

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

84628

LİNEER OLMAYAN YANSITICI YÜZEYİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR MATEMATİK
MODEL

Mevlûde YAKIT

84628

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MATEMATİK ANABİLİM DALI

Bu tez ~~20.07.99~~ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. A. Hilmi BERKSOY
(Danışman)



Prof. Dr. Neçdet... EZZALTA

(Üye)



Yrd. Doç. Dr. Galip ÖZKAN
(Üye)



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	ix
1. BÖLÜM. GÜNEŞ ENERJİSİ TEMELLERİ	1
1.1 Güneş	1
1.2 Güneş Enerjisinin Kaynağı	2
1.3 Güneş Enerjisinin İlk Uygulamaları	4
2. BÖLÜM. EKSTRATERRESTERİAL GÜNEŞ RADYASYONU	7
3. BÖLÜM. ASTRONOMİK KOORDİNAT SİSTEMİ	10
3.1 Gök Küresinin Astronomik Koordinatları	10
3.2 Güneş Açıları	12
3.3 Esas Güneş Açıları	13
3.4 Türetilen Güneş Açıları	17
3.5 Eğik Düzlemin Açıları	20
4. BÖLÜM. ASTRONOMİK KOORDİNATLARDA HESAPLAMA	22
4.1 Yer Kürede Eğik Bir Düzleme Gelen Güneş Işınının Geliş Açısının Belirlenmesi	29

4.2 Eğik Bir Düzleme Gelen, Anlık, Saatlik ve Günlük Ekstraterresterial Güneş Radyasyonunun Hesaplanması	31
5. BÖLÜM. YANSITICI-ODAKLAYICI SİSTEMLER	36
5.1 Güneş Enerjisinin Yoğunlaştırılması	36
5.2 Bu Güne Kadar Yansıtma- Odaklama Sistemleri	36
5.3 Yansıtma-Odaklama Sistemlerinin Fiziği	38
6.BÖLÜM. ALICI VE YANSITICI ELEMANLAR ÜZERİNDE OLUŞAN YANSIMANIN HESAPLANMASI	40
6.1 Lineer Olmayan Yansıtıcı Elemanın Belirlenmesi	40
6.2 Yansıtıcı ve Alıcıya Gelen Güneş Geliş Açılarının Hesaplanması	43
6.3 Uygulama	48
6.4 Sonuç ve Öneriler	50
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	53

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LİNEER OLMAYAN YANSITICI YÜZEYİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR MATEMATİK MODEL

Mevlüde YAKIT

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik Bölümü

Danışman: Doç. A. Hilmi BERKSOY

1999 , 53 Sayfa

Jüri: Doç. A. Hilmi BERKSOY

Prof. Dr. Necdet ÖZBALTA

Yrd. Doç. Dr. Galip OTURANÇ

Bu çalışmada Güneş Enerjisi temelleri ele alınmış, Güneş Enerjisi uygulamaları açısından gerekli olacak olan Gök küresinin astronomik koordinatları verilirken küresel astronomi bilgisi ışığı altında bazı açılar tanımlanmıştır.

Yansıtma- odaklama sistemlerine genel olarak değinilmiş ve yansıtma- odaklama sistemlerinin fiziği hakkında kısaca bilgi verildikten sonra alıcı ve yansıtıcı elemanlar üzerinde oluşan yansımanın hesaplanabilmesi için öncelikle lineer olmayan yansıtıcı yüzey belirlenmiştir. Daha sonra bu yüzeyden yansıyan ışının doğrultu kosinüsleri hesaplanmıştır.

Sonuç olarak da Burdur ili için verilen değerler yardımıyla bazı hesaplamalar yapılmıştır

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Yansıtma- odaklama, alıcı, yansıtıcı, termik kule

ABSTRACT**MSc Thesis****MATHEMATICAL MODEL FOR THE DETERMINATION OF A
NONLINEAR REFLECTING SURFACE****Mevlûde Yakıt****Selçuk University****Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Mathematics****Supervisor: Doç. A. Hilmi BERKSOY****1999 , 53 Sayfa****Jury: Doç. A. Hilmi BERKSOY****Prof. Dr. Necdet ÖZBALTA****Yrd. Doç. Dr. Galip OTURANÇ**

This study deals with the basis of solar energy and defines some angels by the means of sphericalastronomy, giving the astronomical coordinates of atmosfere which would be needed for the application of solar energy.

It also mentions about reflecting and focusing systems in general: After briefly informing about the physics of reflecting and focusing systems, primarily the nonlinear reflecting surface is determined to estimate the reflection which occurs on the absorbers and the reflecting elements, later on , the directions cosines of the beam that is reflecting from this surface are calculated.

As a result , some calculations are realized by the mens of the values, given for Burdur.

Key words: Solar Energy, Reflecting- Focusing , Absorber, Reflector, Thermal Tower.

ÖNSÖZ

Güneş enerjisi konusunda yapılan araştırma ve uygulamalar günümüzde bütün hızıyla devam etmektedir. Güneş enerjili sistemleri besleyen tek kaynak Güneş'tir. Sistemin güneş enerjisini en iyi şekilde alabilmesi için, toplayıcının Güneş'i izlemesi gerekir. Fakat bu ayrıntılı tasarımlar gerektirir. Toplayıcının yıl boyunca güneş enerjisini en iyi biçimde alması, toplayıcının konum açılarına bağlıdır.

Bu tez çalışmasının 1. Bölüm'ünde Güneş, Güneş enerjisi ve Güneş enerjisinin ilk uygulamaları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2. Bölüm' de atmosfer tabakası dışında düşünülen zahiri yatay bir düzlemde gelen güneş radyasyonu olan Ekstraterrestrial Güneş Radyasyonu tanıtılmıştır.

3. Bölüm' de literatürde çeşitli biçimde mevcut olan Gök küresinin astronomik koordinatları verilmiş ve daha sonraki hesaplamalarda kullanılacak olan bazı açılar tanımlanmıştır.

4. Bölüm' de küresel astronomi bilgisi ışığında yer kürede eğik bir düzlemde gelen güneş ışınının geliş açısı hesaplanmıştır.

5. Bölüm' de yansıtıcı-odaklayıcı sistemler ve bu sistemlerin fiziği hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

6. Bölüm' de Güneş ışığını yansıtacak olan lineer olmayan yüzeyin belirlenmesi için bir matematiksel model geliştirilmiş ve bu yüzeyden yansıyan ışının doğrultu kosinüslerinin hesaplanması için bazı formüller geliştirilmiş ve 7 Mayıs 1999'da Burdur ili için bu formüller uygulamaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak bu konuyu seçmemde ve çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. A. Hilmi BERSOY' a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca yüksek lisansımın gerek ders aşamasında gerekse tez aşamasında, büyük bir fedakarlık göstererek her an bilgi, emek ve tecrübelerini benden esirgemeyen ve beni destekleyen kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Galip OTURANÇ' a ve sevgili eői Betül OTURANÇ' a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.



S İ M G E L E R

A_a : Açıklık alanı

A_r : Alıcı yüzey alanı

C : Konsantrasyon alanı

ϕ : Coğrafya enlem açısı

z : Güneşin zenit açısı

h : Güneşin yükseklik açısı

γ_s : Güneşin a zimut açısı

w : Saat açısı

t : Güneş saati

δ : Güneşin deklinasyon açısı

n : Yıl içerisindeki gün numarası

β : Eğik düzlemin yatayla yaptığı açı

γ : Eğik düzlemin güneyle yaptığı açı

θ : Eğik düzlem normali ile güneş ışını geliş doğrultusu arasındaki açı

θ_z : Güneş enerjisi litaratöründe kullanılan zenit açısı

I_o^* : Extraterrestrial Güneş radyasyonu sabiti (W/m^2)

$I_{o,n}^*$: Yılın her günü için değişen Extraterrestrial Güneş radyasyonu (W/m^2)

ϕ' : Geosandrik enlem

N_1 = Yansıtıcı normal açısı

N_2 = Yansıtıcıdan yansıma açısı

N_3 = Alıcının yansıyan açısı

θ_1 = Güneş ışınının alıcıya geliş açısı

γ_s' = Yansıyan ışının azimutu

G' = Hayali güneş

h' = Yansıyan ışının yüksekliği



ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1 : Ortalama Yer, güneş mesafesine göre güneş ısısının atmosfer dışında spektral dağılımı
- Şekil 2.2 : Ekstraterresterial güneş radyasyonunun aylara göre değişimi
- Şekil 3.1.1 : Yerin hareketlerinden ileri gelen güneşin görünürdeki hareketi
- Şekil 3.1.2 : Yerin güneş etrafındaki hareketi
- Şekil 3.1.3 : Güneşin ekliptik boyunca görünürdeki yolu
- Şekil 3.3.1 : Yer küre ve enlemler
- Şekil 3.3.2 : Saat açısı tanımı için
- Şekil 3.3.3 : Saat açısı w ile güneş saati t arasındaki ilişki
- Şekil 3.3.4 : Deklinasyon ve saat açısı tanımı için
- Şekil 3.3.5 : Ölçülen ve Cooper'a göre hesaplanan deklinasyon değerleri,yıl boyunca
- Şekil 3.4.1 : Zenit ve nadir noktaları tanımı için
- Şekil 3.4.2 : Güneş yükseklik açısı ve zenit açısı tanımı için
- Şekil 3.4.3 : Kuzey enlemlerde bulunan bir R gözlemcisinin ufku, meridyeni ve diğer tanımlar
- Şekil 3.4.4 : Gök küresi üzerinde güneşin azimut açısı tanımı için
- Şekil 3.5.1 : Güneş ışını geliş doğrultusu ve eğik düzlem konum açıları
- Şekil 4.1 : Küresel üçgen
- Şekil 4.2 : Küresel üçgenin açıları
- Şekil 4.3 : Aralarında c açısı olan iki dik koordinat sistemi
- Şekil 4.4 : Dik koordinatlarda küresel üçgen
- Şekil 4.5 : Şekil 4.4 sisteminde XOZ' nin OY etrafında c açısı kadar çevrilmesi
- Şekil 4.6 : Kutupsal üçgen
- Şekil 4.1.1 : Ufuk ve koordinat sistemleri

Şekil 4.2.1 : Yatay ve eğik düzlem için güneşin doğuş-batış anı

Şekil 4.2.2 : Yatay ve eğimli yüzeylerdeki ekstraterrestrial güneş radyasyonu geliş açısı

Şekil 5.3.1 : Yansıtıcı ayna, toplayıcı ve alıcı kesit resmi, şematik

Şekil 5.4.1 : Lineer olmayan yansıtıcı yüzey ve alıcı

Şekil 6.2 : Yansıtıcı ve alıcıların küresel geometri ile gösterimi



TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 : Güneş ile ilgili bazı değerler

Tablo 2.1 : Aylık ortalama günler

Tablo 6.3 : Yansıtıcıya gelen yansıyan ışının doğrultusu olan θ_1 değerlerinin tablosu



1.BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ TEMELLERİ

1.1.Güneş

İnsanoğlu varolduğundan bu yana hep güneşini merak etmiş, güneş üzerine düşünmüş, ve çalışmıştır. Güneş, bildiğimiz en eski zamanlarda ve dünyanın değişik yerlerinde ışık ve enerji kaynağı olarak kutsallaştırılmış, tapılmış ve ayrı ayrı adlarla anlatılmıştır.

Güneş dünyamıza ve diğer gezegenlere enerji veren sonsuz denilebilecek güce sahip tek enerji kaynağıdır. Canlılar yaşamlarını güneşe borçludurlar.

Güneş, galaksi merkezinden aşığı yukarı 2700 ışık yılı uzaklıkta ve galaksi düzlemine 100 ışık yılı bir mesafenin içindedir. Güneş ile gezegenleri ve gezegenlerinin tersinde olan uydular ve gök cisimleri "Güneş Sistemini" meydana getirirler. Güneş de çevresindeki yıldızları ortalama konumuna göre yaklaşık 20 km/saat hızla Çalgı Takım Yıldızı (Hercules Comsterlation) yönünde hareket etmektedir.

Güneş tamamen çok yoğun ve çok sıcak gazlardan meydana gelir ve görünen çapı 1.39×10^6 km.dir. güneş yaklaşık dört haftada bir kendi etrafında döner. Bu dönme katı cisim gibi olmaz. Ekvator kısmı 27 günde, kutup bölgesi 30 günde döner. Güneş ile ilgili değerler Tablo 1.1.de verilmiştir.

Çapı	1.39196×10^6 Km.
Kütlesi	1.989×10^{30} Kg.
Hacmi	1.4121×10^{27} m ³
Ortalama Yoğunluğu	1409 Kg/m ³
Kütlesinin Dünya Kütlesine Oranı	332488
Yüzeyindeki Çekim İvmesi	273.98 m/s ²
Korona (Güneş Tacı) Sıcaklığı	10 ⁶ K
Fotokürenin Efektif Siyah Cismin Sıcaklığı	5762 K
Kütlesel Bileşimi, (Yaklaşık Olarak)	% 75 H ₂ , % 24,25 He, % 0.75 Ağır Elementler

Tablo 1.1: Güneş ile ilgili bazı değerler

1.2. Güneş Enerjisinin Kaynağı

Güneş enerjisinin kaynağı da insanoğlunu çok meşgul etmiştir. Atkinson ve Houtermans 1929'da ve ayrıntılı olarak Weizacker 1936'da ilk defa, güneşten sürekli olarak yayılan enerjinin kaynağının, güneş merkezi sıcaklığında, $1,4 \cdot 10^7$ (K), exotermik olan termik çekirdek reaksiyonları olabileceğini göstermiştir.

Dış yüzeylerden içeri doğru yoğunluk ve basınç hızla artar. Kütlelerin büyük bir kısmı, iç küre denilen bölümde bulunur. Güneş'in iç tabakalarından neşredilen ışınlar, dış tabakalar tarafından absorbe edilir ve sonra bir kara cisim gibi, bu dış

tabakaların yaptığı emisyon, Güneş yüzeyinden dışarı çıkarak yayılır. Böylece ancak, Güneş dışına çıkabilen ışınımın doğduğu derinliğin üst kısımlarının ışığı uzaya yayılabilmektedir. Buna göre bahsedilen derinliğin alt kısmında kalan Güneş maddesinin emisyonu, Güneş yüzeyine çıkamıyor demektir. Bu açıklamaya uyan iç bölgeye “İç Küre” denir. Güneş’te görülebilen olayların tümü, iç kürenin dışındaki bölgelere aittir. İç küre hakkındaki bilgiler, tamamen teoriye dayanmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre, Güneş merkezi civarında sıcaklık 8×10^6 K ve yoğunluk, 4×10^6 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

Kalınlığı 400-500 km. kadar olan fotosfer tabakası, Güneş ışığının büyük bir kısmının kaynağıdır. Bu tabakanın sıcaklığı 5.000-6.000 K olarak bilinir.

Fotosfer tabakasını saran daha kalın (yaklaşık 10.000 km.) bir tabaka Kromosfer’dir. Yoğunluğu daha düşük olduğu için ışınım gücü de çok zayıftır. Bu tabaka ancak Güneş tutulmalarında renkli olarak görülür.

Güneş’in en dış tabakası Korona’dır. Bu tabakanın sıcaklığı çok yüksek (1.000.000 K) ve yoğunluğu çok azdır. Korona tabakası güneş tutulmalarında görülür. Onu, Güneş’i gezegenler arasında birleştiren bir geçiş tabakası olarak da düşünmek mümkündür.

Yapılan araştırmalar sonucunda bugün Güneş’in neşrettiği enerjinin, merkez civarında meydana gelen nükleer olaylar sonucu ortaya çıktığı kabul edilmektedir. Uranyum izotoplarından biri olan U_{92}^{238} gibi radyo-aktif elementlerin parçalanmasından doğacak enerji miktarı çok büyüktür. Fakat Güneş’te bu tür ağır elementlerin az oluşu nedeniyle yapılan araştırmalar sonucunda Güneş Enerjisinin, atomlarının parçalanması değil de, tersine atomların birleşmesi yoluyla meydana geldiği sonucuna varılmıştır. Proton-proton cycle (=çevrim) denilen olayla, dört hidrojen atomu birleşerek bir helyum (He) atomu meydana getirir. Dört hidrojen atomu ağırlığı bir helyum atomunun ağırlığından biraz fazladır. Bu olaydaki kütle kaybı % 0,7’dir. Bu kaybolan kütle miktarı, Einstein’in relative teorisine göre, $E=m.c^2$ bağıntısına uyarak atom enerjisi denilen enerjiye dönüşür. (1.2.1.)



$$E = m \cdot c^2 \text{ bağıntısında;} \quad m \rightarrow \text{Kütle (Gram)}$$

$$c \rightarrow \text{Işık Hızı}$$

Eğer burada, $m=1 \text{ gr}$, $c=300.000 \text{ km/sn}$ alınırsa

$$E = (1 \text{ gr}) \times (300.000 \text{ km/sn})^2$$

$$E = 1 \times 9 \cdot 10^{10} \text{ gr} \cdot \text{km}^2 / \text{sn}^2$$

$$E = 9 \times 10 \text{ gr} \cdot \text{cm}^2 / \text{sn}^2 \text{ olur.}$$

Birim dönüşümlerinden bilindiği üzere, $\text{gr} \cdot \text{cm}^2 / \text{sn}^2 = 1 \text{ erg}$ olduğundan, $E = 9 \times 10^{20} \text{ erg}$ lik bir enerji elde edilmiş olur. Yaklaşık olarak $2 \cdot 10^{33} \text{ gr}$ kütleyle sahip olan Güneş'in hidrojeninin tamamının helyuma dönüşeceği kabul edilirse, daha çok uzun bir süre enerjinin devam edeceği sonucuna varılır.

1.3. Güneş Enerjisinin İlk Uygulamaları

Güneş ışınımı asırlardan beri yeryüzüne geldiği halde bilinçli faydalanmaya başlanması oldukça yenidir. Kaynaklara göre, ilk defa Sokrates (M.Ö 400) evlerinin güney yönüne fazla pencere koyarak güneş ışığının içeri girmesini ve kuzey tarafını yüksek yaparak rüzgarın önlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Archimedes'in (M.Ö.250) içbükey aynalarla güneş ışığını odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yaktığı iddia edilmektedir. Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar 1600 yılında Galile'nin merceği bulması ile başlamıştır. İlk defa Fransa'da, 1725'de, Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir pompa yapılmıştır. Belidor güneş pompasında, gündüzleri kap içindeki hava ısınarak genişlemekte bunun sonucu olarak suya bir kuvvet uygulamakta, tek yönlü A valfi açılarak, su depoya dolmaktadır. Kap geceleri soğuduğu veya gündüzleri soğutulduğu zaman, kap içindeki basınç atmosfer basıncının altına düşmekte ve B valfi açılmakta su kaba dolmaktadır.

Fransız bilim adamı Mouchot 1860 da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışınımını odaklamış ve küçük bir buhar makinesi yapmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deneyler yapmıştır. Güneş enerjisi ile ilgili ilk kitap da 1869'da "*La Chaleur Solatire et Ses Application Industrielles*" ismi ile Mouchot tarafından hazırlanmıştır. Mouchot 1878 yılında yine ilk defa güneş enerjisi ile çalışan bir soğutucuda bir buz blok üretmeyi başarmıştır.

Güneş enerjisi ile çalışan, iş yapan akışkanın hava olduğu bir makine 1878 de Ericson tarafından geliştirilmiştir. Bu yıllarda güneş enerjisi konusundaki çalışmalar yoğunlaşmış, tatlı su elde edilmesi ve güneş ocakları konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Adams, Hindistan'da yedi askerin yemeğini, en soğuk ay sayılan Ocak ayında, konik yansıtıcı güneş ocağında iki saatte pişirmiştir.

Shuman ve Boys, 1913 de parabolik aynalar yardımıyla bir buhar üreticisi yapmışlar ve bundan faydalanarak Nil Nehrinden su çeken 50 BG'ndeki su pompasını çalıştırmışlardır.

Birinci dünya savaşı sonrasında, petrolün önem kazanmasıyla güneş enerjisine yönelik çalışmalar araştırma düzeyinde kalmıştır. 1930 yılından sonra pasif sistemlerle ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmışsa da araştırma kurumlarının dışına çıkamamıştır. Araştırmalar ile ilgili ilk önemli toplantı 1954'de Yeni Delhi'de yapılmış ve "*Uluslar Arası Güneş Enerjisi Derneği- International Solar Energy Society*" nin kurulması kararlaştırılmıştır.

Güneş Enerjisinin önem kazanması daha çok 1973'deki dünya enerji kriziyle olmuştur. Günümüzde, güneş enerjisinden bir çok alanda yararlanılmakta ve her geçen gün faydalanma alanı artmaktadır.

Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar yenidir. Özellikle 1973 petrol krizinden sonra ülkemizde de çalışmalar yoğunlaşmış ve 1975 yılından sonra güneş enerjisi ile sıcak su temin edilen sistemler yaygınlaşmıştır. Halen, yüzün üzerinde güneş toplayıcısı imal eden firma bulunmaktadır. Güney ve batı sahillerinde çok sayıda güneş enerjili sıcak su sistemi mevcuttur. Belirtmek gerekir ki, Türkiye'de imalatı yapılan güneş toplayıcılarının bir çoğunun özellikleri dünya standartlarının

altındadır. Isıl hesapları kolay olduğundan Türkiye şartlarına uygun güneş toplayıcılarının geliştirilip yapılması mümkün olmasına rağmen, birçoğu yabancı ülke patenti ile imal edilmekte, genellikle de toplayıcı boyutları benzetilerek seçilmektedir.

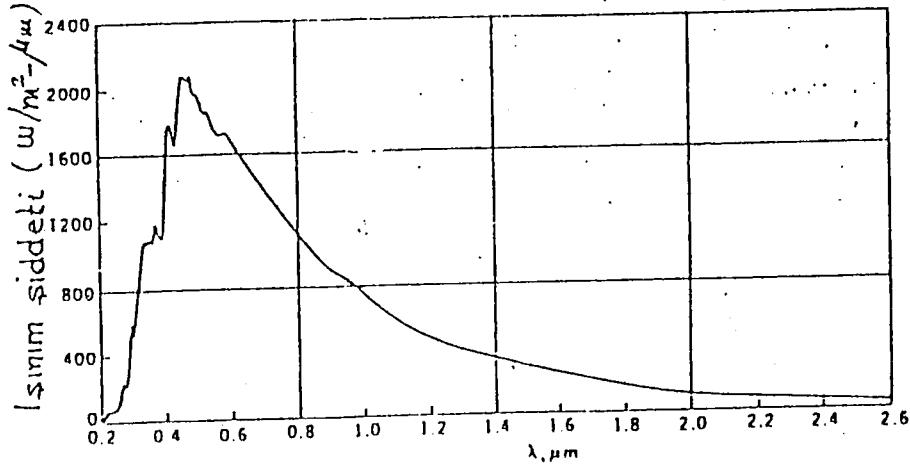


2. BÖLÜM

EKSTRATERRESTERIAL GÜNEŞ RADYASYONU

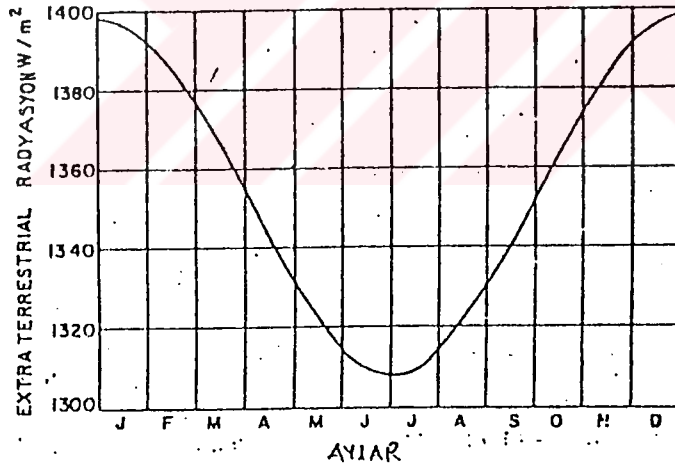
Güneş' in merkezinin, yer merkezine olan ortalama uzaklığı $1,495.10^{11}$ (m) dir. Güneş dünyadan 32 dakikalık bir açı içinde düzlemsel bir daire gibi görünür. Eğer dünyanın etrafında bir atmosfer tabakası olmamış olsa idi, yeryüzünde güneş ışınlarına dik olan bir ortama ortalama 1353 (W/m^2) güneş enerjisi gelecekti. Eğer Şekil 2.1. de gösterildiği gibi, atmosfer tabakası dışında güneş ışınlarına dik, zahiri bir yatay düzlem düşünülürse, bu düzleme gelen ortalama güneş enerjisi de aynı değere sahiptir. Bu güneş radyasyonuna literatürde "*extraterrestrial radyasyon*" denilmektedir.

Güneş enerjisi, radyasyon yoluyla yani elektro-magnetik dalgalar halinde uzayı kat ederek Yer' e kadar ulaşır. Güneş' den gelen ışınlar, Yer atmosferinden geçerken enerjilerinin bir kısmını kaybederler. Bu kaybolan kısım Yer atmosferi tarafından absorbe edilmektedir. Bu şekilde Güneş' den neşredilen enerji, yeryüzüne ulaştığı zaman bir miktar azalmış olacaktır. Bu azalma, o yerin coğrafi yapısına ve bir takım etkilere göre değişiklik gösterir. Bu yüzden Güneş' den çıkan enerjinin ölçüsü söz konusu olunca, Yer atmosferi dışındaki değeri esas alınır. Atmosfer tabakası dışında düşünülen zahiri yatay bir düzleme dik gelen güneş radyasyonu ekstraterrestrial güneş radyasyonudur. Yani atmosfer olaylarının etkilemediği güneş radyasyonudur.



Şekil 2. 1 Ortalama Yer, Güneş mesafesine göre güneş ışınının atmosfer dışında spektral dağılımı

Şekil 2.1'de güneş radyasyon şiddeti, dalga boyu üzerine taşınmıştır. Şekil 2.1'de güneş radyasyonu şiddeti eğrisi altında kalan alan, literatürde "Güneş Sabiti", I_0^* (W/m^2) olarak bilinmektedir. Güneş ile dünya arasındaki uzaklık yıl boyunca değiştiğinden, güneş sabitinin değeri de yıl boyunca değişmektedir.



Şekil 2.2. Extraterrestrial Güneş Radyasyonunun aylara göre değişimi.

Extraterrestrial Güneş Radyasyonunun yıl boyunca değişimi Şekil 2.2' de görülmektedir. Şekil 2.2'deki bu değişim literatürde aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir.

$$I_{0,n}^* = I_0^* (1 + 0.033 \cdot \cos 360 \cdot n / 365)$$

Burada $I_{0,n}^*$ yılın her günü için değişen Extraterrestrial Güneş Radyasyonunu ve n de günün yıl içindeki sayısını verir. Örneğin, 17 Ocak için $n=17$ ve 11 Haziran için $n=162$ 'dir. Dünyanın güneşe en yakın olduğu Aralık ve Ocak aylarında Extraterrestrial Güneş Radyasyonu en yüksek, en uzak olduğu Haziran ayında ise en düşük değerini almaktadır. Litaratürde Extranetesterial Güneş Radyasyonu için sabit bir değer $I_0^* = 1353 \text{ (W/m}^2\text{)}$ alınmaktadır.

AYLAR	Ay İçerisindeki Gün Sayısı	Yıl İçerisindeki Gün Sayısı
Ocak	17	17
Şubat	16	47
Mart	16	75
Nisan	15	105
Mayıs	15	135
Haziran	11	162
Temmuz	17	198
Ağustos	16	228
Eylül	15	258
Ekim	15	288
Kasım	14	318
Aralık	10	344

Tablo 2.1. Aylık Ortalama Günler

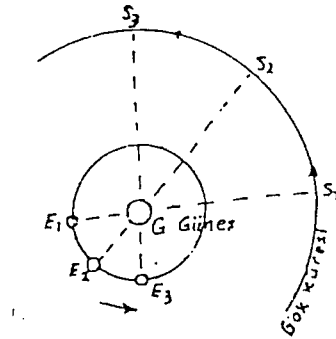
3. BÖLÜM

ASTRONOMİK KOORDİNAT SİSTEMİ

3.1 Gök Küresinin Astronomik Koordinatları

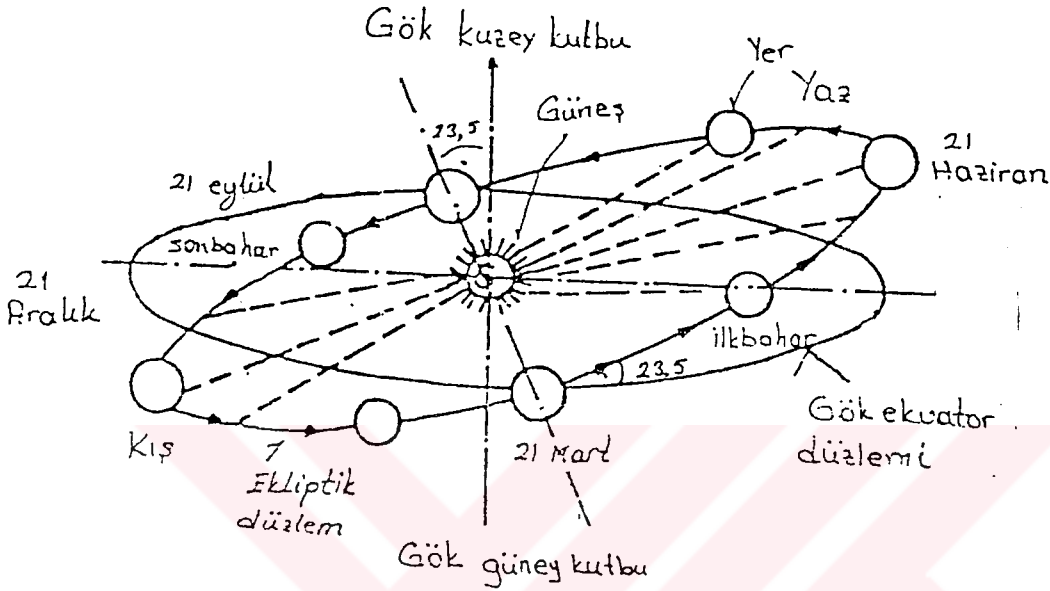
İnsan gözü sonsuz uzaklığı algılayamadığı için göğün bütün noktalarını aynı uzaklıktaymış gibi görmektedir. Dolayısıyla gökyüzü insanda bir küre etkisi uyandırır. Bu optik ve psikolojik bir olaydır.

Gerçekte, Yer hiçbir sistemin merkezi değildir. Yer'in ana hareketleri, eksenini etrafında dönmesi ve Güneş etrafında dolanmasıdır. Kuzey kutbunun çok yukarısındaki bir noktadan bakıldığında, Yer saat yönünün tersi, yani batıdan doğuya doğru dönüyor görülür. Yer, uzayda Güneş etrafındaki yörüngesini yaklaşık olarak 365.2564 günde tamamlar. Bu süreye güneş yılı denir. Bu yörünge, odaklarından birinde Güneş bulunan elipstir. Yer üzerindeki bir gözlemci için, bu yörüngesel hareket, Güneş' in yıldızlar arasındaki bir hareket gibi görülür. Şekil 3.1.1.'de E_1 , E_2 ve E_3 Yer'in Güneş(G) etrafındaki yörüngesi üzerinde ardışık durumları olsun. Bu noktalardan Güneş, Gök Küresi üzerinde S_1 , S_2 ve S_3 de görünür.



Şekil 3.1.1. Yer'in hareketlerinden ileri gelen Güneş'in görünürdeki hareketi.

Yerin hareket düzlemine “*ekliptik düzlem*” denir. Yer üzerindeki bir gözlemci için ise bir yıl boyunca Güneş’in gök küresinde çizdiği görünürdeki büyük daireye “*gök ekvatoru*” denir. Yer’in Güneş etrafındaki hareketi Şekil 3.1.2’ de gösterilmiştir.

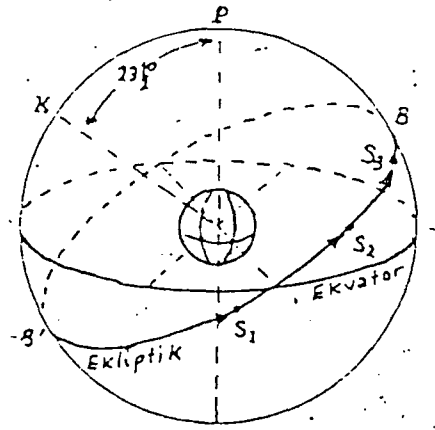


Şekil 3.1.2. Yer'in Güneş Etrafındaki Hareketi

Şekil 3.1.2’te görüldüğü üzere ekliptik düzlem ile gök ekvatoru düzlemi arasında $23,5^\circ$ lik bir açı vardır. İki düzlem arasındaki açı, normalleri arasındaki açıya eşit olduğuna göre, Yer’in dönme eksenini ile Güneş ışınının geliş doğrultusu arasında ki açı $23,5^\circ$ dir.

Yer üzerindeki bir gözlemci için ekliptik düzlem üzerinde Güneş’in görünen hareketi, Şekil 3.1.3’te gösterilmiştir. Yer’in bir dönme eksenini vardır, bu eksen basık olan noktalarda bir noktadan Yer’i deler. Bu noktalar Yer’in kutuplarıdır. Şekil 3.1.3’de P noktası kuzey gök kutbu; K ekliptiğin kutbudur. Ekliptik üzerinde Güneş’in ardışık durumları S_1 , S_2 ve S_3 ile gösterilmiştir. Güneş’in her yıl 21 Mart civarında güneyden kuzeye giderken ekvatoru kestiği noktaya “*İlkbahar Ekinoksu*”

denir. İlkbahar noktasına karşıt olan nokta “*Sonbahar Ekinoksu*” dur. Güneş bu noktaya her yıl 22 Eylül civarında erişir. Güneş’in ekvatorдан kuzeye doğru en fazla açıldığı B noktası kuzeydeki bir gözlemci için *Yaz Dönencesi*’dir. Benzer şekilde B noktası *Kış Dönencesi* diye adlandırılır. Güneş bu noktaları sırası ile 21 Haziran ve 21 Aralık civarında erişir.



Şekil 3.1.3. Güneş'in ekliptik boyunca görünürdeki yolu

3.2 Güneş Açıları

Astronomik hesaplar yapabilmek için gök kubbesini bir küre, gözlemciyi de onun merkezinde duruyormuş gibi kabul etmek mümkündür. Bu kabuller çok büyük hatalar oluşturmaz. Yer'in uzayda hareketsiz kabul edilmesi gerçekte doğru değildir, fakat sonsuz yarıçaplı gök küresi yanında Yer'in bir nokta gibi düşünülmesi büyük bir hata oluşturmaz. Gök küresi, gök cisimlerinin gözlemciye olan uzaklıkları hakkında hiçbir bilgi vermez, sadece görüldükleri doğrultuları hesaplama olanağı vardır. Gök küresinin yarıçapı tamamen keyfidir.

Gök cisimlerinin görünen yerleri zamana ve gözlem yerine bağlıdır. Yer üzerindeki çeşitli noktalarda, aynı zamanda gözlenen gök cisimleri ve onların doğrultuları değişiktir. Bu yüzden yapılan gözlemler için yapılan gözlem yerinin belirtilmesi gerekir. Yer yuvarlağı tam bir geometrik küre değildir, merkeze göre simetrik olan iki noktada basıklaşmış bir elipsoid görünüşündedir. Yer yuvarlağının sahip olduğu uzaysal geometrik şekil “*geoid*” olarak adlandırılır.

3.3 Esas Güneş Açıları

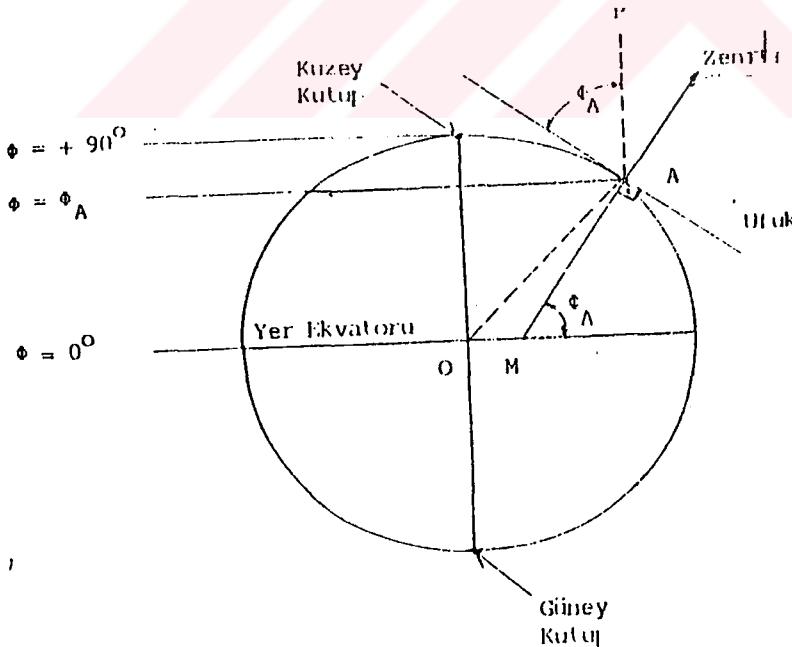
Yeryüzündeki bir A noktasına gelen direkt güneş ışınımı doğrultusu, eğer o yerin enlemi (ϕ), saat açısı (w) ve güneşin deklinasyon açısı (δ) biliniyorsa tayin edilebilir. Bu açılara esas güneş açıları denir.

Yer yuvarlağı üzerinde bulunan bir A noktasının ufku, A noktasında elipsoide çizilen teğet ile bulunur. Ufuk düzlemine A noktasında dik olan doğrunun (normal) ekvator düzlemi ile yaptığı açı A noktasının "enlemi" olarak tanımlanır. A noktası ile Yer merkezini birleştiren doğrunun ekvator düzlemi ile yaptığı açığa da "geosantrik (yer merkezli) enlem" denir. Şekil 3.3.1.

Ufuk enlemi ϕ ile, geosandrik enlem ϕ' arasında;

$$\tan \phi' = b^2 / a^2 \cdot \tan \phi$$

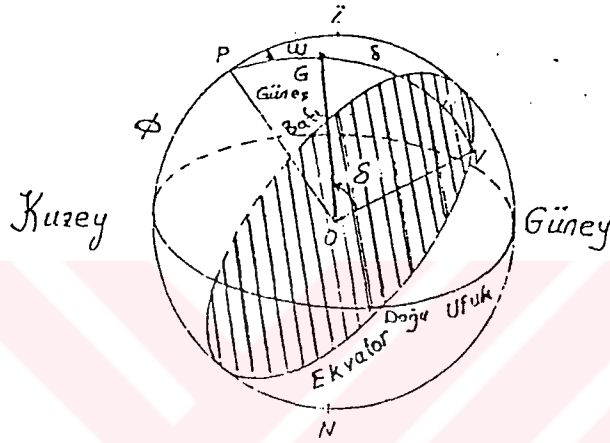
bağıntısı vardır. Astronomik hesaplamalarda ufuk düzlemi esas olduğu için ufuk enlemi olan ϕ açısı kullanılır.



Şekil 3.3.1. Yer Küre ve Enlemler

ϕ coğrafi enlem dairesi ekvatorundan itibaren kuzeye doğru (+), güneye doğru (-) ile ölçülür. Kuzey kutbu için $+90^0$, güney kutbu için -90^0 olur.

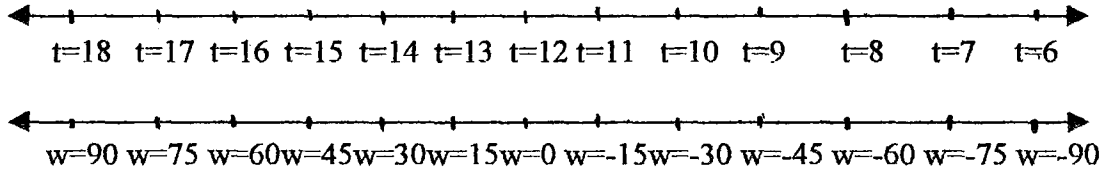
Ekvator düzlemi temel düzlem olmak üzere, Güneş'den ve kutuplardan geçen daire günlük hareketlere uyarak kutuplar doğrusu (Yer'in dönme eksenini) etrafında, negatif (saat yönüne karşıt) yönde döner ve 24 saat sonra aynı yere gelir. O yüzden bu daireye saat dairesi denir. Saat dairesi ile gözlem yerinin meridyeni kutuplarda kesişir. Bu iki daire arasındaki iki düzlemlilik açısı bu sistemin birinci koordinatıdır. w ile sembolize edilen bu açısı "saat açısı" denir.



Şekil 3.3.2 Saat açısı tanımı için.

Gözlemcinin konumuna göre Güneş'in maksimum öğlen yüksekliğine "Güneş Öğlesi" denir ve $w=0$ olarak kabul edilir. Güneş öğlesi her ay değişiklik gösterir.

360^0 lik bir çember üzerinde bir gün 24 saat olduğuna göre bir saat 15^0 ye tekabül eder. w saat açısı güneş öğlesinden önce negatif, güneş öğlesinden sonra pozitif olarak ölçülür. Güneş saati t ile sembolize edilir. Güneş öğlesinde $t=12$ olur. Güneş öğlesinden önce $t<12$, Güneş öğlesinden sonra ise $t>12$ olarak değer alır. Saat açısı w ile güneş saati arasında, şekil 3.3.3 de belirtilen ilişki vardır.



Şekil 3.3.3. Güneş açısı w ile güneş saati t arasındaki ilişki

Saat açısı w ile güneş saati t arasında $w = (t-12).15$ lineer ilişkisi vardır.

Astronomik hesaplamalar yaparken güneş saati esas alınır. Tam 24 saat olarak belirlenen normal gün uzunluğu, Yer'in yörüngedeki hareketi ve diğer faktörlerden dolayı güneş gününden çok az farklıdır. Bu sebeple standart saatin güneş saatine çevrilmesiyle meridyen farkından başka zaman düzeltmesi denilen günlere göre değişen bir sabit ilave edilir. Standart zaman bilindiği zaman güneş zamanı (3.3.1), (3.3.2) ve (3.3.3) formüllerinden kolayca bulunur. (3.3.1) formülünde Türkiye gibi doğu boylamlarında olan ülkeler için formülün ikinci kısmının başında (-) işareti kullanılır.

$$\text{Güneş zamanı} = \text{Standart zaman} \pm 4 \cdot (l_{st} - l_{loc}) + E \quad (3.3.1)$$

$$E = (9,87) \cdot \sin 2B - (7,53) \cos B - (1,5) \cdot \sin B \quad (3.3.2)$$

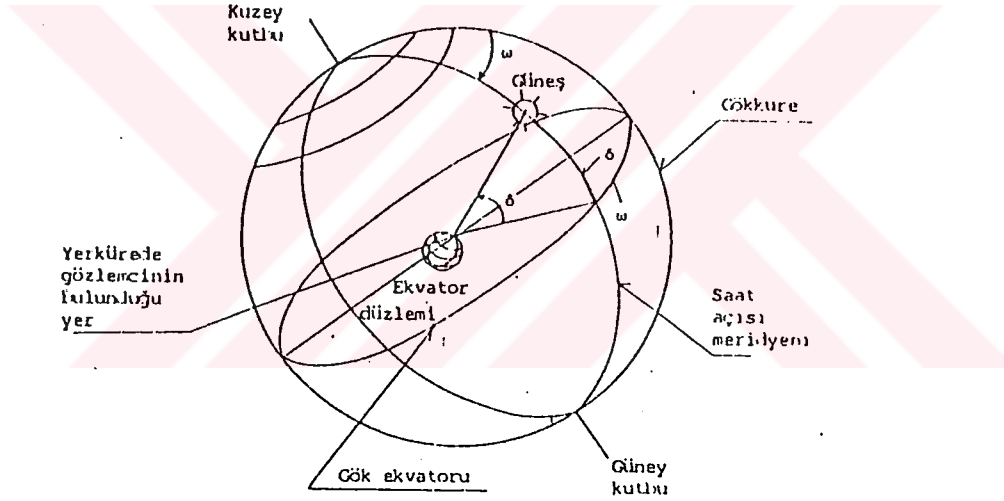
$$B = 360 \cdot (n - 81) / 364 ; \quad n = \text{yıl içindeki gün sayısı} \quad (3.3.3)$$

Güneş'in ekvatora nazaran açıl yüksekliği ikinci koordinattır; buna *deklınasyon* denir ve δ ile gösterilir. (Şekil 3.3.2) Deklınasyon açısı, Yerin dönme ekseninin, yörünge düzleminin normali ile yaptığı açıdan ileri gelir. Yer'in Güneş etrafında dönmesi bir yılda (365 günde) tamamlandığından deklınasyon açısı aynı bir günde seneden seneye çok az değişirse de pratik olarak belirli bir günde sabit olarak kabul edilebilir.

$-23,45^0 < \delta < +23,45^0$ arasında değerler alır. Deklinasyon açıları astronomlar tarafından ölçölür ve bu ölçölen değerlere en yakın değerler veren bağıntı Cooper (1969)'ın *ampirik* denklemdir.

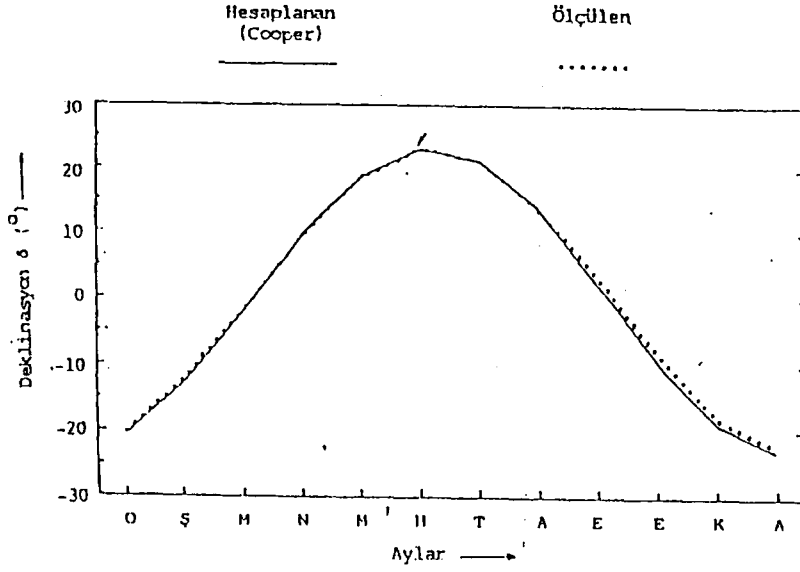
$$\delta = 23,45 \cdot \sin(360 \cdot (284 + n) / 365) \quad (3.3.4)$$

Eşitlik (3.3.4)'deki n ; yıl içindeki gün sayısıdır. Şekil 3.3.3'de Yerküre' de gözlemcinin bulunduğu yer, gök kürenin kutupları ve ekvator düzlemi, saat açısı meridyeni, yayı ve deklinasyon açısı ve yayı, ekvator düzlemi koordinat elemanları olarak verilmiştir. Şekil 3.3.4'den göröleceği gibi, gök kutuplarından ve güneşin gökkubbede zahiren bulunduğu yerden geçen gök meridyeni üzerinde, güneş ile bu meridyenlerin ekvatoru kestiği nokta arasında kalan yay parçası deklinasyon açısını verir.



Şekil 3.3.4. Deklinasyon ve saat açısı tanımı için.

Ölçölen aylık ortalama deklinasyon değerleri ile Cooper (1969) formölü ile bulunan aylık ortalama deklinasyon değerlerin aylara göre değişimi şekil 3.3.5'de verilmiştir.



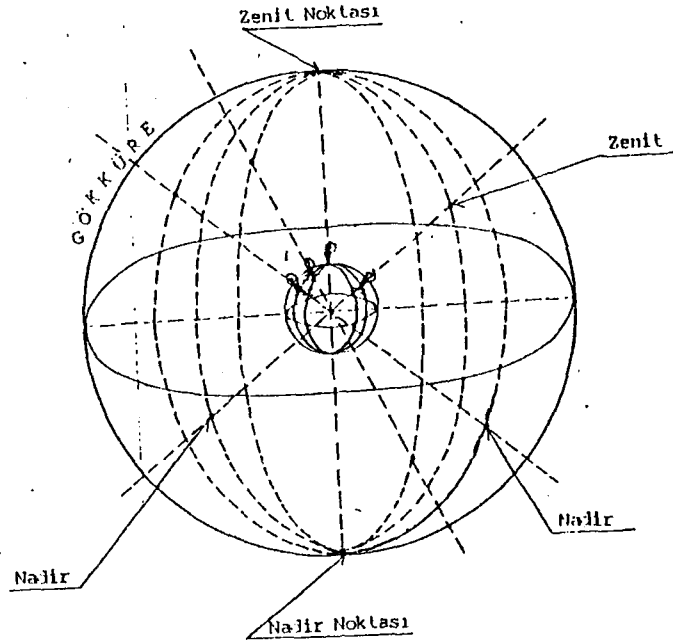
Şekil 3.3.5. Ölçülen ve Cooper'a göre hesaplanan deklinasyon değerleri, yıl boyunca

Ekinoks noktalarında (21 Mart İlkbahar ekinoksu, 22 Eylül Sonbahar ekinoksu) deklinasyon açısı sıfır olur ve gündönümü noktalarında (21 Haziran Yaz gündönümünde 23.45° ve 22 Aralık Kış gündönümünde -23.45°) mutlak değerce maksimum olur.

3.4. Türetilen Güneş Açıları

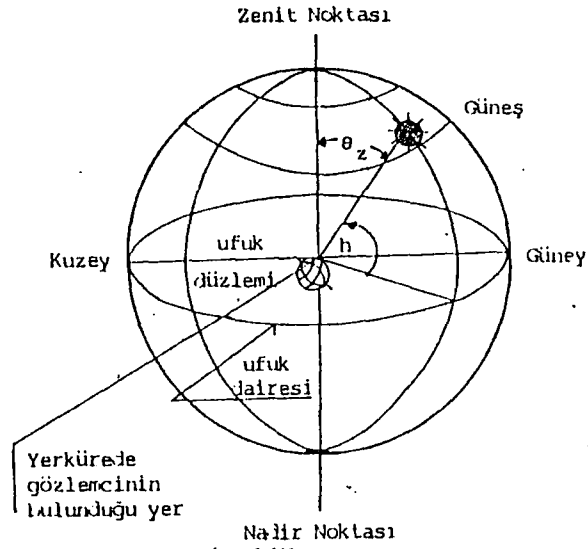
Yatay ve eğik bir düzleme gelen güneş ışınımının hesaplanmasında düzlemler ve güneş ışınlarının doğrultusu ile ilgili açılardan yararlanır. Zenit açısı (z), güneş yükseklik açısı (h), güneş azimut açısı (γ_s) gibi açılarla türetilmiş güneş açıları denir.

Yerküre üzerinde herhangi bir konumda bulunan gözlemcinin bulunduğu yere teğet olan düzleme dik olan doğrunun uzantısı gözlemcinin tepesinden geçerek gökküreyi deldiği düşünülürse, bu delinen noktaya zenit noktası (başucu noktası) denir. Zenit noktasını gözlemciye birleştirilen doğru üzerinde zenit noktasından gözlemciye doğru indirilirse ve gözlemciden sonra aynı doğrultuda zenit noktasına ters yönde ilerlenirse yine bu doğrunun gökküreyi deldiği düşünüldüğü noktaya da nadir noktası denir. Zenit noktası gözlemcinin Yer üzerindeki konumuna göre değişir.



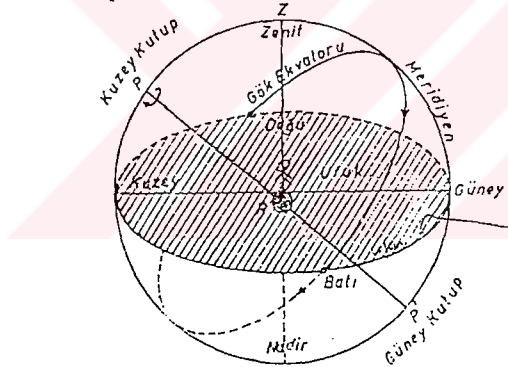
Şekil 3.4.1. Zenit ve nadir noktaları tanımı için

Yerküre üzerinde herhangi bir konumda bulunan gözlemcinin olduğu yerde yerküreye teğet bir düzlem geçirildiği düşünülürse, bu düzlem gözlemcinin ufuk düzlemidir ve bu düzleme gözlemcinin bulunduğu yere dik olan doğrunun gözlemcinin tepesi yönünde olan zenit noktası ile gökkürenin gözlemcinin ufuk düzlemine paralel enlem düzlemi, ufuk düzlemi koordinat sisteminin temelini oluşturur. Buna göre, gözlemcinin gökkürede güneşi gördüğü nokta gözlemci ile birleştirildiğinde elde edilen doğru ile ufuk düzlemi arasındaki açı, güneşin yükseklik açısı, h dir ve z açısı ise bu doğrunun, zenit ve nadir noktalarından geçen ve ufuk düzlemi ile yaptığı açıdır ve zenit açısı, $\theta_z = z$ ile güneş yükseklik açısı h 'nin toplamı 90° dir. $z + h = 90^\circ$ dolayısı ile $\text{Sin}z = \text{Cos}h$ dir. Yatay düzleme güneş ışınları dik gelirse $z = 0^\circ$, güneşin doğusunda ve batısında $z = 90^\circ$ dir. (Şekil 3.4.2.)



Şekil 3.4.2. Güneş yükseklik açısı ve zenit açısı tanımı için.

Ufuk düzleminin gök küresini kestiği noktaların meydana getirdiği arakesit "ufuk çemberidir." Ufuk dairesi ile gök ekvatorunun kesim noktaları gözlemcinin doğu ve batı noktalarıdır. Gözlemci günlük hareket yönünde, ufkun altından üstüne geçerken rastladığı kesim noktası doğudur. O halde Güneş tam ekvator üzerinde iken doğduğu ve battığı noktalar, o yerin doğu ve batı noktalarını verir. Şekil 3.4.3

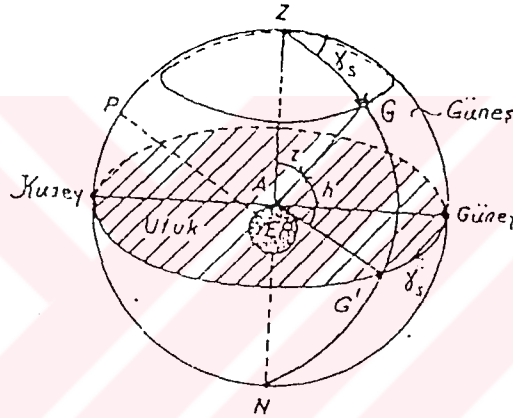


Şekil 3.4.3. Kuzey enlemlerde bulunan bir R gözlemcisinin ufku, meridyeni ve diğer tanımlar.

Şekil 3.4.3'de görüldüğü üzere kutuplardan ve zenit noktasından geçen meridyen dairesi ufuk dairesini güney ve kuzey noktalarında keser. Bu daireyi kısaca "meridyen" olarak da ifade etmek mümkündür. Burada şu özelliğe dikkat etmek gerekir; zenit-nadir, doğu-batı, güney-kuzey noktaları meridyen ve ufuk daireleri gözlem yerine bağlı olduğu halde, kutup noktaları ve ekvator dairesinin gözlem yeri ile hiçbir ilgisi yoktur.

Güneş'in doğrultusunun tam bilinmesi için, kutupsal koordinat sisteminde azimut açısına da ihtiyaç duyulur. Gök küresi üzerinde bir noktanın yerini saptamak için, genel olarak bir temel düzleme ve iki açıya ihtiyaç vardır. Ufuk düzlemi üzerinde gözlem yerinin ufku temel düzlemdir. (Şekil 3.4.4) Gök küresi üzerinde Güneş için yükseklik, h , G noktasını A noktasına birleştiren doğrunun ufuk düzlemi ile yaptığı açıdır. Güneşin ikinci koordinatı azimut (γ_s), gözlem yerinin meridyeni ile G'den geçen düşey düzlem arasında kalan açıdır.

Güneş'in ufuk düzlemine izdüşümü tam güney noktasında iken $\gamma_s = 0^\circ$, güneyden batıya doğru $0^\circ < \gamma_s < 180^\circ$ ve güneyden doğuya doğru, $-180^\circ < \gamma_s < 0^\circ$ olarak ölçülür.



Şekil 3.4.4. Gök küresi üzerinde güneşin azimut açısı tanımı için.

3.5 Eğik Düzlemin Açıları

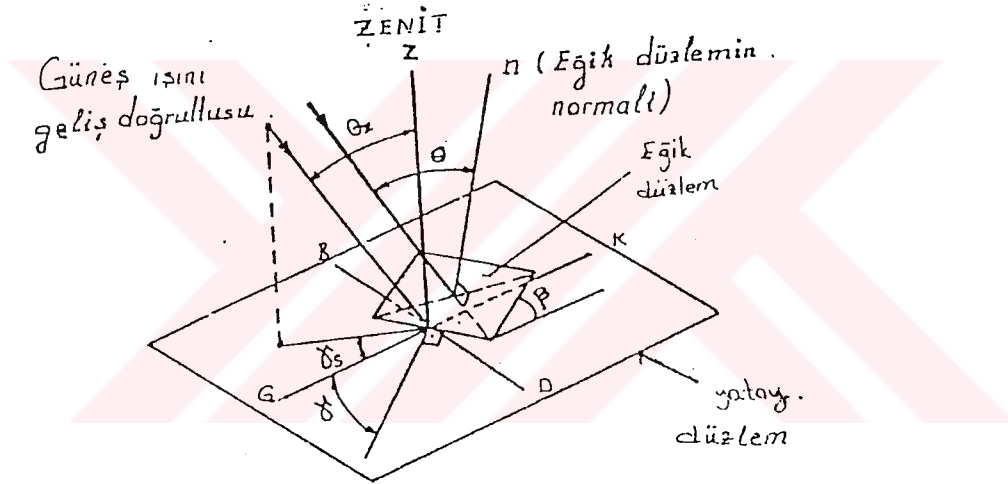
Yer üzerinde herhangi bir eğik düzlemin konumu iki açı ile belirlenir. Bunların birincisi eğik yüzeyin yatayla yaptığı açıdır. Bu açı β ile sembolize edilir ve $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$ arasında ölçülür. Bir düzlemin iki yüzü olduğuna göre β açısı düzlemin Güneş'le irtibatlı olan yüzünün arka tarafından ölçülür yani $\beta > 90^\circ$ olursa, eğik düzlemin normali yere (ufuk düzlemine) bakıyor demektir. (Şekil 3.5.1)

Güneş'le irtibatlı olan yüzünün arka tarafından ölçülür yani $\beta > 90^\circ$ olursa, eğik düzlemin normaline yere (ufuk düzlemine) bakıyor demektir. (Şekil 3.5.1)

İkinci konum açısı yüzey azimutudur. Eğik yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümü, güneyden batıya doğru pozitif, doğuya doğru negatif ve tam güneyde 0° olarak ölçülür. Yüzey azimut açısı γ ile sembolize edilir. $-180^\circ \leq \gamma \leq +180^\circ$ olarak değer alır. (Şekil 3.5.1)

Eğik yüzeyin normali ve Güneş ışınının geliş doğrultusu arasındaki açı θ ile gösterilir. (Şekil 3.5.1)

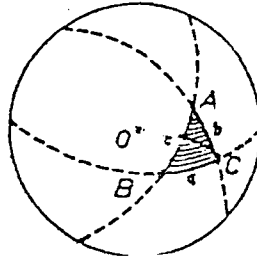
$\beta = 0^\circ$ ise bu açı θ_z ile sembolize edilir. Yani Güneş açısı $\theta_z = z$ olur.



Şekil 3.5.1 Güneş ışını geliş doğrultusu ve eğik düzlem konum açıları

4.BÖLÜM

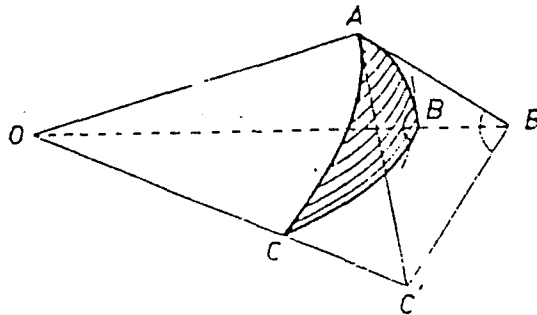
ASTRONOMİK KOORDİNATLARDA HESAPLAMA



Şekil 4.1 Küresel üçgen

Gök küresinin temeli küre geometrisidir. Küre üzerinde alınan üç noktayı büyük daire yayları ile birleştirme suretiyle elde edilen üçgene “küresel üçgen” denir. (Şekil 4.1)

Şekil 4.1’de görülen küresel üçgende, A, B, C noktalarına üçgenin köşeleri AB, AC ve BC yaylarına da üçgenin kenarları denir. Bu kenarlar a,b,c harfleri ile gösterilir ve merkez açısı ile ölçülür. Örnek olarak $a = \widehat{BC} = \widehat{BOC}$ dir. Köşelerdeki iki düzlemlilik açıları, küresel üçgenin açıları olarak ele alınır ve A, B, C ile gösterilir. A açısı AB yayının bulunduğu daire ile AC yayının bulunduğu daire arasındaki iki düzlemlilik açıdır. A açısı A noktasında AB ile AC yaylarına çizilen teğetler arasındaki açıdır. Basit bir küresel üçgenin iç açılarından her birinin 180° den küçük olduğu açıdır. Ayrıca üçgenin iç açılarının toplamı 180° büyük 540° den küçüktür.



Şekil 4.2 Küresel üçgenin açıları

Küresel trigonometri hesapları yapabilmek için küresel üçgenlerin kenarları ile açıları arasındaki bağlantıların bilinmesi gerekir. Düzlem trigonometri tanımları ve formüllerinden yararlanarak kullanışlı formüller elde edilir. Bu formülleri elde edebilmek için düzlemde dik koordinatlar sisteminin dönmesi formülasyonunun ele alınması gerekir.

Düzlemde (X,Z) ve buna c açısı yapan (X',Z') dik koordinat sistemleri göz önüne alınsın. (X,Z) dik koordinat sisteminde koordinatları (x,z) olan bir N noktası işaretlensin. Şekil 4.3 de $ON = x$, $MN = z$, $ON' = x'$, $MN' = z'$ olmak üzere

$$\overline{ON} = \overline{OF} - \overline{NF}$$

$$\overline{MN} = \overline{ME} + \overline{EN}$$

olduğu göz önüne alınırsa, bu iki sistem arasında benzer üçgenlerden yararlanarak

$$x = x' \cos c - z' \sin c$$

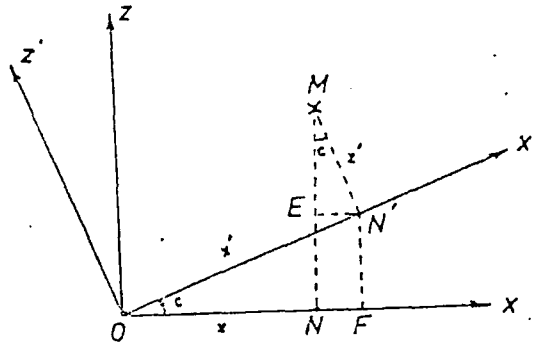
$$z = x' \sin c + z' \cos c \quad (4.1.)$$

bağılılığı bulunur. Bu iki denklem sırası ile bir kez $\cos c$ ve $\sin c$ ile çarpılır ve bir kez de $-\sin c$ ve $\cos c$ ile çarpılır yan yana toplanırsa

$$x' = x \cos c + z \sin c$$

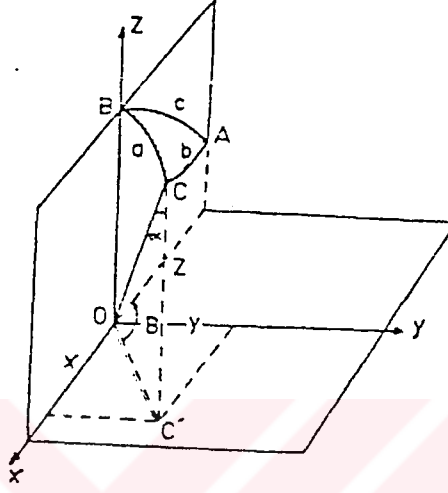
$$z' = -x \sin c + z \cos c$$

eşitlikleri elde edilir.



Şekil 4.3 Aralarında c açısı olan iki dik koordinat sistemi

ABC bir küresel üçgen olmak üzere, üçgenin oluşturduğu kürenin merkezini dik koordinat sisteminin merkezine yerleştirmek Şekil 4.4 de görüldüğü gibi mümkündür.



Şekil 4.4 Dik koordinatlarda küresel üçgen

Burada OZ eksenini OB ile çakışsın ve $AB=c$ kenarı XOZ düzleminde bulunsun. Böyle bir sistemde, C nin koordinatlarını bulmak mümkündür. $OA=OB=OC$ alınırsa;

$OC'=sina$, $Z=cosa$, $x=OC'.\cos(180-B)$ ve $Y=OC'.\sin(180-B)$ olduğunu şekilden görmek mümkündür. Şekil 4.3 'te verilen sistemde C nin koordinatları,

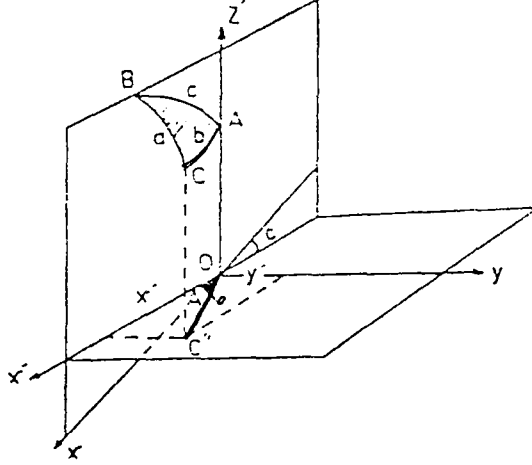
$$x = - sina.\cos B$$

$$y = sina.\sin B$$

$$z = cosa$$

olarak bulunur.

Şekil 4. 4 sisteminde XOZ, OY etrafında c açısı kadar çevrilsin. Burada OZ ekseninin A köşesinden geçmesi sağlanabilir. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5. Şekil 4.4 sisteminde XOZ nin OY etrafında c açısı kadar çevrilmesi

Şekil 4.5'de $C''O = COA = b$ olduğu açık olarak görülmektedir. Bu sistemde C nin koordinatları aranırsa, benzer olarak,

$$x' = \sin b \cdot \cos A$$

$$y' = \sin b \cdot \sin A$$

$$z' = \cos b$$

değerleri bulunur.

Ayrıca, (O,Z) sistemi ile (X', Z') sistemi arasında (4.1) denklemi doğrudan doğruya yazılabilir. (x,z) ve (x', y') arasında,

$$x = x' \cdot \cos c - z' \cdot \sin c$$

$$y = y'$$

$$z = x' \cdot \sin c + z' \cdot \cos c$$

(4.2)

eşitlikleri vardır. c noktası ve OY eksenini uzayda sabit olduğu için c nin OY üzerindeki izdüşümü bir tanedir. Dolayısıyla $y = y'$ olur.

Yukarıda bulunan ilk iki denklem sistemindeki (x, y, z) ve (x', y', z') değerleri dönüşüm formüllerinde yerine konulursa,

$$\sin a \cdot \cos B = \cos b \cdot \sin c - \sin b \cdot \cos c \cdot \cos A$$

$$\sin a \cdot \sin B = \sin b \cdot \sin A \quad (4.3)$$

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

denklemleri elde edilir.

Bu formülasyonlar yapılırken küresel üçgenin kenar ve köşeleri hiçbir kurala dayanmaksızın işaretlenmişti. (4.3) denklemlerinde harfler arasında yer değiştirmesi yapılabilir. Bütün bu denklemleri aşağıdaki şekilde üç gruba ayırmak mümkündür.

I. Sinüs Teoremleri

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} \quad (4.4)$$

II. Kosinüs Teoremleri

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos b = \cos c \cdot \cos a + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B \quad (4.5)$$

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$$

III. Sinüs (kenar)-Kosinüs (açı) Teoremleri

$$\sin a \cdot \cos B = \cos b \cdot \sin c - \sin b \cdot \cos c \cdot \cos A$$

$$\sin a \cdot \cos C = \cos c \cdot \sin b - \sin c \cdot \cos b \cdot \cos A$$

$$\sin b \cdot \cos C = \cos c \cdot \sin a - \sin c \cdot \cos a \cdot \cos B \quad (4.6)$$

$$\sin b \cdot \cos A = \cos a \cdot \sin c - \sin a \cdot \cos c \cdot \cos B$$

$$\sin c \cdot \cos A = \cos a \cdot \sin b - \sin a \cdot \cos b \cdot \cos C$$

$$\sin c \cdot \cos B = \cos b \cdot \sin a - \sin b \cdot \cos a \cdot \cos C$$

Elde edilen üç grup birbirinden tamamen bağımsız değildir. (4.4) ile (4.6) denklemlerinden;

$$\sin b \cdot \cos C = \cos c \cdot \sin a - \sin c \cdot \cos a \cdot \cos B$$

$$\sin b \cdot \sin C = \sin c \cdot \sin B$$

denklemleri ele alınıp yan yana bölündüğünde,

$$\cos a \cdot \cos B = \sin a \cdot \operatorname{ctg} c - \sin B \cdot \operatorname{ctg} C$$

elde edilir. Bu denklemlerde de harf değiştirmesi yapılırsa Kosinüs-Kosinüs teoremleri tamamlanmış olur.

IV. Kosinüs-Kosinüs Teoremleri

$$\cos a \cdot \cos B = \sin a \cdot \operatorname{ctg} c - \sin B \cdot \operatorname{ctg} C$$

$$\cos a \cdot \cos C = \sin a \cdot \operatorname{ctg} b - \sin C \cdot \operatorname{ctg} B$$

$$\cos b \cdot \cos C = \sin b \cdot \operatorname{ctg} a - \sin C \cdot \operatorname{ctg} A$$

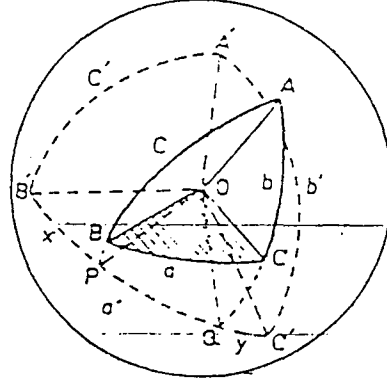
(4.7)

$$\cos b \cdot \cos A = \sin b \cdot \operatorname{ctg} c - \sin A \cdot \operatorname{ctg} C$$

$$\cos c \cdot \cos A = \sin c \cdot \operatorname{ctg} b - \sin A \cdot \operatorname{ctg} B$$

$$\cos c \cdot \cos B = \sin c \cdot \operatorname{ctg} a - \sin B \cdot \operatorname{ctg} A$$

Bir küresel üçgenin bir kenarına ait büyük daire düzlemine, küre merkezinden çıkılan bir yarım doğrunun küreyi deldiği noktaya bu kenarın “*kutbu*” denir.



Şekil 4.6 Kutupsal üçgen

Şekil 4.6'da a nın kutbu A' , b nin kutbu B' ve c nin kutbu C' dir. Böylece bulunan A' , B' , C' noktalarını köşe kabul eden basit küresel üçgene ABC üçgeninin “*kutupsal üçgen*”i denir.

Kutupsal üçgen özelliğini kullanarak küresel üçgenlere ilişkin yeni denklemler bulmak mümkündür. Bunun için yukarıdaki denklemlerde a yerine $180^\circ - A'$, b yerine $180^\circ - B'$ ve A yerine $180^\circ - a'$ yazılıp, üsler dikkate alınmadığında, (4.4) ve (4.7) denklemlerinin aynı kaldığı fakat (4.5) ve (4.6) denklemlerinin aşağıdaki şekilleri aldığı görülür.

V. Açılar İçin Kosinüs Teoremleri

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a$$

$$\cos B = -\cos C \cdot \cos A + \sin C \cdot \sin A \cdot \cos b \quad (4,8)$$

$$\cos C = -\cos A \cdot \cos B + \sin A \cdot \sin B \cdot \cos c$$

VI. Sinüs (açı)-Kosinüs(kenar) Teoremleri

$$\sin A \cdot \cos b = \cos B \cdot \sin C + \sin B \cdot \cos C \cdot \cos a$$

$$\sin A \cdot \cos c = \cos C \cdot \sin B + \sin C \cdot \cos B \cdot \cos a$$

$$\sin B \cdot \cos c = \cos C \cdot \sin A + \sin C \cdot \cos A \cdot \cos b \quad (4.9)$$

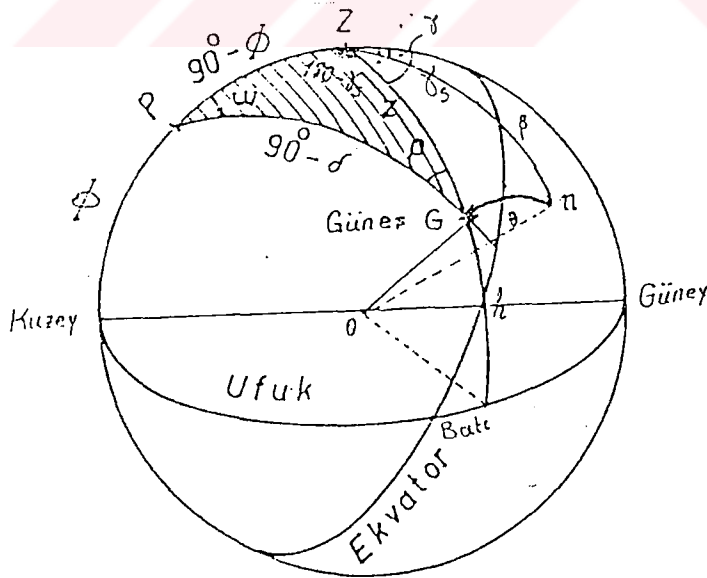
$$\sin B \cdot \cos a = \cos A \cdot \sin C + \sin A \cdot \cos C \cdot \cos b$$

$$\sin C \cdot \cos a = \cos A \cdot \sin B + \sin A \cdot \cos B \cdot \cos c$$

$$\sin C \cdot \cos b = \cos B \cdot \sin A + \sin B \cdot \cos A \cdot \cos c$$

4.1 Yer Kürede Eğik Bir Düzleme Gelen Güneş Işınının Geliş Açısının Belirlenmesi

Güneş ışınlarının eğik düzlem üzerine geliş açısı olan θ ile yüzey azimutu γ , yüzey eğim açısı β , güneş denklinasyon açısı δ , saat açısı w ve düzlemin bulunduğu yerin enlemi ϕ , arasında bir bağıntı bulmak mümkündür.



Şekil 4.1.1 Ufuk ve koordinat sistemleri

PGZ küresel üçgenine (4.4) eşitliği uygulanırsa

$$\frac{\sin(90 - \delta)}{\sin(180 - \gamma_s)} = \frac{\sin(90 - h)}{\sin w}$$

bulunur. Bu eşitlik düzenlenirse

$$\cos \delta \cdot \sin w = \sin z \cdot \sin \gamma_s \quad (4.1.1.)$$

eşitliği bulunur. Yine PGZ küresel üçgenine sırası ile Eşitlik 4.5 ve Eşitlik 4.6 uygulanırsa

$$\cos z = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos w \quad (4.1.2)$$

ve

$$\sin z \cdot \cos \gamma_s = - \sin \delta \cdot \cos \phi + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos w \quad (4.1.3)$$

eşitlikleri elde edilir.

Güneş azimut açısı γ_s in hesaplanması gerektiğinde ZGn küresel üçgeninde θ kenarı için eşitlik 4.5 uygulanarak

$$\cos \theta = \cos z \cdot \cos \beta + \sin z \cdot \sin \beta \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \quad (4.1.4)$$

elde edilir. Bu eşitlikte $\cos z$ terimi yerine Eşitlik (4.1.2) eşitliği yazılır, son terim açılıp düzenlenirse

$$\cos \theta = \sin \phi \cdot \sin \delta \cdot \cos \beta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos w \cdot \cos \beta + \sin z \cdot \cos \gamma_s \sin \beta \cdot \cos \gamma + \sin z \sin \gamma_s \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma$$

haline gelir. Bu eşitlik içinde baştan üçüncü toplamdaki $\sin z \cdot \cos \gamma_s$ teriminin eşiti, olarak (4.1.3) eşitliği ve son toplamdaki $\sin z$ teriminin eşiti olarakta (4.1.1) eşitliği yazılıp düzenlenirse

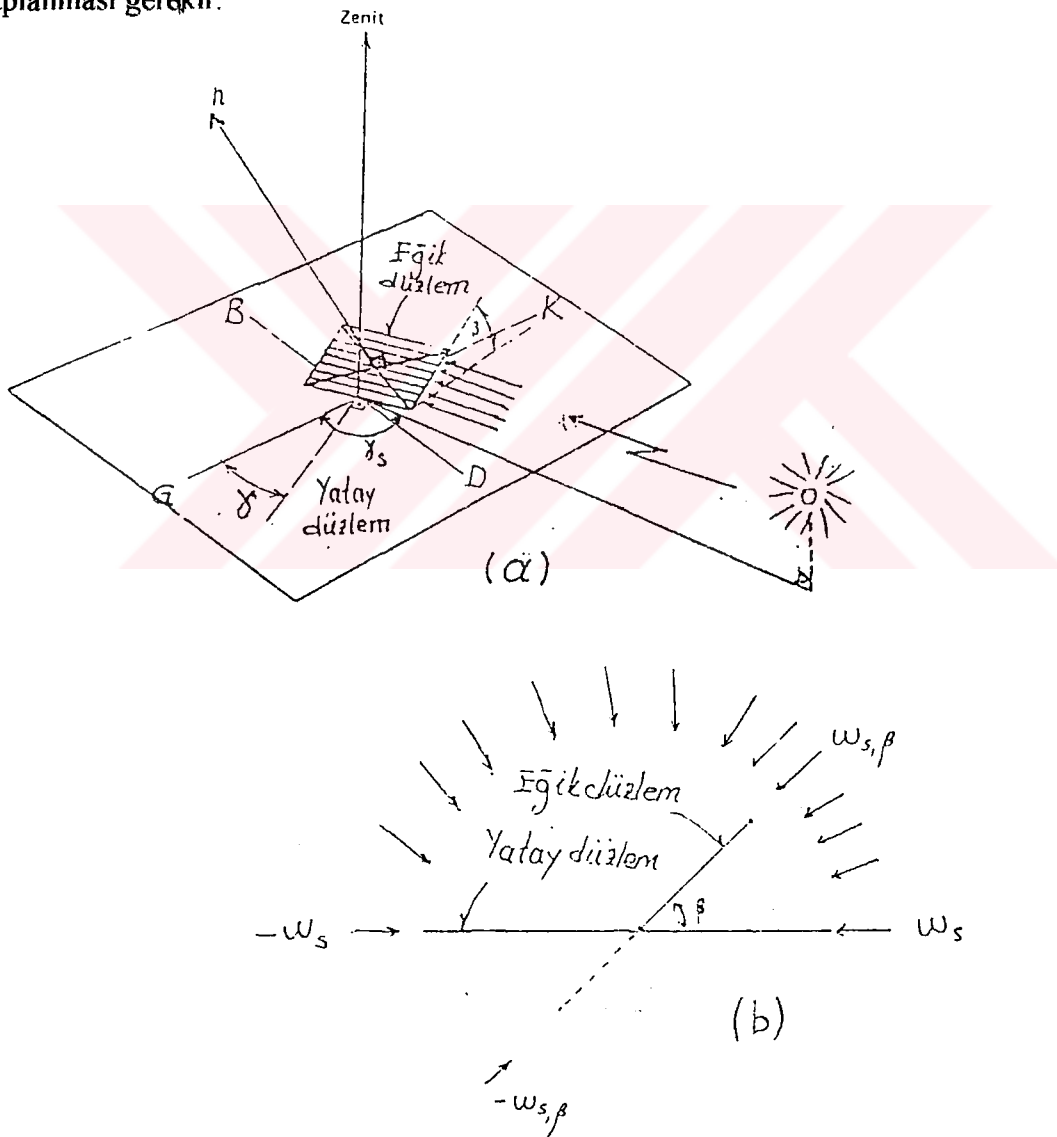
$$\cos\theta = \sin\phi \cdot \sin\delta \cdot \cos\beta + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega \cdot \cos\beta - \cos\phi \cdot \sin\delta \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma +$$

$$+\cos\delta \cdot \sin\omega \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \quad (4.1.5)$$

olarak bulunur.

4.2 Eğik bir düzleme gelen Anlık, Saatlik ve Günlük Ekstraterresterial Güneş radyasyonunun hesaplanması

Eğik bir düzleme gelen ekstraterresterial güneş radyasyonunun hesaplanabilmesi için yatayla β açısı yapan eğik bir düzlemde, güneşin doğuş ve batış saat açılarının hesaplanması gerekir.



Şekil 4.2.1 Yatay ve eğik düzlem için güneşin doğuş-batış anı

Şekil 4.2.1' deki iki şekilden de görüleceği üzere, yatay düzlem için güneş doğmuş olmasına rağmen, eğik düzlem için doğmamış veya bunun karşıtı olarak yatay düzlem için batmış fakat eğik düzlem için batmamış olabilir. Şekil 4.2.1 (a)' da güneşin eğik düzlem için doğuş anı görülmektedir. Yani güneş ışınlarının doğrultuları düzlemin içindedir ve bu ışınların geliş doğrultuları ile yatay düzlemin normali arasındaki açı dik açıdır; $\theta = 90^0$

4.1.5 eşitliğinde, belli bir yerde, ϕ , Belli bir günde, δ ve belli bir eğimde, β , düzlem için $\theta = 90^0$ dir. 4.1.5 eşitliğinde saat açısı bağımsız değişken olmak üzere diğer değerler sabittir. Burada;

$$\begin{aligned} \sin\phi \cdot \sin\delta \cdot \cos\beta &= A \\ \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma &= B \\ \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta &= C \\ \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma &= D \\ \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma &= E \end{aligned}$$

olmak üzere bir eğik düzlemin o anki saat açısı da $w_{s,\beta}$ ile gösterildiğinde 4.1.5 eşitliği

$$0 = A - B + C \cdot \cos w_{s,\beta} + D \cdot \cos w_{s,\beta} + E \cdot \sin w_{s,\beta} \quad (4.2.1)$$

olur. 4.2.1 eşitliği yeniden düzenlenerek

$$M \cdot \cos^2 w_{s,\beta} + N \cdot \cos w_{s,\beta} + P = 0 \quad (4.2.2)$$

olur. Burada aşağıdaki kısaltmalar yapılmıştır;

$$K = A - B$$

$$L = C + D$$

$$M = L^2 + E^2$$

$$N = 2 \cdot K \cdot L$$

$$P = K^2 - E^2$$

4.2.2 eşitliği ikinci dereceden bir denklem olup, bu denklemin çözümü;

$$w_{s,\beta} = \arccos \left[\frac{-N \mp \sqrt{N^2 - 4 \cdot M \cdot P}}{2 \cdot M} \right] \quad (4.2.3)$$

olarak bulunur. Eşitlik 4.2.3'den iki değer elde edilir. Eğer güneş yatay düzlem için batmış ise eğik düzlem için de batmıştır. 4.2.3 eşitliği bu kontrolü yapamaz. Şekil

4.2.1.(b)' den görüldüğü üzere, Güneş yatay düzlem için batmışken eğik düzlem için batmamış görünmektedir. O halde yatay düzlem üzerinde de Güneş' in doğuş ve batış saat açıları olan w_s ' lerin bilinmesi gerekir. Yatay düzlem için saat açıları Eşitlik 4.2.3' de $\beta = 0$ için bulunur.

$$w_s = \arccos(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \quad (4.2.4)$$

Yatay düzlem için Güneş'in doğuş ve batış açıları simetriktir.

Bu aşamada çeşitli konum açlarına sahip eğik düzlemler için, eğik düzlem üzerinde güneşin doğuş ve batış saat açıları yazılabilir. Yüzey azimut açısı olan γ için dört farklı durum söz konusudur; bunlar, $\gamma < 0^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\gamma > 0^\circ$, $\gamma = \pm 180^\circ$ dir.

Dolayısı ile eğik düzlem güneye göre simetrik olmayabilir. Bu yüzden eğik düzlem üzerinde güneşin doğuş saat açısı $w_{s,\beta,d}$ ve batış saat açısı ise $w_{s,\beta,b}$ ile gösterilir.

1. $-180^\circ < \gamma < 0^\circ$ (Eğik düzlem güneyden doğuya doğru bakıyor ise)

Doğuş için:

$$w_{s,\beta,d} = \max \left[-w_s, -\arccos\left(\frac{-N - \sqrt{N^2 - 4.M.P}}{2.M}\right) \right] \equiv -w_{s,\beta}$$

Batış için :

$$w_{s,\beta,b} = \min \left[w_s, \arccos\left(\frac{-N + \sqrt{N^2 - 4.M.P}}{2.M}\right) \right] \equiv w_{s,\beta} \quad (4.2.5)$$

2. $\gamma = 0^\circ$ (Eğik düzlem güneye bakıyor ise)

4.2.3 eşitliğinde $\gamma = 0^\circ$ koyulursa, güneye bakan düzlem için, eğik düzlem

üzerinde Güneş'in doğuş ve batış saat açıları bulunur. Eğik düzlem güneye baktığı için bulunacak saat açıları simetriktir. Dolayısı ile bu saat açıları $w_{s,\beta}$ ile gösterilebilir.

$$w_{s,\beta} = \min \{w_s, \arccos(-\tan(\phi - \beta) \cdot \tan\delta)\} \quad (4.2.6)$$

3. $0^\circ < \gamma < 180^\circ$ (Eğik düzlem güneyden batıya doğru bakıyor ise)

$$w_{s,\beta,d} = \max \left[-w_s, -\arccos\left(\frac{-N + \sqrt{N^2 - 4.M.P}}{2.M}\right) \right] \equiv -w_{s,\beta}$$

$$w_{s,\beta,b} = \min \left[w_s, \arccos\left(\frac{-N - \sqrt{N^2 - 4.M.P}}{2.M}\right) \right] \equiv w_{s,\beta} \quad (4.2.7)$$

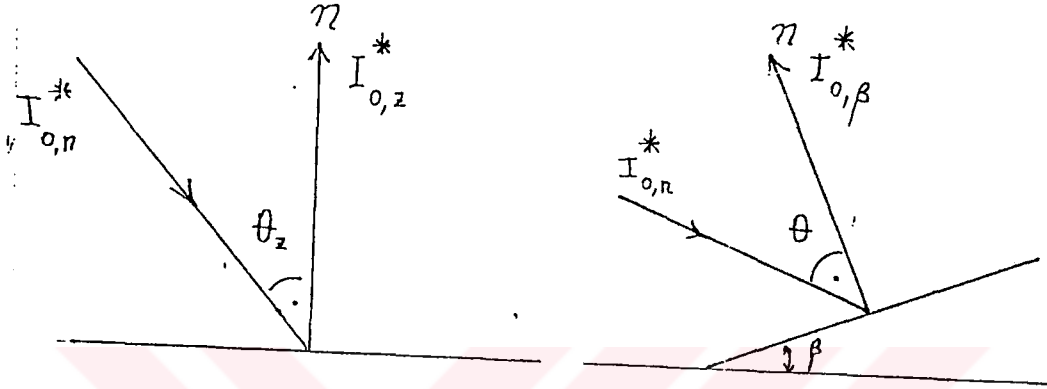
4. $\gamma = \pm 180^\circ$ (Eğik düzlem kuzeye bakıyor ise)

4.2.3 eşitliğinde $\gamma = \pm 180^\circ$ koyulup, kuzeye bakan düzlemin de güneye göre simetrik olduğu göz önüne alınırsa;

$$w_{s,\beta} = \min \{ \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta), \arccos(-\tan(\phi + \beta) \cdot \tan \delta) \} \quad (4.2.8)$$

Bu aşamadan sonra ekstraterresterial güneş radyasyonu hesaplarına başlanabilir.

i. *Anlık ekstraterresterial güneş radyasyonu hesabı:*



Şekil 4.2.2 Yatay ve eğimli yüzeylerdeki ekstraterresterial güneş radyasyonu geliş açısı

Yukarıdaki şekilden görüldüğü gibi;

$$\begin{aligned} \cos \theta &= I_{0,z}^* / I_{0,n}^* & \cos \theta &= I_{0,z}^* / I_{0,n}^* \\ I_{0,z}^* &= I_{0,n}^* \cdot \cos \theta_z & I_{0,z}^* &= I_{0,n}^* \cdot \cos \theta \\ \text{Yatay düzlem için} & & \text{Eğik düzlem için} & \end{aligned} \quad (4.2.9)$$

4.2.9 eşitlikleriyle yatay ve eğimli düzlemlere gelen ekstraterresterial güneş radyasyonu hesaplanabilir.

ii. *Saatlik ekstraterresterial güneş radyasyonu hesabı:*

Konumu belli olan eğik bir düzlem için, $\theta = \theta(\phi, \delta, \beta, \gamma, w)$ fonksiyon olmak üzere w saat açısı haricindeki diğer değerler sabittir. $w = w(t)$ olmak üzere saatin bir fonksiyonudur. (Şekil 3.3.3) Bu durumda ;

$$t = \frac{(24) \cdot (3600)}{2 \cdot \pi} \cdot w + (12) \cdot (3600)$$

yazılır. İki farklı saat arasında eğik bir düzleme gelen ekstraterresterial radyasyon,

$$I_{0,\beta,s} = \int_{t_1}^{t_2} I_{0,n}^* \cdot \cos \theta \cdot dt$$

elde edilir. İntegral hesaplandığında aşağıdaki (4.2.10) eşitliği bulunur.

$$I_{0,\beta,s} = \frac{(24)(3600)}{2\pi} \cdot I_0^* \cdot (1 + 0.033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365}) \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta \cdot \frac{2\pi}{360} (w_2 - w_1) - \\ \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \frac{2\pi}{360} (w_2 - w_1) + \\ \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot (\sin w_2 - \sin w_1) + \\ \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot (\sin w_2 - \sin w_1) - \\ \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot (\cos w_2 - \cos w_1) \end{array} \right\} \quad (J/m^2)$$

iii. *Günlük ekstraterrestrial güneş radyasyonu hesabı:*

Yüzeyin bir gün boyunca güneş radyasyonu alacağı göz önüne alınırsa

$$I_{0,\beta,n} = \frac{(24)(3600)}{2\pi} \cdot \int_{w_{s,\beta,d}}^{w_{s,\beta,b}} (I_{0,n}^* \cdot \cos \theta) \cdot dw$$

Eşitliği integre edilirse,

$$I_{0,\beta,n} = \frac{(24)(3600)}{2\pi} \cdot I_0^* (1 + 0.033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365}) \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta \cdot \frac{2\pi}{360} \cdot (w_{s,\beta,b} - w_{s,\beta,d}) - \\ \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \frac{2\pi}{360} \cdot (w_{s,\beta,b} - w_{s,\beta,d}) + \\ \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot (\sin w_{s,\beta,b} - \sin w_{s,\beta,d}) + \\ \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot (\sin w_{s,\beta,b} - \sin w_{s,\beta,d}) - \\ \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot (\cos w_{s,\beta,b} - \cos w_{s,\beta,d}) \end{array} \right\} \quad (J/m^2) \quad (4.2.11)$$

olarak bulunur. (Otuğanç, 1989)

5. BÖLÜM

YANSITICI – ODAKLAYICI SİSTEMLER

5.1 Güneş Enerjisinin Konsantrasyonu

Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik eldesi genel olarak iki yöntemle mümkün olmaktadır. Bunlardan birincisi fotovoltaiik sistemlerin kullanılması, ikincisi yansıtıcı ve odaklayıcı elemanlar ile yoğunlaştırılan güneş enerjisi sayesinde borulardan geçen akışkanın buharlaştırılması ve elde edilen buharın bir türbinden geçirilmesi ile mümkündür. Bugüne kadar yansıtıcı ve odaklayıcı sistemler üzerine yapılan çalışmaları genel olarak üç bölümde incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi ve en eskisi tek eksen etrafında güneşi izleyen yansıtıcı ve odaklayıcı parabolik aynalardır. İkincisi ise iki ekseninde hareketli olan ve helyostat denilen yansıtıcı odaklayıcı setlerden oluşan mekanizmalardır. Üçüncü bölümde ise sabit yansıtıcı ve odaklayıcı sistemler yer almaktadır. Sabit yansıtıcı ve odaklayıcı sistemler her ne kadar hareketli sistemlere göre çok daha fazla alan işgal etseler de, hareket düzeneğine gereksinimleri kalmaması nedeniyle ilk yatırım maliyetleri büyük ölçüde düşebilmektedir.

5.2 Bu Güne Kadar Yansıtma-Odaklama Sistemleri

Günümüzden yaklaşık 2500 yıl önce “*Vesta Tapınağında*” rahibeler madeni konilerden yansıttıkları güneş ışınları ile kutsal ateşi yakmışlardır. M.Ö. 212 yılında Arşimet, Siraküz kentine saldıran Roma donanmasını, yüzlerce aynayı askerlere dağıtıp gemiler üzerinde odaklama yapıp gemileri yakmayı başarmıştır. Özellikle 1600 yıllarında Galile'nin merceği bulması ile güneş enerjisi konusundaki çalışmalar yeni boyutlar kazanmıştır. Fransa'da 1725 yılında Belidor, güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası yapmış, 1860 yılında ise Mouchot, parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklamış, buhar makineleri, güneş pompaları ve güneş ocakları konularında çalışmıştır. 1878 yılında Paris'te, güneşi izleme düzeneği elle yararlanan

yansıtıcı-odaklayıcı sistemle su buharlaştırılmış ve baskı makinasına bağlı buhar makinası çalıştırılmıştır.

Birinci Dünya Savaşından sonra petrol önem kazanmış ve güneş enerjisine yönelik çalışmalar araştırma düzeyinde kalmıştır. 1948 yılında Paris'te Profesör F.Trombe başkanlığında dünyanın ilk büyük güneş fırınının tasarımı yapılmış, Pirène dağlarında Montlouis'de 1952 yılında tamamlanan sistem 50 kw termal enerji sağlamaya başlamıştır.

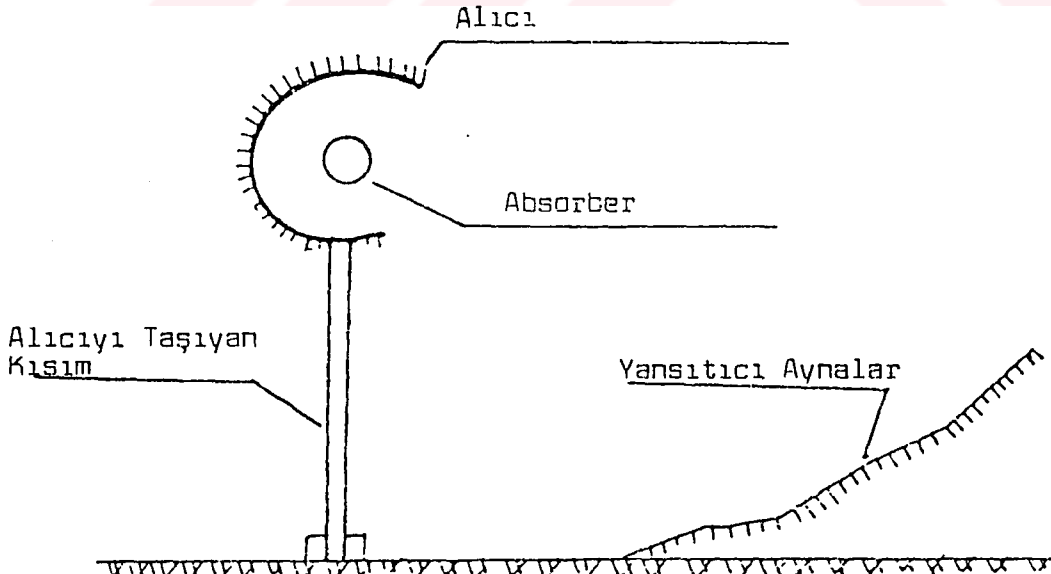
1973 yılındaki dünya enerji krizinden sonra güneş enerjisi çalışmaları önem kazanmış ve yoğun çalışmalar başlamıştır. Yapılan hesaplara göre, bir yıl boyunca dünya tarafından algılanan güneş radyasyonu miktarının, tüm dünyanın yıllık enerji ihtiyacının 20.000 katı olduğu görülmüştür. Federal Almanya Araştırma ve Teknoloji Bakanlığı ile Maliye Bakanlığı, 1978 yılında "*Enerji Araştırma ve Teknoloji*" çerçevesinde yedi adet projeye finansman sağlamıştır. Dornier System GmbH tarafından güneş enerjisi ile çalışan 100-500 watt gücündeki pompanın gelişimi ve konstrüksiyonu için (1977/1978) 431.000 DM devlet desteği sağlanmıştır. Yine Dornier System GmbH tarafından 10 kw gücündeki santrale devletçe %90 destek verilmiştir. Bu sistemdeki amaçlar, gelişmekte olan ülkelere güneş enerjisi ile çalışan 10 kw'lık turbogeneratör yaparak sulama pompaları, TV-sistemleri gibi yaptırımlar yapmaktadır. AEG/Telefunken firmasının tasarımı olan 10 kw'lık güneş santralinin 1976 yılında tasarımına başlanmış prototip montaj çalışmaları 1977'de bitirilmiş ve sistemin Yunanistan'da gerçek testi 1979 yılında Kiknos adasında başlamıştır. M.A.N.AUXINI München A.G. firması tarafından geliştirilen 30/50 kw gücündeki güneş santraline % 85 devlet desteği verilmiş, sistem üzerindeki çalışmalar Nisan/1977 ile Haziran/1980 tarihleri arasında tamamlanmıştır. Çeşitli firmaların işbirliği ile Avrupa Topluluğunun 01.04.1977 ile 15.11.1980 tarihleri arasında tamamladığı 1 MW gücündeki santralden çeşitli tecrübeler edinilmiştir. 1978/1980 tarihleri arasında % 90 devlet desteği ile çeşitli akışkanlar değişik çalışma sıcaklıklarında denenmiştir. Termal stabilite ve verimlilik araştırması çeşitli sıcaklıklarda yapılmıştır. *Örneğin* organik akışkan olan R114 akışkanı 350°C da denenmiştir. 1978 yılında AEG/Telefunken tarafından güneşli termik santrallerin

saha testi hazırlığı, performans optimizasyonu ve eleman tasarımı için talep edilen 285.976 DM'lık harcamanın % 100'ünün devletçe yapılmasına karar verilmiştir.

Termik güneş santrallerinde genel olarak iki çeşit yansıtıcı yüzey kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi hareketli yüzeylerdir. Hareketli yüzeyler de kendi içinde ikiye ayrılır; tek eksen ve iki eksen olmak üzere. Hareketli yüzeylerde yüzeyin hareketini belirlemek kolaydır. Diğer çeşit yansıtıcı tip ise sabit konumlu yansıtıcılardır. Bunlar da değişik çeşitlerde literatürde mevcuttur.

5.3 Yansıtma-Odaklama Sistemlerinin Fiziği

Yansıtıcı-Odaklayıcı sistemler iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi, yansıtıcı-odaklayıcı yüzey veya yansıtıcı-odaklayıcı ayna tarlalarıdır. Sistemin bu kısmı güneş radyasyonunu alıcıya yönlendiren optik sistemdir. İkincisi ise yansıtıcı-odaklayıcı sistemin gönderdiği radyasyonu algılayan absorber görevi gören, izolasyonlardan oluşmuş "alıcı"dır. Bu sistemlerin temel amaçlarından birisi, güneş enerjisinden alınan ısı enerjisinin konsantrasyonunu artırmaktır. Böylece yüksek sıcaklık gerektiren endüstriyel tesislerde kullanıma olanak sağlamaktadır. Alıcı üzerine daha fazla güneş enerjisi konsantre etmek için alıcı, bir parabolik yansıtıcının odak noktasına yerleştirilmesi durumunda parabolik yansıtıcı ve alıcının her ikisine birden toplayıcı denir, Şekil 5.3.1



Şekil 5.3.1 Yansıtıcı ayna, toplayıcı ve alıcı kesit resmi, Şematik.

Bir toplayıcıda, güneş ışınlarının düştüğü net alana “açıklık (*aperture*) alanı” denir.

Güneş enerjisi konsantre eden toplayıcılarda en önemli kavramlardan birisi “yoğunlaştırma oranı”dır. Konsantrasyon oranı C, açıklık alanı A_a nın alıcı yüzey alanı A_r ye oranı şeklinde tanımlanır. $C=A_a/A_r$

Ayrıca literatürde, alıcı yüzeye gelen ortalama radyasyon enerjisinin açıklık alanına gelen radyasyon enerjisine oranı şeklinde tanımlanan “radyasyon yoğunlaştırma oranı” kavramı daha az kullanılmaktadır. (Oturanç , 1991)

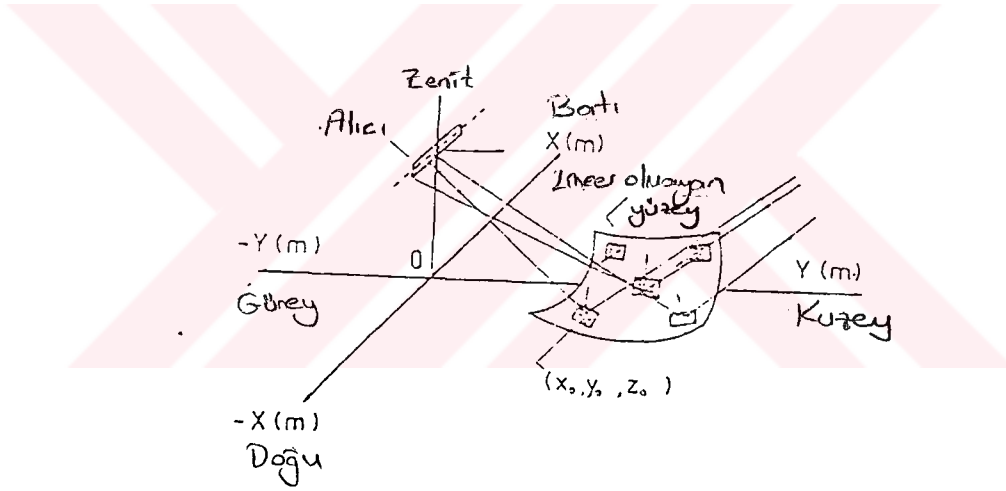


6. BÖLÜM

ALICI VE YANSITICI ELEMANLAR ÜZERİNDE OLUŞAN YANSIMANIN HESAPLANMASI

6.1 Lineer Olmayan Yansıtıcı Yüzeyin Belirlenmesi

Üç boyutlu uzayda, düzlemsel olmayan yansıtıcı odaklayıcı yüzey, $x, y, z \in \mathbb{R}$ olmak üzere $F(x, y, z) = 0$ şeklinde kapalı formda gösterilebilir.



Şekil 5.4.1 Lineer olmayan yansıtıcı yüzey ve alıcı

Düzlemsel olmayan yüzey üzerine gelen güneş ışınının doğrultusunun hesaplanabilmesi için $\theta = \theta(\phi, \delta, w, \beta, \gamma)$ olmak üzere Eşitlik 4.1.5 kullanılabilir. Bu eşitlikten görüleceği üzere konum açıları olan β ve γ 'nin bilinmesi gerekir. Yüzey düzlemsel olmadığına göre β ve γ açıları yüzeyin her noktası için farklıdır.

Lineer olmayan herhangi bir $F(x, y, z) = 0$ denklemi ile verilen yüzeyin (x_0, y_0, z_0) noktasında yüzeye teğet olan düzlemin denklemi

$$F_x(x_0, y_0, z_0) (x-x_0) + F_y(x_0, y_0, z_0) (y-y_0) + F_z(x_0, y_0, z_0) (z-z_0) \quad (6.1.1)$$

$$a_i = F_x(x_0, y_0, z_0)$$

$$b_i = F_y(x_0, y_0, z_0)$$

$$c_i = F_z(x_0, y_0, z_0)$$

$$d_i = [F_x(x_0, y_0, z_0) \cdot x_0 + F_y(x_0, y_0, z_0) \cdot y_0 + F_z(x_0, y_0, z_0) \cdot z_0]$$

$$F_1(x, y, z) = a_1 x + b_1 y + c_1 z + d_1 = 0$$

olarak hesaplanır.

$$F_1(x, y, z) = a_1 x + b_1 y + c_1 z + d_1 = 0$$

ve

$$F_2(x, y, z) = a_2 x + b_2 y + c_2 z + d_2 = 0$$

denklemleriyle verilen iki düzlem arasındaki açı, karşılıklı olarak bu düzlemlere dik olan doğrultuların oluşturduğu açılara eşittir. $F_1(x, y, z) = 0$ ve $F_2(x, y, z) = 0$ denklemleriyle verilen iki düzlem arasındaki V açısının kosinüsü

$$\cos V = \mp \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}} \text{ dir.}$$

Eğer bu iki düzlem dik ise iç çarpım 0 olacağından

$$a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 = 0 \text{ dir.}$$

Eğer bu iki düzlem paralel ise

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad \text{dir}$$

Yüzey $z=f(x,y,z)$ şeklinde verilmişse bu yüzeyin bir $H_0(x_0, y_0, z_0)$ noktasında yüzeye teğet olan düzlemin denklemi $f_x(x_0, y_0, z_0)(y-y_0)-(z-z_0) = 0$ şeklindedir.

$$F(x,y,z) = 0 \text{ dan } f_x = -\frac{F_x}{F_z}, f_y = -\frac{F_y}{F_z} \text{ dir}$$

Yatayla eğim açısı β 'yi hesaplamak için yatay düzlemin denkleminin yani, xyz üç boyutlu uzayındaki, xoy düzleminin denkleminin $F_2(x,y,z)=z=0$ olduğu açıktır. Yani düzlem denkleminin katsayıları

$$a_2 = 0, b_2 = 0, c_2 = 1 \text{ ve } d_2 = 0 \text{ dir.}$$

Bu iki düzlem arasındaki açı:

$$\cos\beta = \frac{a_1 a_2 + b_1 b_2 + c_1 c_2}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2} \sqrt{a_2^2 + b_2^2 + c_2^2}} = \frac{c_1}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2}} \quad (6.1.2)$$

olarak hesaplanır.

(x_0, y_0, z_0) noktasında yüzeye teğet olan düzlemin yüzey azimut açısı γ nın hesabı için xoz düzlemi gereklidir. Yüzey azimut açısı olan γ , yatay düzlem üzerinde ölçülen bir açıdır.

$F_1(x,y,z)=0$ ve $F_3(x,y,z)=0$ düzlemleri arasındaki açı konik açıdır.

$F_1(x,y,z)=a_1x+b_1y+c_1z+d_1=0$ şeklindeki düzlem denkleminde $z=0$ yapıлып, denklem

$F_1(x,y,z)=a_1x+b_1y+d_1=0$ şekline getirilirse $\beta=90^\circ$ yapılmış olur. Dolayısıyla

$F_3(x,y,z)=0$ şeklinde verilen düzlem denkleminin gibi yatay düzleme izdüşüm alınmış

olur $F_1(x,y,z)=0$ düzlem denkleminde $z=0$ yani $\beta=90^\circ$ için elde edilen $F_1(x,y,z)=a_1x+b_1y+d_1=0$ düzlem denklemi ile $a_3=0$, $b_3=1$, $c_3=0$ ve $d_3=0$

olan $F_3(x,y,z)=0$ düzlemi arasındaki açı, yüzey azimut açısı γ olan

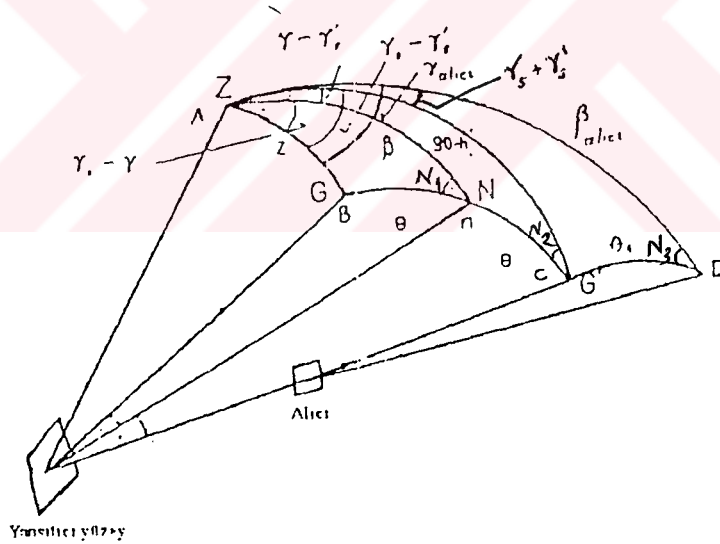
$$\cos \gamma = \frac{b_1}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}}$$

(6.1.3)

olarak hesaplanır. (Oturanç, 1991)

6.2. Yansıtıcı ve Alıcıya Gelen Güneş Geliş Açılarının Eldesi :

Yansıtıcı yüzey ve alıcı yüzeyi küresel geometri ile Şekil 6.2' deki gibi ifade etmek mümkündür.



Şekil 6.2. Yansıtıcı ve Alıcıların Küresel Geometri ile Gösterimi

ZGN, ZGG' ve ZG'D küresel üçgenler olmak üzere, bu küresel üçgenlerin merkezlerini ayrı ayrı sırası ile dik koordinat sistemlerinin merkezine yerleştirmek mümkündür.

ZGN küresel üçgeni için eğik düzlemin normalinin yatay düzlemin normali üzerindeki izdüşümü $\text{Cos } z$ ve yatay düzlem üzerindeki izdüşümü $\text{Sin } z$ ' dir. Buna göre yatay koordinat sistemindeki doğrultu kosinüsleri

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ z_1' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin z \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \\ \sin z \cdot \sin(\gamma_s - \gamma) \\ \cos z \end{bmatrix} \quad (6.2.1)$$

olur. Kutupsal koordinat sisteminde eğik düzlemin normalinin doğrultu kosinüsleri

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ z_1' \end{bmatrix} \quad (6.2.2)$$

elde edilir..

Güneş ışınlarının kutupsal koordinatlara göre doğrultu kosinüsleri;

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta \cdot \cos N_1 \\ \sin \theta \cdot \sin N_1 \\ \cos \theta \end{bmatrix} \quad (6.2.3)$$

Buradan yukarıdaki matris işlemleri yapılarak (6.2.4) ile verilen

$$x_1 = -\sin \theta \cdot \cos N_1 = \sin z \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \cdot \cos \beta - \cos \theta \cdot \sin \beta$$

$$y_1 = \sin \theta \cdot \sin N_1 = \sin z \cdot \sin(\gamma_s - \gamma)$$

$$z_1 = \sin z \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \cdot \sin \beta + \cos z \cdot \cos \beta = \cos \theta$$

doğrultu kosinüsleri bulunmuş olur.

Literatürde mevcut olan $\text{Sin } z$, $\text{Cos } z$ ve $\text{Cos}(\gamma_s - \gamma)$ eşitlikleri yerine yazılıp düzenlenerek eğik yüzeye gelen ışının açısı olan Eşitlik 4.1.5. sağlanmış olur.

Burada N_1 açısı yansıtıcı normal açısıdır.

Benzer şekilde aynı işlemleri ZGG^1 ve ZG^1D küresel üçgenleri için yaparsak, bu küresel üçgenler için eğik düzlemin normalinin yatay düzlemin normalinin üzerindeki izdüşümü sırası ile $\text{Cos}z$ ve $\text{Cos}(90-h^1)$ yatay düzlem üzerindeki izdüşümü $\text{Sin}z$ ve $\text{Sin}(90-h^1)$ olmak üzere yatay koordinat sistemindeki doğrultu kosinüsleri

$$\begin{bmatrix} x_2' \\ y_2' \\ z_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin z \cdot \cos(\gamma_s - \gamma_s') \\ \sin z \cdot \sin(\gamma_s - \gamma_s') \\ \cos z \end{bmatrix} \quad (6.2.5)$$

Ve

$$\begin{bmatrix} x_3' \\ y_3' \\ z_3' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(90 - h^1) \cdot \cos(\gamma_s + \gamma_s') \\ \sin(90 - h^1) \cdot \sin(\gamma_s + \gamma_s') \\ \cos(90 - h^1) \end{bmatrix} \text{ dir. } (6.2.6)$$

Kutupsal koordinat sisteminde eğik düzlemin normalinin doğrultu kosinüsleri sırası ile

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(90 - h^1) & 0 & -\sin(90 - h^1) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(90 - h^1) & 0 & \cos(90 - h^1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2' \\ y_2' \\ z_2' \end{bmatrix} \quad (6.2.7)$$

Ve

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta_{ALICI} & 0 & -\sin \beta_{ALICI} \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta_{ALICI} & 0 & \cos \beta_{ALICI} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_3' \\ y_3' \\ z_3' \end{bmatrix} \quad (6.2.8)$$

dir. Güneş ışınlarının kutupsal koordinatlara göre doğrultu kosinüsleri yine sırası ile

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin 2\theta \cdot \cos N_2 \\ \sin 2\theta \cdot \sin N_2 \\ \cos 2\theta \end{bmatrix} \quad (6.2.9)$$

ve

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 \cdot \cos N_3 \\ \sin \theta_1 \cdot \sin N_3 \\ \cos \theta_1 \end{bmatrix} \quad (6.2.10)$$

dir. Yukarıdaki matris işlemleri düzenlenirse

$$x_2 = -\sin 2\theta \cdot \cos N_2 = \sin z \cdot \cos(\gamma_s - \gamma_s') \cdot \cos(90 - h') - \cos z \cdot \sin(90 - h')$$

$$y_2 = \sin 2\theta \cdot \sin N_2 = \sin z \cdot \sin(\gamma_s - \gamma_s')$$

$$z_2 = \sin z \cdot \cos(\gamma_s - \gamma_s') \cdot \sin(90 - h') + \cos z \cdot \cos(90 - h') = \cos 2\theta$$

$$x_3 = -\sin \theta_1 \cdot \cos N_3 = \sin(90 - h') \cdot \cos(\gamma_s + \gamma_s') \cdot \cos \beta_{ALICI} - \cos(90 - h') \cdot \sin \beta_{ALICI}$$

$$y_3 = \sin \theta_1 \cdot \sin N_3 = \sin(90 - h') \cdot \sin(\gamma_s + \gamma_s')$$

$$z_3 = \sin(90 - h') \cdot \cos(\gamma_s + \gamma_s') \cdot \sin \beta_{ALICI} + \cos(90 - h') \cdot \cos \beta_{ALICI} = \cos \theta_1$$

Bu eşitliklerdeki N_2 açısı yansıtıcıdan yansıma açısı ve N_3 açısı ise alıcının yansıyan açısıdır. Son eşitlikteki $\cos \theta_1$ eşitliği açılıp düzenlenirse

$$\begin{aligned} \cos \theta_1 &= \cosh' \cdot \sin \beta_{ALICI} \cdot \cos \gamma_s \cdot \cos \gamma_s' \\ &\quad - \cosh' \cdot \sin \beta_{ALICI} \cdot \sin \gamma_s \cdot \sin \gamma_s' \\ &\quad + \sinh' \cdot \cos \beta_{ALICI} \quad (6.2.11.) \end{aligned}$$

elde edilir.

Bu formülde yer alan h' , γ_s ve γ_s' değerleri (Oturanç 1991)'de elde edilen

$$\text{Sinh } h' = 2 \cdot \text{Cos } \beta \cdot \text{Cos } \theta - \text{Cos } z \quad (6.2.12)$$

$$\text{Cos } (\gamma_s - \gamma_s') = \frac{\text{Cos } 2\theta - \text{Cos } z \cdot \text{Sinh } h'}{\text{Sin } z \cdot \text{Cosh } h'} \quad (6.2.13)$$

$$\text{Cos } (\gamma - \gamma_s') = \frac{\text{Cos } \theta - \text{Cos } \beta \cdot \text{Sinh } h'}{\text{Sin } \beta \cdot \text{Cosh } h'} \quad (6.2.14)$$

denklemleri yardımıyla elde edilebilir.



6.3 Uygulama

Burdur ($\phi = 37.4$) ili için 7 Mayıs 1999 günü , $-w_{s,\beta} = -94.4077$, güneş doğduktan bir saat sonra , $w = 0$, $w=15$, güneş batmadan bir saat önce ve $w_{s,\beta} = 94.4077$ anlarında $\beta_{ALICI} = 105^0$ olmak üzere , güneyden doğuya doğru 30^0 ($\gamma = -30^0$) ve güneyden batıya 45^0 ($\gamma = +45^0$) açılarıyla çevrili, $\beta = 0^0$, $\beta = 15^0$, $\beta = 30^0$, $\beta = 45^0$, $\beta = 60^0$ eğimleriyle duran yansıtıcıya gelen yansıyan ışının doğrultusu olan θ_1 değerlerinin tablosu aşağıda verilmiştir.

Bu tablodaki değerler oluşturulurken güneşin doğuş ve batı anının hesaplanmasında; $\gamma = -30^0$ için 4.2.5 eşitliği, $\gamma = +45^0$ için 4.2.7 eşitliği kullanılmıştır.

6.2.11 eşitliği ile verilen θ_1 açısının hesaplanabilmesi için , bu denklemde geçen h' , Eşitlik 6.2.12 ile , γ'_s , Eşitlik 6.2.14 ile , γ_s , Eşitlik 6.2.13 ile hesaplanmıştır.

θ açısının hesabında Eşitlik 4.1.5 , z için Eşitlik 4.1.2 kullanılmıştır.

$\gamma = -30^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 15^\circ$	$\beta = 30^\circ$	$\beta = 45^\circ$	$\beta = 60^\circ$
$-w_{s,\beta}$ için	—	65.3817835	165.652257	75.328733	47.529879
$-w_{s,\beta} + 15$ için	—	98.46343	96.17836	69.63981	78.99077
$w = 0$ için	—	105.3797	72.74708	52.12443	—
$w = 15$ için	—	96.22712	32.01144	50.83774	—
$w_{s,\beta} - 15$ için	—	47.19774	47.19774	64.22794	112.4656
$w_{s,\beta}$ için	—	65.3817836	122.441889	54.6105163	53.876279
$\gamma = 45^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 15^\circ$	$\beta = 30^\circ$	$\beta = 45^\circ$	$\beta = 60^\circ$
$-w_{s,\beta}$ için	—	89.40962	62.51846	85.43712	96.89549
$-w_{s,\beta} + 15$ için	—	50.42968	89.89696	77.17461	139.3677
$w = 0$ için	—	76.31511	70.85339	154.7371	—
$w = 15$ için	—	74.62397	89.60739	150.231	—
$w_{s,\beta} - 15$ için	—	57.37588	60.77552	80.35149	165.4468
$w_{s,\beta}$ için	—	89.40962	54.92849	75.02231	47.62338

Tablo 6.3.1 Yansıtıcıya gelen yansıyan ışının doğrultusu olan θ_1 değerlerinin tablosu

6.4 Sonuç ve Öneriler

Termik güneş santrallerinde yansıtıcı yüzeyin belirlenmesi oldukça karmaşık bir problemdir. Problemin değişken sayısı çok fazladır. Böylesi bir problemde alıcı üzerine gelen ışının doğrultusunun hesabı θ_1 ile verilmiştir.

Bu tez çalışmasında yansıtıcıdan alıcıya yoğunlaştırılan güneş ışınlarının geometrisi incelenmiştir. θ_1 olarak sembolize edilen ve alıcıya gelen ışının geliş doğrultusu olan θ_1 formüle edilmiştir. θ_1 in elde edilmesi yüzeyi belirleme çalışmalarında önemli rol oynayacaktır.

Bu aşamada θ_1 açısının sıfır ve sıfıra yakın değerleri için alıcı üzerine güneş ışınlarının dik gelmesi anlamı vardır. $\theta_1 = 0$ olarak alarak max. ve min. Problemi gibi düşünerek sabit lineer olmayan yüzey optimum olarak belirlenebilir. Ölçekli bir çalışmada yani güneş kulesinin ve yansıtıcı yüzey elemanlarının yerlerinin belirlendiği bir düzenekte, θ_1 den yararlanarak lineer olmayan yüzeyin eldesine geçmek mümkündür.

K A Y N A K L A R

1. Beckman, A.W., Dufie. A.J., Solar Engineering of Thermal Energy Laboratory University of Winconsin Madison, 1980
2. Oturanç, G., Termik Güneş Santrallerinde Sabit Yansıtıcı Odaklayıcı Uzay Alanları Üzerine Teorik ve Deneysel İncelemeler, E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 1991.
3. Kızılırmak, A., Astronomi Dersleri Cilt 1, E.Ü. Fen Fakültesi Yay. No:11, İzmir. 1964
4. Budin. R., Budin, L., A Mathmatical Model for Shading Calculations. Solar Energy. Vol:29 no:4, pp. 339-349, 1982.
5. Atagündüz, G., Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları, E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü Yayınları no:2, İzmir, 1989.
6. Harting, E., Giutronich, J., Optimum Orientation of Tilting Solar Concentrator Arrays, Solar Energy Vol. 32 no:3, pp.365-366, 1984,
7. Oturanç, G., Eğik Bir Düzleme Gelen, Günlük Ekstraterrestrial Güneş Radyasyonunun Hesaplanması, E.İ.E. Bülteni, Sayı. 142-143, Sayfa.23-25, Haziran-Ağustos 1989.
8. Oturanç, G., Güneş Işını Doğrultusu ve Atmosferdeki Kırılma, E.İ.E. Bülteni, Sayı.156, Sayfa.23-27, Ekim 1991.
9. Oturanç, G., Düzlemsel Olmayan Yansıtıcı Odaklayıcı Yüzeyin Herhangi Bir Noktasına Teğet Olan Düzlemin Konum Açılarının Hesaplanması, IV. Türk – Alman Enerji Sempozyumu Bildiri Kitapçığı, Sayfa. 265-272, İzmir, 1991

10. Yakıt, M., Taşkara, N., Oturaç, G., Lineer Olmayan Yansıtıcı Elemanın Belirlenmesi İçin Bir Matematik Model, Güneş Günü Sempozyumu ve Fuarı Bildiri Kitabı, Sayfa 157-160, İzmir, 1998.
11. Oturaç, G., "Calculation of The Beam Direction Reflected From A Nonlinear Surface" CCM'8 International Conference on Contribution of Cognition to Modelling, Lyon, France, 1998
12. Oturaç, G., "Extraterrestrial Güneş Enerjisi Hesaplanmasında Güneş Geliş Açısının Astronomi Koordinatlarda Hesaplanması", Ege Üniv., Yüksek Lisans Tezi, 1989.
13. Pinazo, J.M., Canada, J., Arago, F., Analysis of the Incidence Angle of the Beam Radiation on CPC, Universidad Politecnica de Valencia, Spain, 1992.

ÖZGEÇMİŞ

07.05.1973 yılında Denizli'nin Tavas ilçesinin Kızılcabölük nahiyesinde dünyaya geldim. İlkokulu Erzurum Merkez Atatürk İlkokulu'nda, ortaokulu İstanbul Altayçeşme Ortaokulu'nda ve liseyi de İstanbul Şehremini Lisesi'nde tamamladım. 1990-1991 öğretim yılında Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'ne başladım ve 1995 yılı Haziran ayında mezun oldum. 1996-1997 Güz döneminde Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisansa başladım. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Eğitim Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktayım.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ