedir.

24.10.1981 tarihinde toplaç levhasının yuttuğu enerji aynasız toplaç için saat 12<sup>45</sup> 'de 1618 Kj/hm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Aynanın ilavesi ile aynı saatte yutulan enerji % 15 artmıştır. Aynı saatte kazanılan faydalı ısı 1111 Kj/hm<sup>2</sup>, aynanın katkısı da % 20 olmaktadır.

Örnek olarak ele alınan 24.10.1981 tarihinde maksimum levha sıcaklığı saat 14<sup>45</sup> 'de 42°C olmaktadır. Akşam üstü 33°C'ye düşmekte iken, sistem sıcaklığı 35°C olmaktadır.

Örnek alınan günde teorik debi değişimi 12<sup>15</sup> ila 15<sup>15</sup> saatleri arasında 30 Kg/h civarında kalmakta; deneyden bulunan debi değerleri saat 11 - civarında 54 Kg/h değerine çıkmakta diğer saatlerde ise uyusmaktadır.

Aynı tarihte aynalı toplaç teorik sıcaklık hesaplarında levha sıcaklığı saat 14<sup>45</sup> 'de 53°C olmakta, maksimum ortalama depo sıcaklığı da saat 15<sup>45</sup> 'de 42°C olmaktadır ve 17<sup>45</sup>'e kadar sabit kalmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1- DUFFIE, J.A. "Solar Energy Thermal Processes." John  
BECKMAN, W.A. Wiley and Sons. Newyork , 1974.
- 2- GARG, H.P. "Treatise on Solar Energy" John Wiley  
and Sons New York - 1982
- 3- KREIDER, J.F. "Solar Heating and Cooling Engineering .  
KREITH, F. Practical Design and Economics", Univer-  
sity of Colorado, 1975.
- 4- SAYIGH, A.A.M. "Solar Energy Engineering" Edited by A.A.  
M. Sayigh, Acedemic Press, London. 1977.
- 5- KILIÇ, A "Güneş Enerjisi" Kipaş Yayıncılık  
ÖZTÜRK, A. Istanbul, Mart. 1983.
- 6- GARG, H.P. "Treatise on Solar Energy" Volume 1. Fun-  
damentals of Solar Energy. John Wiley and  
Sons New York. Toronto 1982.
- 7- HOYT, C.H. "A Simple Model For Estimating The Trans-  
mittance of Direct Solar Radiation Through  
Clear Atmospheres" Solar Energy Vol.18  
pp.129-134, 1976.
- 8- DAVE, J.V. "Importance of the Diffuse Sky Radiation  
BRASLAU, N. In Evaluation of the Performance of a  
Solar Cell". Sol. Energy Vol.18 pp 215-  
223, 1976
- 9- WESELY, M.L. "A Method for Estimating Hourly Average of  
LIPSCHUTZ, R.C. Diffuse and Direct Solar Radiation under  
a Layer of Scattered Clouds" Solar Energy  
Vol.18. pp.467-473. 1976.
- 10- MORGAN, C. "A Comparison of Predicted Solar Insolation  
CRAIG, G.T. With Measured Values at San Diego, Califor-  
nia" Sol. Energy Vol.18, pp. 581-585, 1976
- 11- ATWATER, M.A. "A Numerical Solar Radiation Model Based  
BALL, J.T. on Standard Meteorological Observations"

Solar Energy Vol.21, pp. 163-170, 1978.

- 12- VAN HEUKLON "Estimating Atmosphere Ozone for Solar Ra-  
T.K. diation Models." Sol.E. Vol.22,pp.63.. 1979
- 13- BARBARO, S. "An Atmospheric Model For Computing Direct  
COPPOLINO,C. and Diffuse Solar Radiation" Solar Energy  
LEONE Vol.22, pp. 225-228, 1979  
SINAGRA, E.
- 14- KING, R. "Direct Solar Transmittance for a Clear Sky"  
BUCKIUS, R.O. Solar Energy Vol.22, pp.297-301, 1979
- 15- TANER, K. "Güneş Enerjisinin Atmosferden Geçerken Sö-  
nümü" Eskişehir Devlet Müh. ve Mim. Akademi-  
si Dergisi, Sayı.4, s. 74-98, Eskişehir, 1980
- 16- MUNROE, M.M. "Estimation of Totals of Irradiance on a Hori-  
zontal Surface From U.K. Average Meteorolo-  
gical Data" Sol.Eng. Vol.24, pp.235-238, 1980
- 17- GOLDBERK, B. "A Model for Determining the Spectral Quality  
KLEIN, W.H. of Daylight on a Horizontal Surface at any  
Geographical Location" Solar Energy, Vol.24  
pp.351-357, 1980.
- 18- NEUWIRTH, F "The Estimation of Global and Sky Radiation  
In Austria." Solar Energy. Vol.24  
pp.421-426, 1980.
- 19- BARBARO, S. "An Atmospheric Model Applied to Some Acti-  
COPPOLINO, S. nometric Stations of Sicily." Solar Energy  
LEONE, C. Volume 25. pp.201-206., 1980.  
SINAGRA, E.
- 20- EXELL, R.H.B. "A Mathematical Model for Solar Radiation  
in South-East Asia.(THAILAND)" Solar  
Energy, Vol.26, pp.161-168, 1981.
- 21- IDERIAH, F.J.K. "A Parametric Model for Calculating Direct

- and Diffuse Solar Radiation" Solar Radiation " S.E. Vol.26, pp.447-452, 1981.
- 22- DAVIES, J.A. "Estimating Solar Irradiance And Components." S.E.Vol.29, pp.55-64, 1982
- 23- CHOU DHURY, B. "A Parameterized Model for Global Insolation Under Partially Cloudy Skies " Sol. Ener. Vol.29, No.6, pp.479-486, 1982
- 24- HEMELRIJCK, E.V. "The Oblateness Effect on the Extraterrestrial Solar Radiation." Solar Energy Vol.31, No.2, pp. 223-228, 1983.
- 25- GUZZI, R. "Experimental Validation of a Spectral Direct Solar Radiation Model." Solar Energy Vol. 31, pp. 359-363, 1983
- VECCHIO, G.L.  
RIZZI, R.  
SCALABRIN, G.
- 26- KASTEN, F. "Solar Radiation Fundamentals and Data Presentation" Conference on Non-Conventional Energy Sources and Summer Workshop on the Physics of Non Conventional Energy Sources 20 June -8 July 1983 Trieste/ Italy.
- 27- RANGARAJAN, S. "Techniques for the Precise Estimation of Hourly Values of Global Diffuse and Direct Solar Radiation." Solar Energy Vol.31, pp. 577-597, 1983.
- MANI , A
- 28- PAGE , J.K. "Solar Radiation and Climatic Data." Solar World Congress, Edited by S.V. Szokolay, Architectural Science Unit Univ. of Queensland Australia, 14-19 August 1983 Vol.4. pp.2066-2082.
- 29- KITTLER, R. "A Calculation Method and Computer Program

- D'CRUZ, N. for Solar Energy Availability." Solar World Congress. Vol.4, 14-19 August 1983, pp. 2083-2087.
- 30- HOLLANDS, K.G.T. "A Derivation of The Diffuse Fractions Dependence on the Clearness Index." S.W.C. Vol.4, pp.2088-2092.
- 31- MUJAHID, A.M. "Estimation of Solar Radiation Intensities Under A Cloudless and Hazy Atmosphere in Riyadh." Solar World Congress Vol.4, pp. 2093-2098.
- 32- MC DANIELS, D.K. "Diffuse-Global Correlations: Seasonal Variations for Monthly Averaged Data." Sol. E.C. Vol.4, pp.2099-2103, 1983.
- VIGNOLA, F.
- 33- HANNA, G.B. "Computer Simulation for Direct and Diffuse Solar Irradiance on Vertical and Horizontal Surfaces for Egypt." Solar Energy and Arab World. First Arab Energy Conference, pp.9-14, 2-8 Dec, 1983, Kuwait, Edited by H.Alavi, A.Al. Jassar.
- 34- BRINSFIELD, R. "Potsol: Model to Predict Extraterrestrial and Clear Sky Solar Radiation." YARAMANOĞLU, M. Sol. En. Vol.22, pp.485-492, 1984.
- WHEATON, F.
- 35- ÖGELMAN, H. "A New Method for Estimating Solar Radiation from Bright Sunshine Data." Sol. ECEVİT, A. Ener. Vol.33, No.6, pp.619-625, 1984.
- TAŞDEMİROĞLU- E.

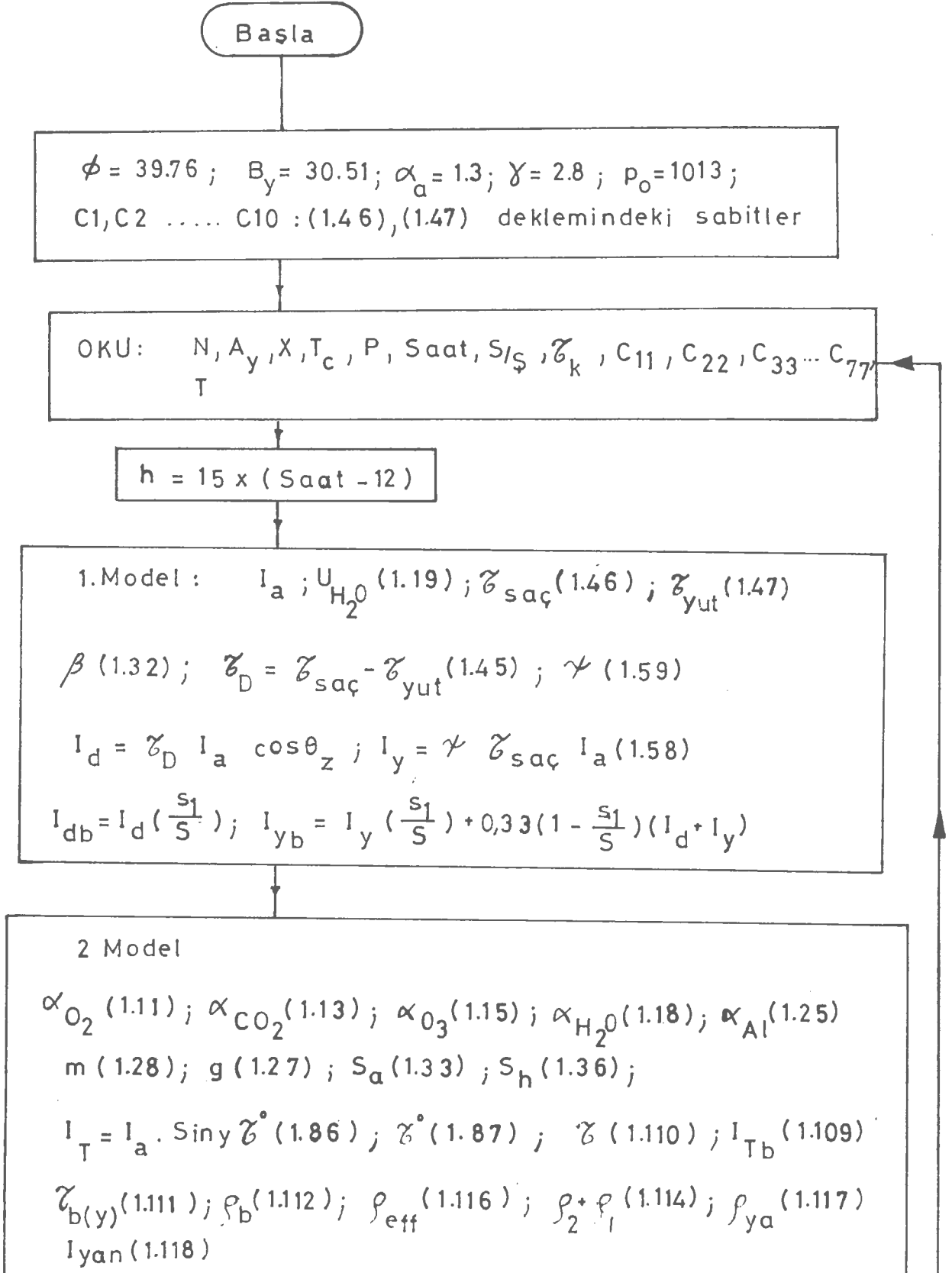


- 36- ONG, K.S. "a Finite Difference Method to Evaluate The Thermal Performance of a Solar Water Heater." Solar Energy Vol.16. pp. 137-147, 1974.
- 37- WIJEYSUNDERA, N.E. "Response Time of Solar Collectors." Sol. En. Vol.18, pp. 65-68, 1976.
- 38- KLEIN, S.A. "Calculation of Flat-Plate Collector Loss Coefficients."Sol.E. Vol.17, pp.79-80, 1975.
- 39- GARG, H.P. "Year Round Performance Studies on A Build-in Storage Type Solar Water Heater at Jodhpur India." Solar Energy, Vol.17, Pp. 167-172, 1975.
- 40- ONG, K.S. "An Improved Computer Program For The Thermal Performance of a Solar Water Heater." S.E. Vol.18,pp.183-191, 1976.
- 41- SCOTT, J.E. "The Solar Water Heater Industry In South Florida:History and Projections." Sol.E. Vol.18, pp. 387-393, 1976.
- 42- MORRISON, G.L. "Transient Response of Thermosyphon RANATUNGA, D.B.J. Solar Collectors." Solar Energy, Vol.24, pp. 55-61, 1980.
- 43- KAMAL, W.A. "On Optimization of the Naturally Circulating Flat Plate Collector System Dimensions and operating Conditions." First Arab Energy Conference, pp.14-20, 2-8 Dec, 1983, Kuwait.
- 44- MYNETT, J.A. "Availability of Solar Energy at HUSSAIN, I.M. Baghdad, Iraq: Performance and Design Data For Flat Plate Collectors." Sol.E.C. Vol.3, pp.1160-1164, 1983.

- 45- MORRISON, G.L. "Thermosyphon circulation in Solar  
RANATUNGA, D.B.J. Collectors." Solar Energy, Vol. 24  
pp. 191-198, 1980.
- 46- HUANG, B.J. "Similarity Theory of Solar Water  
Heater With Natural Circulation."  
Sol. En. Vol.25, pp.105-116, 1980.
- 47- PARKER, G.J. "The Performance of a Solar Water  
Heating System in a Dwelling in  
Christchurch, New Zealand." Solar  
Energy Vol.26, pp.189-197, 1981.
- 48- GARG, H.P. "The Top Loss Calculation for Flat  
DATTA, G. Plate Solar Collectors." Solar  
Energy, Vol.32, No.1, pp.141-143, 1984.
- 49- YOUNG, M.F. "The Performance of a Thermosyphon  
BERGOUAM, J.B. Solar Domestic Hot Water System with  
Hot Water Removal." Solar Energy.  
Vol.32, No.5, pp.655-658, 1984.
- 50- HUANG, B.J. "A Simulation Method For Solar Ther-  
HSIEH, C.T. mosyphon Collector." Solar Energy  
Vol.35, No:1, pp.31-43, 1985.

- 51- GRASSIE, S.L.            "The Use of Planar Reflectors for  
SHERIDAN, N.R.            Increasing The Energy Yield of  
Flat Plate Collectors." Solar Ener.  
Vol.19, pp. 663-668, 1977.
- 52- DRAGO, P.                "A Simulated Comparizon of The Useful  
Energy Gain in a Fixed and Fully  
Tracking Flat Plate Collector." Sol.  
Energy Vol.20, pp.419-423, 1978.
- 53- LARSON, D.C.            "Optimization of Flat Plate Collector  
-Reflector Systems." Solar Energy,  
Vol.24, No:2, pp.203.. , 1980.
- 54- ELDIGHIDY, M.S.        "Optimum Conditions for Meximum  
Solar Energy Absorbed by Flat Plate  
Collector Augmented by Plane Reflec-  
tor." Sol.E. Vol.25, pp.373-379,1980.
- 55- MERCANTI, M.            Catologe of Elettronica Veneta. s?r.1  
Motta di Livenza, (Treviso) Italy,1981
- 56- ESPY, P.N.               "Solar Thermal Collectors Using  
Planar Reflector." Solar Energy,  
Congress. Vol.3, pp.1038-1042, 1983.
- 57- CHIAM, H.F.             "Stationary Reflector-Augmented  
Flat-Plate Collectors." Solar  
Energy, Vol.29, No:1, pp.65-69, 1982.

Ek I<sub>a</sub> PROGRAM I. 5 Ayır Metod ile Açık ve Bulutlu Gökyüzünde Güneş Işınımını Hesaplayan Bilgisayar programı açıklaması (Sembollerin yanındaki parantez içindeki sayılar denklem numaralarıdır.)



### 3. Model .

$\zeta_{O_3}$  (1.16a) ;  $m_r$  (1.16 b) ;  $\alpha_{H_2O}$  (1.19) ;  $\zeta_{SR}$  (Tablo(1.1));

$I_D$  (1.40) ;  $I_y$  (1.62)

#### 3.1. Model

$C_i$  (1.98) ;  $t_i$  (1.99) ;  $[A_i, B_i$  Tablo (1.7) den]

$I_{Tb} = (I_D + I_y) \zeta_b f(\alpha)$  ;  $\zeta_b f(\alpha)$  (1.97)

$I_{Db} = I_D (1 - Co)$  ve  $I_y = I_{Tb} - I_{Db}$

#### 3.2 Model

$C_e$  (1.103) ;  $C^* = (C_{33} + C_{44}) / (16)$  ;  $t^* = (t_3 + t_4) / 2$  ;

$I_{Db}$  (1.106) ;  $C_s = (C_{11} + C_{22} + C_{55} + C_{66} + C_{77}) / 40$  ;

$t$  (Ortalama bulut Geçirgenliği) ;  $I_{yb} = I_{yb_1} + I_{yb_2}$

$+ I_{yb_3} + I_{yb_4}$  (1.105. a,b,c,d) ;  $\zeta_{c_i}$  (1.105 e)

$I_{Tb} = I_{Db} + I_{yb}$

### 3.3 Model

$$I_{D_b} = (1 - c) \cdot I_D ; I_{y_b} (1.107) ; I_{T_b} (1.108)$$

$$C = 1 - \frac{S_1}{S}$$

YAZ 1. Model , Güneş Işınım şiddetleri  
Berrak Gökyüzünde  
Bulutlu Gökyüzünde  
Direkt, Yayılı, Toplam

YAZ 2. Model Güneş Işınım şiddetleri  
Toplam, yansıyan

YAZ 3.1 Model G. I. Şid  
Direkt, yayılı, Toplam

YAZ 3.2 Model G. I. Ş  
Direkt, yayılı, Toplam

YAZ 3.3 Model G. I. Ş  
Direkt, yayılı, Toplam

Saat <  $t_{gb}$

Günlük Değerler

DUR

BAŞLA

OKU : Gün , Top. eğimi , Kayıp katsayısı düzeltmesi , Basınç  
nem , Güneş sabiti (düzeltilmiş yansıtıcı açısı .

$$U_{H_2O} \text{ (1.23 a)} ; \alpha_{H_2O} \text{ (1.18)} ; \alpha_{CO_2} \text{ (1.13)} ; U_{CO_2} = 126 ;$$
$$\alpha_{O_3} \text{ (1.15)} ; \alpha_{O_2} \text{ (1.11)} ; m^* = m (P/P_0)$$

$$m^* \times 1.66 \longrightarrow f(m^*) \text{ Tablosu [15]}$$

$$m^* \longrightarrow f(m^*) \text{ Tablosu [15]}$$

$$1 - S_H = f \left( \frac{m^*}{m} \right) ; 1 - S_t = g \left( \frac{m^*}{\beta} \right) ; \alpha_t = (1 - ) \cdot g \left( \frac{m^*}{\beta} \right)$$

$$S'_h = 1 - f \left( \frac{1,66 \times m^*}{m} \right) ; S'_t = 1 - g \left( \frac{1,66 \cdot m^*}{\beta} \right)$$

$$I_d = I_a \cdot \cos \theta_z \left( 1 - \sum_{i=1}^5 \alpha_i \right) (1 - S_h) (1 - S_t)$$

$$I_y = I_a \cdot \cos \theta_z \left( 1 - \sum_{i=1}^5 \alpha_i \right) (0,5 S_h + 0,75 S_t)$$

$$I_{ya} = \rho_s (I_d + I_y) \left( 1 - \sum_{i=1}^5 \alpha_i \right) (0,5 S'_h + 0,75 S'_t)$$

$$I_T = I_d + I_y + I_{ya}$$

$$I_{db} = I_d \left( \frac{S_1}{S} \right)$$

$$I_{yb} = \left( \frac{S_1}{S} \right) I_y + 0,33 \left( 1 - \frac{S_1}{S} \right) (I_d + I_y)$$

$$I_{yab} = I_{ya} \left( \frac{S_1}{S} \right)$$





```

730  REM *****
740  REM *****
750  REM *****
760  REM *****
770  REM *****
780  REM *****
790  REM *****
800  REM *****
810  REM *****
820  REM *****
830  REM *****
840  REM *****
850  REM *****
860  REM *****
870  REM *****
880  REM *****
890  REM *****
900  REM *****
910  REM *****
920  REM *****
930  REM *****
940  REM *****
950  REM *****
960  REM *****
970  REM *****
980  REM *****
990  REM *****
1000 REM *****
1010 REM *****
1020 REM *****
1030 REM *****
1040 REM *****
1050 REM *****
1060 REM *****
1070 REM *****
1080 REM *****
1090 REM *****
1100 REM *****
1110 REM *****
1120 REM *****
1130 REM *****
1140 REM *****
1150 REM *****
1160 REM *****
1170 REM *****
1180 REM *****
1190 REM *****
1200 REM *****
1210 REM *****
1220 REM *****
1230 REM *****
1240 REM *****
1250 REM *****
1260 REM *****
1270 REM *****
1280 REM *****
1290 REM *****
1300 REM *****
1310 REM *****
1320 REM *****
1330 REM *****
1340 REM *****
1350 REM *****
1360 REM *****
1370 REM *****
1380 REM *****
1390 REM *****
1400 REM *****
1410 REM *****
1420 REM *****
1430 REM *****
1440 REM *****
1450 REM *****
1460 REM *****
1470 REM *****
1480 REM *****

```

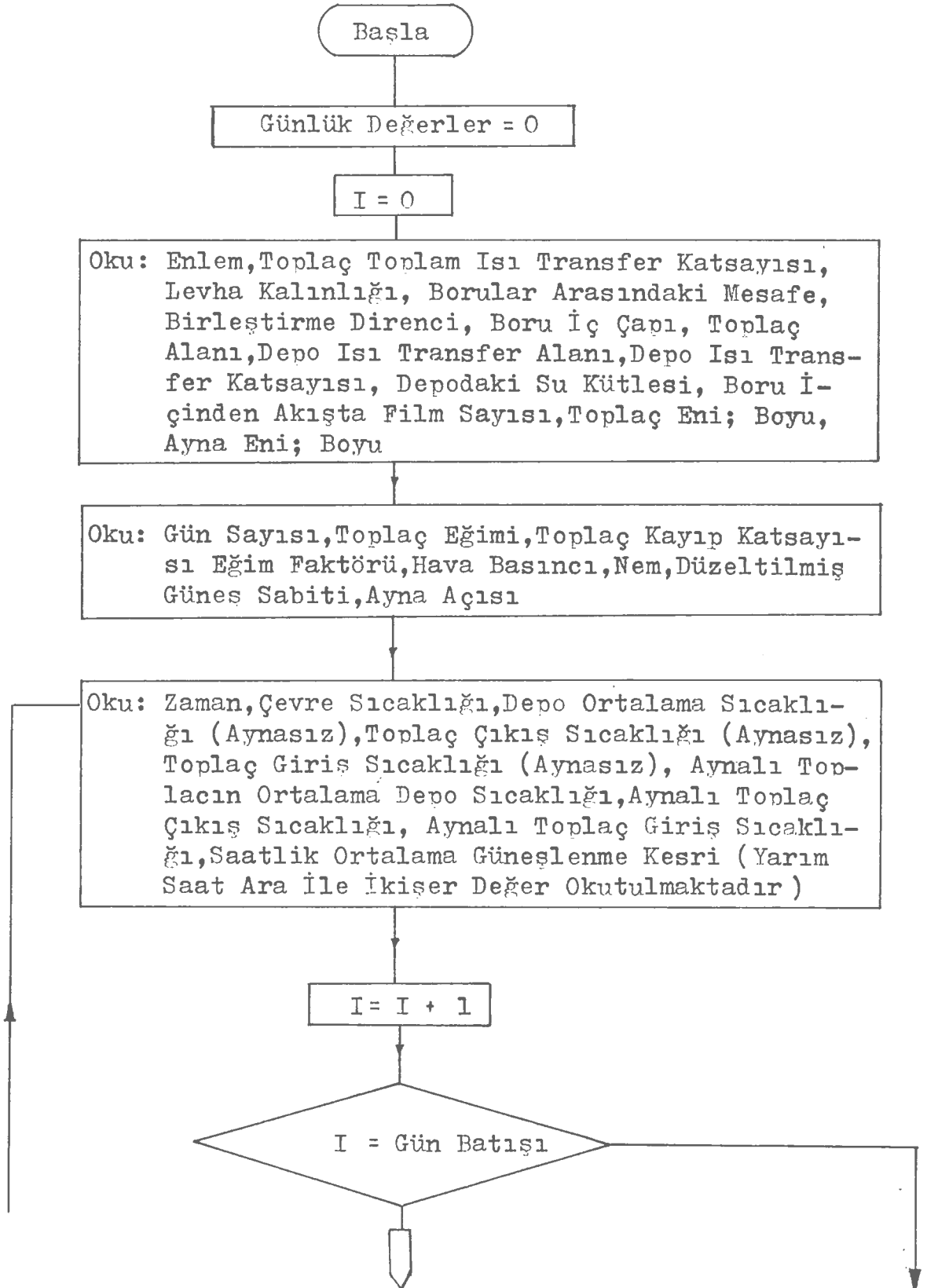


```

(1007)
2310  Gyu=Buyu*(1.5*(1+D)^(-1000/1000000))*CX^D(-Buyu*(1.5*(1+D)^(-1000/1000000))+.05)
2320  REM IF L=12 : GOTO USING "###.##" ###.## "###.##" ###.##
2330  *****"##" Declin, Ruin, No, Buyu, Buyo, Gyu
2330  NEXT L
2340  D=0 : Z0=0 : Tpd=0 : Tpb=0 : Tpl=0 : Tp=0 : L=0 : H=0 : Cz=0
2350  DATA 21, 10, 1, 5, 6, 932, 5, 3, 7, 0, 1, 7, 5, 0, 0, 0, 2, 0, 7
2360  DATA 21, 10, 3, 8, 937, 27, 3, 8, 1, 7, 5, 0, 0, 0, 2, 0, 11
2370  DATA 21, 10, 8, 8, 932, 3, 3, 9, 0, 9, 7, 5, 0, 0, 0, 2, 5, 13
2380  DATA 21, 10, 12, 8, 931, 3, 3, 10, 0, 0, 7, 5, 0, 0, 0, 2, 5, 17
2390  DATA 21, 10, 15, 9, 931, 7, 3, 11, 1, 7, 5, 4, 0, 0, 2, 3, 20
2400  DATA 21, 10, 15, 9, 930, 9, 3, 12, 1, 7, 5, 4, 0, 0, 3, 2, 22
2410  DATA 21, 10, 15, 9, 930, 50, 3, 13, 1, 7, 5, 3, 0, 0, 1, 3, 23
2420  DATA 21, 10, 15, 7, 930, 1, 3, 14, 1, 7, 5, 3, 0, 0, 1, 3, 23
2430  DATA 21, 10, 15, 8, 930, 1, 3, 15, 0, 2, 7, 5, 3, 0, 0, 1, 3, 22
2440  DATA 21, 10, 15, 9, 930, 3, 16, 0, 7, 5, 2, 0, 0, 2, 0, 21
2450  DATA 21, 10, 15, 9, 930, 2, 3, 17, 0, 7, 5, 3, 0, 0, 3, 0, 18
2460  DATA 21, 10, 15, 8, 930, 5, 3, 18, 0, 7, 5, 3, 0, 0, 3, 0, 17

```

Ek II a - Güneş Işınımı (Direkt, Yavılı, Yansayan) Berrak ve Bulutlu Gökyüzünde, Düzlem Toplaçtan kazanılan Faydalı Isı, Debi, Verim, Aynanın sağladığı Faydalı Isıyı Hesaplayan bir Bilgisayar Programı (Teorik ve Deneysel)



Kanat Verimi  $F$ , Toplaç Akış Faktörü  $F_t$ , Toplaç Isı Çıkarma Faktörü  $F_R$ , Eğimli Yüzeğe Gelen Işığın Yataya Gelene Oranı  $R$ , Efektif Yutma Geçirme Çarpımı  $(\zeta\alpha)_e$ 'ni Hesapla

Güneş Işığının Gün Boyunca Geliş Açısına Göre Aynanın Toplaç Üzerinde Aydınlattığı Alanın Saat Saat Hesabı ( 14 Ayrı Hesap Şekli, Yansıyan Güneş Işığının Toplaç Yüzeyi Üzerinde Düştüğü Yere Göre Programda Ayarlanması)

Aylık Ortalama Hava Basıncı, Nem, Saatlik Güneşlenme Kesrini Kullanarak, Berrak ve Bulutlu Gökyüzünde Direkt, Yayıllı, Yansıyan ve Toplaç Üzerine Gelen Güneş Işığın Şiddetinin Teorik Olarak, Aynanın Sağladığı Enerjinin Hesaplanması

İki Ayrı Metoda Göre ( A. Öztürk [5] : J.A. Duffie, Beckman [1] ) Aynalı ve Aynasız Toplaçların Ortalama Sıcaklıklarını Her Yarım Saatte Bir Hesapla

Eski Depo Sıcaklıkları Yeni Depo Sıcaklıkları

Toplaç Parametresi, Anlık Verim ve Her Yarım Saatte Bir Debiyi Hesapla (Deneysel)

Günlük Değerler Günlük Değ. Saatlik Değ.

Yaz:  $I_D, I_y, I_{ya}, I_{Db}, I_{yb}, I_{yab}, I_T, I_{Tb}$   
 $I_{eb}, [(\tau\alpha)_e I_{Db} + (\tau\alpha) I_{yb}]$ , Aynalı Toplaç Yutucu Levhasınca Yutulan Güneş Işınımı

Yaz: İki Ayrı Metot Kullanılarak Elde Edilen Aynalı ve Aynasız Toplaç Depo Ortalama Sıcaklıkları

Yaz: Toplaç Parametresi, Anlık Verim ve Debi (Deneysel)

Dön

Yaz: Günlük Değerler

Dur

Ek II b - Güneş Işınımı, Toplaçtan Kazanılan Faydalı Isı,  
Yansıtıcı Etkisini Teorik ve Deneysel, Verim ve  
Debiyi Teorik Hesaplayan Program Listesi

```

10 REM GUN.RAD.DENEY,TEORI
40 PRINT #a12, " zaman = Esk. Saat -1.05389 alindi-----":SFA1=0
50 PRINT #a12," px eta eta3 eta4 eta5 ppx1 eta11 g2 md1 ml1 "
60 PRINT #a12, " t3 td2 ts2 ts6 i3 td4 ts4 ts8 hb8 sb9 t "
70 PRINT #a12, "14/ temmus/ 1982-----":Q44=0
80 REM GUN.RAD.DENEY,TEORI:g2=20/3600
90 READ RAD,RA1,KA1,HA1,HA0,ME
100 DATA .259,.159,.1254,580,72,40
110 QF1=0:QF2=0:QF5=0:QF6=0
120 INPUT A12
130 ' PRINT #a12, "-----"
140 ' PRINT #a12, " zaman T (depo) T (depo) T (Depo)Deney "
150 ' PRINT #a12, "-----"
160 QM11=0:QM22=0:HB=0:N11=0 :t0=29
170 TD1=19:TD3=19:ts1=19:ts3=19:ts5=19:ts7=19:SA11=0:SA22=0:SB1=0:SB2=0:SDD1=0:QU11=0:QU22=0:IO=29:ii=0
180 READ FO,K8,K7,DO,W,D,K5,B,J1,D1
190 DATA .6939,20.4,171.36,1e-2,.1,.25e-1,172,.008,.003,.17e-1
200 READ A,A1,K4,M,UO,H,C,U,Z,L
210 DATA .5,.659,1.728,40,.46,5400,.5,1,1,1
220 READ N,R,K9,P,W4,E7,I,O,GU,AY,SEN,TEO
230 DATA 195,-0.157,1.036,690.97,9.08,0.775,1310,0.36,14,7,1982,0.5:RESTORE 5610
240 READ T8,T9,Y5,Y6,T1,T2,WO,W1,Y3,Y4
250 READ R1,R2,R4,R5,R6,R7,gus
260 ii=ii+1
270 IF ii>19 THEN GOTO 3950
280 MO=SQR(K/(K7*DO)):K=K8*K9
290 Y9=23.45*SIN(((360*(284+N))/365)/57.29)/57.295
300 ZAM=(T9+T8)/2:' PRINT #A12, "ZAM="ZAM
310 ZO=((T8+T9)/2)-1.05389:Z4=((ZO-12)*15)/57.29
320 P3=MO*(W-D)/2:P4=EXP(P3):W9=EXP(-P3):W8=((P4-W9)/(P4+W9))/p3
330 L1=1/(K*(D+(W-D)*W8)):L2=0.13:J=1/(PI*D1*H):L5=1/K
340 AO=L5/(W*(L1+L2+J))
350 IF ZO<9.5 THEN G1=0.00125
360 IF ZO>9.5 AND ZO<11 THEN G1=0.0025
370 IF ZO>11 AND ZO<15 THEN G1=0.0037
380 IF ZO>15 AND ZO<17 THEN G1=0.0025
390 IF ZO>17 THEN G1=0.00125
400 ' PRINT #a12, "g2="g2:L6=EXP(-K*AO/(((g2*3600)/A)*4.19)):F=(((g2*3600)/A)*(4.19/K))*(1-L6)
410 L6=EXP(-K*AO/(((g2*3600)/A)*4.19))
420 ' PRINT #a12, "f="f,"a0="a0,"w5="w5
430 B1=COS(FO)*COS(Y9)*COS(Z4)+SIN(FO)*SIN1(Y9):B5=COS(FO+R)*COS(Y9)*COS(Z4)+SIN(FO+R)*SIN(Y9)
440 IF B5<0 THEN N3=0
450 IF B5<1 AND B5>0.766 THEN N3=0.78
460 IF B5<0.765 AND B5>0.696 THEN N3=0.765
470 IF B5<0.695 AND B5>0.616 THEN N3=0.75
480 IF B5<0.616 AND B5>0.515 THEN N3=0.725
490 IF B5<0.53 AND B5>0.51 THEN N3=0.68
500 IF B5<0.5 AND B5>0.48 THEN N3=0.66
510 IF B5<0.47 AND B5>0.439 THEN N3=0.65
520 IF B5<0.438 AND B5>0.407 THEN N3=0.64
530 IF B5<0.406 AND B5>0.3744 THEN N3=0.6
540 IF B5<0.3743 AND B5>0.343 THEN N3=0.55
550 IF B5<0.342 AND B5>0.309 THEN N3=0.525
560 IF B5<0.308 AND B5>0.276 THEN N3=0.475

```

```

570 IF B5<0.275 AND B5>0.243 THEN N3=0.44
580 IF B5<0.242 AND B5>0.209 THEN N3=0.365
590 IF B5<0.208 AND B5>0.179 THEN N3=0.31
600 IF B5<0.178 AND B5>0.14 THEN N3=0.25
610 IF B5<0.139 AND B5>0.1046 THEN N3=0.2
620 IF B5<0.1045 AND B5>0 THEN N3=0.088
630 H1=SQR(1-B5^2):R3=B5/B1:O5=H1/1.526:H6=SQR(1-O5^2):W2=O5/1.526:H5=SQR(1-W2^2)
640 H4=(1-EXP(-0.1048/H6))*0.15:W7=(1-EXP(-0.1048/H6))*0.62*N3:W5=0.964*N3+H4+W7
650 U1=(M*4.18*(T2-T1))/(t9-T8):A2=(M*4.187*(R2-R1))/(T9-T8):T=(Y5+Y6)/2
660 t4=(y3+y4)/2-10:i4=(r6+r7)/2-10:U2=K4*A1*((T1-10)-T):A3=K4*A1*((R1-13)-T):B8=(U1+U2)/(A*F)
670 A6=(A2+A3)/(A*F):b3=k*(t4-t):m4=k*(i4-t):n1=2*(u1+u2):n2=2*(a2+a3):S=B3+B8:A5=M4+A6
680 ' PRINT # A12,"S="S,"A5="A5:w7=a5/(w5*0.951):w6=s/(w5*0.951)
690 IF n<32 OR n>335 THEN c9=0.7
700 c9=0.2:b4=b5:z9=b4/b1:a4=SQR(1-b1^2):s1=z4:a7=(COS(y9)*SIN(f0)*COS(z4)-SIN(y9)*COS(f0))/a4
710 WT=(M*4.19)/(0.435*K*(T9-T8)):TDN=(1/(1+WT))*((WT*T1)+(S/K)+T)
720 ' PRINT #A12,"R3="R3,"AO="AO,"F="F,"S="S,"A5="A5:' PRINT #A12,"A7="A7,"Y9="Y9,"FO="FO,"Z4="Z4,"A4="A4
730 IF z9>5 THEN z9=0
740 IF z9<0 THEN z9=0
750 v7=SQR(1-a7^2):D7=2*A4*A7*TAN(O)-B1*(1-TAN(O)*TAN(O))/(1+TAN(O)*TAN(O))
760 IF z0<12 THEN v7=-v7
770 d6=-a4*v7:D5=A4*A7+B1*TAN(O)-D7*TAN(O):h3=d5/(SQR(d5^2+d6^2+d7^2))
780 IF h3<0 THEN h3=0.0006
790 v1*(COS(o+1.57)*TAN(r)-SIN(o+1.57))/(d7-d5*TAN(r)):v=ABS(V):C7=-Z/2+(V*D6):C8=ABS(C7)
800 CO=(L*COS(O+1.57)+V*D5)/COS(R):O1=C8-Z:F5=C*U
810 IF C0<U THEN GOTO 830
820 IF C0>U GOTO 970
830 IF C7<0 AND O1>(C/2) GOTO 910
840 IF C7<0 AND C8>Z AND O1<C/2 THEN GOTO 920
850 IF C7<0 AND C8<Z AND -O1<C/2 THEN GOTO 920
860 IF C7<0 AND C8>C/2 AND C8<Z/2 THEN GOTO 930
870 IF C7<0 AND C8>Z/2 AND (C8+C/2)<Z THEN GOTO 930
880 IF C7>0 AND C7>C/2 GOTO 940
890 IF C7>0 AND C7<C/2 GOTO 950
900 IF c7<0 AND -c7<c/2 GOTO 960
910 R8=CO*(C8-(Z+C/2))/((C/2+Z/2)+(C8-Z-C/2)):R9=C*(CO-R8)/(C/2+Z/2):F2=((CO-R8)*C-(C*R9))/2:GOTO 1850
920 R8=CO*(C8-Z+C/2)/((Z/2-C/2)+(C8-Z+C/2)):R9=R8*((C8-Z)+C/2)/2:F2=CO*C-R9:GOTO 1850
930 F2=CO*C:GOTO 1850
940 R8=CO*(C7-C/2)/(Z/2+C7):R9=C*(CO-R8)/(C/2+Z/2):F2=(CO-R8)*C-R9*C/2 GOTO 1850
950 R8=CO*(C7+C/2)/(Z/2+C7):F2=(C*CO)-(R8*(C7+C/2))/2:GOTO 1850
960 R8=CO*(C/2-C8)/(Z/2+C7):F2=(CO*C)-((C/2-C8)*R8/2):GOTO 1850
970 IF C7<0 AND O1>C/2 GOTO 1660
980 IF C7<0 AND C8>Z AND O1<C/2 THEN GOTO 1060
990 IF C7<0 AND C8<Z AND -O1<C/2 THEN GOTO 1060
1000 IF C7<0 AND C8>C/2 AND C8<Z/2 THEN GOTO 1070
1010 IF C7<0 AND C8>Z/2 AND (C8+C/2)<Z THEN GOTO 1070
1020 IF C7>0 AND C7>C/2 GOTO 1080
1030 IF C7>0 AND C7<C/2 GOTO 1090
1040 IF C7<0 AND C8<C/2 GOTO 1100
1050 r8=(c0*(z/2-c/2))/(c8-z/2):r9=(r8*c)/(z/2-c/2):F2=R8*C+c*r9/2:GOTO 1850
1060 R8=CO*(C/2-(Z-C8))/(C8-Z/2):R9=(R8-(CO+U))*(C/2-(Z-C8))/R8:F2=C*U-((R8-(CO+U))*R9)/2:GOTO 1850
1070 F2=C*U:GOTO 1850
1080 R8=CO*(C/2-C8)/(Z/2-C8):R9=(C/2-C8)*(R8-(CO+U))/R8:F2=C*U-((R8-(CO+U))*R9/2):GOTO 1850
1090 R8=CO*(C/2+C7)/(C7+Z/2):R9=(R8-(CO+U))*(C/2+C7)/R8:F2=C*U-((R8-(CO+U))*R9/2):GOTO 1850
1100 R8=CO*(Z/2-C/2)/(Z/2+C7):R9=C*(CO-R8)/(C/2+C7):F2=(R8*C)+(C*R9/2):G7=F2/F5
1110 IF Z9>5 THEN Z9=0
1120 IF Z9<0 THEN Z9=0
1130 ' PRINT #A12,"C7="C7,"CO="CO,"R8="R8,"R9="R9,"F2="F2
1140 O5=A4*a7:O6=A4*v7:d7=b1:H3=O5/(SQR(O5^2+O6^2+d7^2))
1150 IF H3<0 THEN H3=0.0006

```



```

1160 V=L*(COS(O+1.57)+TAN(h)-SIN(O+1.57))/(b-(b+7*AN(h)):(O=-1.2+V*(Oe:Ob=ABS(O7):aO=(1+COS(O+1.57)+V*d5)/COS(r)
1170 IF F2>0.5 THEN F2=0.5
1180 F5=C*U:F2=ABS(F2):G7=F2/F5:G7=ABS(G7)
1190 IF h3<1000 AND h3>0.866 THEN y1=0.76
1200 IF h3<0.865 AND h3>0.705 THEN y1=0.74
1210 IF h3<0.707 AND h3>0.574 THEN y1=0.72
1220 IF h3<0.573 AND h3>0.424 THEN y1=0.66
1230 IF h3<0.423 AND h3>0.257 THEN y1=0.52
1240 IF h3<0.257 AND h3>0.05 THEN y1=0.25
1250 IF h3<0.04 AND h3>0 THEN y1=0.000000001
1260 e=SQR(1-h3^2):g9=e/1.562:u5=SQR(1-g9^2):u6=g9/1.526:i1=SQR(1-u8^2)
1270 u6=0.15*(1-EXP(-0.1048/u5)):u7=0.62*(1-EXP(-0.1048/i1))*y1:u9=0.964*y1:f1=u9+u7+u6
1280 m7=a5/(0.951*(w5+f1*g7)*0.85):o3=ATN(o2):o4=o3*57.2958:h7=COS(o3)*COS(s1):h0=COS(o3)*SIN(s1)
1290 j6=(1*COS(1.57+O)*TAN(r)-SIN(1.57+O))/(-b1-h7*TAN(r)):i0=1*COS(O+1.57)+j6*h7:j5=ABS(-z/2+j6*h0)
1300 p5=(10*c)/COS(r)-(c/2-j5)/2*COS(r):s0=p5/f5:IF s0<0 THEN s0=0
1310 s0=0:6=((2*W4*P)/760)*0.67:L3=0.11*((G/10+0.00063)^0.3)-0.0121:L4=0.00235*((126.013)^0.26)-0.00075
1320 L7=0.045*((0.31883)^0.38)-0.0031:B2=(1/B1)*P/760:IF B2>3.6 THEN B2=3.6
1330 Z1=B2*1.66
1340 X=B2+1.66*P/760
1350 IF Z1>0 AND Z1<0.5 THEN C6=0.9545
1360 IF Z1<0 THEN C6=0.95
1370 IF Z1 >0.51 AND Z1<1 THEN C6=0.913
1380 IF Z1>1.1 AND Z1<1.5 THEN C6=0.919
1390 IF Z1>1.51 AND Z1<2 THEN C6=0.923
1400 IF Z1>2.1 AND Z1<2.5 THEN C6=0.927
1410 IF Z1>2.5 AND Z1<2.6 THEN C6=0.925
1420 IF Z1>2.6 AND Z1<3 THEN C6=0.93
1430 IF B2<0 THEN B2=1
1440 IF Z1>3 THEN C6=0.936
1450 L8=0.0075*((B2)^0.875)
1460 IF B2<0 THEN B6=0.95
1470 IF B2>0 AND B2<0.5 THEN B6=0.9545
1480 IF B2>0.51 AND B2<1 THEN B6=0.913
1490 IF B2=1 THEN B6=0.915
1500 IF B2>1.51 AND B2<2 THEN B6=0.929
1510 IF B2>2 AND B2<2.5 THEN B6=0.923
1520 IF B2>2.5 AND B2<3 THEN B6=0.93
1530 IF B2<3.1 AND B2<3.5 THEN B6=0.9335
1540 IF B2>3.6 THEN B6=0.936
1550 IF B2=3.6 THEN B6=0.936
1560 IF B2>3.6 THEN B2=3.6
1570 E4=B6^B2
1580 E5=E7^B2
1590 B7=0.05*E5
1600 IF X<0 THEN X=1
1610 X5=1-C6^Z1
1620 X6=1-E7^Z1
1630 X7=0.0075*((X)^0.875)
1640 IF X>10 THEN X8=0
1650 IF X>8 THEN X8=3.6
1660 X8=0.05*((E7)^X)
1670 X9=1-(L3+L4+L7+L8+B7)
1680 IF E4<5.00001E-27 THEN E4=0
1690 L9=X9*(0.5*X5+0.75*X6)
1700 IF E4>1E+17 THEN E4=0
1710 K1=4871*B1*X9*E4*E5
1720 / PRINT #a12, "b1="b1,"x9="x9,"e4="e4,"e5="e5,"qus="qus
1730 kb1=qus*k1

```

```

1740 IF K1<0 THEN K1=0
1750 IF X9<0 THEN X9=1
1760 K2=4871*B1*X9*(0.5*(1-E4)+0.75*(1-E5))
1770 kb2=k2*(1-gus):c9=0
1780 IF K2<0 THEN K2=0
1800 K3=C9*(K1+K2)*(1-(L3+L4+L7+X7+X8))*(0.5*X5+0.75*X6)
1810 kb3=k3*gus
1820 kdb=gus*k2+0.33*(1-gus)*(k1+k2)
1830 ktb=kb1+kb2+kb3
1840 kb3=(k3)*((kb1+kdb))/(k1+k2)
1850 ktb1=kb1+kdb+kb3
1860 IF K3<0 THEN K3=0
1870 K6=K1+K2+K3
1880 IF K6<0 THEN K6=0
1890 IF K6>10000 THEN K6=0
1900 IF B5<0 THEN P1=1
1910 IF B5<1 AND B5>0.865 THEN P1=0.96
1920 IF B5<0.866 AND B5>0.766 THEN P1=0.95
1930 IF B5<0.767 AND B5>0.644 THEN P1=0.93
1940 IF B5<0.645 AND B5>0.5 THEN P1=0.91
1950 IF B5<0.51 AND B5>0.342 THEN P1=0.88
1960 IF B5<0.343 AND B5>0.174 THEN P1=0.81
1970 V0=K6/(1*B1*3.6)
1980 IF V0<0 OR V0>1 THEN V0=0
1990 ' PRINT #A12,'V0="v0,"K2="k2,"K6="k6,"K3="k3,"K1="K1
2000 X1=K1*R3
2010 ' PRINT#a12, "r3="r3,"n3="n3,"p1="p1,"kb1="kb1,"kb2="kb2
2020 H8=(N3*P1*X1+0.68*0.9*K2)*0.99*0.994
2030 hb8=(n3*p1*kb1*r3+0.68*0.9*kb2)*0.984
2040 H9=H8+(Y1*0.93*0.85*G7*X1*H3*0.99*0.994)
2050 WT=(40*4.18)/(f*0.5*K*(T9-T8))
2060 TD2=(1/(1+WT))*(WT*TD1)+(HB8/K)+T)
2070 H2=H9*(1-S0)
2080 hb9=hb8+(y1*0.79*g7*kb1*r3*hb3*0.984)
2090 ' PRINT #A12,'X1="X1,"H8="H8,"H9="H9,"H2="H2,"S0="S0
2100 HBB8=HB9-HB8
2110 HB=HB+HBB8
2120 NN1=2*(N2-N1)
2130 N11=N11+NN1
2140 TD4=(1/(1+WT))*(WT*TD3)+(HB9/K)+T)
2150 TD1=TD2 :TD3=TD4
2160 c1=h8+f1*0.85*g7*x1*hb3*0.99*0.994
2170 cb1=hb8+f1*0.85*g7*kb1*r3*hb3*0.984
2180 ' PRINT #A12, "KB1="KB1,"KDB="KDB,"KB3="KB3,"KTB1="KTB1,"G7="G7
2190 c2=c1*(1-s0)
2200 S5=K1*R3+K2*(1+COS(R))/2
2210 ' PRINT #A12, "HBB8="HBB8,"HB="HB,"NN1="NN1,"N11="N11
2220 S6=0.2*((1-COS(R))/2)*(K1+K2)
2230 sb5=kb1*r3+kb2*(1+COS(-r))/2
2240 sb6=0.2*((1-COS(-r))/2)*(kb1+kb2)
2250 sb3=sb5+sb6
2260 sb4=kb1*r3+kdb*(1+COS(-r))/2
2270 sb8=(0.2*(1-COS(-r))/2)*(kb1+kdb)
2280 sb9=sb4+sb8
2290 m77=(m7-w6)/w6
2300 ' PRINT #A12, "W6="W6,"M7="M7,"M77="M77,"S89="S89
2310 S3=S5+S6
2320 Z5=(W6-S3)/W6

```

```

2330 S01=((T2-13)*(1+WT)-WT*(T1-13)-T)*k
2340 S02=((R2-13)*(1+WT)-WT*(R1-13)-T)*k
2350 S0=(S02-S01)
2360 S001=S001+S0
2370 / PRINT #A12, "Z0="z0,"R3="r3,"W6="w6,"S3="s3,"Z5=" z5
2380 IF t1-t=10 THEN LET t1=t+11
2390 ky1=(hb8-b8)/((t1-10)-t)
2400 IF r1-t=10 THEN LET r1=t+11
2410 kya1=(hb9-a6)/((r1-10)-t)
2420 C3=h2/(w5+y1*0.93*0.85*g7*h3)*0.951
2430 cb3=hb9/(w5+y1*0.93*0.85*g7*h3)*0.951
2440 C4=C2/(W5+F1*G7*0.85*H3)*0.951
2450 cb4=cb1/(w5+f1*g7*0.85*h3)*0.951
2460 A6=(A5-C3)/A5
2470 C5=(A5-C4)/A5
2480 CB5=(A5-CB3)/A5
2490 cba8=(a5-cb4)/a5
2500 T4=(Y3+Y4)/2-10
2510 HB89=(HB9-HB8)/HB8
2520 T3=(T1+T2)/2-10
2530 q=f*(w6*w5-k*(t4-t))
2540 T7=(W0+W1)/2-10
2550 / PRINT #A12,"S01="S01,"S02="S02,"S0="S0,"HB8="HB8,"HB9="HB9,"HB89="HB89
2560 V1=Q/W6
2570 Q1=F*(S-K*(T4-T))
2580 QF1=QF1+Q1
2590 T5=T4+((Q1/A)/(K*F))*(1-(F/AD))
2600 T6=T5+Q1*(1/(H*3.1416*0.085))
2610 M1=3.925*U0+8.696
2620 J2=(A*K*(T9-T8))/M1
2630 T0=T+(S/K)-(S/K-(T0-T))*EXP(-J2)
2640 Q2=G1*4.187*(T7-T4)*3600
2650 QF2=QF2+Q2
2660 / PRINT #A12, T9,T8,K
2670 IF T7=T3 THEN LET T7=T3+0.05
2680 G2=Q1/(4.187*(T7-T3)*3600)
2690 Q3=U1+U2
2700 / PRINT #A12,"t3="t3,"t7="t7,"t5="t5,"t6="t6,"t0="t0
2710 / PRINT #A12,"Q="Q,"Q1="Q1,"Q3="Q3,"Q2="Q2,"G2="G2
2720 I3=(R1+R2)/2-10
2730 / PRINT #A12, TAB(T3) " ";TAB(T02) "+"
2740 / PRINT #A12, "T02="T02,"T3="T3,"T04="T04,"I3="I3
2750 I0=T+(A5/K)-(A5/K-(I0-T))*EXP(-J2)
2760 I4=(R6+R7)/2-10
2770 I7=(R4+R5)/2-10
2780 PX=((T4-T)/(SB9))*3.6
2790 etat=q2/(0.5*(sb9))
2800 toa=0.69-0.1*(1-((kb1*r3)/sb9)*(2-1/b5))-0.058
2810 eta=f*toa-f*k*px/3.6
2820 qff1=f*0.5*(hb9-k*(t4-t))
2830 eta11=qff1/((sb9*g7*h3*kb1)*0.5)
2840 ppx1=((i4-t)/(sb9*g7*h3*kb1))*3.6
2850 qff2=f*0.5*(hb8-k*(t4-t))
2860 eta2=qff2/(sb9*0.5)
2870 / PRINT #a12, "px1="px1,"eta1="eta1,"ppx1="ppx1,"eta11="eta11
2880 eta4=0.884*toa-f*k*px/3.6
2890 eta3=f*w5-f*k*px/3.6
2900 eta5=0.884*w5-0.884*k*px/3.6

```

```

2910 Q4=F*(M7*W5-K*(I4-T))
2920 UK1=0.1*(ABS(T7-T)^1.25)
2930 UK2=0.1*(ABS(I7-T)^1.25)
2940 UKK1=0.094587*UK1*(T7-T)
2950 UKK2=0.094587*UK2*(I7-T)
2960 UM1=0.1*(ABS(T4-T)^1.25)
2970 UM2=0.1*(ABS(I4-T)^1.25)
2980 UKK3=0.157*UM1*(T4-T)
2990 UKK4=0.157*UM2*(I4-T)
3000 UF1=UKK1+UKK3
3010 v2=q4/c3
3020 UF2=UKK2+UKK4
3030 SA1=S+(UF1/(A*F))
3040 SA2=A5+(UF2/(A*F))
3050 SA11=SA11+SA1
3060 SA22=SA22-SA2
3070 SA=SA22-SA11
3080 SB1=SB1+5
3090 SB2=SB2+A5
3100 SB3=SB2-SB1
3110 n4=q4/c4
3120 ' PRINT #a12, TAB(kb3/50) ". ";TAB(kdb/50) "#";TAB(kb1/50) "*";TAB(ktb/50) "+"
3130 Q5=F*(A5-K*(I4-T))
3140 Q11=F*(HB8-K*(T4-T))
3150 Q22=F*(HB9-K*(I4-T))
3160 Q33=Q22-Q11
3170 Q44=Q44+Q33
3180 ' PRINT #A12, "Q11="Q11,"Q22="Q22,"Q33="Q33,"Q44="Q44
3190 I5=I4+((Q5/A)/(K*F))*(1-(F/A0))
3200 QF5=QF5+Q5
3210 I6=I5+Q5*(1/(H*3.1416*0.085))
3220 QU1=F*(HB8-K*(T4-T))
3230 QU2=F*(HB9-K*(I4-T))
3240 ' PRINT #a12,USING "qu1=#####.## qu2=#####.## hb8=#####.## hb9=#####.##"; qu1,qu2,hb8,hb9
3250 ' PRINT #a12, s13,a53,sa1,sa2,(2*n1)
3260 ' PRINT #a12, qm1,qm2,q1,q5,(2*n2)
3270 ' PRINT#a12, "-----"
3280 QU11=QU11+QU1
3290 QU22=QU22+QU2
3300 QU3=QU22-QU11
3310 Q6=51*4.187*(I7-I4)*3600
3320 QF6=QF6+Q6
3330 G3=Q5/(4.19*(I7-I3)*3600)
3340 ETA1=Q6/((SB9+SB9*67*H3)*0.5)
3350 PX1=((I4-T)/(SB9+SB9*67*H3))*3.6
3360 ' PRINT #a12, "px="px,"etat="etat,"eta="eta,"eta2="eta2
3370 ' PRINT #a12, "px1="px1,"eta1="eta1,"ppx1="ppx1,"eta11="eta11
3380 ' PRINT #a12, "-----"
3390 ' PRINT #a12,"zam="zam, "t4="t4,"i4="i4,"t="t
3400 ' PRINT #a12, "-----"
3410 ' PRINT #a12, "-----"
3420 ' PRINT #a12, "ETAT="ETAT,"PX="PX,"ETA1="ETA1,"PX1="PX1,"KTB1="KTB1
3430 Q7=A2+A3
3440 S11=ME*4.18*(T2-T1)/((T9-T8)*A*F)
3450 S12=K*(T3-T)
3460 A51=ME*4.18*(R2-R1)/((T9-T8)*A*F)
3470 A52=K*(I3-T)
3480 ' PRINT #A12, "I3="I3,"I7="I7,"I5="I5,"I6="I6,"I0="I0

```

```

3490 / PRINT #A12, "Q4="Q4,"Q5="Q5,"Q6="Q6,"Q7="Q7,"G3="G3
3500 UK1=1/(1/HA0)+(RA0/KA1)*LOG(RA0/ra1)+(RA0/(RA1*HA1))
3510 UK2=1/(1/HA0+((RA0-RA1)/KA1)+1/HA1)
3520 QK1=UK1*2*3.1416*RA1*0.5*(T3-T)
3530 QK2=UK2*(3.1416*RA1*RA1)*(T4-T)
3540 QK3=UK2*(3.1416*RA1*RA1)*(T7-T)
3550 QK4=QK1+QK2+QK3
3560 ts2=ts1+(te0/(40*4.18))*(0.5*f*(hb8-k*(ts1-t))-qk4)
3570 / PRINT #a12,USING "    ##.##    ##.##    ##.##    ##.##";zam,td4,ts4,i3
3580 / PRINT #a12, "td4="td4,"ts4="ts4,"i3="i3,"zam="zam
3590 / PRINT te0,hb8,k,ts1
3600 AB=UK1*2*3.1416*RA1*0.5
3610 AC=UK2*3.1416*RA1*RA1
3620 QA1=AB*(I3-T)
3630 QA2=AC*(I4-T)
3640 QA3=AC*(I7-T)
3650 QA4=QA1+QA2+QA3
3660 ts4=ts3+(te0/(40*4.18))*(0.5*f*(hb9-k*(ts3-t))-qa4)
3670 ts6=ts5+(te0/(40*4.18))*(0.5*0.884*(hb8-k*(ts5-t))-qk4)
3680 ts8=ts7+(te0/(40*4.18))*(0.5*0.884*(hb9-k*(ts7-t))-qa4)
3690 ts1=ts2;ts3=ts4;ts5=ts6;ts7=ts8
3700 MD1=((ME*4.18*(T2-T1)/TED)+QK4)/(4.18*(T7-T4)*3.6)
3710 QM1=(MD1*3.6)*4.18*(T7-T)
3720 MD2=((ME*4.18*(R2-R1)/TED)+QA4)/(4.18*(I7-I4)*3.6)
3730 kb1hr=n3*p1*kb1*r3
3740 QM2=MD2*3.6*4.18*(I7-T)
3750 / PRINT #A12,"QM1="QM1,"QM2="QM2
3760 S13=S11+S12+(QK4/(A*F))
3770 QM11=QM11+QM1
3780 k11=hb8-k*(t4-t)
3790 k12=k*(t7-t4)
3800 m11=-K*a0*0.5/(4.18*LOG(1-k12/k11))
3810 IF g2<10/3600 THEN LET g2=10/3600
3820 IF g2>60/3600 THEN LET g2=60/3600
3830 IF md1<10/3.6 THEN LET md1=10/3.6
3840 IF md1>60/3.6 THEN LET md1=60/3.6
3850 / PRINT #A12,USING " #.##### #.### #.### #.### #.### #.##### #.### ###.## ###.## ###.## ";px,eta,eta3,eta4,eta
,(G2*3600), (md1*3.6), m11
3860 PRINT #a12,USING "##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.##"; t3,td2,ts2,ts6,i3,td4,ts
9,t
3870 A53=A51+A52+(QA4/(A*F))
3880 SFA=A53-S13
3890 SFA1=SFA1+SFA
3900 / PRINT #A12, "A53="A53,"S13="S13,"SFA1="SFA1,"KB1HR="KB1HR,"C1="C1
3910 / PRINT #A12, "-----"
3920 QM22=QM22+QM2
3930 / PRINT #A12, TAB(G2*3600) "*" ;TAB(MD1*3.6) "+";
3940 GOTO 240
3950 HN1=(HB-N11)/HB
3960 / PRINT#a12, "hbb8="hbb8,"hb="hb,"n11="n11,"hn1="hn1
3970 PRINT #a12, "-----"
3980 Q15=QF5-QF1
3990 Q26=QF6-QF2
4000 / PRINT #a12, "Q15="Q15,"Q26="Q26
4010 / PRINT #a12, "SA="SA,"SB3="SB3,"SFA1="SFA1
4020 / PRINT #a12, "SA11="SA11,"SA22="SA22,"SB1="SB1,"SB2="SB2
4030 / PRINT #a12, "S001="S001,"QU11="QU11,"QU22="QU22,"QU3="QU3
4040 QM3=QM22-QM11
4050 / PRINT #a12, "Q15="Q15,"Q26="Q26,"QM3="QM3

```

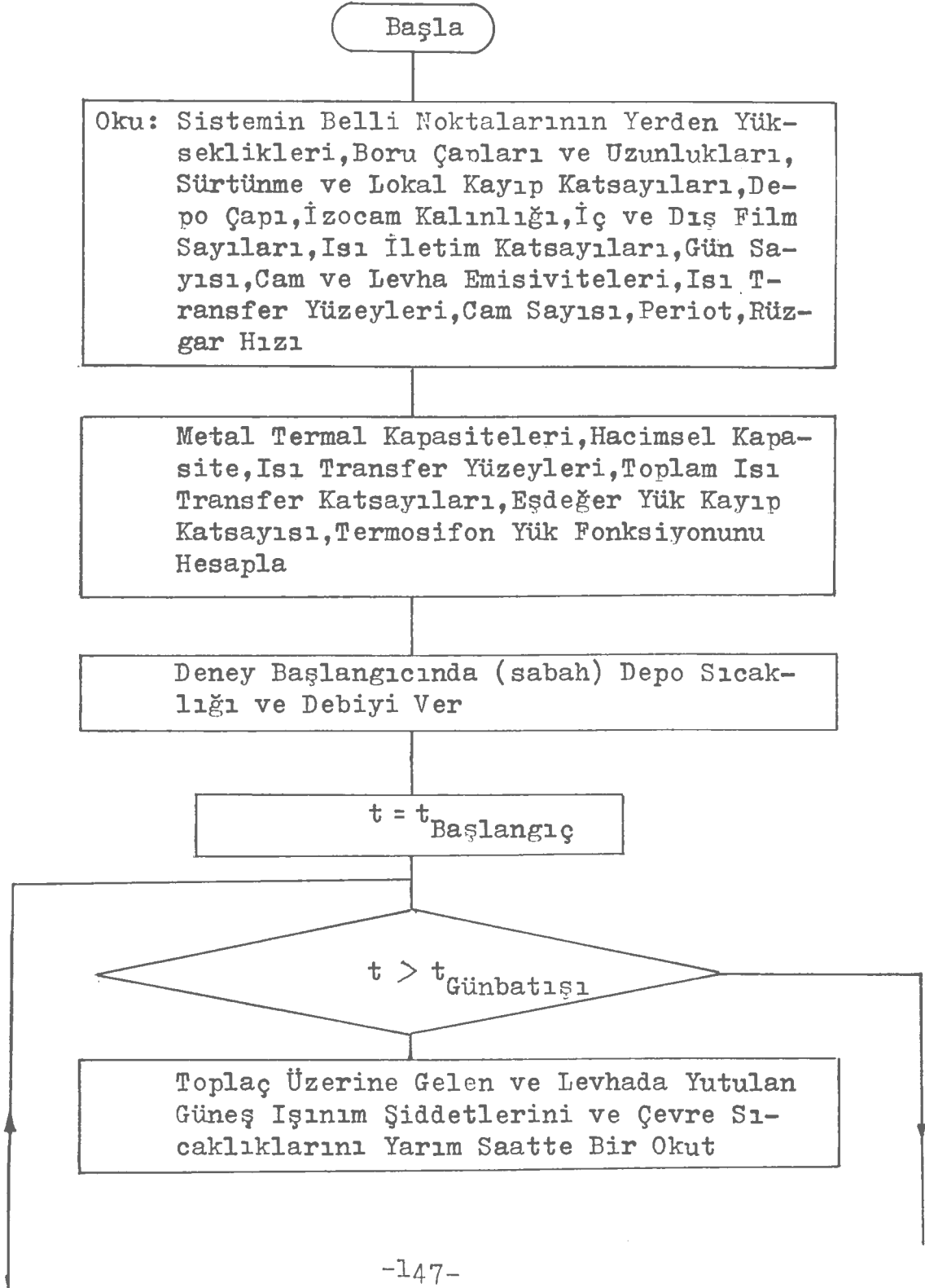
4060 DATA 9.5,10.5,5.5,5.5,6.5,6.5,10.5,10,10.5,11,4,5,6,10,7,9  
4070 DATA 10.5,11.5,6.5,6.5,6.5,10,21,11,13,4,9,10,21,9,15  
4080 DATA 11.5,12.5,8,14.8,11,21,27.5,13,15.2,9,16.2,21,23.5,15,16  
4090 DATA 12.5,13.5,14,14.8,11,14.7,27.5,31.9,15.2,20.9,16.2,22.3,23.5,29.4,16,22  
4100 DATA 13.5,14.5,14.8,14.8,14.7,22.5,31.9,28.6,20.9,16,22.3,27,29.4,32.1,22,27.8  
4110 DATA 14.5,15.5,14.8,15.5,22.5,23.5,28.6,27.8,16,17.5,27,29.5,32.1,32.5,27.8,30.2  
4120 DATA 15.5,16.5,15.5,13,23.4,23.7,27.8,26,17.5,17,29.5,30.7,32.5,30.9,30.2,26.8  
4130 DATA 16.5,17.5,13,10.2,23.7,23,26.8,20.6,17,15.9,30.7,30.2,30.9,25.9,28.8,23.7  
4140 DATA 8.5,9,15,16,25.5,27,33,35,28,28,26,28,29,33,30,31,1  
4150 DATA 9,9.5,16,17,27,30,35,36,28,28,28,31,33,33.5,31,31.5,1  
4160 DATA 9.5,10,17,20,30,32.5,36,37.5,28,29,31,33,33.5,34,31.8,32.5,1  
4170 DATA 10,10.5,20,21,32.5,35,37.5,40,29,31.5,33,36,34,36,32.5,34,1  
4180 DATA 10.5,11,21,22,35,38,40,41,31.5,33,36,39,36,38,34,35,1  
4190 DATA 11,11.5,22,23,38,40,41,43,33,35,39,42,38,39,35,31.7,1  
4200 DATA 11.5,12,23,22.5,40,42.7,43,46,35,38,42,45,39,42,31.7,38,1  
4210 DATA 12,12.5,22.5,24,42.7,45.5,46,47.5,38,40.3,45,48,42,46,38,40,1  
4220 DATA 12.5,13,24,23,45.5,47.5,47.5,49,40.3,42,48,51,46,48,40,42,1  
4230 DATA 13,13.5,23,23.6,47.5,50,49,50,42,44,51,53.5,48,48.5,42,44,1  
4240 DATA 13.5,14,23.6,24,50,51,50,50,44,45,53.5,55.5,48.5,49,44,45,1  
4250 DATA 14,14.5,24,24.2,51,52.5,50,51.5,45,46.7,53.5,55.5,48.5,49,44,45,0.6  
4260 DATA 14.5,15,24.2,23,52.5,53,51.5,50.5,46.7,47.5,55.5,57.5,50.5,49.5,46,47,0.6  
4270 DATA 15,15.5,23,22.8,53,54,50.5,50,47.5,47,57.5,57.5,50.5,49.5,46,47,0.4  
4280 DATA 15.5,16,22.8,22.5,54,54,50,49,47,46,57.5,58,49.5,47,47,44,1  
4290 DATA 16,16.5,22.5,21.2,54,53.7,49,50,46,47,58,58,47,47,44,44,1  
4300 DATA 16.5,17,21.2,21.3,53.7,53.3,50,48.5,47,46,58,58,47,48,44,45,1  
4310 DATA 17,17.5,21.3,21.5,53.3,53,48.5,46,46,45,57.8,57.5,47,45,45,44,0.3  
4320 ' PRINT #8, "-----"  
4330 ' PRINT #8, "-----"  
4340 ' PRINT #8, "HB="HB,"N11="N11,"HN1="HN1  
4350 DATA 9.5,10,14,15,15,16,20,24,15,20.5,13,13.2,18,17.5,16.2,22,1  
4360 DATA 10,10.5,15,17.2,16,16.9,24,27,20.5,24.2,13.2,14.5,17.5,31.8,22,23.8,1  
4370 DATA 10.5,11,17.2,18.7,16.5,17.5,27,29.5,24.2,27,14.5,16.5,33.1,34.5,24.5,25,1  
4380 DATA 11,11.5,18.7,21,17.5,18.1,29.5,32.6,27,31,16.5,20.5,33.1,34.5,24.5,25,1  
4390 DATA 11.5,12,21,22,18.1,19,32.6,35.5,31,34,20.5,24.5,34.5,35.5,25,25,1  
4400 DATA 12,12.5,22,23.2,19,19.4,35.5,44.5,34,44.8,24.5,28.1,35.5,37.5,25,25.8,1  
4410 DATA 12.5,13,23.2,24.7,19.4,23,44.5,47,41.8,29,28.1,30.7,37.5,40,25.8,27.5,1  
4420 DATA 13,13.5,24.7,25,23,27.5,47,40.3,29,27.2,30.7,33,40,40.5,27.5,30.2,0.7  
4430 DATA 13.5,14,25,24.3,29.8,32.4,40.3,37.8,27.2,25.2,33,34.8,41.2,40.5,30.2,30,0.7  
4440 DATA 14,14.5,24.3,25.5,32.4,33.9,37.8,39.8,25.2,28,34.8,36,40.5,42.5,30,32.5,0.9  
4450 DATA 14.5,15,25.5,25.5,33.9,34.9,39.8,40.5,28,29,36,37.2,42.4,43.5,32.5,33,0.9  
4460 DATA 15,15.5,25.5,29.4,34.9,35.5,40.5,40,29,29.2,37.2,38,43.5,43,33,32.8,0.6  
4470 DATA 15.5,16,29.4,25.2,35.5,36.2,40,41,29.2,30,38,38.5,43,43.8,32.8,33.5,0.6  
4480 DATA 16,16.5,25.2,24.1,36.2,36.1,41,39,30,30,36.5,38.8,43.8,41.7,33.5,32.2,0  
4490 DATA 16.5,17,24.1,24,36.1,36,39,35.5,30,27.8,36.8,38,41.7,38,32.2,29.8,0  
4500 DATA 17,17.5,24,22.8,36,34.8,35.5,31.1,27.8,26.2,38,37.9,38,32.8,29.8,27,0  
4510 DATA 17.5,18,22.8,22,34.8,34,31.1,29,26.2,25,37.9,37,32.8,29.2,27,25,0  
4520 DATA 11,11.5,6.8,9,18.1,19,23.5,28,16.2,17,20.5,22.6,21.2,25,20.2,22.5  
4530 DATA 11.5,12,9,9.5,19,23,28,30,17,19.8,22.6,25,25,28,22.5,24  
4540 DATA 12,12.5,9.5,10.3,23,24.9,30,32,19.8,21.5,25,27,28,29.2,24,25.8  
4550 DATA 12.5,13,10.3,11.9,24.9,27,32,32.5,21.5,24,27,28.8,29.2,26.2,25.8,30.5  
4560 DATA 13,13.5,11.9,12.8,27,29,32.5,34,24,24.8,28.8,31.5,26.2,35,30.5,29.5.  
4570 DATA 13.5,14,12.8,13.2,29,31,34,36,24.8,26.8,31.5,33,35,37,29.5,30.9  
4580 DATA 14,14.5,13.2,13.2,31,32.2,36,35.5,26.8,27.8,33,34.5,37,38,30.9,31.8  
4590 DATA 14.5,15,13.2,15.3,32.2,34.7,35.5,37.6,27.8,29.7,34.5,35.8,38,38.5,31.8,33.8  
4600 DATA 15,15.5,15.3,15.7,34.7,34.5,37.6,37.2,29.7,29.9,35.8,36.3,38.5,38.6,33.8,34.8  
4610 DATA 15.5,16,15.7,13,34.5,35,37.2,36,24.9,29,36.3,36.2,38.6,38.6,34.8,35.5.  
4620 DATA 16,16.5,13,12.2,35,34.5,36,35,29,28.8,36.2,36,38.6,34.2,35.5,33

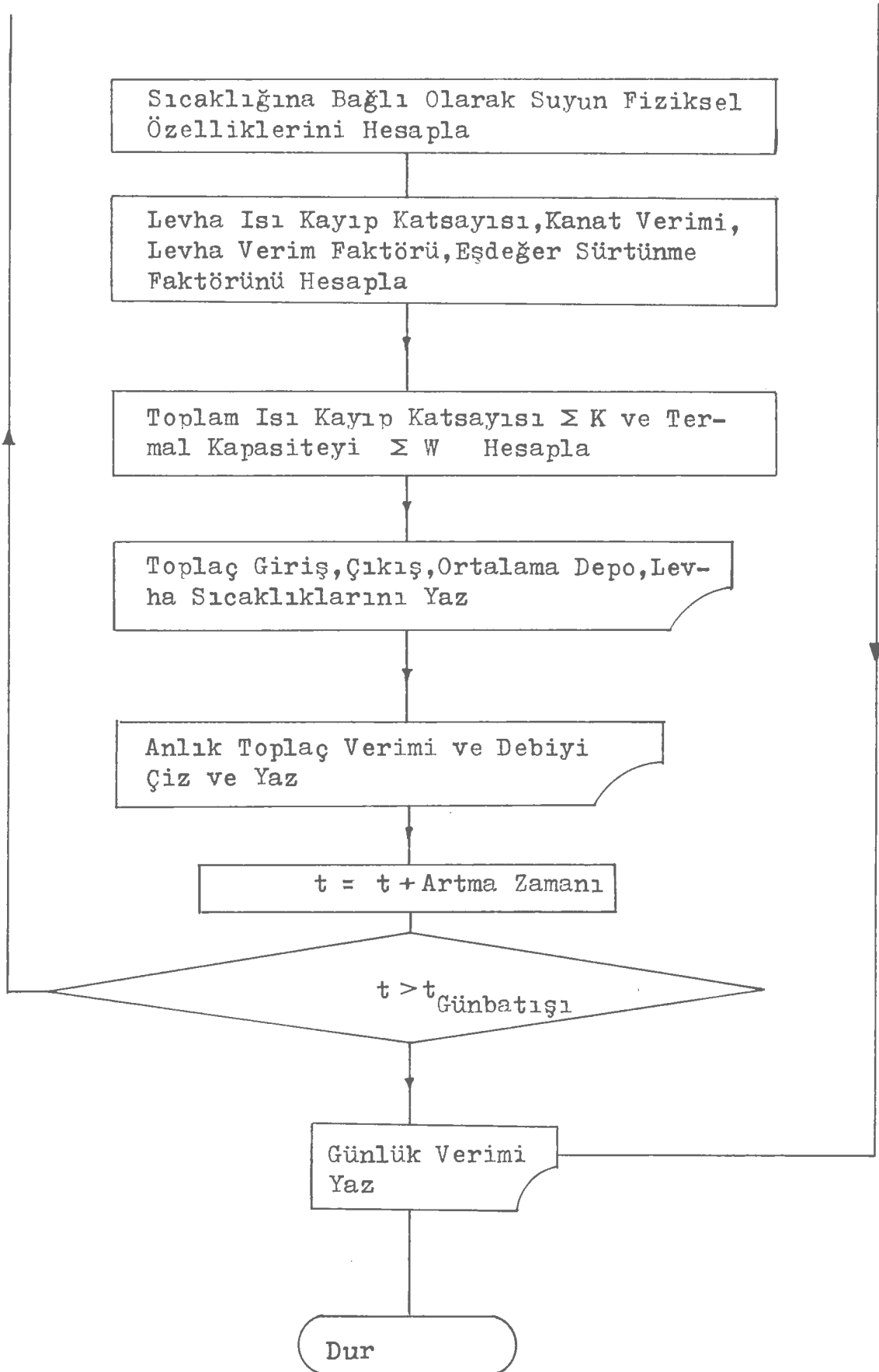
4630 DATA 16.5,17,12.2,12,34.5,33,35,31.2,28.8,24.8,36,35,34.2,31.3,33,29  
 4640 DATA 17,17.5,12,10,33,31.8,31.2,29.7,24.8,20.1,35,34,31.3,26,29,24  
 4650 DATA 10.5,11,4,5,5,5,5.8,10.5,14,8,5,7,5,2.4,2.8,8,8,10,7,8.9  
 4660 DATA 11,11.5,5,6,5.8,7,14,8,17,7.5,12,2.8,4,10,33,8.9,16,  
 4670 DATA 11.5,12,6,7,7,6.8,17,17,12,12.8,4,5,33,34.8,16,11  
 4680 DATA 12,12.30,7,8,6.8,6.8,17,18.7,12.8,16,5,7,34.8,32,11,13.5  
 4690 DATA 12.5,13,8,7.8,6.8,6.8,18.7,17.1,16,16.9,7,10.9,32,33.2,13.5,13  
 4700 DATA 13,13.5,7.8,8.5,6.8,6.5,17.1,19,16.9,16,10.9,13.5,33.2,32,13,13  
 4710 DATA 13.5,14,8,8.5,6.5,7.1,19,22,16,17.5,13.5,17,32,33,13,13.5  
 4720 DATA 14,14.30,8.5,9,7.1,7.1,22,19,17.5,15.5,17,20,33,32,13.5,14.5  
 4730 DATA 14,30,15,9,9.1,7.1,11.8,19,20,15.5,10.2,20,21.8,32,32.8,14.5,16.5  
 4740 DATA 15,15.30,9.1,8.5,11.8,13.2,20,17,10.2,8,21.8,23.2,32.8,29.5,16.5,16  
 4750 DATA 15,30,16,8.5,8.8,13.2,14,17,17.9,8,8,23.2,24,29.5,30,16,16.3  
 4760 DATA 16,16.5,8.8,8,14,14,17.9,15.6,8,8,24,24.2,30,28,16.3,14.3  
 4770 DATA 10,10.5,-1,0,14,22,17,21,20,19,11,22,21,24,18,18,1  
 4780 DATA 10.5,11,0,2,22,22,21,27.5,19,22,22,23,24,44,18,20,1  
 4790 DATA 11,11.5,2,3,1,22,23,27.5,29,22,22,23,26,44,43.5,20,20,1  
 4800 DATA 11.5,12,3,1,4,4,23,26,29,28.5,22,22.5,26,28.8,43.5,45.5,20,21.5,1  
 4810 DATA 12,12.5,4,4,6,4,26,29.5,28.5,31,22.5,23.5,28.8,31.5,45.5,48,21.5,23.5,1  
 4820 DATA 12.5,13,6,4,7.1,29.5,33,31,33,23.5,24,31.5,34.7,48,50,23.5,24,1  
 4830 DATA 13,13.5,7.1,8.2,33,36,33,35,24,26,34.7,37.7,50,50,26,28,1  
 4840 DATA 13.5,14,8.2,11,36,38,35,38,26,28,37.7,40.5,50,53,28,32.8,1  
 4850 DATA 14,14.5,11,9.5,38,41,39,41,28,29,40.5,43,53,54,32.8,35,1  
 4860 DATA 14.5,15,9.5,11,41,42.5,41,42.5,29,30.5,43,46,54,54,35,38,1  
 4870 DATA 15,15.5,11,11,42.5,44,42.5,44,30.5,32,46,47.5,54,56,38,40,1  
 4880 DATA 15.5,16,11,10.8,44,45,44,45,32,33,47.5,48.5,56,55,40,40,1  
 4890 DATA 16,16.5,10.8,10.8,45,46,45,44,33,32,48.5,49.3,55,53,40,40,0.1  
 4900 DATA 16.5,17,10.8,10,46,46,44,43,32,32,49.3,49,53,48,40,40,0.1  
 4910 DATA 17,17.5,10,8,46,46,43,40.5,32,29,49,49,48,44,40,38,0  
 4920 DATA 17.5,18,8,7,46,45.5,40.5,32,29,23,49,48.3,44,33.4,38,32,0  
 4930 DATA 9,9.5,8,9,20,21,21,24,19.5,21,20,22,21,28,21,22,0.7  
 4940 DATA 9.5,10,9,10,21,24,24,28,21,23,22,24.5,28,33,22,26,0.7  
 4950 DATA 10,10.5,10,11,24,28.5,28,29.7,23,24,24.5,28.5,33,34.5,26,27,1  
 4960 DATA 10.5,11,11,13,28.5,31.8,29.7,31.7,24,27,28.5,32,34.5,37,27,29,1  
 4970 DATA 11,11.5,13,14.5,31.8,34,31.7,32,27,29,32,34.5,37,37.3,29,30,1  
 4980 DATA 11.5,12,14.5,15.5,34,37,32,35.5,29,32.3,34.5,38,37.3,41.5,30,32.3,1  
 4990 DATA 12,12.5,15.5,17,37,39.8,35.5,38,32.3,35,38,41,41.5,43.8,32.3,38,1  
 5000 DATA 12.5,13,17,17.5,39.8,42.5,38,40,35,37.5,41,44.3,43.8,46,38,39.5,1  
 5010 DATA 13,13.5,17.5,18,42.5,44.8,40,47,37.5,39.5,44.3,47,46,48,39.5,41.8,1  
 5020 DATA 13.5,14,18,20,44.8,46.8,47,48,39.7,41.7,47,49,48,49.8,41.8,43,1  
 5030 DATA 14,14.5,20,19.5,46.8,48,48,48.5,41.7,43,49,51,49.8,50.5,43,44,1  
 5040 DATA 14.5,15,19.5,19.2,48,49.7,45,50,43,44,51,52,50.5,51,44,46,1  
 5050 DATA 15,15.5,19.2,20.9,49.7,50.5,50,50.5,44,45,52,53,51,51.8,46,46,1  
 5060 DATA 15.5,16,20.9,20,50.5,51,50.5,50,45,45,53,53.8,51.8,51,46,46,1  
 5070 DATA 16,16.5,20,21.8,51,51,50,48.8,45,44,53.8,53.8,51,49.5,46,46,1  
 5080 DATA 16.5,17,21.8,21.2,51,51,48.8,47,44.8,44,53.8,53.9,49.5,47,46,45,1  
 5090 DATA 17,17.5,21.2,20,51,50,5,47,42.5,44,40,53.4,53.2,47,42.5,45,41.8,0.6  
 5100 DATA 9,9.5,8.4,9.4,18,18.5,22.5,26,19.5,20.3,18,18.5,22,28,22.5,24.5,0.8  
 5110 DATA 9.5,10,9.4,10.9,18.5,21,26,29,20.3,21,18.5,21,28,30,24.5,24,0.8  
 5120 DATA 10,10.5,10.9,11.7,21,24,29,29.3,21,21.3,21,24,30,30.5,24,24,0.5  
 5130 DATA 10.5,11,11.7,12.4,24,29,29.3,27.5,21.3,22,24,26.8,30.5,30.3,24,24.3,0.5

5140 DATA 11,11.5,12.4,13.8,25,29,27.5,28,22,24,26,28,30,31,30,24.3,25,0.7  
5150 DATA 11.5,12,13.5,14.2,25,30,28,30,24,26,28,29.7,30,33.5,25,27.5,0.7  
5160 DATA 12,12.5,14.2,14.75,30,32.5,30,31,26,29,31.7,32.5,32.5,36,27.5,29,0.7  
5170 DATA 12.5,13,14.75,15.1,32.5,36,31,34,29,3,31.7,32.5,36.9,36,36,29,30,0.7  
5180 DATA 13,13.5,15.1,15.2,36,39,34,36,31.7,33.5,36.9,40,36,40,30,33.5,1  
5190 DATA 13.5,14,15.2,16.1,39,40.9,36,36,33.5,34.5,40,40.2,40,39,33.5,34,1  
5200 DATA 14,14.5,16.1,15.1,40.9,42.3,36,39.5,34.5,37.8,42.2,44.5,39,42.8,34,38.2,0.6  
5210 DATA 14.5,15,15.1,14.5,42.3,44.2,39.5,41,37.8,39.5,44.5,46.8,42.8,44.2,38.2,40,0.6  
5220 DATA 15,15.5,14.5,14,44.2,45,41,38.8,39.5,38.8,46.8,47.6,44.2,42,40,38.8,0  
5230 DATA 15.5,16,14,13,45,45,36.8,35.5,38.8,36.6,47.6,47.8,42,42,38.8,39,0  
5240 DATA 16,16.5,13,12,45,45,35.5,31,36.6,33,47.8,47.2,42,36.3,39,34,0.6  
5250 DATA 16.5,17,12,11,45,44.5,31,24,33,25,47.2,46.8,36.3,27.8,34,21.8,0.6  
5260 DATA 17,17.5,11,10.4,44.5,44.5,24,27.5,25,27.5,46.8,46.3,27.8,30,21.8,25,0.4  
5270 DATA 8,9,15.3,17.4,27,27,27,26,27,27,28,28,28,26,28,28,0.3  
5280 DATA 9,10,17.4,21.5,27,29.8,26,34,27,28.3,28,29.8,26,29.8,28,34,1  
5290 DATA 10,11,21.5,23.4,29.8,34,34,39,28.3,32,29.8,33,29.8,33,34,40,1  
5300 DATA 11,12,23.4,24.5,34,39,39,43,32,36,33,37,33,36,40,43,1  
5310 DATA 12,13,24.5,25.3,39,44.3,47,43,36,41,37,43,36,41,43,46,1  
5320 DATA 13,14,25.3,26,44.3,49,47,50,41,55,43,48.3,41,45,46,51,1  
5330 DATA 14,15,26.7,25.7,49,53.5,50,51.8,45,48,48.3,53,45,47,51,52.3,1  
5340 DATA 15,16,25.7,24,53.5,56,51.8,52,48,50,53,56,47,48,52.3,51,1  
5350 DATA 16,17,24,22.6,56,56,52,51.5,50,50,56,56,48,50,51,50,1  
5360 DATA 17,18,22.6,19.4,56,56,51.5,46,50,46,56,56,50,44,50,43,0.6  
5370 DATA 18,19,19.4,16.2,56,56,46,36,46,33,56,56,44,42,43,38,0  
5380 DATA 7.5,8,18,19,29.5,30,29.5,30,29.5,28,30,30,32,33,30,32,1  
5390 DATA 8,8.5,19,21,30,29.5,30,33.5,28,32.3,30,30,33,35.5,32,34,1  
5400 DATA 8.5,9,21,25,29.5,30,33.5,36,32.3,33.7,30,30,35.5,37,34,34,1  
5410 DATA 9,9.5,25,24,30,32,36,39,33.7,35,30,32,37,39,34,34,1  
5420 DATA 9.5,10,24,25,32,33,39,41.5,35,36.4,32,33,39,40,34,34,1  
5430 DATA 10,10.5,25,26,33,35,41.5,43,36.4,38,33,35,40,42,34,35,1  
5440 DATA 10.5,11,26,29,35,37.2,43,45,38,40,35,37,42,44,35,37.2,1  
5450 DATA 11,11.5,29,29,37.2,39.5,45,48,40,42,37,39,46,46,39,39.8,1  
5460 DATA 11.5,12,29,30.8,39.5,42,48,49,42,42,39,40.8,46,46,39,39.8,1  
5470 DATA 12,12.5,30.8,31.1,42,44,49,51,42,44.5,40.8,47,46,47.5,39.8,42,1  
5480 DATA 12.5,13,31.1,30.8,44,45.6,51,51.5,44.5,44.2,47,49,47.5,50,42,43,1  
5490 DATA 13,13.5,30.8,31.5,45.6,48,51.5,53,44.2,46,49,52,50,52.5,43,46,1  
5500 DATA 13.5,14,31.5,32,48,49.5,53.5,54.5,46,47.5,52,54.5,52.5,54.5,46,48,1  
5510 DATA 14,14.5,32,32,49.5,51,54.5,55,47.5,48,54.5,57.4,54.5,56.5,48,49,1  
5520 DATA 14.5,15,32,32,51,52,55,56,48,49.5,57.4,59.8,56.5,58,49,51,1  
5530 DATA 15,15.5,32,32,52,53.5,56,56,49.5,50,59.8,61,58,59,51,52,1  
5540 DATA 15.5,16,32,31.3,53.5,54,56,56.3,50,50.5,61,62,59,60,52,52,1  
5550 DATA 16,16.5,31.3,31,54,54.7,56.3,56.5,50.5,51,62,62.8,60,60,53,53,1  
5560 DATA 16.5,17,31,30.7,54.7,55,56.5,56,51,51,62.8,63,60,60,53,53,1  
5570 DATA 17,17.5,30.7,29.7,55,55,56,54,51,53,63,63,60,59,53,53,1  
5580 DATA 17.5,18,29.7,29,55,55,54,49,50.3,46.5,63,62.5,59,57.5,53,53,1  
5590 DATA 18,18.5,29,28.5,55,54.5,49,41,46.5,41,62.5,62,57.5,51,53,45,0.5  
5600 DATA 18.5,19,28.5,28,54.5,54.4,41,39.5,41,38.5,62,62,51,46,45,41.5,0.5  
5610 DATA 7.5,8,17,19,29,29.5,29,30,28,30,29,29.5,30,32,29,30,1  
5620 DATA 8,8.5,19,20,29.5,29,30,33,30,31,29.5,29.5,32,33.5,30,31,1  
5630 DATA 8.5,9,20,21.5,29,30,33,35.5,31,32.5,29.5,30,33.5,35,31,32,1  
5640 DATA 9,9.5,21.5,24,30,31,35.5,39.5,32.5,34.5,30,30.8,35,39,32,33,1  
5650 DATA 9.5,10,24,25.5,31,32.5,39.5,40,34.5,36,30.8,31.5,39,39,33,33,1  
5660 DATA 10,10.5,25.5,27,32.5,34,40,42,36,37,31.5,33,39,40,33,34,0.4  
5670 DATA 10.5,11,27,28,34,36,42,44,37,39,33,34,40,41.5,34,35,0.4  
5680 DATA 11,11.5,28,31,36,38,44,46,39,41,34,35.5,41.7,43,35,37,0.6  
5690 DATA 11.5,12,31,31,38,40,46,46,41,41,35.5,36,43,49,37,38,0.6  
5700 DATA 12,12.5,31,31,40,42,46,48,41,42.7,36,41.5,49,49,36,43,0.7  
5710 DATA 12.5,13,31,31.5,42,44,48,49.5,42.7,44,41.5,44,43,43.5,39,41,0.7  
5720 DATA 13,13.5,31.5,31.5,44,45,49.5,49.5,44,43,44,45.5,43.5,46,41,41,0.1  
5730 DATA 13.5,14,31.5,30,45,46,49.5,47,43,42.5,46.5,47,46,43,41,40,0.1



Ek III a - Termosifon Akışlı Düzlem Güneş Toplaçlarında Güneş Işınım Şiddeti, Çevre Sıcaklığı ve Depo ilk Sıcaklığından Hareketle, Ortalama Depo Sıcaklığı, Verim ve Debiyi Belirli Zaman Aralıklarında Hesaplayan Bilgisayar Programının Açıklanması





Ek III b - Termosifon Akıslı Düzlem Güneş Toplacında Teo-  
rik Sıcaklık, Verim ve Debi Hesaplayan Program  
Listesi

```

10 REM TERMOSIFON AKISLI GUNES KOLLEKTORU
20 INPUT A11
30 ' PRINT #A11, "----- 11/MART/1982 -----"
40 ' PRINT #A11, "-----"
50 ' PRINT #A11, " T1          TM          T2          TP2          TA  "
60 rtt=0.000241
70 PRINT#A11, "-----"
80 PRINT
90 TM=14:TT1=14:T1=14:T2=14:M=3.6:TP1=14:TA=-1:I3=986
100 T11=25:T22=25:T33=25:T44=25:T55=25:T66=25:T77=25:T88=25:T99=25:TK1=25:TK2=25
110 DD9=0.0156:DD1=0.0156:DD2=0.021:KK1=2.5:KK2=1.585:KK9=7.2
120 LL1=1:LL2=1:LL9=5.135:HH1=0:HH3=1.34:HH9=1.09:FF1=0.266:FF2=0.357:FF9=0.266
130 AA1=0.5:AA3=0.329179:AA4=0.0499513:AA5=0.0499513:AA6=0.0499513:AA7=0.0499513
140 AA8=0.129374:HH4=0.05:HH5=0.05:HH6=0.05:HH7=0.05:HH8=0.05:S=260
150 R01=1000:R02=1000:R03=1000:R04=1000:R05=1000:R06=1000:R07=1000:R08=1000:R09=1000
160 AA2=0.0945:AA9=0.157:WYW1=0.0185:mye=0.001
170 WYW2=0.00256:wyw3=0.083:WYW9=0.0025606:T13=0:TS=0
180 WYW4=0.016599:WYW5=WYW4:WYW6=WYW4:WYW7=WYW4:WYW8=WYW4
190 READ RAO,RA1,KA1,HA1,HA0
200 DATA .259,.159,.1254,580,72
210 READ FO,X1,r7,r1,cpl
220 ' PRINT " "; FO,X1,r7,r1,cpl
230 READ N,EL,EC,ST,RB,RS,CP,L,A31,A32,AC,N1,TT:READ VR,R
240 HR=5.7+3.8*VR:CC=250*(1-0.0044*(R*57.29-90))
250 TM=14:TT1=14:T1=14:T2=14:M=3.6:TP1=14:TA=-1
260 R0=1000-0.039*tm-0.00405*TM^2
270 FY1=(1-0.04*HR+0.0005*HR*HR):FY=FY1*(1+0.091*N1)
280 KU1=((TM-TA)/(N1+FY))^0.33:KU2=1/(N1/((CC/(TM+273))*KU1)+(1/HR))
290 KU3=(1/(EL+0.05*N1*(1-EL)))+(2*N1+FY-1)/EC)-N1
300 KU4=ST*((TM+273)+(TA+273))*((TM+273)*(TM+273)+(TA+273)*(TA+273))
310 HC1=KU2+(KU4/KU3):HC2=HC1*(1-(R*57.29)*(0.00259-0.00144*EC))*3.6
320 Y9=23.45*SIN(((360*(284+N)/365))/57.29)/57.29
330 D3 =-TAN(Y9)*TAN(FO-R):D4 =SQR(1-D3*D3):H7=D4/D3
340 H8=ATN(H7):IF H8<D THEN LET H8=H8+3.1416:Z4=-H8
350 F5=-TAN(Y9)*TAN(FO):F3=SQR(1-f5*f5):F6=F3/F5:F7=ATN(F6)
360 IF F7<0 THEN LET F7=F7+3.1416
370 z44=9.75
380 ' PRINT #A11,"Z4="Z4,"Z44="Z44
390 IF z44>7.5 AND z44<8 THEN LET S=249.73:I3=1224.99:TA=18
400 IF z44>8 AND z44<8.5 THEN LET S=505.61:I3=1572.4:TA=19.5
410 IF z44>8.5 AND z44<9 THEN LET s=214.89:i3=985.61:ta=15.5
420 IF z44>9 AND z44<9.5 THEN LET s=1374:i3=2525.88:ta=16.5
430 IF z44>9.5 AND z44<10 THEN LET s=1502.35:i3=2535.26:ta=-0.5
440 IF z44>10 AND z44<10.5 THEN LET s=1502.35:i3=2535.26:ta=-1
450 IF z44>10.5 AND z44<11 THEN LET s=1806.31:i3=2875.3:ta=1
460 IF z44>11 AND z44<11.5 THEN LET s=2029.25:i3=3158.87:ta=2.55
470 IF z44>11.5 AND z44<12 THEN LET s=2189:i3=3380.83:ta=3.65
480 IF z44>12 AND z44<12.5 THEN LET s=2301.72:i3=3537.22:ta=5.4
490 IF z44>12.5 AND z44<13 THEN LET s=2365.19:i3=3643.44:ta=7.65
500 IF z44>13 AND z44<13.5 THEN LET s=2378.28:i3=3643.44:ta=7.65
510 IF z44>13.5 AND z44<14 THEN LET s=2340.76:i3=3591.39:ta=9.6
520 IF z44>14 AND z44<14.5 THEN LET s=2253.32:i3=3470:ta=10.25
530 IF z44>14.5 AND z44<15 THEN LET s=2117.56:i3=3281.55:ta=10.25
540 IF z44>14.5 AND z44<15 THEN LET i3=3281.55
550 IF z44>14.5 AND z44<15 THEN LET ta=10.25

```

```

560 IF z44>15 AND z44<15.5 THEN LET s=1915.84:i3=3029.25:ta=11
570 IF z44>15.5 AND z44<16 THEN LET S=1694.28:i3=2717.68:ta=10.9
580 IF z44>16 AND z44<16.5 THEN LET s=345.33:i3=715:ta=10.8
590 IF z44>16.5 AND z44<17 THEN LET s=308.36:i3=590.9:ta=10.4
600 IF z44>17 AND z44<17.5 THEN LET s=222.7:i3=341:ta=9
610 IF z44>17.5 AND z44<18 THEN LET S=249.43:i3=341:TA=9
620 ' PRINT #a11, "s="s,"ta="ta,"i3="i3
630 R01=1000-0.039*T11-0.00405*T11*T11
640 R02=1000-0.039*T22-0.00405*T22*T22
650 R03=1000-0.039*T33-0.00405*T33*T33
660 R04=1000-0.039*T44-0.00405*T44*T44
670 R05=1000-0.039*T55-0.00405*T55*T55
680 R06=1000-0.039*T66-0.00406*T66*T66
690 R07=1000-0.039*T77-0.00405*T77*T77
700 R08=1000-0.039*T88-0.00405*T88*T88
710 R09=1000-0.039*T99-0.00405*T99*T99
720 ' PRINT #a11, "ro1="ro1,"ro2="ro2,"ro3="ro3,"ro4="ro4,"ro5="ro5,"ro6="ro6,"ro7="ro7,"ro8="ro8,"ro9="ro9
730 D=2.127/R0/R0:h2=SIN(r):FS=2.49-H2
740 UK1=1/((1/HAD)+(RAO/KA1)*LOG(RAO/RA1))
750 UK2=1/((1/HAD)+((RAO-RA1)/KA1)+(1/HA1))
760 UA2=0.1*(ABS(T22-TA)^1.25):U1=hc2+0.8046
770 UA3=UK2*PI*RA1*ra1+UK1*6.28*RA1*0.25
780 UA8 =UK2*3.14*ra1*ra1+UK1*6.28*RA1*0.05
790 ua9=0.1*((ABS(t99-ta))^1.25)
800 UU4=UK1:UU5=UK1:UU6=UK1:UU7=UK1
810 WT=0.166*R0:A=-0.0081*TM-0.039
820 UD=(0.1588*UK2+0.5*UK1)/0.6588
830 WW1=WYW1*R01:WW2=WYW2*R02:WW3=WYW3*R03
840 WW4=WYW4*R04:WW5=WYW5*R05:WW6=WYW6*R06
850 WW7=WYW7*R07:WW8=WYW8*R08:WW9=WYW9*R09
860 ' PRINT #a11, "ww1="ww1,"ww2="ww2,"ww3="ww3,"ww4="ww4,"ww5="ww5,"ww6="ww6,"ww7="ww7,"ww8="ww8,"ww9="ww9
870 LA=0.1087*HC2^0.5
880 HFY1=((SIN(R)*(1000-R01)+(HH3-SIN(r))*(1000-R02)-(HH9-HH1)*(1000-R09)))
890 HFY2=((HH4*(1000-R04)+HH5*(1000-R05)+HH6*(1000-R06)+HH7*(1000-R07)))
900 HFY=HFY1-HFY2
910 FEY1=FF1+FF2*25*(LL2/LL1)*((DD1/DD2)^5)*((R01/R02)^2)
920 FEY2=FF9*25*(LL9/LL1)*((DD1/DD9)^5)*((R01/R09)^2)
930 FEY=FEY1+FEY2
940 KEY1=KK1+KK2*25*((DD1/DD2)^4)*((R01/R02)^2)+KK9*25*((DD1/DD9)^4)*((R01/R09)^2)
950 DEY=(3.14*5*R01*DD1*DD1)
960 DEY1=((1.22625/((FEY*LL1/DD1)+KEY1))^0.5)
970 'PRINT #a11,"hfy1="hfy1,"hfy2="hfy2,"key1="key1,"dey1="dey1,"dey2="dey2
980 F=((EXP(LA)-EXP(-LA))/(EXP(LA)+EXP(-LA)))/LA
990 DEY2=DEY*DEY1
1000 RC=1/HC2/(0.092*F+0.008)
1010 MU=1/(21.48*((TM-8.435)+(8078.4+(TM-8.435)^2)^0.5)-1200)
1020 TF=9*TM/5+32
1030 MYB=DEY2*SQR(ABS(HFY)):MYE=MYB
1040 PRINT #A11, "MYE="MYE
1050 ETAC=(MYE*4.18*(TK2-TK1))/(0.5*i3)
1060 WTJ=WW3*T33+WW4*T44+WW5*T55+WW6*T66+WW7*T77+WW8*T88
1070 WJ=WW3+WW4+WW5+WW6+WW7+WW8:TDEPY=WTJ/WJ
1080 ' PRINT #a11,"etac="etac,"wtj="wtj,"wj="wj,"tdepy="tdepy
1090 KK=(0.34+0.000416*(TF-50))*e.2315

```

```

1100 ' PRINT #A11, "KK="KK,"TF="TF,"HC2="HC2
1110 ro=1000-0.039*tm-0.00405*(tm)^(2)
1120 A1=KK/RO/CP:V=MU/RO:PR=V/A1
1130 MW=1/(21.48*((TT1-8.435)+((8078.4+(TT1-8.435)^2))^0.5)-1200)
1140 IF MW<0 THEN LET MW=1
1150 BE=-0.00006427+8.5053E-06*2*TM-6.79E-06*3*TM*TM
1160 BT=BE/(1-0.00006427*TM+8.5053E-06*TM*TM-6.79E-08*TM^3)
1170 GR=BT*9.81*TM*0.0154^3/V^2:GZ=M*CP/KK/L
1180 ' PRINT #A11, "R0="R0,"V="V,"MW="MW,"BT="BT,"GR="GR,"GZ="GZ
1190 acz1=(gz+0.0083*ABS(gr*pr)):IF acz1<0 THEN LET acz1=1
1200 acz=acz1^0.75:IF acz<0 THEN LET acz=1
1210 HW=(KK/D.0154)*1.74*((MU/MW)^0.14)*acz^0.33333
1220 RW=20.2745/HW
1230 FC=1/(HC2*0.1*(RTT+RC+RB+RS+RW))
1240 YT1=T11+TT/WW1*(s*FC*AA1-U1*AA1*(T11-TA)-Mye*CP*(TK2-TK1))
1250 YT2=T22+TT/WW2*(-UA2*aa2*(T22-Ta)-Mye*CP*(T22-TK2))
1260 YT3=T33+TT/WW3*(-UA3*(T33-TA)-Mye*CP*(T33-T22))
1270 YT4=T44+TT/WW4*(-UU4*AA4*(T44-TA)-Mye*CP*(T44-T33))
1280 YT5=T55+TT/WW5*(-UU5*AA5*(T55-TA)-Mye*CP*(T55-T44))
1290 YT6=T66+TT/WW6*(-UU6*AA6*(T66-TA)-Mye*CP*(T66-T55))
1300 YT7=T77+TT/WW7*(-UU7*AA7*(T77-TA)-Mye*CP*(T77-T66))
1310 YT8=T88+TT/WW8*(-UA8*(T88-TA)-Mye*CP*(T88-T77))
1320 YT9=T99+TT/WW9*(-UA9*aa9*(T99-Ta)-Mye*CP*(T99-T88))
1330 U31=0.1*ABS((T1-TA))^1.25:U32=0.1*ABS((T2-TA))^1.25
1340 PRINT #a11, "yt1="yt1,"yt2="yt2,"yt3="yt3,"yt4="yt4,"yt5="yt5,"yt6="yt6,"yt7="yt7,"yt8="yt8,"yt9="yt9
1350 HD1=83.6:HD2=83.6:HD3=83.6:UD1=HD1/(1+0.7974*HD1)
1360 UD2=HD2/(1+0.9114*HD2):UD3=HD3/(1+0.7974*HD3)
1370 UD3=HD3/(1+0.7974*HD3)
1380 UT=0.5*(0.8046+HC2)+A31*U31+A32*U32+(UD1+UD2)*0.07942+0.5*UD2
1390 WT1=8.0933+0.00015608*RL*CPL+0.1774*Ro:G=M/O.5
1400 ' PRINT #A11, "I3="I3,"W5="W5,"S="S
1410 UL=HC2+0.8046* 3.6
1420 FR=G*CP/UL*(1-(S/UL-(T2-TA))/(S/UL-(T1-TA)))
1430 ff=g*cp/ul*LOG(ABS(1/(1-fr*u)/g/cp)):FF=ABS(FF)
1440 QU=AC*FR*(s-UL*(T1-TA))
1450 FR=G*CP/UL*(1-(S/UL-(T2-TA))/(S/UL-(T1-TA)))
1460 IF fr=0 THEN LET fr=1
1470 IF ff=0 THEN LET ff=1
1480 TFM=T1+QU/AC/UL/FR*(1-FR/FF):TPM=T1+QU/HW/O.04838
1490 FY=(1-0.04*HR+0.0005*HR*HR)*(1+0.058*N1)
1500 Q=(0.092*F+0.008)*(s-HC2*(TPM-TA))
1510 TT1=Q*(RS+RW)-TM
1520 VE=M*CP*(T2-T1)/AC/(I3):MC=5.248+0.000055182*R0
1530 ' PRINT #A11, "VE="VE
1540 QD1=UD1*0.07942*(T2-TA):QD2=UD2*0.5*(TM-TA):QD3=UD3*0.07942*(T1-TA)
1550 ' PRINT #a11, " T1="T1,"T2="T2,"TM="TM,"TFM="TFM,"TPM="TPM,"TQ1="TQ1
1560 ' PRINT #A11, "W5="W5,"FC="FC,"I3="I3,"UT="UT,"TA="TA,"TT="TT,"WT1="WT1,"TM="TM
1570 TQ1=(S*FC*0.5+UT*TA)*TT/WT1+(1-TT*UT/WT1)*TM
1580 ' PRINT #A11, "TQ1="TQ1
1590 MS1=(-FS*A*(WT*(TQ1-TM)/TT+UD*(TM-TA))/D/CP)
1600 ' PRINT #a11,"mye="mye,"ww1="ww1,"tk1="tk1,"tk2="tk2
1610 ' PRINT#a11,yt1,yt2,yt3,yt4,yt5,yt6,yt7,yt8,yt9,tk1,tk2
1620 TK1=2*yt9-((yt7+yt8)/2):TK2=2*yt1-TK1
1630 ' PRINT #A11, ETAC,TDEPY
1640 M=ABS(MS1/RO)^(0.33)

```

```

1650 TS=TS+S:TI3=TI3+I3
1660 ' PRINT #A11, "M="M, "D="D, "VE="VE
1670 T1=TQ1+RO*((D*M*M)/(A*FS))
1680 TP2=T1-(T1-TA-(S/UL))*0.10734:T2=2*TQ1-T1
1690 ve1=((40*4.18*(tq1-tm)/0.5)+qd1+qd2+qd3)/(0.5*i3)
1700 ' PRINT#a11, "z44="z44, "ve1="ve1, "m="m, "ve="ve
1710 ' PRINT #A11, "T1="T1, "T2="T2
1720 M2=(0.03971*Ro*CP*(Tq1-Tm)+(QD1+QD2+QD3))/CP/(T2-T1)
1730 CC=250*(1-0.0044*(R*57.29-90))
1740 FY1=(1-0.04*HR+0.0005*HR*HR)
1750 FY=FY1*(1+0.091*N1)
1760 KU1=((TP2-TA)/(N1+FY))^0.33
1770 KU2=1/(N1/((CC/(TP2+273))*KU1)+(1/HR))
1780 KU3=(1/(EL+0.05*N1*(1-EL)))+(2*N1+FY-1)/EC)-N1
1790 KU4=ST*((TP2+273)+(TA+273))*((TP2+273)*(TP2+273)+(TA+273)*(TA+273))
1800 HC1=KU2+(KU4/KU3)
1810 HC2=HC1*(1-(R*57.29-45)*(0.00259-0.00144*EC))*3.6
1820 ' PRINT #a11, "hc2="hc2, "t1="t1, "t2="t2, "m="m, "m2="m2
1830 TP1=TP2:Tm=Tq1:tk1=t99
1840 t11=yt1:t22=yt2:t33=yt3:t44=yt4:t55=yt5:t66=yt6:t77=yt7:t88=yt8:t99=yt9
1850 ' PRINT #a11, "t11="t11, "t22="t22, "t33="t33, "t44="t44, "t55="t55, "t66="t66, "t77="t77, "t88="t88, "t99="t99
1860 ' PRINT #a11, tq1, m2, hc2, tp2, s, i3
1870 ' PRINT #a11, z4
1880 ' PRINT #a11, TAB(t1) "*" ; TAB(tm) "." ; TAB(t2) "+" ; TAB(tp2) "#";
1890 ' PRINT #a11, T1 , TM, T2, TP2, TA
1900 ' PRINT #a11, TAB(ve1*50) "*" ; TAB(m) "." TAB(50) VE1 TAB(65)M
1910 ' PRINT #a11, TAB(ta/6) "." ; TAB (s/50) "*" ; TAB(i3/50) "+"
1920 ' PRINT #A11, "VE1="VE1, "M="M
1930 ' PRINT #A11, TAB(20) VE1 TAB(28)M
1940 Z44=Z44+0.5
1950 ' PRINT#A11, "TM="TM, "TQ1="TQ1
1960 ' PRINT #A11, "HC2="HC2, "KK="KK, "FF="FF, "RO="RO, "FC="FC
1970 IF Z44>18 THEN GOTO 2000
1980 ' PRINT #a11, "-----"
1990 GOTO 380
2000 ' PRINT #8, "TI3="TI3, "TS="TS
2010 ETAT=(WJ*(TOEPY-TDILK))/(TI3*0.5)
2020 ETAB=(WT*(TM-TILK))/(0.5*TI3)
2030 ' PRINT #8, "TM="TM, "ETAB="ETAB
2040 END
2050 DATA 0.6939,4870.8,.2,600,1
2060 DATA 195,.95,.88,5.6E-8,.1313,.0002,4.18,1,.157,.0945,.5,2,0.5
2070 DATA 5,.663

```