

T.C.  
AKDENİZ UNIVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMI AÇISINDAN EN UYGUN  
SERA YÖNÜNÜN SIMULASYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Akın TEPE

T867/1-1

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

1996

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

867

ANTALYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMI AÇISINDAN EN UYGUN  
SERA YÖNÜNÜN SIMULASYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Akın TEPE

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

1996

T.C.  
AKDENİZ UNIVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANIALYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMI AÇISINDAN EN UYGUN  
SERA YÖNÜNÜN SIMULASYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Akın TEPE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../1996 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından  
.....(.....) not takdir edilerek oybirliği/oyçokluğu ile  
kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Ruki BAŞTUĞ (Danışman).....*Ruki Baştuğ*.....

Prof.Dr. Feridun HAKGÖREN.....*Feridun Hakkören*.....

Doç.Dr. Osman YALDIZ.....*Osman Yıldız*.....

ÖZ

**ANTALYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMI AÇISINDAN EN UYGUN  
SERA YÖNÜNÜN SIMULASYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

Akın TEPE

Yüksek Lisans Tezi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Şubat 1996. 71 Sayfa

Bu çalışmada, Antalya'da sera yüzeyine gelen güneş ışınlarının geliş açısı ve anlık güneş radyasyonu düzeyi gözönüne alınarak, değişik yönlerde yerleştirilmiş seraların, kazandıkları güneş enerjisi miktarı açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Işık geçirgenlikleri ve güneş enerjisi kazanımları uzun eksenleri doğu-batı, kuzey-güney, güneydoğu-kuzeybatı ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda yerleştirilmiş tip bir sera için fortran dilinde yazılmış bir bilgisayar programı ile belirlenmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre Antalya yöresindeki seraların, diğer bütün koşullar eşit kabul edildiğinde ışık geçirgenliği ve güneş enerjisi kazanımı açısından güneydoğu-kuzeybatı yönünde kurulmasının daha uygun olacağı saptanmıştır. Bu durumda, anılan yönde kurulacak seranın güneş enerjisi kazanımının yetiştirme mevsimi süresince (Kasım-Nisan)  $4269 \times 10^6$  J olacağı belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER :** Sera yönlendirmesi, güneş enerjisi, ışık geçirgenliği, örtü malzemesi, simülasyon.

## ABSTRACT

### SIMULATED ESTIMATION OF THE OPTIMUM GREENHOUSE ORIENTATION FOR SOLAR ENERGY GAIN IN ANTALYA

Akın TEPE

M.Sc. Thesis Agricultural structures and Irrigation  
Department

February 1996. 71 pages

This study was carried out to compare the amounts of solar energy gained by greenhouses located at different directions by taking into consideration the incidence angle and solar radiation reaching the surface of greenhouses in Antalya. Light transmittance and solar energy gains for different orientations in greenhouses were determined by a computer model written in fortran programming language. The directions of the greenhouse considered were east-west north-south, southeast-northwest and northeast-southwest.

The results of the study showed that assuming all the other conditions as constant, the greenhouses in Antalya should be oriented in southeast-northwest direction for the highest light transmittance and solar energy gain. It was determined that  $4269 \times 10^6$  J of solar energy could be collected in a six months period (November-April).

**Key words:** Direction of greenhouse, solar energy, light transmittance, covering materials, simulation.

## ÖNSÖZ

Antalya yöresinde yaygın olarak kullanılan, ısıtılmayan seralarda tek enerji kaynağı güneştir. Isıtılan seralarda ise, güneşten kazanılan enerji miktarının artırılması seraların ısıtılmasındaki maliyeti düşürmektedir. Sera içerisinde güneşten kazanılan enerji miktarı, güneş radyasyonu düzeyi ve sera örtü malzemesinin ışık geçirgenliği ile ilişkilidir. Sera örtü malzemesinin ışık geçirgenliği ise malzemenin yapısına ve güneş ışınının geliş açısına bağlıdır. Güneş ışınının seranın değişik yüzeylerine geliş açısının azalmasıyla geçirgenlikte bir artma gözlenmektedir.

Bu çalışmada, farklı konumlardaki ısıtılmayan seraların güneş ışınlarının geliş açısı ve örtü malzemesinin geçirgenlik değerine göre kazandıkları güneş enerjisi miktarının nasıl değişim gösterdiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek lisans çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen hocalarım Sayın Doç.Dr. Ruhi BAŞTUĞ'a, Sayın Yrd.Doç. Dr. C. Altuğ ŞİPAL'e ve Dr. Ahmet KÜRKLÜ'ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince yardımlarını ve ilgilerini esirgemeyen hocam Sayın Prof.Dr. Feridun HAKGÖREN'e teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI .....	4
2.1. Güneşin Geometrisi.....	7
3. MATERYAL VE METOD.....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Araştırmanın yeri.....	8
3.1.2. İklim özellikleri.....	8
3.1.3. Bilgisayar modelinde esas alınan tipik seranın özellikleri.....	10
3.1.4. Bilgisayar modelinde kullanılan eşitlikler.....	12

3.2. Metot.....	16
3.2.1. Simulasyon modelinin çerçevesi.....	16
3.2.2. Bilgisayar modelinde kullanılan girdiler.....	16
3.2.3. Varsayımlar.....	20
3.2.4. Çıktılar.....	20
4. BULGULAR.....	21
4.1. Yetiştirme Mevsimi Boyunca Farklı Konumlarda Sera Yüzeylerinden Kazanılan Aylık Toplam Direkt Radyasyon.....	21
4.2. Yetiştirme Mevsimi Boyunca Dört Ayrı Konum İçin Maksimum Ve Minimum Işık Geçirgenliği Durumunda Sera Yüzeylerinden Kazanılan Saatlik Direkt Radyasyon Değerleri.....	26
4.3. Yetiştirme Mevsimi Boyunca Farklı Sera Konumlarında Tüm yüzeylerden Aylık Toplam Direkt Radyasyon Kazanımları.....	31
4.4. Farklı Sera Konumlarında Tüm Yüzeylerden Mevsimlik Toplam Güneş Enerjisi Kazanımları.....	34
5. TARTIŞMA .....	35
6. SONUÇ.....	40
7. ÖZET.....	41
8. SUMMARY.....	42
9. KAYNAKLAR.....	43



10. EKLER.....	46
Ek 1. Değişkenlerin listesi.....	46
Ek 2. Araştırmada kullanılan bilgisayar programı.....	48
Ek 3. Farklı konumlarda 1 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri....	57
Ek 4. Farklı konumlarda 2 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri....	57
Ek 5. Farklı konumlarda 3 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri....	58
Ek 6. Farklı konumlarda 4 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri....	58
Ek 7. Farklı konumlarda 5 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri....	59
Ek 8. Farklı konumlarda 6 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri....	59
Ek 9. Doğu-batı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 3 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	60
Ek 10. Doğu-batı yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 1 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	61
Ek 11. Kuzey-güney yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 5 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	62

Ek 12.	Kuzey-güney yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 2 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	63
Ek 13.	Güneydoğu-kuzeybatı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 3 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	64
Ek 14.	Güneydoğu-kuzeybatı yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 1 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	65
Ek 15.	Kuzeydoğu-güneybatı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 5 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	66
Ek 16.	Kuzeydoğu-güneybatı yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 1 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri.....	67
Ek 17.	Doğu-batı yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları.....	68
Ek 18.	Kuzey-güney yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları.....	68
Ek 19.	Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları.....	69
Ek 20.	Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları.....	69
Ek 21.	Farklı sera konumlarında tüm yüzeylerden mevsimlik toplam direkt radyasyon kazanımları.....	70
OZCEÇMİŞ.....		71

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Güneş açıları.....	7
Şekil 3.1. Bilgisayar modelinde esas alınan tip seranın boyutları ve sera yüzeylerinin numaralanması....	10
Şekil 3.2. Bilgisayar modelinde değerlendirilen tip sera konumları.....	11
Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan bilgisayar modelinin akış şeması.....	17
Şekil 4.1. Farklı konumlarda 1 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.....	21
Şekil 4.2. Farklı konumlarda 2 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.....	22
Şekil 4.3. Farklı konumlarda 3 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.....	23
Şekil 4.4. Farklı konumlarda 4 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.....	24
Şekil 4.5. Farklı konumlarda 5 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.....	25
Şekil 4.6. Farklı konumlarda 6 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.....	26

Şekil 4.7. Doğu-batı yönündeki seranın 3 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	27
Şekil 4.8. Doğu-batı yönündeki seranın 1 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	27
Şekil 4.9. Kuzey-güney yönündeki seranın 5 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	28
Şekil 4.10. Kuzey-güney yönündeki seranın 2 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	28
Şekil 4.11. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki seranın 3 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	29
Şekil 4.12. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki seranın 1 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	29
Şekil 4.13. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki seranın 5 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	30
Şekil 4.14. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki seranın 1 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerlerinin değişimi.....	31
Şekil 4.15. Doğu-batı yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.....	32
Şekil 4.16. Kuzey-güney yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.....	32

Şekil 4.17. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.....	33
Şekil 4.18. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.....	34
Şekil 4.19. Farklı sera konumlarında tüm yüzeylerden mevsimlik toplam direkt radyasyon kazanımlarının değişimi.....	34

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Antalya iline ilişkin uzun yıllık iklimsel veriler.....	9
Çizelge 3.2. Doğu-batı yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.....	18
Çizelge 3.3. Kuzey-güney yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.....	18
Çizelge 3.4. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.....	19
Çizelge 3.5. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.....	19

## SİMGELER VE KISALTMALAR

$\delta$	Deklinasyon açısı ( $^{\circ}$ )
$\theta$	Enlem derecesi ( $^{\circ}$ )
$s$	Yüzey eğim açısı ( $^{\circ}$ )
$\theta$	Güneş ışınlarının geliş açısı ( $^{\circ}$ )
$\tau$	Yüzey azimut açısı ( $^{\circ}$ )
B	Güneş zaman katsayısı
DAYL	Gün uzunluğu
EQT	Zaman düzeltme faktörü
GSOL	Öğle zamanındaki güneş radyasyonu ( $W/m^2$ )
n	Yığışımli gün sayısı (Julian day)
N	Gün uzunluğu
$R_{time}$	Güneşin doğuş zamanı
SD	Günlük güneş radyasyonu ( $W/m^2$ )
SO	Anlık güneş radyasyonu ( $W/m^2$ )
$S_{time}$	Güneşin batış zamanı
SOTIME	Güneş zamanı
TIME	Yerel zaman
TRA	Işık geçirgenliği (%)

W

Saat açısı (°)

YUK

Maksimum örtü geçirgenliği (%)

MO

Ay indisi



## 1. GİRİŞ

Antalya'da örtü altı yetiştiriciliğinde 25733 dekar toplam cam sera alanı, 56599 dekar plastik sera alanı ve 18095 dekar alçak plastik tünel mevcuttur. Bu değerlere göre, Antalya'da toplam 100427 dekar örtü altı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim 1995).

Seralar, bitkisel üretim için gerekli iklim koşullarını tüm yıl boyunca sağlayabilen içinde hareket edilebilir yapılardır (Baytorun 1995). Bitki yetiştirme mevsimi dışındaki yetiştiricilikte dış koşullar uygun olmamaktadır. Bu da sera yapılarının inşa edilmesindeki temel nedeni oluşturmaktadır (Langhans 1983).

Bitkinin gelişip büyümesindeki temel etkenlerin başında ışık gelmektedir. Seralar, bitki gelişimi için mutlak gerekli olan güneş ışınlarının sera içerisine ulaşması amacıyla geçirgen bir örtü malzemesi ile örtülürler. Güneş ışığının kış aylarındaki miktarının az olması, genellikle serada bitki yetiştirilmesi için sınırlayıcı bir etkidir. Bu nedenle sera tasarımında ışık ortamının düzenlenmesi oldukça önemlidir (Başçetinçelik 1985).

Bir seranın kazandığı güneş ışınımı; sera geometrisi ile ilgili olarak güneş ışınlarının durumuna, örtü malzemelerinin özelliklerine, dikmelerin yerleşimine ve dış ortamdaki doğrudan ışınımın toplam ışınım oranına bağlıdır (Başçetinçelik 1985). Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı; gökyüzü ve bulutlar nedeniyle yayılan ışınım (yaygın ışınım) ve güneşten direkt gelen ışınım (doğrudan ışınım) olarak iki bileşene ayrılır. Bir serada yaygın ışınım ve doğrudan ışınım geçirgenlikleri, seranın şekli ve yapısına bağlı olarak farklılık gösterir. Ayrıca, doğrudan ışınım geçirgenliği seranın yönüne de bağlıdır (Edwards ve Lake 1964).

Yapı elemanları ve çatı eğim açısı, ışık geçirgenliği bakımından oldukça önemlidir. Sera yapıları, güneş ışınımının en az olduğu aylarda bile ışınımını en yüksek düzeyde

sera içine ulaştırarak şekilde planlanmalıdır. Seralarda doğrudan ışık ölçümleri yapmak, pek çok etkene bağlı olması nedeniyle güçtür. Bu nedenle, küçük model seralar ile laboratuvar koşullarında veya bilgisayar benzeşim yöntemleri kullanılarak çalışmalar yapılmaktadır (Başçetinçelik 1985).

Doğal enerji kaynaklarının seranın ısıtılmasında kullanılabilmesi ile, sera işletmelerinin işletme masrafları içinde en büyük paya sahip olan ısıtma masrafları bir ölçüde azaltılabilir. Bu amaçla seraların güneş enerjisi ile ısıtılmasında, güneş enerjisinden pasif ve aktif yararlanmada, seraların yönlendirilmesi ve çatı eğiminin uygun bir şekilde düzenlenmesi ile güneş enerjisinden iyi bir şekilde yararlanılabilmektedir. Bunun için ülkemiz koşullarında, seraların uzunluğunun güneyden 10° doguya doğru yönelik olarak düzenlenmesi gerekir (Alkan 1977). Böylece güneş enerjisinden yararlanma oranı artırılabilir.

Seralarda, sağlıklı ve hızlı bir bitki yetiştiriciliği için doğal ışıklandırma ihtiyacı gözönüne alınması gereken önemli bir özelliktir. Yüksek enlemlerde kış aylarında doğal ışıklandırma düzeyi azalmaktadır. Bu durum bitki yetiştiriciliğini sınırlamaktadır. Genellikle sera içerisindeki ışıklandırma düzeyini etkileyecek sera biçimleri bilgisayar modeli teknikleri ile uygun bir şekilde araştırılabilmektedir (Critten 1983).

Seralarda, yıllık giderler içerisinde en büyük payı ısıtma giderleri almaktadır. Bu yüzden en uygun sera yönü belirlenmek suretiyle yalnızca güneş enerjisinden faydalanılarak seranın ısıtılmasına katkı sağlanabilir. Özellikle Antalya gibi güneş enerjisinin bol olduğu bir yörede ısıtılmayan bir seraya bu yolla ne kadar çok enerji kazandırılırsa o kadar çok pasif ısıtma yapılmış olur. Aynı durumda, ısıtılan seralarda ise ısıtma giderlerinden tasarruf sağlanmış olur.

Bu çalışmada, Antalya koşullarında farklı konumlardaki tip bir seranın yüzeyine gelen güneş ışınlarının geliş açısı

ve anlık güneş radyasyonu düzeyi dikkate alınarak, ışık geçirgenliklerinin bilgisayar simülasyonu yoluyla belirlenmesi ve farklı konumlardaki güneş enerjisi kazanımlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI

Edward ve Lake(1964), bir sera için yaygın ışınım geçirgenliğinin, doğrudan ışınım geçirgenliğinden farklı olduğunu saptamışlardır. Bu ışınımların her ikisinin seranın yapısı ve şekline bağlı olduğunu, ayrıca doğrudan ışınımın sera yönüne de bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Seranın kuzey-güney yönünde olması durumunda toplam ışınım geçirgenliği yıl içinde zamana bağlı olarak değişmekte ve kış aylarında en düşük değeri almaktadır. Buna karşın, doğu-batı yönündeki serada toplam ışınım geçirgenliği genellikle yüksek ve oldukça sabit bir değerdedir.

Başçetinçelik (1985)'in bildirdiğine göre Edward ve Lake (1965), uzun eksenli doğu-batı doğrultusundaki geniş giriş açıklıklı bir serada yapmış oldukları çalışmada, günlük ortalama geçirgenlik katsayısının kış aylarında doğrudan ışınım için %68 ve yaygın ışınım için %69 olduğunu bulmuşlardır.

Friend(1965), çalışmasında güneş ışınım geçirgenliği ile gece ısı dağılımını incelemiş ve doğu-batı yönündeki blok serada kuzey-güney yönündekine göre doğrudan ışınım geçirgenliğinin kışın daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Edward(1968), tüm seralar için kış aylarında yüksek ışık geçirgenliğinin çok önemli olduğunu, bunun da seraların doğu-batı yönünde yerleştirilmesi ile gerçekleştirilebileceğini belirtmiştir.

Bowman(1970), eğik geçirgen çatıların yaygın ışık geçirgenliğinin hesaplanması için bir yöntem geliştirmiştir. Araştırmacı, doğu-batı yönündeki blok serada bir yıllık periyotta en iyi toplam ışık geçirgenliği ve en yüksek ürünün elde edildiğini saptamıştır.

Smith ve Kingham (1971), sera taban alanına gelen toplam güneş ışınımını her duvar ve çatı yüzeyi için ayrı ayrı inceleyerek doğrudan ve yaygın ışınım toplamı olarak bulmuşlardır. Yukarıda belirtilen yöntem, ahşap yapılı ve geniş ki-

riş açıklıklı seralara uyarlanmış her iki tip sera için doğrudan ve yaygın ışınının taban alanına ulaşan değerleri verilmiştir. Kuzey-güney ve doğu-batı doğrultusundaki ahşap serada yaygın ışınım sırasıyla %56 ve %57 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kış aylarında doğrudan ışınım değerleri, doğu-batı yönündeki serada kuzey-güney yönündeki seraya göre daha yüksek bulunmuştur.

Harnet(1975), blok seralarda yapılan güneş ışınım ölçümlerinde doğu-batı yönündeki serada kuzey-güney yönündekine göre daha yüksek değerler ve daha fazla domates ürünü elde edildiğini belirtmiştir. Bu seralarda yaygın ışınım farkı da çok düşük bulunmuştur. Aralık ayında doğrudan ışınım geçirgenliği kuzey-güney yönündeki serada daha az ölçülmüştür.

Kozai(1977) çalışmasında, örtü malzemesi ile kaplı tekli bir serada doğrudan güneş ışığı geçirgenliğinin hesaplanması için bir bilgisayar benzeşim modeli geliştirmiştir. Çalışmada sera yönlendirmesinin etkisi, enlem ve ışığın uzaysal dağılımında, mevsim içinde günlük değişim ve sera yapısına bağlı olarak incelenmiş, ayrıca Tokyo ve Amsterdam enleminde bulunan seralar için elde edilen ışık geçirgenlik değerleri karşılaştırılmıştır.

Alkan(1977), doğu-batı doğrultusunda yönlendirilen seralarda güneş ışınlarının, seranın güney yüzeylerinden içeriye girdiğini ve fazla sayıda seraların doğu-batı doğrultusundaki sıralar şeklinde düzenlenmesi halinde ilk sıranın kuzeyinde bulunan seraların, güneyde yerleştirilmiş komşu sıralar tarafından gölgeleneceğini, bu sakıncanın seralar arasında boş gölgelenme aralıkları bırakılarak giderilebileceğini belirtmiştir. Araştırmacı, sözkonusu sakıncanın ve güneşten faydalanma durumlarının karşılaştırılması sonucunda; özellikle kuzey enlem bölgelerindeki seraların doğu-batı yönünde yerleştirilmesinin daha yararlı olacağını bildirmiştir.

Walraven (1978), bilgisayarda bir model kullanarak güneşin konumunun 0.01° doğrulukla, hızlı ve basit bir şekilde bulunabileceğini belirtmiştir.

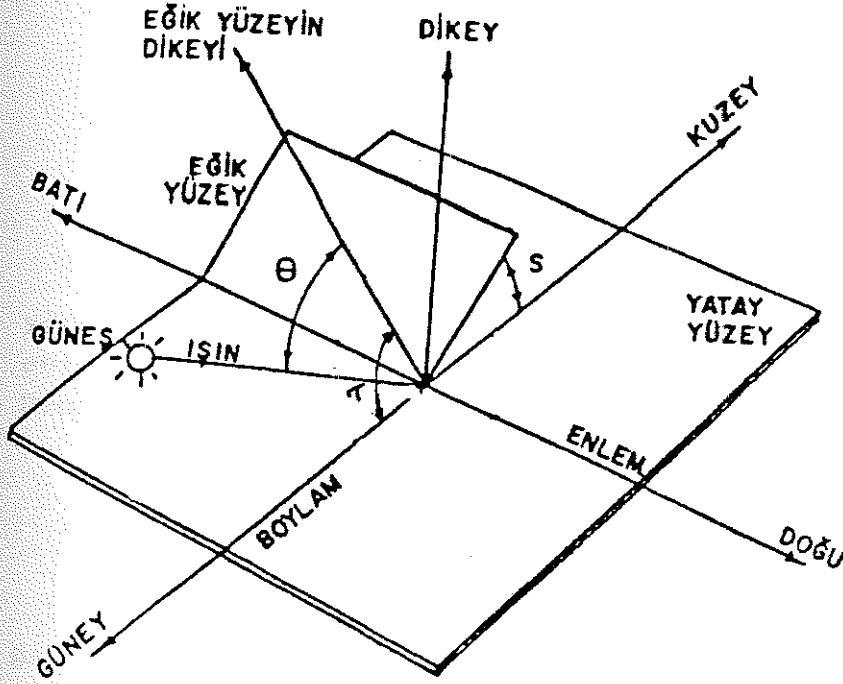
Langhans (1983)'ın bildirdiğine göre, İngiltere'de 1970 yıllarında yapılan bir denemede doğu-batı yönünde yerleştirilmiş tek açıklıklı bir sera ile doğu-batı ve kuzey-güney yönünde yerleştirilen iki açıklıklı (blok) seralarda ürün yetiştirme ve ışıklandırma kıyaslanmış ve kış aylarında doğu-batı yönünde yerleştirilen seralarda daha yüksek düzeyde ışıklandırma elde edilmiştir.

El-Adawi ve ark.(1986), yatay bir yüzeye gelen saatlik güneş ışıklandırmasının günlük değişimi ile ilgili çalışmalarında, deneysel olarak elde ettikleri değerler ile hesapladıkları değerler arasında %7'lik maksimum hata ile birbirine yakın sonuçlar bulmuşlardır.

Critten(1983)'ın bildirdiğine göre, Edward(1963), doğu-batı ve kuzey-güney yönlü seralarda yaptığı ışık geçirgenliği ölçümleri sonucunda kışın en yüksek geçirgenlik değerini uzun ekseni doğu batı yönünde olan serada elde etmiştir.

## 2.1. Güneşin Geometrisi

Güneş enerjisi konusunda araştırma ve uygulama ile uğraşanlar güneş ışınları ile dünyamız arasındaki ilişkiyi değerlendirmek zorundadırlar (Deriş 1979). Işınlar ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar oluşur. Araştırmacılar ve uygulayıcılar, bu açılar hakkında bilgi edinerek, güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanabilirler.



Şekil 2.1. Güneş açıları

Deriş (1979)'a göre, güneşe maruz bir yüzey üzerinde güneşin geometrisine ilişkin açılar Şekil 2.1'deki gibi verilmiştir. Anılan şekilde  $\tau$  yüzeyin normalinin, yerel boylama göre sapmasını gösteren açıyı (yüzey azimut açısını),  $S$  anılan yüzeyin, yatay düzlem ile yaptığı açıyı (yüzey eğim açısını),  $\theta$  güneş ışını ile yüzeyin normali arasındaki açıyı (geliş açısını) göstermektedir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada, Antalya koşullarında tip bir seranın farklı konumlardaki ışık geçirgenliği ve güneş enerjisi kazasını bilgisayar simülasyonu yöntemi ile hesaplamak için çeşitli araştırmacıların vermiş oldukları eşitlikler kullanılarak FORTRAN dilinde yazılmış bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Anılan programın geliştirilmesi ve çalıştırılarak sonuçların elde edilmesinde 640 kb kapasiteli bir 486 Dx bilgisayar kullanılmıştır.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırmanın Yeri

Çalışma, lkemizde seracılığın en yaygın olduğu Antalya yöresi koşulları için yrtlmştir. Antalya 36° 53' kuzey enlemi ile 30° 42' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Denizden yksekligi ortalama olarak 42 m'dir.

##### 3.1.2. İklim Özellikleri

Antalya'da yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bu yöreye ait meteoroloji istasyonundan alınan uzun yıllık ortalama iklimsel veriler izelge 3.1'de verilmiştir.

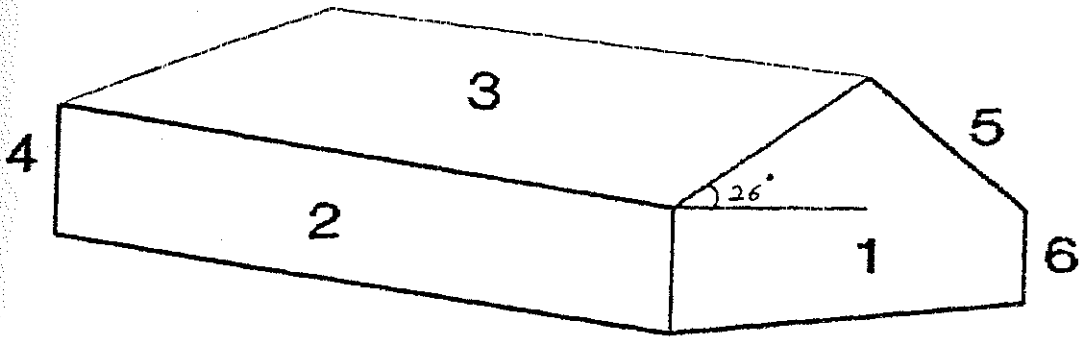


Çizelge 3.1. Bilgisayar modelinde kullanılan Antalya iline ait uzun yıllık iklimsel veriler

İklimsel Veriler	AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Min.Sic. (°C)	6.30	6.50	8.20	11.40	15.20	19.60	22.70	22.70	19.50	15.40	22.00	8.10
Max.Sic. (°C)	14.90	15.50	17.70	21.00	24.40	30.00	33.50	33.60	30.70	26.30	11.30	16.80
Sol.Rad. (MJ/m <sup>2</sup> )	6.50	8.20	12.00	16.39	18.36	20.67	20.90	19.87	15.65	11.35	7.98	5.14
Akt.Mas. (mb)	101.00	100.90	100.80	100.70	100.60	100.40	100.90	100.10	100.50	100.90	101.10	101.10
Ort.Rüz. Hz. (m/s)	3.20	3.40	3.50	3.40	3.00	2.60	2.90	2.90	2.80	3.00	2.90	2.90
Ort.Rüz. Şd. (m/s)	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Or.Mem	0.68	0.68	0.66	0.67	0.63	0.62	0.58	0.60	0.58	0.62	0.67	0.69

### 3.1.3. Bilgisayar modelinde esas alınan tip seranın özellikleri

Çalışmada, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı ile Çukurova Üniversitesi tarafından geliştirilen ve 1989 yılından bu yana Kaynak Kullanımını Destekleme Fonunca desteklenen, çelik konstrüksiyonlu cam seralardan en yaygın kullanılanı dikkate alınmıştır (Baytorun vd. Tarihsiz). Anılan seranın boyutları ve sera yüzeylerinin numaralanması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Bilgisayar modelinde esas alınan tip seranın boyutları ve sera yüzeylerinin numaralanması.

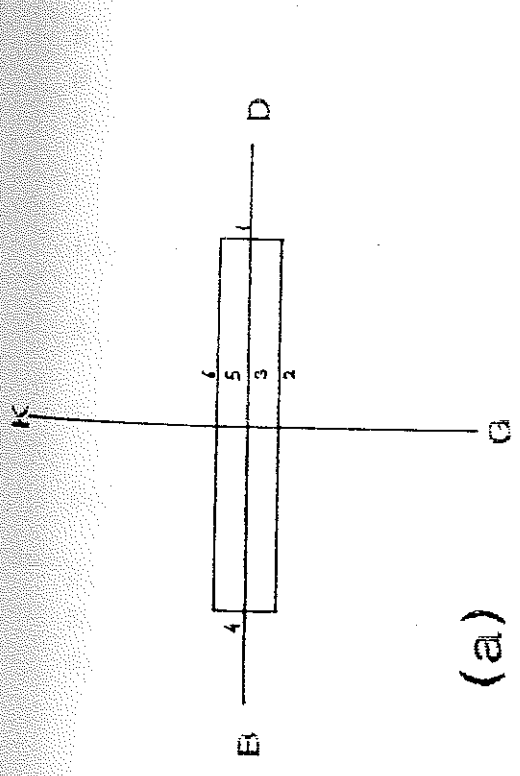
Şekil 3.1'de verilen modelde girdi olarak kullanılan tip seranın yüzey alanları aşağıda verilmiştir.

Ön ve arka yüzey alanlarının herbiri  $(1-4) = 46.94 \text{ m}^2$

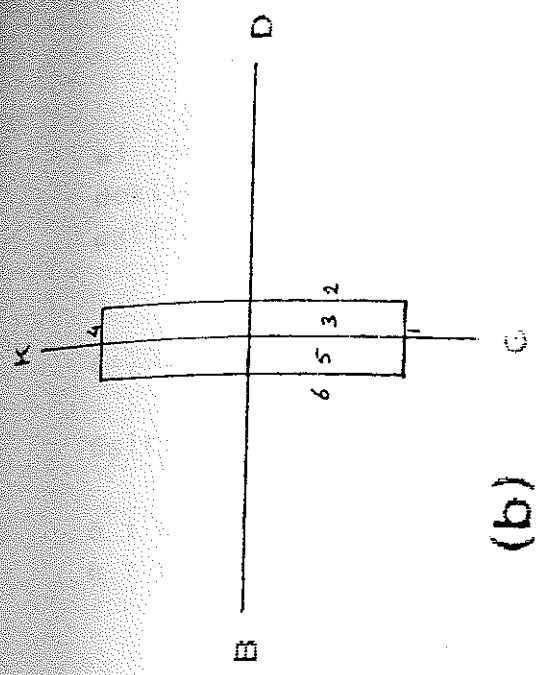
Yan duvarların alanlarının herbiri  $(2-6) = 120.36 \text{ m}^2$

Çatı yüzeylerinin alanlarının herbiri  $(3-5) = 346.80 \text{ m}^2$

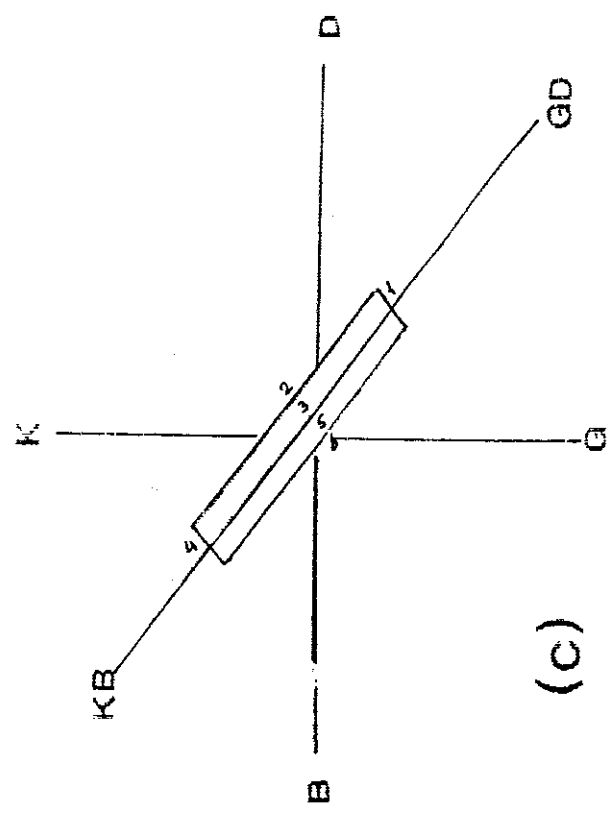
Bilgisayar modelinde uzun eksenini doğu-batı (D-B), kuzey-güney (K-G), güneydoğu-kuzeybatı (GD-KB), kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) doğrultusunda yerleştirilmiş tip sera için değerlendirme yapılmıştır. Anılan sera konumları Şekil 3.2 a,b,c ve d'de gösterilmiştir.



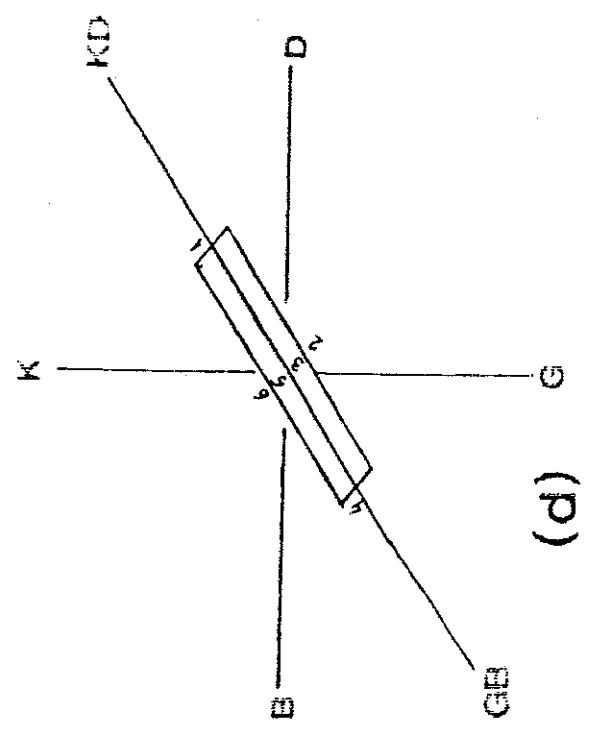
(a)



(b)



(c)



(d)

### 3.1.4. Bilgisayar modelinde kullanılan eşitlikler

**Deklinasyon açısı ( $\delta$ )** : Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yapmış olduğu açıdır (Kılıç ve Öztürk 1983). Modelde deklinasyon açısı El-Adawi vd. (1986)'nın verdiği aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\delta = 23.45 \cdot \sin[360 \cdot (284 + n) / 365] \quad (3.1)$$

Eşitlikte,

$\delta$  : Deklinasyon açısı ( $^{\circ}$ ),  
 $n$  : Bir yıldaki yığılımlı gün sayısıdır.

**Gün uzunluğu (N)** : Duffie ve Beckman (1980) tarafından verilen aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$N = 2/15 \cdot [\arccos(-\tan \theta \cdot \tan \delta)] \quad (3.2)$$

Eşitlikte,

$N$  : Gün uzunluğu,  
 $\theta$  : Çalışmanın yapıldığı yerin enlemi ( $^{\circ}$ ),  
 $\delta$  : Deklinasyon açısıdır ( $^{\circ}$ ).

**Güneşin doğuş ve batış zamanı ( $R_{\text{time}}$  ve  $S_{\text{time}}$ )** : Şipal (1992)'de verilen aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunmuştur

$$R_{\text{time}} = 12 - (\text{dayl} / 2) \quad (3.3)$$

$$S_{\text{time}} = 12 + (\text{dayl} / 2) \quad (3.4)$$

Eşitliklerde,

$R_{\text{time}}$  : Güneşin doğuş zamanı,  
 $S_{\text{time}}$  : Güneşin batış zamanı,  
 $\text{dayl}$  : Gün uzunluğudur.

Güneş zaman katsayısı (B) : Duffie ve Beckman (1980)'ın verdiği aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$B = 360(n-81)/364 \quad (3.5)$$

Eşitlikte,

B : Güneş zaman katsayısı,  
n : Gün uzunluğudur.

Zaman düzeltme faktörü (EQT) : Solar zamanı bulmada kullanılan sözkonusu faktör Willits (1990)'den alınmıştır. Anılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{EQT} = & -00002 + 0.4197 \cdot \text{Cos}(B) - 3.2265 \cdot \text{Cos}(2B) - 0.0903 \cdot \text{Cos}(3B) \\ & - 7.351 \cdot \text{Sin}(B) - 9.3912 \cdot \text{Sin}(2B) - 0.336 \cdot \text{Sin}(3B) \end{aligned} \quad (3.6)$$

EQT : Zaman düzeltme faktörü,  
B : Güneş zaman katsayısıdır.

Güneş zamanı (SOTIME) : Güneşin gökyüzündeki durumunu belirten bu değişken Willits (1990)'dan alınan aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{SOTIME} = \text{EQT} + \text{TIME} \quad (3.7)$$

Eşitlikte,

SOTIME : Güneş zamanı,  
TIME : Yerel zaman,  
EQT : Zaman düzeltme faktörüdür.

Saat açısı (W) : Gözönüne alınan yerin boylamı ile güneşi dünya merkezine birleştiren doğrunun arasındaki açıdır (Kılıç ve Öztürk 1983). Saat açısı Kimball (1973)'de verilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$W = 15 \cdot (\text{SOTIME} - 12) \quad (3.8)$$

Eşitlikte,

W : Saat açısı,  
SOTIME : Güneş zamanıdır.

Güneş ışınlarının geliş açısı ( $\theta$ ) : Kreith ve Kreider (1978)'den alınan eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Anılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \cos\theta = & \sin\delta \cdot \sin\theta \cdot \cos s - \sin\delta \cdot \cos\theta \cdot \sin s \cdot \cos\tau \\ & + \cos\delta \cdot \cos\theta \cdot \cos s \cdot \cos w \\ & + \cos\delta \cdot \sin\theta \cdot \sin s \cdot \cos\tau \cdot \cos w \\ & + \cos\delta \cdot \sin s \cdot \sin\tau \cdot \sin w \end{aligned} \quad (3.9)$$

Eşitlikte,

$\theta$  : Geliş açısı ( $^{\circ}$ ),  
 $\delta$  : Deklinasyon açısı ( $^{\circ}$ ),  
 $\theta$  : Enlem derecesi ( $^{\circ}$ ),  
s : Yüzey açısı ( $^{\circ}$ ),  
W : Saat açısı ( $^{\circ}$ ),  
 $\tau$  : Yüzey azimut açısıdır ( $^{\circ}$ ).

Örtü malzemesinin ışık geçirgenliği (TRA) : Willits (1990)'de verilen aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulunmuştur.

$$\text{TRA} = \text{YUK} - (0.161 \cdot \theta) + (0.685 \cdot \theta^2) - (0.978 \cdot \theta^3) + (0.25 \cdot \theta^4) \quad (3.10)$$

Eşitlikte,

TRA : Örtü malzemesi geçirgenliği (%),  
YUK : Maksimum örtü malzemesi geçirgenliği (%),  
 $\theta$  : Geliş açısıdır ( $^{\circ}$ ).

Öğle zamanındaki güneş ışınımı (GSOL) : Kimball ve Bellamy (1986) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir.

$$\text{GSOL} = ((\text{SD}(\text{MO}) \cdot 3.14) / (2 \cdot \text{DAYL})) (1000000 / 3600) \quad (3.11)$$

Eşitlikte,

GSOL : Ögle zamanındaki güneş ışınımı ( $W/m^2$ ),  
SD : Toplam günlük güneş ışınımı ( $W/m^2$ ),  
MO : Ay indisi,  
DAYL : Gün uzunluğudur.

Örtü malzemesi üzerine gelen anlık radyasyon (SO) :  
Kimball ve Bellamy (1986)'nin verdiği aşağıdaki eşitlik kul-  
lanılarak elde edilmiştir.

$$SO = GSOL \cdot \cos\left(\frac{3.14159 \cdot (SOTIME - 12)}{DAYL}\right) \quad (3.12)$$

Eşitlikte,

SO : Anlık güneş ışınımı ( $W/m^2$ ),  
GSOL : Ögle zamanındaki güneş ışınımı ( $W/m^2$ ),  
SOTIME : Güneş zamanı,  
DAYL : Gün uzunluğudur.

Sera içerisinde kazanılan toplam direkt radyasyon

(TOPGÜNEŞ1), : Kimball ve Bellamy (1986) tarafından verilen  
aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$TOPGÜNEŞ1 = TOPGÜNEŞ2 + (TRA \cdot SO) \quad (3.13)$$

Eşitlikte,

TOPGÜNEŞ1 : Toplam direkt radyasyon (yığışımli) ( $W/m^2$ ),  
TOPGÜNEŞ2 : Toplam direkt radyasyon ( $W/m^2$ ),  
TRA : Işık geçirgenliği (%),  
SO : Anlık güneş ışınımı ( $W/m^2$ ).

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Simulasyon modelinin çerçevesi

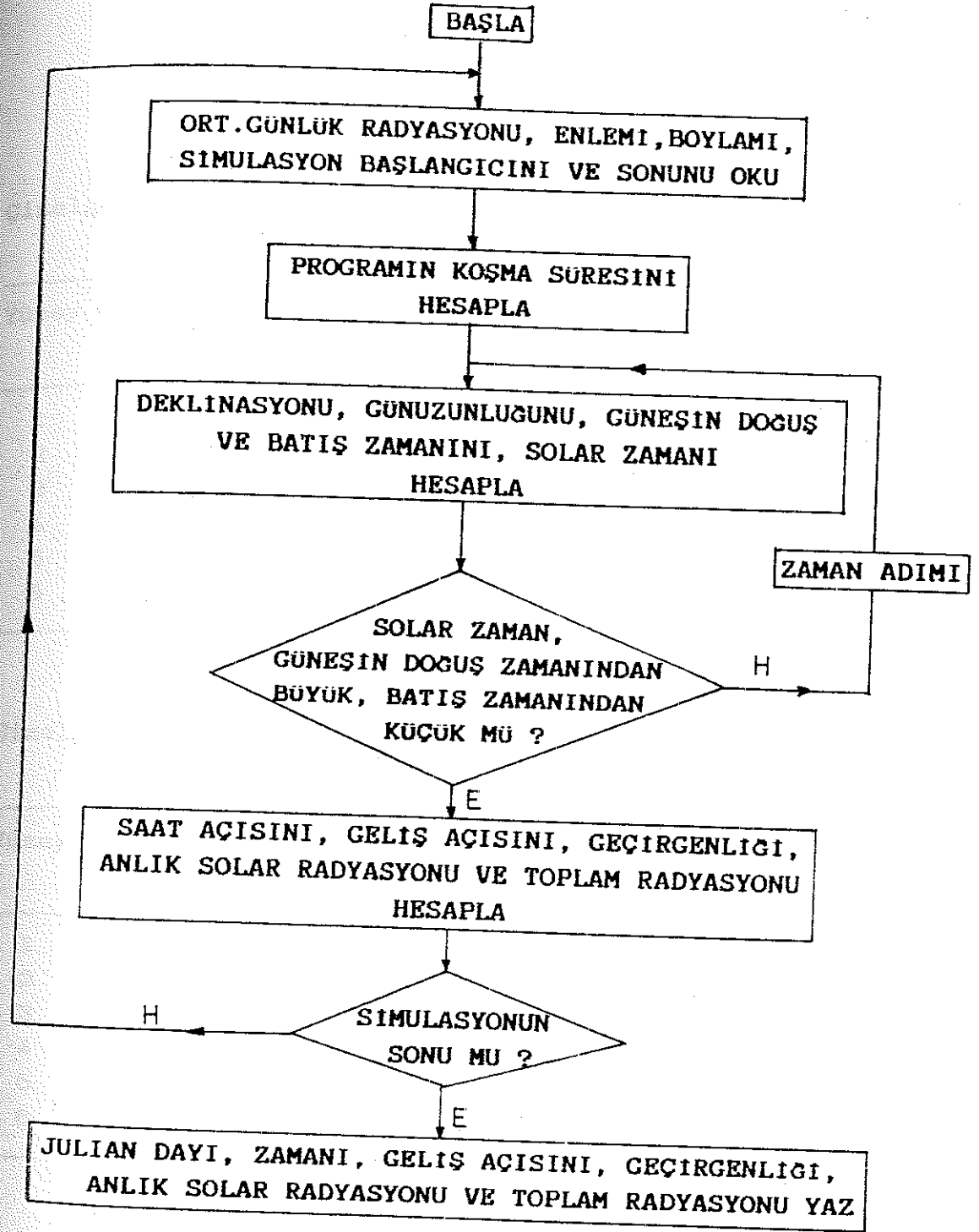
Tip seranın farklı konumlardaki güneş enerjisi kazanımlarını belirlemek için geliştirilen bilgisayar modelinin akış şeması Şekil 3.3'de, programda kullanılan değişkenlerin listesi Ek.1'de, bilgisayar programı ise Ek.2'de verilmiştir.

Anılan şekil ve eklerden görüldüğü gibi programda, girdilerin ve çıktılarının saklandığı dosyalar yaratılmakta daha sonra simulasyon süresince hergün için saatlik geliş açısı, geçirgenlik ve radyasyon değerleri hesaplanmaktadır. Seranın  $1 \text{ m}^2$ 'lik yüzey alanında kazanılan radyasyon değerleri  $\text{W/m}^2 = \text{J/m}^2\text{sn}$  birimiyle elde edilmektedir. Daha sonra her saat başındaki geçirgenlik değerleri ile anlık radyasyon değerleri çarpılarak sonuçlar toplanmakta ve bu sonuçlar tip seranın yüzeylerinin herbirinin alanı ve 3600 sn ile çarpılarak anılan yüzeylerden yetiştirme mevsimi boyunca (Kasım-Nisan ayları arasındaki altı aylık dönem) kazanılan toplam enerji Joule (J) olarak hesaplanmaktadır.

#### 3.2.2. Bilgisayar modelinde kullanılan girdiler

Bilgisayar modelinde girdi verisi olarak Antalya ilinin enlem ve boylam dereceleri, ortalama günlük radyasyon değerleri (MJ), simulasyonun başlangıç ve bitim günleri, tip seranın boyutları, ayrıca programın çalıştırılması sırasında istenen yüzey eğim açısı ( $^\circ$ ), yüzey azimut açısı ( $^\circ$ ), maksimum örtü geçirgenliği (%) verilmektedir. Ortalama günlük radyasyon değerleri, Çizelge 3.1'den hesaplama periyodundaki aylar için (Kasım-Nisan) sırasıyla 7.98, 5.14, 6.50, 8.20, 12.00, 16.39 MJ olarak alınmıştır. Simulasyon süresi (Kasım-Nisan) için başlangıç ve bitim yığılımlı gün sayısı (julian day) değerleri 345. ve 120. günler alınmıştır. Programın çalıştırılması için istenen yüzey eğim açısı ve yüzey azimut açısı değerleri farklı tip sera konumları için Çizelge 3.2, 3.3, 3.4, ve 3.5'de verilmiştir.





Sekil 3.3. Araştırmada kullanılan bilgisayar modelinin akış şeması

Çizelge 3.2. Dogu-batı yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.

Yüzey No	Yüzey Eğim Açısı $\theta$ (°)	Yüzey Azimut Açısı $\tau$ (°)
1	89	270
2	89	0
3	26	0
4	89	90
5	26	180
6	89	180

Çizelge 3.3. Kuzey-güney yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.

Yüzey No	Yüzey Eğim Açısı $\theta$ (°)	Yüzey Azimut Açısı $\tau$ (°)
1	89	180
2	89	270
3	26	270
4	89	0
5	26	90
6	89	90

Çizelge 3.4. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.

Yüzey No	Yüzey Eğim Açısı B (°)	Yüzey Azimut Açısı τ (°)
1	89	315
2	89	45
3	26	45
4	89	135
5	26	225
6	89	225

Çizelge 3.5. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki seranın analizi için gerekli girdiler.

Yüzey No	Yüzey Eğim Açısı B (°)	Yüzey Azimut Açısı τ (°)
1	89	225
2	89	315
3	26	315
4	89	45
5	26	135
6	89	135

Ayrıca programda, sera yan duvarları ile ön ve arka yüzeylerin eğim açıları programın çalışabilmesi için 89° alınmıştır.

Maksimum örtü geçirgenliği 3.8 mm'lik cam örtü malzemesi için %90 alınmıştır (Baytorun 1995).

### 3.2.3. Varsayımlar

Çalışmada, yalnızca doğrudan ışınım gözönüne alınmıştır. Bu nedenle, yaygın ışınım, rüzgar, yansıma, örtü malzemesinin kirliliği ve eskiliği, bulutluluk, sera elemanlarının oluşturacağı gölgelemenin etkisi gibi koşullar tüm seralar için aynı varsayılmıştır. Ayrıca, programda güneş ışınının geliş açısı 85° den büyük olduğunda geçirgenlik 0'dır. Elde edilen sonuçlarda bazı sera yüzeylerinden radyasyon kazanımı ihmal edilecek kadar küçük olduğundan 0 alınmıştır.

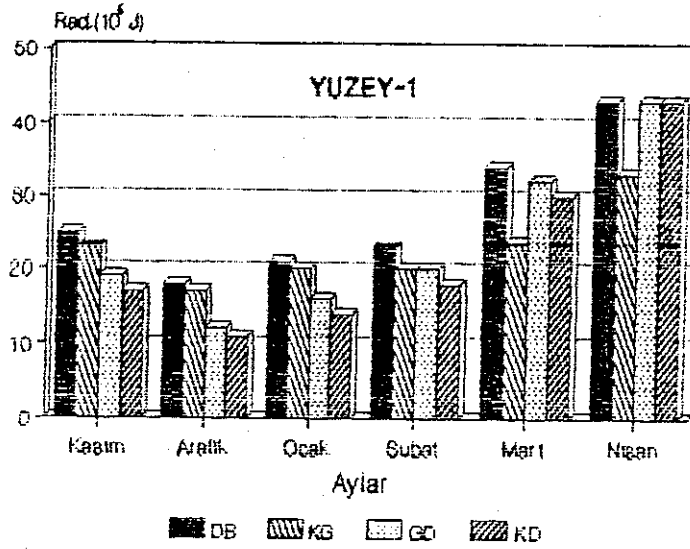
### 3.2.4. Çıktılar

Programın çalıştırılması sonucunda çıktılar yığışımli gün sayısı (julian day), zaman (saat), güneş ışınlarının geliş açısı (°), örtü malzemesinin geçirgenliği (%), anlık radyasyon ( $W/m^2$ ) ve kazanılan toplam radyasyon ( $W/m^2$ ) olarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan tip seranın numaralandırılmış yüzeylerinden tüm yetiştirme mevsimi süresince elde edilmiş doğrudan radyasyon değerleri her yüzey için ayrı ayrı ve serada kazanılan toplam radyasyon değerleri olarak çubuk grafik şeklinde gösterilmiştir. Ayrıca, yetiştirme mevsimi süresince bir gün içerisinde sera yüzeylerine gelen güneş ışını geliş açısı ve örtü malzemesinden olan geçirgenlik saatlik olarak çizgisel grafik biçiminde gösterilmiştir.

#### 4. BULGULAR

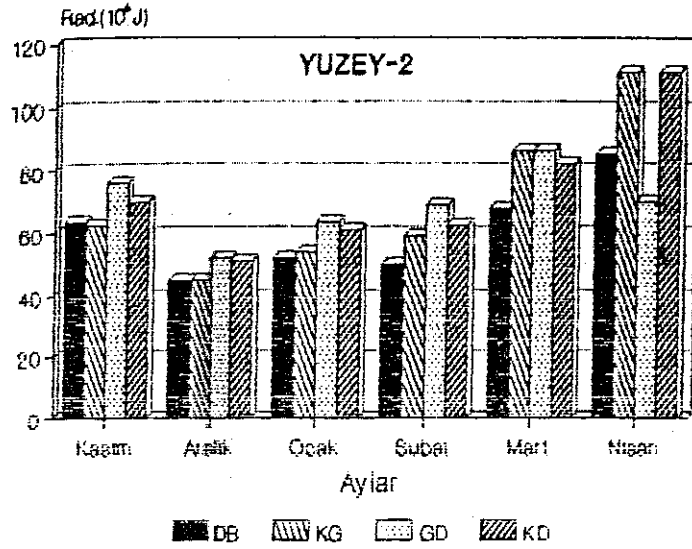
##### 4.1 Yetiştirme Mevsimi Boyunca Farklı konumlarda Sera Yüzeylerinden Kazanılan Aylık Toplam Direkt Radyasyon

Araştırmada ele alınan seranın 1 no.lu yüzeyinin 4 ayrı konumda kazandığı aylık direkt radyasyon değerleri Ek 3'de verilmiş ve Şekil 4.1'de grafiklenmiştir. Grafikten görüldüğü üzere direkt radyasyon kazanımı kış aylarından başlayarak devamlı bir artış göstermektedir. Anılan yüzeyden kazanılan maksimum radyasyon dört farklı konum için Nisan ayında minimum radyasyon kazanımı ise Aralık ayında olmaktadır.



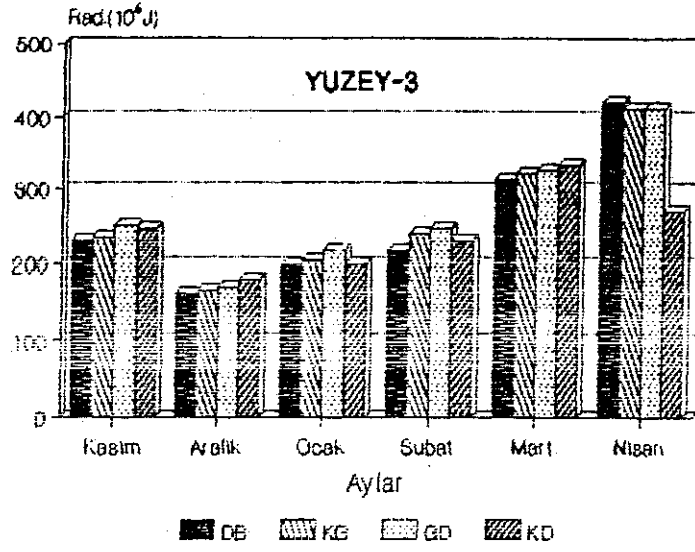
Şekil 4.1. Farklı konumlarda 1 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.

Farklı konumlarda seranın 2 no.lu yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri Ek 4'de verilmiştir. Anılan değerlerin değişimi ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Buna göre 2'no.lu yüzeyde maksimum radyasyon kazanımı yine Nisan ayında, kuzey-güney ve kuzeydoğu-güneybatı yönlerinde en az radyasyon kazanımı ise Aralık ayında ve doğu-batı kuzey-güney yönlerinde olmaktadır.



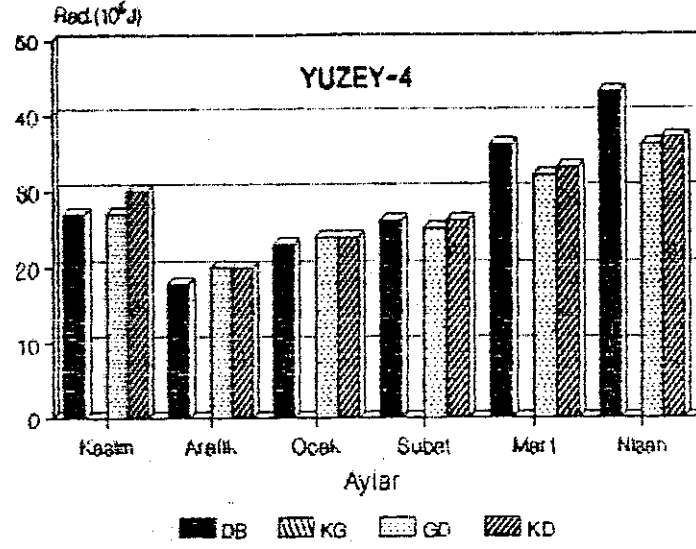
Şekil 4.2. Farklı konumlarda 2 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.

Seranın 3 no.lu yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri Ek 5'de verilmiş ve Şekil 4.3'de ise değerlerin değişimi grafiklenmiştir. Grafikte de görüldüğü üzere radyasyon kazanımı diğer yüzeylerdeki ile benzer değişim göstermektedir. Maksimum radyasyon kazanımı Nisan ayında ve doğu-batı yönünde, minimum radyasyon kazanımı ise Aralık ayında, doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde olmaktadır.



Şekil 4.3. Farklı konumlarda 3 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.

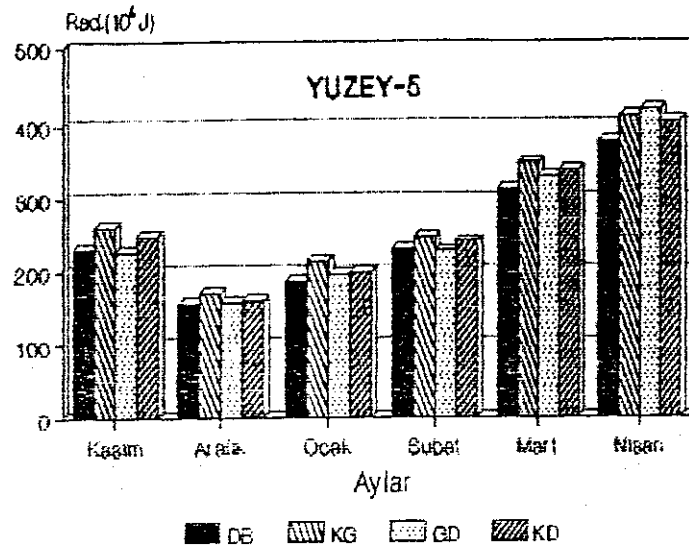
Seranın 4 no.lu yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri Ek 6'da verilmiş ve değerlerin değişimi ise Şekil 4.4'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Buna göre en fazla radyasyon kazanımı Nisan ayında doğu-batı yönünde en az radyasyon kazanımı ise Aralık ayında ve yine doğu-batı yönünde olmaktadır.



Şekil 4.4. Farklı konumlarda 4 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.

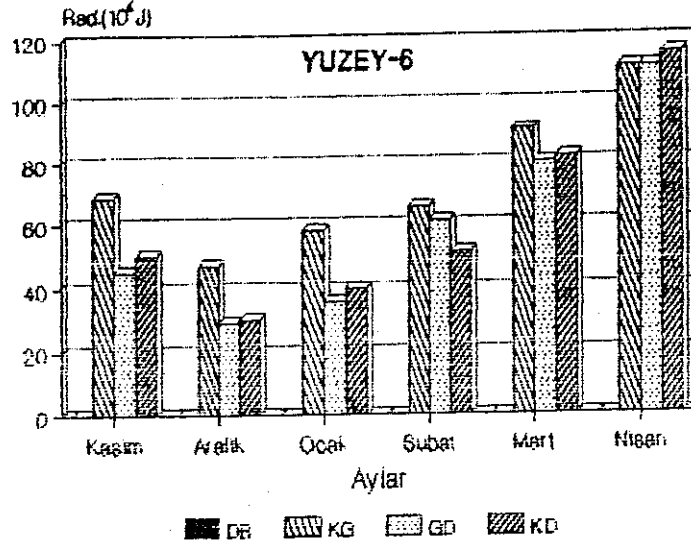
Seranın 5 no.lu yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri Ek 7'de verilmiş ve değerlerin değişimi ise Şekil 4.5'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere en fazla radyasyon Nisan ayında güneydoğu-kuzeybatı yönünde, en az radyasyon kazanımının ise Aralık ayında dört farklı konum için aynı olduğu görülmektedir.





Şekil 4.5. Farklı konumlarda 5 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.

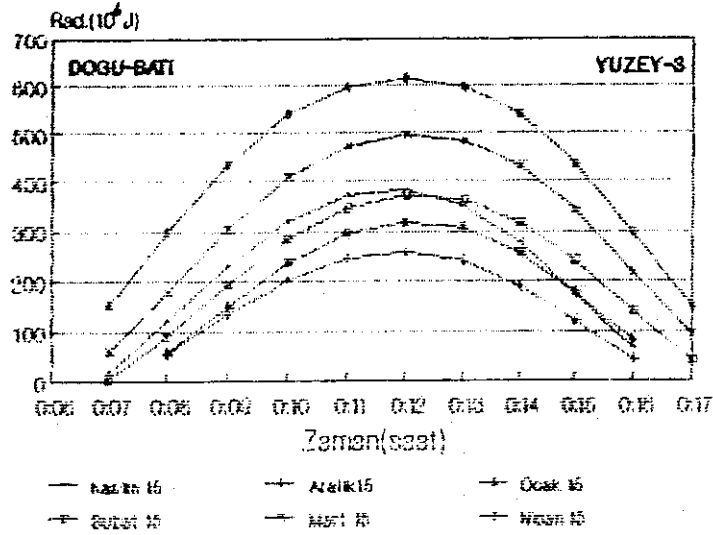
Seranın 6 no.lu yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri Ek 8'de verilmiştir. Anılan değerlerin değişimi ise Şekil 4.6'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Anılan yüzeyden en fazla radyasyon kazanımı Nisan ayında kuzeydoğu-güneybatı yönünde, en az radyasyon kazanımı ise Aralık ayında güneydoğu-kuzeybatı yönünde olmaktadır.



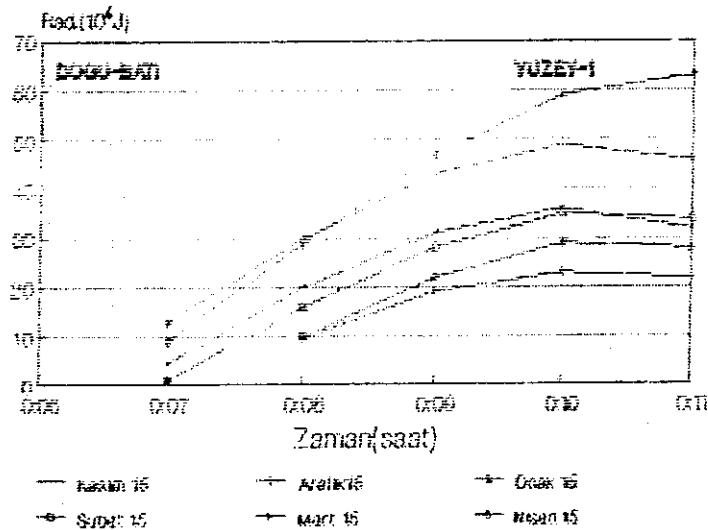
Şekil 4.6. Farklı konumlarda 6 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerlerinin değişimi.

#### 4.2. Yetiştirme Mevsimi Boyunca Dört Ayrı Konum İçin Maksimum Ve Minimum Işık Geçirgenliği Durumunda Sera Yüzeylerinden Kazanılan Saatlik Direkt Radyasyon Değerleri

Doğu-batı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliği 3 no.lu yüzeyde (Çatı yüzeyi), minimum ışık geçirgenliği ise 1 no.lu yüzeyde elde edilmiştir. Doğu-batı yönlü seranın 3 ve 1 no.lu yüzeylerinden elde edilen saatlik direkt radyasyon değerleri Ek 9 ve 10'da verilmiştir. Anılan değerlerin değişimi ise Şekil 4.7 ve 4.8'de grafiklenmiştir.

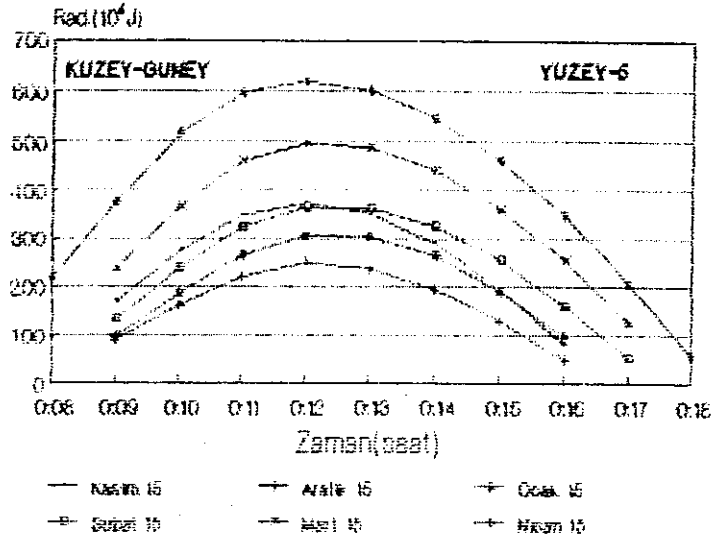


Şekil 4.7. Doğru-batı yönündeki seranın 3 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.

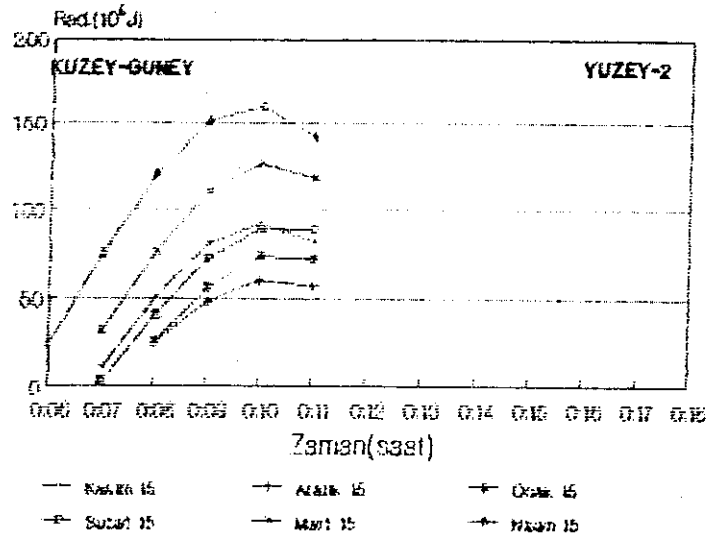


Şekil 4.8. Doğru-batı yönündeki seranın 1 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.

Kuzey-güney yönlü serada maksimum ışık geçirgenliği 5 no.lu yüzeyde (Çatı yüzeyi), minimum ışık geçirgenliği ise 2 no.lu yüzeyde elde edilmiştir. Kuzey-güney yönlü seranın 5 ve 2 no.lu yüzeylerinden elde edilen saatlik direkt radyasyon değerleri Ek 11 ve 12'de verilmiştir. Anılan değerlerin değişimi ise Şekil 4.9 ve 4.10'da grafiklenmiştir.



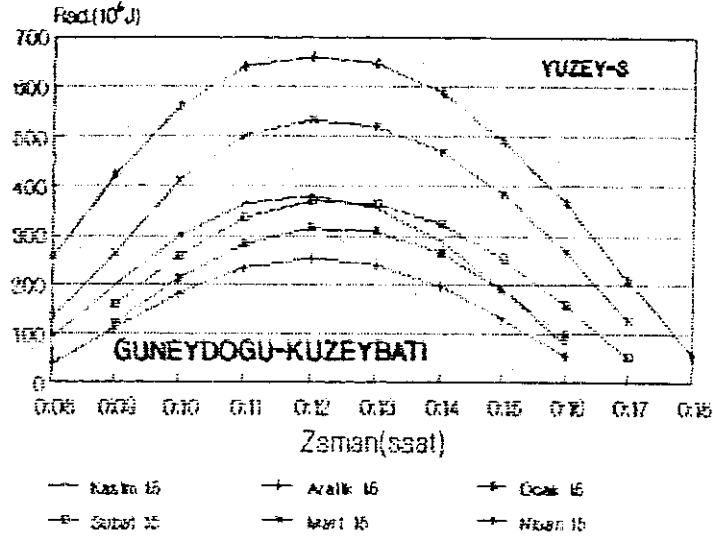
Şekil 4.9. Kuzey-güney yönündeki seranın 5 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.



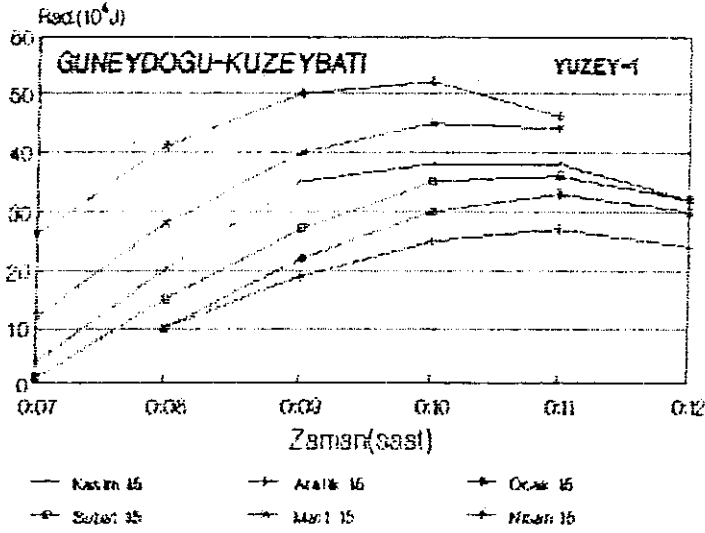
Şekil 4.10. Kuzey-güney yönündeki seranın 2 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.

Güneydoğu-kuzeybatı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliği 3 no.lu yüzeyde (Çatı yüzeyi), minimum ışık geçirgenliği ise 1 no.lu yüzeyde elde edilmiştir. Güneydoğu-kuzeybatı yönlü seranın 3 ve 1 no.lu yüzeylerinden elde edilen saatlik di-

rekt radyasyon degerleri Ek 13 ve 14'de verilmiştir. Anılan degerlerin değişimi ise Şekil 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir.

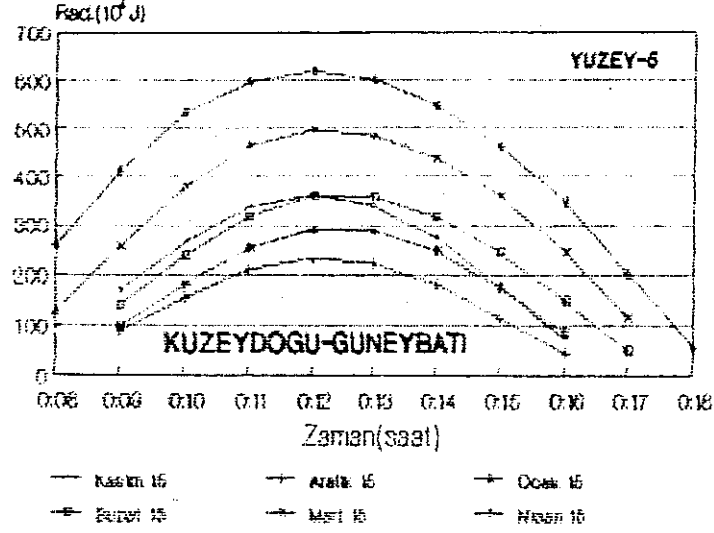


Şekil 4.11. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki seranın 3 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.

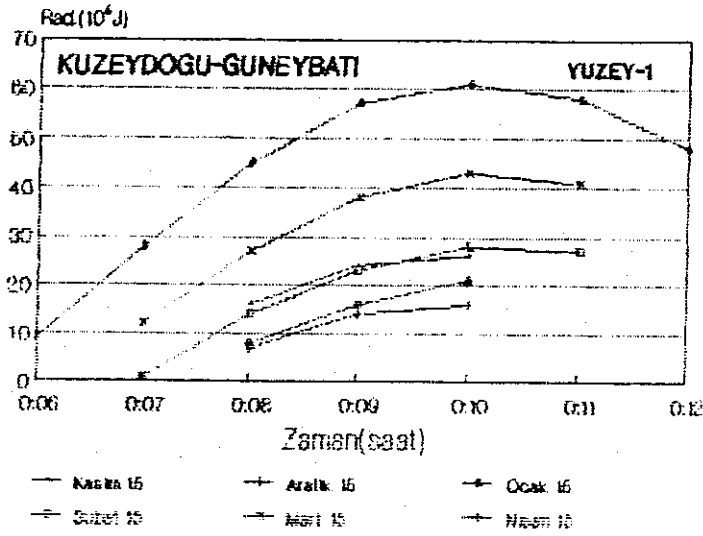


Şekil 4.12. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki seranın 1 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.

Kuzeydoğu-güneybatı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliği 5 no.lu yüzeyde (çatı yüzeyi), minimum ışık geçirgenliği ise 1 no.lu yüzeyde elde edilmiştir. Kuzeydoğu-güneybatı yönlü seranın 5 ve 1 no.lu yüzeylerinden elde edilen saatlik direkt radyasyon değerleri Ek 15 ve 16'da verilmiştir. Anılan değerlerin değişimi ise Şekil 4.13 ve 4.14'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



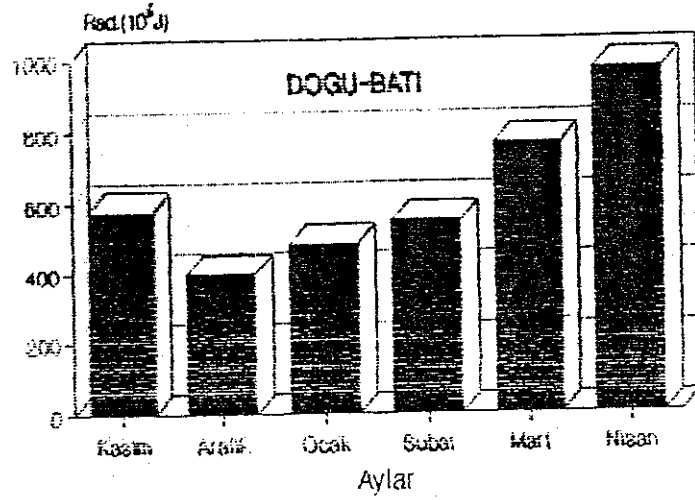
Şekil 4.13. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki seranın 5 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.



Şekil 4.14. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki seranın 1 no.lu yüzeyinden kazanılan saatlik radyasyon değerleri değişimi.

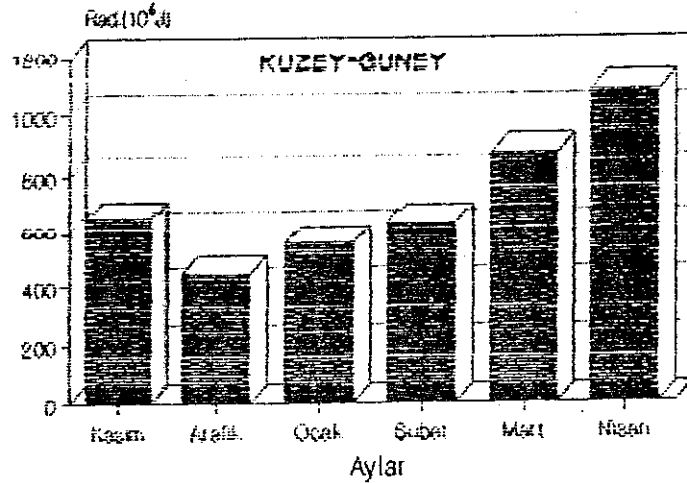
#### 4.3 Yetiştirme Mevsimi Boyunca Farklı Sera Konumlarında Tüm Yüzeylerden Aylık Toplam Direkt Radyasyon Kazanımları

Doğu-batı yönündeki serada, yetiştirme mevsimi içindeki aylar için tüm yüzeylerden toplam direkt radyasyon kazanımları Ek 17'de verilmiştir. Söz konusu değerlerin değişimi ise Şekil 4.15'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere maksimum radyasyon kazanımı Nisan ayında, minimum radyasyon kazanımı ise Aralık ayında olmaktadır.



Şekil 4.15. Doğu-batı yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.

Kuzey-güney yönündeki serada yetiştirme mevsimi içindeki aylar için tüm yüzeylerden toplam direkt radyasyon kazanımları Ek 18'de verilmiştir. Değerlerin değişimi ise Şekil 4.16 da grafiklenmiştir. Anılan grafikte en fazla radyasyon kazanımı Nisan ayında, minimum radyasyon kazanımı ise Aralık ayında olmaktadır.

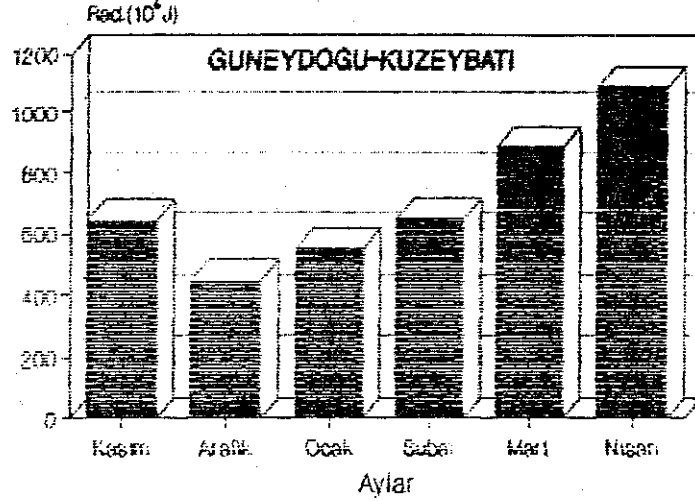


Şekil 4.16. Kuzey-güney yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.

Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada yetiştirme mevsimi

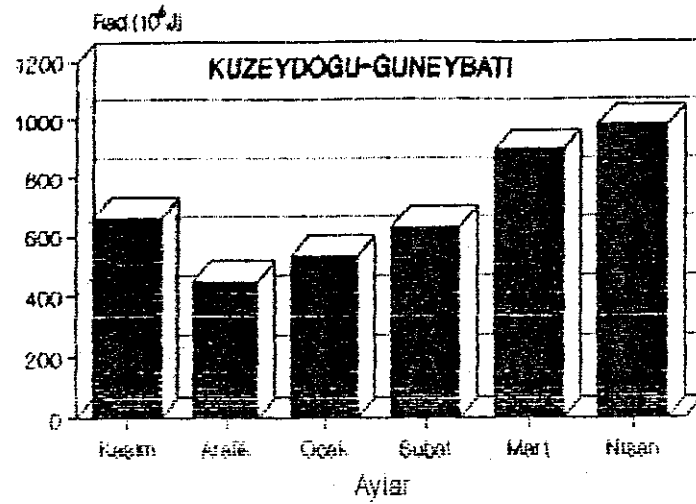


içindeki aylar için tüm yüzeylerden toplam direkt radyasyon kazanımları Ek 19'da verilmiştir. Söz konusu değerlerin değişimi ise Şekil 4.17'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere maksimum radyasyon kazanımı Nisan ayında, minimum radyasyon kazanımı ise Aralık ayında olmaktadır.



Şekil 4.17. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.

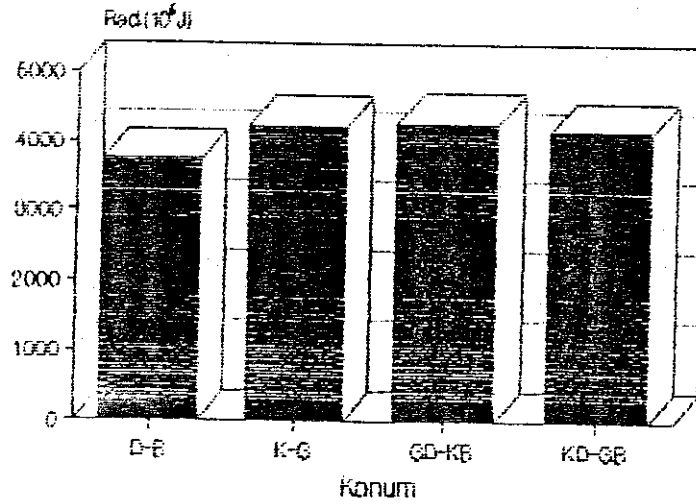
Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada yetiştirme mevsimi içindeki aylar için tüm yüzeylerden toplam direkt radyasyon kazanımları Ek 20'de verilmiştir. Söz konusu değerlerin değişimi ise Şekil 4.18'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Anılan grafikte maksimum radyasyon değerine Nisan ayında, minimum radyasyon değerine de Aralık ayında ulaşılmaktadır.



Şekil 4.18. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada tüm yüzeylerden aylık toplam direkt radyasyon kazanımının değişimi.

#### 4.4. Farklı Sera Konumlarında Tüm Yüzeylerden Mevsimlik Toplam Güneş Enerjisi Kazanımları

Farklı sera konumlarında tüm yüzeylerden mevsimlik toplam direkt radyasyon kazanımları Ek 21'de verilmiş sözkonusu değerlerin değişimi ise Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere dört farklı konum için direkt radyasyon kazanımları arasında önemli bir fark görülmemektedir.



Şekil 4.19. Farklı sera konumlarında tüm yüzeylerden mevsimlik toplam direkt radyasyon kazanımlarının değişimi.

## 5. TARTIŞMA

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi dört farklı konumda 1 no.lu yüzeyden kazanılan toplam direkt radyasyonun minimum değeri Aralık ayında  $11.40 \times 10^6$  J ile kuzeydoğu-güneybatı yönünde olmaktadır. Maksimum değer ise Nisan ayında  $43.27 \times 10^6$  J ile kuzeydoğu-güneybatı yönünde olduğu görülmektedir. Kış aylarında en fazla direkt radyasyon  $61.29 \times 10^6$  J ile doğu-batı yönünde elde edilmiştir. Anılan yüzeyde toplam olarak en fazla direkt radyasyon kazanımı  $162.74 \times 10^6$  J ile doğu-batı yönünde bulunmuştur.

Şekil 4.2'den görüldüğü üzere, 2 no.lu yüzeyde kazanılan minimum radyasyon değeri Aralık ayında  $44.70 \times 10^6$  J olarak doğu-batı yönünde elde edilmiştir. Kazanılan maksimum radyasyon değeri ise  $111 \times 10^6$  J ile kuzeydoğu-güneybatı yönünde meydana gelmiştir. Kış aylarındaki maksimum toplam direkt ışınım değeri  $185 \times 10^6$  J ile güneydoğu kuzeybatı yönünde belirlenmiştir. Toplam olarak en fazla direkt radyasyon kazanımı  $437.10 \times 10^6$  J ile kuzeydoğu-güneybatı yönünde elde edilmiştir.

Şekil 4.3'den görüldüğü gibi, 3 no.lu yüzeyde maksimum direkt radyasyonun Nisan ayında doğu-batı yönünde  $418.70 \times 10^6$  J olduğu, minimum değer ise yine Aralık ayında ortalama  $162.80 \times 10^6$  J ile doğu-batı yönünde elde edildiği belirlenmiştir. Kış ayları dikkate alındığında maksimum toplam direkt radyasyon kazanımı  $632.2 \times 10^6$  J ile güneydoğu-kuzeybatı yönünde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde toplam olarak en fazla direkt radyasyon kazanımı güneydoğu-kuzeybatı yönünde  $1617.20 \times 10^6$  J olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.4'den görüleceği gibi, 4 no.lu yüzeyden yetiştirme mevsimi boyunca elde edilen minimum direkt radyasyon kazanımı Aralık ayında  $18.10 \times 10^6$  J ile doğu-batı yönünde, maksimum direkt radyasyon kazanımı ise  $43.30 \times 10^6$  J ile yine doğu-batı yönünde elde edilmiştir. Ayrıca kuzey-güney yönünde 4 no.lu yüzeyin konumu dolayısı ile güneşin doğuş ve batış zamanları arasında güneş ışığından doğrudan yararlanmadığı,

bu nedenle (Kasım-Nisan) ayları arasında anılan yönde önemli bir enerji kazanımı olmadığı görülmektedir. Kış aylarındaki maksimum toplam direkt radyasyon değeri ise kuzeydoğu-güney batı yönünde  $70 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir. Toplam direkt radyasyon kazanımı ise doğu-batı yönünde  $172.40 \times 10^6$  J olarak bulunmuştur.

Şekil 4.5'den görüleceği gibi, 5 no.lu yüzeyin minimum enerji kazanımı  $155.18 \times 10^6$  J ile Aralık ayında ve doğu-batı yönünde, maksimum enerji kazanımı ise  $419 \times 10^6$  J ile Nisan ayında ve güneydoğu-kuzeybatı yönünde olmaktadır. Kış aylarındaki maksimum toplam direkt radyasyon kazanımı kuzey-güney yönünde  $630.16 \times 10^6$  J olmaktadır. Bu yüzeyde toplam direkt radyasyon kazanımı  $1648.96 \times 10^6$  J ile kuzey-güney yönünde elde edilmiştir.

Şekil 4.6'dan görüleceği gibi, 6 no.lu yüzeyde aylık toplam direkt radyasyonun minimum değeri Aralık ayında güney doğu-kuzeybatı yönünde  $29.40 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir. Ayrıca doğu-batı yönünde (Kasım-Nisan) ayları arasında 6 no.lu yüzey konumundan dolayı gün içerisinde güneş ışınlarını doğrudan alamamaktadır. Bu nedenle 6 no.lu yüzeyden direkt radyasyon kazanımının olmadığı görülmektedir. Maksimum enerji kazanımı ise kuzeydoğu-güneybatı yönünde  $115 \times 10^6$  J ile Nisan ayında olmaktadır. Kış ayları gözönüne alındığında anılan yüzeyden maksimum toplam direkt radyasyon kazanımının kuzey-güney yönünde  $168.70 \times 10^6$  J olduğu görülmektedir. Toplam direkt radyasyon kazanımı ise kuzey-güney yönünde  $439.90 \times 10^6$  J olarak bulunmuştur.

Bu değerlere göre, en fazla direkt radyasyon kazanımının güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada 3 no.lu ve kuzey-güney yönünde 5 no.lu çatı yüzeylerinden olduğu belirlenmiştir. Anılan bu yüzeylerden, sera yan duvarlarına (2 ve 6 no.lu yüzeyler) oranla yaklaşık 3.5 kat daha fazla direkt radyasyon kazanımı elde edilmiştir.

Şekil 4.7'den görüleceği gibi doğu-batı yönündeki serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 3 no.lu yüzey-

de bir gündeki saatlik enerji kazanımının sabah güneşin doğuşu ve akşam güneş batışı zamanlarında en az, tam öğle zamanında saat 12:00'de maksimum değerde olmaktadır. Tüm gün boyunca ışıklanan yüzeylerde bu durum benzerdir. Böylece maksimum radyasyon kazanımı Nisan ayında saat 12:00'de  $614 \times 10^6$  J olarak elde edilmektedir. Minimum ışık geçirgenliği Aralık ayında aynı saatte  $258 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir. Buna göre yetiştirme mevsimi boyunca ortalama olarak 12:00'deki maksimum direkt radyasyon değeri  $407 \times 10^6$  J olmaktadır. Kış ayları dikkate alındığında ise saat 12:00'deki ortalama maksimum radyasyon  $316 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi doğu-batı yönündeki serada en az ışık geçirgenliğe sahip 1 no.lu yüzeyden kazanılan maksimum direkt radyasyon değeri saat 11:00'de  $63 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında elde edilmiştir.

Şekil 4.9'dan görüleceği gibi kuzey-güney yönündeki serada maksimum ışık geçirgenliği 5 no.lu yüzeyde saat 12:00'de  $619 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında elde edilmiştir. Işık Geçirgenliğinin en az olduğu ay olan Aralık'ta bu değer saat 12:00'de  $247 \times 10^6$  J olmaktadır. Mevsimlik ortalama maksimum radyasyon 12:00'de  $400 \times 10^6$  J olarak elde edilmektedir. Kış ayları gözönüne alındığında ortalama maksimum radyasyon değeri  $306 \times 10^6$  J olmaktadır.

Şekil 4.10'da kuzey-güney yönündeki serada en az ışık geçirgenliğine sahip 2 no.lu yüzeyden kazanılan maksimum direkt radyasyon değeri saat 10:00'da  $160 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında elde edilmiştir.

Şekil 4.11'den görüleceği gibi güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada maksimum geçirgenliği 3 no.lu yüzeyde ve tam öğle zamanında saat 12:00'de  $661 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında elde edilmiştir. Mevsimlik ortalama maksimum radyasyon 12:00'de  $419 \times 10^6$  J olarak belirlenmiştir. Kış ayları gözönüne alındığında ortalama maksimum direkt radyasyon değeri  $305 \times 10^6$  J olmaktadır.

Şekil 4.12'de güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada en az ışık geçirgenliğine sahip 1 no.lu yüzeyden kazanılan maksimum direkt radyasyon değeri saat 10:00'da  $52 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında elde edilmiştir. Tüm yetiştirme mevsimi boyunca bu yüzeyden kazanılan ortalama maksimum radyasyon değeri saat 10:00'da  $38 \times 10^6$  J olmaktadır. Kış aylarının ortalama maksimum direkt radyasyon değeri  $32 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.13'den görüleceği gibi kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada maksimum geçirgenliğin 5 no.lu yüzeyde tam öğle zamanında saat 12:00'de  $619 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında elde edilmiştir. Mevsimlik ortalama maksimum radyasyon 12:00'de  $393 \times 10^6$  J olarak elde edilmektedir. Kış ayları gözönüne alındığında ortalama maksimum direkt radyasyon değeri  $295 \times 10^6$  J olmaktadır.

Şekil 4.14'de kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada en az ışık geçirgenliğine sahip 1 no.lu yüzeyden kazanılan maksimum direkt radyasyon değeri saat 10:00'da  $61 \times 10^6$  J olarak Nisan ayında saptanmıştır. Tüm yetiştirme mevsimi boyunca bu yüzeyden kazanılan ortalama maksimum radyasyon değeri  $33 \times 10^6$  J olarak belirlenmiştir. Kış aylarının ortalama maksimum direkt radyasyon değeri ise  $22 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir.

Bu değerlere göre, dört ayrı konumda bulunan seralarda maksimum ışık geçirgenlikleri 3 ve 5 no.lu çatı yüzeylerinden minimum ışık geçirgenlikleri ise genellikle sera yan duvarlarından elde edilmektedir.

Şekil 4.15'de görüleceği gibi toplam direkt radyasyon kazanımının Kasım'da azaldığı, Aralık'ta minimuma indiği ve daha sonra sürekli artış gösterdiği belirlenmiştir. Doğu-batı yönündeki serada minimum direkt radyasyon kazanımı Aralık ayında  $398 \times 10^6$  J olarak, maksimum radyasyon kazanımı ise Nisan ayında  $968 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi kuzey-güney yönündeki serada minimum direkt radyasyon kazanımı Aralık ayında  $443 \times 10^6$  J

olarak, maksimum radyasyon kazanımı ise Nisan ayında  $1075 \times 10^6$  J olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.17'den görüleceği gibi güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada minimum direkt radyasyon kazanımı Aralık ayında  $450 \times 10^6$  J olarak maksimum radyasyon kazanımı ise Nisan ayında  $1089 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.18'de görüleceği üzere kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada minimum direkt radyasyon kazanımı Aralık ayında  $450 \times 10^6$  J olarak maksimum radyasyon kazanımı ise Nisan ayında  $980 \times 10^6$  J olarak elde edilmiştir.

Elde edilen bu değerlere göre, dört ayrı konumda yönlendirilen seralarda toplam direkt radyasyon kazanımları arasında fazla bir fark bulunmamıştır. Ancak en fazla direkt radyasyon kazanımının güneydoğu-kuzeybatı yönünde olduğu saptanmıştır.

Şekil 4.19'de görüleceği gibi dört ayrı konumdaki serada kazanılan direkt radyasyon bakımından fazla bir fark elde edilmemiştir. Mevsimlik toplam direkt radyasyon kazanımı açısından sera yönleri 1. olarak  $4259.30 \times 10^6$  J ile güneydoğu-kuzeybatı, 2. olarak  $4218.78 \times 10^6$  J ile kuzey-güney, 3. olarak  $4154.80 \times 10^6$  J ile kuzeydoğu-güneybatı, 4. olarak da  $3733.21 \times 10^6$  J ile doğu-batı biçiminde sıralanmaktadır.

## 6. SONUÇ

Sonuç olarak, Antalya koşullarında yalnızca doğrudan ışınım (direkt radyasyon) kazanımı açısından sera yönünün fazla etkili olmadığı ancak güneydoğu-kuzeybatı yönünün en fazla enerji kazanımı sağladığı belirlenmiştir.

Bu durumda şu önerilerde bulunulabilir,

1. Antalya'da özellikle kışın ısıtılmayan cam seralar, güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanmak açısından güney doğu-kuzeybatı yönünde kurulmalıdır.
2. Ancak, örtüaltı yetiştiriciliğinde gölgeleme, rüzgar, bitki sıraları, v.b. etkenler de güneş enerjisi kazanımı üzerine etkilidirler. Bu çalışmada, anılan etkenlerin seralardaki etkisi aynı varsayılmıştır. Halbuki Antalya'da kuzey rüzgarları zaman zaman seralarda ısıtma problemine yol açmaktadır. Bu problem kuzey-güney yönlü seralarda en az olmaktadır. Öte yandan gölgelemenin olumsuz etkisi de, kuzey-güney yönündeki seralarda minimum düzeydedir. Bu nedenlerle sözkonusu etkenler dikkate alındığında Antalya da örtüaltı yetiştiriciliği ile uğraşanların tercihi olan kuzey-güney yönü önerilebilir.



## 7. ÖZET

Antalya koşullarında sera yüzeyine gelen güneş ışınlarının geliş açısı ve anlık güneş radyasyonu düzeyi gözönüne alınarak, tip bir seranın değişik yönlerde yerleştirilmesi durumunda kazandığı güneş enerjisi miktarının karşılaştırılması amacıyla bir bilgisayar model çalışması yapılmıştır.

Geliştirilen bilgisayar modelinde Antalya iklim koşulları cncm ve boylam derecesi, tip seranın boyutları, yüzey eğim açısı, yüzey azimut açısı ve örtü geçirgenliği girdi olarak kullanılmış ve çalışmada 640 kb kapasiteli bir 486 Dx bilgisayardan yararlanılmıştır. Modelde, yaygın ışınım, rüzgar, yansıma, örtü malzemesinin kirliliği ve eskiligi, bulutluluk, sera elemanlarının oluşturacağı gölgelemenin etkisi gibi koşulların tüm seralar için aynı olduğu varsayılmıştır. Doğu-batı kuzey-güney, güneydoğu-kuzeybatı ve kuzeydoğu-güneybatı olmak üzere dört farklı sera konumu için çıktı olarak her bir sera yüzeyinin ve tüm seranın güneş enerjisi kazanımı elde edilmiştir.

Sonuç olarak, Antalya için diğer bütün koşullar eşit kabul edildiğinde, doğrudan ışınım (direkt radyasyon) kazanımı açısından güneydoğu-kuzeybatı yönlü seraların daha uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak, modelde kullanılan varsayımlar dikkate alınırsa (yaygın ışınım, rüzgar, yansıma, örtü malzemesinin kirliliği ve eskiligi, bulutluluk, sera elemanlarının oluşturacağı gölgelemenin etkisi gibi) seraların kuzey-güney yönünde kurulması önerilebilir.

## 8. SUMMARY

A modelling study has been carried out by comparing the solar energy amount gained by greenhouses located at different directions. In the study, incidence angle and solar radiation level of the sun rays on the greenhouse have been taken into consideration for Antalya region.

In the model developed, the climatic conditions, latitude and altitude, azimuth angle and transmittance of covering materials have been used as input data for carrying out calculations in a 486 Dx computer. In the model, diffused radiation, wind, reflection, the state of the covering material (age, dust etc.), cloudiness and shadow effect have been assumed to be same for all greenhouses. The solar energy gain has been obtained for four different greenhouse positions located East-West, North-South, Southeast-Northwest and Northeast-Southwest.

The results of this study indicated that Southeast-Northwest located greenhouses were more appropriate in terms of direct radiation gain in Antalya. However, if the assumptions used in the model are not taken into consideration, North-South location of the greenhouses can be suggested, due to the negative effects of the north winds on the heat loss from the greenhouse and the shadow.

## 9. KAYNAKLAR

- ALKAN, Z., 1977. Zirai İnşaat. Atatürk Üniversitesi Yayınları. no: 252/A, Erzurum.
- ANONİM, 1995. Antalya İli Örtüaltı Yetiştiriciliği. Tarım Bakanlığı, Antalya İl Müdürlüğü. Proje ve İstatistik Şube Müdürlüğü .
- BAŞÇETİNÇELİK, A. 1985. Sera Örtü Malzemelerinin Işık Geçirgenliği ile 37° ve 41° Enlemlerindeki Güneş Işınım Geçirgenliği Üzerine Bir Araştırma. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları no: 41,123 sf.
- BAYTORUN, N. 1995. Seralar. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 110. 406s. Adana.
- BAYTORUN, N., BAZOĞLU, A., TUNCA, G., (Tarihsiz) Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Çelik Konstrüksiyon Cam Sera Projesi. T.O.K.B. İl Müd. Antalya.
- BOWMAN, G.E., 1970. The Transmission of Diffuse Light by a Sloping Roof. Journal of Agricultural Engineering Research. 15(2), England.
- CRITTEN, D.L. 1983. A Review of the Light Transmission Into Greenhouse Crops. J.Agric.Enging.Res. 28:61-76
- DERİŞ, N. 1979. Güneş Enerjisi. Sermet Matbaası, İstanbul.

- DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A. 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. Solar Energy Laboratory University Of Wisconsin. Medison. U.S.A
- EDWARDS, R.I., LAKE, J.V. 1964. Transmission of Solar Radiation in a Large-Span East-West Glasshouse. Jour.of Agr.Eng.Res. vol.9 no: 3
- EDWARDS, R.I., 1968. Transmission of Solar Radiation in Glasshouses. Acta Horticulturae 6, The Netherlands.
- EL-ADAWI, M.K., NIKLAWI, M.M., KUTUB, A.A., EL-BARAKATI, C.G. 1986. Estimation of the Hourly Solar Irradiance on a Horizontal Surface. Solar Energy. vol.36, no : 2 no: 129-134
- FRIEND, P.D., 1965. Light and Heat in a Large-Span Glasshouse Agricultural Research Council, Experimental Farm Buildings Report, No. 2, Bedford.
- HARNETT, R.F., 1975. Study of Glasshouse Type and Orientation Acta Horticulturae 46, The Netherlands.
- KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A. 1983. Güneş enerjisi, 328s. Istanbul.
- KIMBALL, B.A., BELLAMY, J., 1986. Generation of Diurnal Solar Radiation, Temperature and Humidity Patterns. Energy in Agriculture 5: 185-197

- KOZAI, T., 1977. Direct Solar Light Transmission into Single-Span Greenhouses. Agricultural Meteorology, 18, Amsterdam.
- KREITH, F., KREIDER, J.F., 1978. Principles of Solar Engineering. Hemisphere Publishing Corporation.
- LANGHANS, R.W. 1983. Greenhouse management. Halcyon Press of Ithaca, Cornell University New York. 260s.
- SMITH, C.V.; KINGHAM, H.G., 1971. A Contribution to Glass-house Design. Agricultural Meteorology 8, Amsterdam.
- ŞIPAL, C.A., 1992. Economics of Rockbed Cooling in a Greenhouse (Doctora thesis), 201 p. North Carolina.
- WALRAVEN, R., 1978. Calculating the Position of the Sun. Solar Energy vol. 20(5), England.
- WILLIIS, D.H. 1990. Iftmod2. Biological and Agricultural

## Ek 1. Değişkenlerin Listesi

ADTRA	Işık geçirgenliği
ADYUK	Maksimum örtü geçirgenliği (radyan)
BASCUN	Simulasyon başlangıcı
DELT	Zaman adımı
DELTA	Deklınasyon (radyan)
LAT	Enlem derecesi (°)
LONG	Boylam derecesi (°)
MO	Ayların sayısı
NDATA, ND	Veri toplamı
NTIMES	Programın koşma süresi
OSUMTRA	Ortalama geçirgenlik toplamı
OTOPGUNEŞ	Ortalama net radyasyon
S	Geçirgenlik toplamı
SA	Yüzey azimut açısı (°)
SIMTIME	Toplam zaman
SONCUN	Simulasyonun son günü
STRE	Saat
SUMTHE	Celiş açısı toplamı

SUMTRA	Geçirgenlik toplamı
TH	Geliş açısı (°)
THETA	Geliş açısı (°)
THETA1	Geliş açısı (radyan)
TI	Yüzey eğim açısı (°)
TOPGUNEŞ1	Toplam direkt radyasyon (yığışimli)
TOPGUNEŞ2	Toplam direkt radyasyon

Ek 2. Araştırmada Geliştirilen Bilgisayar Programı

SDEBUG

```
PROGRAM GUNES
INTEGER DELT
DIMENSION ORT(15), ORTH(15), S(15), TH(15), ND(15)
```

C

```
REAL TMIN(15), TMAX(15), SD(15), PAO(15), UAO(15),
&UAD(15), RH(15)
INTEGER JDAY
REAL LAT, LONG, PI
```

C OPEN WEATHER DATA FILES

```
OPEN(4, FILE='HAVA.KOS', STATUS='OLD')
OPEN(5, FILE='GEC.DAT', STATUS='NEW')
```

C

C

```
C TMIN(MO)=MONTHLY AVERAGE OUTSIDE DAILY MINIMUM TEMPERATURE (C)
C TMAX(MO)=MONTHLY AVERAGE OUTSIDE DAILY MAXIMUM TEMPERATURE (C)
C SD(MO)=MONTHLY AVERAGE OUTSIDE TOTAL DAILY SOLAR RADIATION (W/m2)
C PAO(MO)=MONTHLY AVERAGE OUTSIDE ATMOSPHERIC PRESSURE (kPa)
C UAO(MO)=MONTHLY AVERAGE OUTSIDE WIND SPEED(M/SEC)
C UAD(MO)=MONTHLY DOMAIN WIND DIRECTION
C RH(MO)=MONTHLY AVERAGE OUTSIDE RELATIVE HUMIDITY
```

C

```
PI=3.1416
SUMTRA=0
SUMTHE=0
NDATA=0
DO 1001 I11=1,12
ORT(I11)=0
ORTH(I11)=0
```

1001

```
CONTINUE
SAAT=0.00
JD=1
READ(4,*)
READ(4,*) DELT
READ(4,*)
READ(4,*) LAT, LONG
```



Ek 2'nin devamı

```
      READ(4,*)
      DO 1 JMO=1,12
C   ENTER DAILY MAX (TMAX),MIN (TMIN) TEMPERATURE,
C   SOLAR RADIATION (SD), ATMOSPHERIC PRESSURE (PAO),
C   WIND SPEED (UAO), WIND DIRECTION (UAD), AND
C   RELATIVE HUMIDITY (RH)
      READ(4,*)
      READ (4,*) TMIN(JMO),TMAX(JMO),SD(JMO),PAO(JMO),
@     UAO(JMO),UAD(JMO),RH(JMO)
1     CONTINUE
2     CONTINUE
      NTIMES=365*24
C GIRDILERI GIR
      WRITE(0,*) 'LUTFEN YUZEYIN ACISINI DERECE OLARAK GIRINIZ'
      READ(0,*) TI
      TI=TI*(PI/180)
      WRITE(0,*) 'LUTFEN YUZEY AZIMUTH ACISINI DERECE OLARAK GIRINIZ'
      READ(0,*) SA
      WRITE(0,*) 'LUTFEN MAXIMUM ORTU GECIRGENLIGINI GIRINIZ'
      READ(0,*) YUK
      SA=SA*(PI/180)
      DO 999 ITIME=1,NTIMES

      SIMTIME=ITIME*DELT
      NHOUR=ABS(SIMTIME/3600)
      CLOCK=SIMTIME/3600
      MIN=(SIMTIME-(3600*NHOUR))/60
      IF (ITIME.EQ.1) NDAY=0
      IF (NDAY.EQ.0) THEN
          STRE=CLOCK
          IF(STRE.EQ.24) NDAY=NDAY+1
          TIME=(NHOUR-(NDAY*24))+(MIN/100)
      ELSE
          STRE=CLOCK-(NDAY*24)
          IF (STRE.EQ.24) NDAY=NDAY+1
          TIME=(NHOUR-(NDAY*24))+(MIN/100)
      ENDIF
    END DO
  END DO
END
```

Ek 2'nin devamı

ENDIF

C\*\*\*\*\*

C MOUNTH OF YEAR AND JULIAN DAY

JDAY=NDAY+JD

NN=JDAY

IF(NN.EQ.15.OR.NN.EQ.46.OR.NN.EQ.77.OR.NN.EQ.107.OR.NN.EQ.138.OR  
&.NN.EQ.168.OR.NN.EQ.199.OR.NN.EQ.230.OR.NN.EQ.260.OR.NN.EQ.291  
&.OR.NN.EQ.321.OR.NN.EQ.352) THEN

C

C JDAY = JULIAN DAY

C NMO = MOUNTH OF YEAR

C

IF (JDAY.GE.0.AND.JDAY.LE.31) THEN

NMO=1

ENDIF

IF (JDAY.GE.32.AND.JDAY.LE.60) THEN

NMO=2

ENDIF

IF (JDAY.GE.61.AND.JDAY.LE.91) THEN

NMO=3

ENDIF

IF (JDAY.GE.92.AND.JDAY.LE.121) THEN

NMO=4

ENDIF

IF (JDAY.GE.122.AND.JDAY.LE.151) THEN

NMO=5

ENDIF

IF (JDAY.GE.152.AND.JDAY.LE.182) THEN

NMO=6

ENDIF

IF (JDAY.GE.183.AND.JDAY.LE.212) THEN

NMO=7

ENDIF

IF (JDAY.GE.213.AND.JDAY.LE.243) THEN

NMO=8

B.2'nin devamı

```
ENDIF
IF (JDAY.GE.244 AND JDAY.LE.274) THEN
  NMO=9
ENDIF
IF (JDAY.GE.275 AND JDAY.LE.304) THEN
  NMO=10
ENDIF
IF (JDAY.GE.305 AND JDAY.LE.335) THEN
  NMO=11
ENDIF
IF (JDAY.GE.336 AND JDAY.LE.365) THEN
  NMO=12
ENDIF
```

```
*****
GENERATION OF DIURNAL SOLAR RADIATION *
TEMPERATURE AND HUMIDITY PATTERN *
*****
```

DECLINATION ANGLE

A0=NN

A1=(PI/180)\*360\*((284+A0)/365)

A2=SIN(A1)

A3=23.45\*A2

DECL=(PI/180)\*(A3)

ASTRONOMICAL DAYLENGTH

DAYL=2\*(ACOS(-TAN(LAT)\*TAN(DECL)))\*((180/  
3.14159)/15)

DAY=INT(DAYL)+((DAYL-INT(DAYL))\*0.6)

RTIME=12-(DAYL/2)

RUSE=INT(RTIME)+((RTIME-INT(RTIME))\*0.6)

STIME=12+(DAYL/2)

SUSE=INT(STIME)+((STIME-INT(STIME))\*0.6)

DECL=23.45\*(SIN((PI/180)\*(360\*(284+NN)/365)))

DECL=DECL\*(180/PI)

2'nin devamı

SOLAR TIME

BX=6.2832\*NN/366

EQT=-0.0002+0.4197\*COS(BX)-3.2265\*COS(2\*BX)-0.00903\*COS(3\*BX)-  
7.351\*SIN(BX)-9.3912\*SIN(2\*BX)-0.336\*SIN(3\*BX)

EQT=EQT/60

SOTIME=EQT+TIME

IF(SOTIME.GE.SRISE AND SOTIME.LE.SSET) THEN

HOUR ANGLE CALCULATION

HH=0.261799\*(SOTIME-12)

INCIDENT ANGLE

A=(SIN(DECL)\*SIN(LAT)\*COS(TI))

B=(SIN(DECL)\*COS(LAT)\*SIN(TI)\*COS(SA))

C=(COS(DECL)\*COS(LAT)\*COS(TI)\*COS(HH))

D=(COS(DECL)\*SIN(LAT)\*SIN(TI)\*COS(SA)\*COS(HH))

E=(COS(DECL)\*SIN(TI)\*SIN(SA)\*SIN(HH))

F=(A-B+C+D+E)

IF(F.GT.1.0) THEN

F=1.0

END IF

THETA=ACOS(F)

THETA1=(180/PI)\*THETA

IF(THETA.GT.85) THEN

TRA=0

ELSE

TRA=YUK-(0.161\*THETA)+(0.685\*(THETA\*\*2))  
(0.978\*(THETA\*\*3))+(0.25\*(THETA\*\*4))

END IF

THETA=0

THETA1=0

TRA=0

IF

SUMTRA=SUMTRA+TRA

2'nin devamı

```
SUMTHE=SUMTHE+THETA1  
IF(TRA.GT.0) NDATA=NDATA+1
```

```
IF(JDAY.GE.0.AND.JDAY.LE.31) THEN
```

```
  NMO=1
```

```
  IF(JDAY.EQ.15.AND.TIME.EQ.23) THEN
```

```
    ORT(1)=SUMTRA/(NDATA)
```

```
    S(1)=SUMTRA
```

```
    ORTH(1)=SUMTHE/(NDATA)
```

```
    TH(1)=SUMTHE
```

```
    ND(1)=NDATA
```

```
  ENDIF
```

```
  ENDIF
```

```
IF(JDAY.GE.32.AND.JDAY.LE.60) THEN
```

```
  NMO=2
```

```
  IF(JDAY.EQ.46.AND.TIME.EQ.23) THEN
```

```
    ORT(2)=(SUMTRA-S(1))/(NDATA-ND(1))
```

```
    S(2)=SUMTRA
```

```
    ORTH(2)=(SUMTHE-TH(1))/((NDATA-ND(1)))
```

```
    TH(2)=SUMTHE
```

```
    ND(2)=NDATA
```

```
  ENDIF
```

```
  ENDIF
```

```
IF(JDAY.GE.61.AND.JDAY.LE.91) THEN
```

```
  NMO=3
```

```
  IF(JDAY.EQ.77.AND.TIME.EQ.23) THEN
```

```
    ORT(3)=(SUMTRA-S(2))/(NDATA-ND(2))
```

```
    S(3)=SUMTRA
```

```
    ORTH(3)=(SUMTHE-TH(2))/(NDATA-ND(2))
```

```
    TH(3)=SUMTHE
```

```
    ND(3)=NDATA
```

```
  ENDIF
```

```
  ENDIF
```

```
IF(JDAY.GE.92.AND.JDAY.LE.121) THEN
```

```
  NMO=4
```

Ek 2'nin devamı

```
IF(JDAY.EQ.107.AND.TIME.EQ.23) THEN
ORT(4)=(SUMTRA-S(3))/(NDATA-ND(3))
S(4)=SUMTRA
ORTH(4)=(SUMTHE-TH(3))/((NDATA-ND(3)))
TH(4)=SUMTHE
ND(4)=NDATA
ENDIF
ENDIF
IF (JDAY.GE.122.AND.JDAY.LE.151) THEN
NMO=5
IF(JDAY.EQ.138.AND.TIME.EQ.23) THEN
ORT(5)=(SUMTRA-S(4))/((NDATA-ND(4)))
S(5)=SUMTRA
ORTH(5)=(SUMTHE-TH(4))/((NDATA-ND(4)))
TH(5)=SUMTHE
ND(5)=NDATA
ENDIF
ENDIF
IF (JDAY.GE.152.AND.JDAY.LE.182) THEN
NMO=6
IF(JDAY.EQ.168.AND.TIME.EQ.23) THEN
ORT(6)=(SUMTRA-S(5))/(NDATA-ND(5))
S(6)=SUMTRA
ORTH(6)=(SUMTHE-TH(5))/(NDATA-ND(5))
TH(6)=SUMTHE
ND(6)=NDATA
ENDIF
ENDIF
IF (JDAY.GE.183.AND.JDAY.LE.212) THEN
NMO=7
IF(JDAY.EQ.199.AND.TIME.EQ.23) THEN
ORT(7)=(SUMTRA-S(6))/(NDATA-ND(6))
S(7)=SUMTRA
ORTH(7)=(SUMTHE-TH(6))/(NDATA-ND(6))
TH(7)=SUMTHE
ND(7)=NDATA
```

B 2'nin devamı

```
ENDIF
ENDIF
IF (JDAY .GE. 213 .AND. JDAY .LE. 243) THEN
  NMO=8
  IF(JDAY .EQ. 230 .AND. TIME .EQ. 23) THEN
    ORT(8)=(SUMTRA-S(7))/(NDATA-ND(7))
    S(8)=SUMTRA
    ORTH(8)=(SUMTHE-TH(7))/(NDATA-ND(7))
    TH(8)=SUMTHE
    ND(8)=NDATA
  ENDIF
ENDIF
IF (JDAY .GE. 244 .AND. JDAY .LE. 274) THEN
  NMO=9
  IF(JDAY .EQ. 260 .AND. TIME .EQ. 23) THEN
    ORT(9)=(SUMTRA-S(8))/(NDATA-ND(8))
    S(9)=SUMTRA
    ORTH(9)=(SUMTHE-TH(8))/(NDATA-ND(8))
    TH(9)=SUMTHE
    ND(9)=NDATA
  ENDIF
ENDIF
IF (JDAY .GE. 275 .AND. JDAY .LE. 304) THEN
  NMO=10
  IF(JDAY .EQ. 291 .AND. TIME .EQ. 23) THEN
    ORT(10)=(SUMTRA-S(9))/(NDATA-ND(9))
    S(10)=SUMTRA
    ORTH(10)=(SUMTHE-TH(9))/(NDATA-ND(9))
    TH(10)=SUMTHE
    ND(10)=NDATA
  ENDIF
ENDIF
IF (JDAY .GE. 305 .AND. JDAY .LE. 335) THEN
  NMO=11
  IF(JDAY .EQ. 321 .AND. TIME .EQ. 23) THEN
    ORT(11)=(SUMTRA-S(10))/(NDATA-ND(10))
```

B 2'nin devamı

```
S(11)=SUMTRA
ORTH(11)=(SUMTHE-TH(10))/(NDATA-ND(10))
TH(11)=SUMTHE
ND(11)=NDATA
ENDIF
ENDIF
IF (JDAY.GE.336.AND.JDAY.LE.365) THEN
  NMO=12
  IF(JDAY.EQ.352.AND.TIME.EQ.23) THEN
    ORT(12)=(SUMTRA-S(11))/(NDATA-ND(11))
    S(12)=SUMTRA
    ORTH(12)=(SUMTHE-TH(11))/(NDATA-ND(11))
    TH(12)=SUMTHE
    ND(12)=NDATA
  ENDIF
ENDIF
WRITE(0,*) NN,DECL,DELTA
5 FORMAT(1X,I3,1X,3(F8.2,1X))
10 CONTINUE
  ENDIF
999 CONTINUE
  DO 1000 I1=1,12
    WRITE(5,*) I1,ORTH(I1),ORT(I1)
  5 FORMAT(1X,I3,1X,2(F8.2,1X))
1000 CONTINUE
  RETURN
END
```



Ek 3. Farklı konumlarda 1 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri ( $10^8$  J)

Sera Konumu				
Aylar	DB	KG	GD-KB	KD-GB
Kasım	24.55	23.10	18.80	17.00
Aralık	17.49	17.20	12.00	11.40
Ocak	20.90	20.30	16.00	13.90
Şubat	22.90	19.60	20.00	17.90
Mart	33.70	24.30	32.00	30.20
Nisan	43.20	33.00	36.42	43.27
Top :	162.74	137.50	135.22	133.67

Ek 4. Farklı konumlarda 2 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri ( $10^8$  J)

Sera Konumu				
Aylar	DB	KG	GD-KB	KD-GB
Kasım	63.90	62.90	75.90	69.50
Aralık	44.70	44.80	52.00	51.00
Ocak	52.00	44.80	64.20	60.70
Şubat	50.30	58.70	68.80	62.90
Mart	67.80	85.90	85.60	82.00
Nisan	85.00	110.80	69.60	111.00
Top :	363.70	407.90	416.10	437.10

Ek 5. Farklı konumlarda 3 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri (10<sup>6</sup> J)

Sera Konumu				
Aylar	DB	KG	GD-KB	KD-GB
Kasım	232.00	236.00	250.00	246.00
Aralık	162.80	164.30	168.40	178.00
Ocak	198.90	205.50	217.80	198.00
Şubat	217.00	239.00	246.00	231.00
Mart	313.70	320.60	325.00	333.00
Nisan	418.70	410.00	410.00	269.00
Top :	1543.10	1575.40	1617.20	1455.00

Ek 6. Farklı konumlarda 4 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri (10<sup>6</sup> J)

Sera Konumu				
Aylar	DB	KG	GD-KB	KD-GB
Kasım	26.90	0.00	27.30	30.00
Aralık	19.10	0.00	20.00	20.00
Ocak	22.70	0.00	24.00	24.00
Şubat	25.90	0.00	25.00	26.00
Mart	35.50	0.00	32.00	33.00
Nisan	43.30	0.00	36.00	37.00
Top :	172.40	0.00	164.30	170.00

Ek 7. Farklı konumlarda 5 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri (10<sup>6</sup> J)

Sera Konumu				
Aylar	DB	KG	GD-KB	KD-GB
Kasım	231.14	259.80	226.70	249.00
Aralık	155.18	169.80	157.70	160.00
Ocak	185.95	214.36	196.00	198.00
Şubat	231.00	246.00	228.00	241.00
Mart	313.80	349.00	331.00	338.00
Nisan	378.31	410.00	419.00	405.00
Top :	1495.38	1648.96	1558.40	1591.00

Ek 8. Farklı konumlarda 6 no.lu sera yüzeyinden kazanılan aylık toplam direkt radyasyon değerleri (10<sup>6</sup> J)

Sera Konumu				
Aylar	DB	KG	GD-KB	KD-GB
Kasım	0.00	69.20	44.60	50.00
Aralık	0.00	46.60	29.40	30.00
Ocak	0.00	55.70	35.70	40.00
Şubat	0.00	66.40	60.80	51.00
Mart	0.00	91.10	80.00	82.00
Nisan	0.00	110.90	111.00	115.00
Top :	0.00	439.90	361.50	368.00

Ek 9. Doğu-batı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 3 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri ( $10^6$  J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	-
7:00	21	-	-	6	60	151
8:00	122	56	57	91	178	247
9:00	231	134	150	192	305	436
10:00	320	301	236	285	410	539
11:00	372	245	295	346	473	597
12:00	382	258	318	372	497	614
13:00	351	240	306	363	484	597
14:00	278	195	257	318	433	539
15:00	175	120	177	240	341	436
16:00	67	44	84	140	218	246
17:00	-	-	-	42	94	150

Ek 10. Doğu-batı yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 1 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri ( $10^4$  J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	-
7:00	4.4	-	-	1	13	9
8:00	20	9.6	10	16	30	29
9:00	31	19	22	28	43	47
10:00	36	23	29	35	49	59
11:00	32	22	28	34	46	53
12:00	-	-	-	-	-	-
13:00	-	-	-	-	-	-
14:00	-	-	-	-	-	-
15:00	-	-	-	-	-	-
16:00	-	-	-	-	-	-
17:00	-	-	-	-	-	-
18:00	-	-	-	-	-	-

Ek 11. Kuzey-güney yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 5 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri ( $10^6$  J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	41
7:00	-	-	-	-	-	126
8:00	-	-	-	-	-	218
9:00	169	90	97	134	237	377
10:00	272	162	186	236	366	516
11:00	347	220	263	321	459	596
12:00	373	247	305	365	496	619
13:00	352	237	303	363	488	600
14:00	290	196	262	325	441	547
15:00	195	130	190	255	360	462
16:00	81	51	97	161	253	347
17:00	-	-	-	56	126	207
18:00	-	-	-	-	-	60

Ek 12. Kuzey-güney yönlü serada minimum ışık geçirgenliği-  
nin elde edildiği 2 no.lu yüzeyin saatlik direkt rad-  
yasyon değerleri (10<sup>8</sup> J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	24
7:00	11	-	-	3.3	32	75
8:00	51	25	26	41	76	120
9:00	80	48	56	72	110	151
10:00	92	60	73	89	126	160
11:00	82	57	72	88	118	142
12:00	-	-	-	-	-	-
13:00	-	-	-	-	-	-
14:00	-	-	-	-	-	-
15:00	-	-	-	-	-	-
16:00	-	-	-	-	-	-
17:00	-	-	-	-	-	-
18:00	-	-	-	-	-	-

Ek 13. Güneydoğu-kuzeybatı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 3 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri ( $10^8$  J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	-
7:00	-	-	-	-	-	-
8:00	92	41	-	-	133	256
9:00	198	111	121	159	262	421
10:00	298	183	212	259	412	559
11:00	363	235	282	334	501	640
12:00	381	255	315	369	534	661
13:00	355	242	308	364	520	646
14:00	290	198	264	324	470	589
15:00	194	131	190	254	386	493
16:00	80	55	97	154	267	365
17:00	-	-	-	54	128	208
18:00	-	-	-	-	-	57



Ek 14. Güneydoğu-kuzeybatı yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 1 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri ( $10^3$  J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	-
7:00	4	-	-	1	12	26
8:00	20	10	10	15	29	41
9:00	35	19	22	27	40	50
10:00	38	25	30	35	45	52
11:00	38	27	33	36	44	46
12:00	32	24	30	32	-	-
13:00	-	-	-	-	-	-
14:00	-	-	-	-	-	-
15:00	-	-	-	-	-	-
16:00	-	-	-	-	-	-
17:00	-	-	-	-	-	-
18:00	-	-	-	-	-	-

Ek 15. Kuzeydoğu-güneybatı yönlü serada maksimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 5.no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri (10° J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	-
7:00	-	-	-	-	-	-
8:00	-	-	-	-	129	259
9:00	168	88	97	140	256	412
10:00	266	156	182	239	378	533
11:00	336	210	253	317	463	597
12:00	361	234	292	358	498	619
13:00	339	224	289	357	484	601
14:00	274	192	248	318	437	547
15:00	179	117	175	246	358	462
16:00	72	44	86	150	246	345
17:00	-	-	-	50	117	201
18:00	-	-	-	-	-	57

Ek 16. Kuzeydogu-güneybatı yönlü serada minimum ışık geçirgenliğinin elde edildiği 1 no.lu yüzeyin saatlik direkt radyasyon değerleri ( $10^6$  J)

Saat	Kasım15	Aralık15	Ocak15	Şubat15	Mart15	Nisan15
6:00	-	-	-	-	-	9
7:00	-	-	-	1	12	28
8:00	16	7	8	14	27	45
9:00	24	14	16	23	38	57
10:00	26	16	21	28	43	61
11:00	-	-	-	27	41	58
12:00	-	-	-	-	-	48
13:00	-	-	-	-	-	-
14:00	-	-	-	-	-	-
15:00	-	-	-	-	-	-
16:00	-	-	-	-	-	-
17:00	-	-	-	-	-	-
18:00	-	-	-	-	-	-

Ek 17. Doğu-batı yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları (10<sup>6</sup> J)

Yüzey	Aylar					
	No	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
1	24.55	17.49	20.90	22.90	33.70	43.20
2	60.18	44.70	52.00	50.30	67.80	84.70
3	232.00	162.80	198.90	217.00	313.70	418.70
4	26.90	18.10	22.70	25.90	35.50	43.30
5	231.14	155.18	188.95	230.91	313.80	378.31
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Top=	574.77	398.27	483.45	547.01	764.50	968.22

Ek 18. Kuzey-güney yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları (10<sup>6</sup> J)

Yüzey	Aylar					
	No	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
1	23.10	17.20	20.30	19.60	24.30	33.00
2	62.90	44.80	53.92	58.70	85.90	110.80
3	236.00	164.30	205.50	239.00	320.60	410.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	259.80	169.80	214.36	246.00	349.00	410.00
6	69.20	46.60	55.70	66.40	91.10	110.90
Top:	651.00	442.70	549.78	629.70	870.90	1074.70

Ek 19. Güneydoğu-kuzeybatı yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları (10<sup>6</sup> J)

Yüzey No	Aylar					
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
1	18.80	12.00	16.00	20.00	32.00	43.00
2	75.90	52.00	64.20	68.80	85.60	69.60
3	250.00	168.40	217.80	246.00	325.00	410.00
4	27.30	20.00	24.00	25.00	32.00	36.00
5	226.70	157.70	196.00	228.00	331.00	419.00
6	44.60	29.40	35.70	60.80	80.00	111.00
Top:	643.00	450.00	554.00	549.00	886.00	1089.00

Ek 20. Kuzeydoğu-güneybatı yönündeki serada toplam direkt radyasyon kazanımları (10<sup>6</sup> J)

Yüzey No	Aylar					
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
1	17.00	11.40	13.90	17.90	30.20	43.30
2	69.50	51.00	60.70	62.90	82.00	111.00
3	246.00	178.00	198.00	231.00	333.00	269.00
4	30.00	20.00	24.00	26.00	33.00	37.00
5	249.00	160.00	199.00	241.00	339.00	405.00
6	50.00	30.00	40.00	51.00	82.00	115.00
Top:	662.00	450.00	535.00	530.00	898.00	980.00

Ek 21. Farklı sera konumlarında tüm yüzeylerden mevsimlik toplam direkt radyasyon kazanımları ( $10^6$  J)

Yüzey No	Sera Konumu			
	Doğu-batı	Kuzey-güney	Güneydoğu kuzeybatı	Kuzeydoğu güneybatı
1	162.74	104.50	141.80	133.70
2	274.98	417.02	416.10	437.10
3	1543.10	1575.40	1617.20	1455.00
4	172.40	33.00	164.30	170.00
5	1495.29	1648.96	1558.40	1591.00
6	84.70	439.90	361.50	368.00
Top:	3733.21	4218.78	4259.30	4154.80

## OZGEÇMİŞ

Akın TEPE 1966 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 1987 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden 1991 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Ekim 1993'de Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. Halen aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.