
SERİ **B**

CİLT **36**

SAYI **3**

1986

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



GÜNEŞ AÇILARI VE BUNLARIN PEYZAJ DÜZENLEMELERİNDEKİ ÖNEMİ

Doç. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU¹

Kı s a Ö z e t

Yılın değişik mevsimlerinde güneş ışınlarının yeryüzündeki bir noktaya geliş açısı ile bu ışınların gün boyunca taradığı alan, mimaride ve peyzaj düzenlemelerinde gözönünde tutulması gereken önemli bir husustur. Bina ve bahçelerin planlanmasında konumlandırma ve yönlendirme (oryantasyon), bu husus dikkate alınarak yapılmalıdır.

Güneşlenme açıları, özellikle park, bahçe ve peyzaj düzenleme çalışmalarında önemle üzerinde durulması ve planlama aşamasında dikkatle incelenmesi zorunlu olan hususların başında gelmektedir. Güneşlenme açıları dikkate alınmadan yapılacak peyzaj planlamalarının ve uygulamaların başarılı olması beklenemez.

G İ R İ Ő

Bilindiği üzere çevre ve mekân düzenleme sanatı olan peyzaj mimarlığı, mimari yapıları yumuşatan ve doğa ile kaynaştıran, onlara renk, canlılık ve hareket veren, böylece onların değerini yükselten özelliği ile mimarlığı tamamlayan bir çalışma alanıdır (Pamay 1971).

Gerek mimari yapıların, gerekse peyzaj düzenlemelerinin planlanmasında ana amaç, kendi çevremizi geliştirmek ve daha sağlıklı, rahatlatıcı ve insan onuruna daha yararlı bir yaşama ortamı sağlamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için de planlamanın iyi bir etüde dayandırılması, doğanın güçlerini, formlarını ve özelliklerini tam anlamıyla bilen ve dikkate alan bir anlayışla yapılması gerekir. Sözkonusu doğa güçleri, formları ve özellikleri arasında güneşin taradığı alan, hava akımları, arazinin topoğrafik, litolojik ve pedolojik nitelikleri, vejetasyon, göl ve akarsular, küçük suçekim alanları (havzalar) ve doğal drenaj hatları (oyuntular ve dere yatakları) sayılabilir. Ancak bunlarla ilgili sağlam ve yeterli bilgi ve verilere dayanan bir planlama, doğa ile uyum içinde olabilir.

Belli başlı doğal form, özellik ve güçleri kendi isteklerimiz doğrultusunda değiştirebilmemiz mümkün değildir. Dolayısıyla bunları olduğu gibi kabullenmek, kendi-

¹ İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

mizi ve planlamamızı bunlarla uyumlu hale getirmek durumundayız. Değiştirilemeyen doğal formlar arasında dağlar, vadiler, göller; doğal özellikler arasında yağış, don, sis ve mevsimlik sıcaklıklar; doğal güçler arasında da rüzgârlar, hava akımları, yerçekimi, karaların aşınması (jeolojik erozyon), güneş ışınımı (güneş radyasyonu) vb sayılabilir (Simonds 1961).

Bu doğal öğeleri ancak analiz eder ve bunların bizim planlamamız üzerindeki potansiyel etkilerini belirleyebiliriz; sonra da —aklımızı yeterince kullanabiliyorsak— planlarımızı bunlarla olanaklar ölçüsünde tam bir uyum içerisinde biçimlendiririz.

Bu hususlar yerleşim yerlerinin seçiminde, yol geçkilerinin belirlenmesinde (güzergâh tayininde), çeşitli kullanım alanlarının zonlanmasında, endüstri kuruluşlarının konumlandırılmasında, binaların yönlendirilmesinde (oryantasyonunda), park ve bahçe düzenlemelerinde, kısaca fiziksel çevre ile ilgili bütün planlama ve projelendirmelerde gözönünde bulundurulmak zorundadır.

Bilindiği gibi insan, karşılaştığı sorunların oluşumunda rol oynayan çeşitli faktörleri ağırlıklı bir biçimde değerlendirebilen ve buna dayanarak en uygun çözümü bulabilen tek canlıdır. Bu yeteneğini şu ya da bu nedenle kullanmayan kişi ve toplumlar ise, önemsemedikleri bazı ayrıntıların doğurduğu sorunlarla iç içe yaşamayı kabullenmek durumunda kalırlar.

Bu yazıda, konuya ilişkin bazı bilgiler hatırlatıldıktan sonra, ışık ve ısı kaynağı olan güneş ışınlarından en uygun biçimde yararlanabilme bakımından peyzaj mimarlığında çok önemli bir yeri ve geniş bir uygulama alanı bulunan, fakat yurdumuzdaki peyzaj mimarlığı uygulamalarında genellikle önemsenmeyen güneş açıları üzerinde durulacaktır.

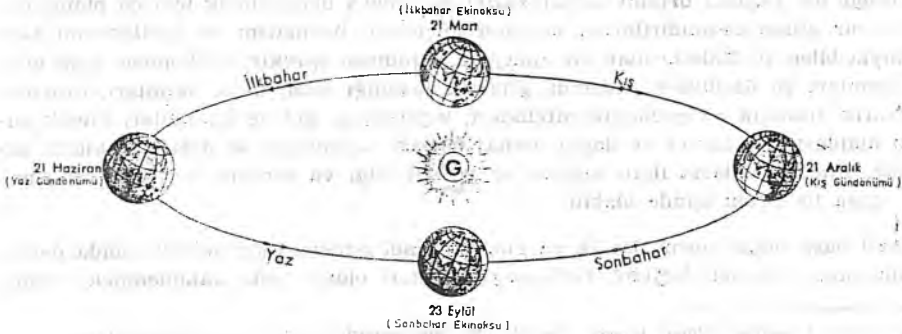
1. ÖNBİLGİLER

1.1. Yerkürenin Hareketi

Bilindiği üzere yerkürenin (dünyanın) başlıca üç hareketi vardır ve bunlar *rotasyon*, *revolusyon* ve *presesyon* olarak isimlendirilir.

Rotasyon, yerkürenin kendi eksenini etrafındaki dönüş hareketidir ve bu hareket 24 saatte tamamlanır.

Revolusyon, yerkürenin güneş çevresinde 365,25 günde tamamladığı dolaşım hareketidir (Şekil 1). Bu dolaşımında yerkürenin izlediği yörünge, 939,2 milyon km çevre uzunluğunda, daireye çok yakın bir elips şeklindedir.



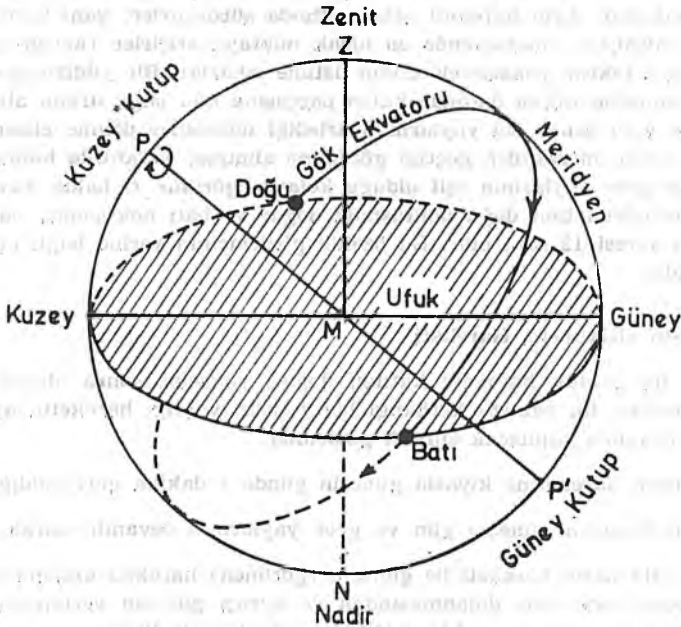
Şekil 1. Yerkürenin güneş çevresindeki hareketi.

Presesyon, yerküre ekseninin, tıpkı baş sallayarak süzülen bir topaç gibi yaptığı dönme hareketidir. Bunun nedeni, yerkürenin ekvator kısmının şişkin ve ekseninin eğimli olmasıdır. Yerküre ekseninin presesyon hareketiyle tam bir daire çizebilmesi için 25 800 yıl gereklidir. Örneğin, zamanımızda 21 Haziran tarihinde kuzey yarıküre yaz mevsimine girmektedir. Bundan 13 000 (12 900) yıl sonra aynı tarihte kuzey yarıkürenin –presesyon hareketi sonucu– kış mevsimine girmesi gerekir (Erinç 1969).

1.2. Yıldızların Günlük Hareketi

Küresel astronomide gök kubbesi bir küre olarak düşünülür ve gözlemci, bu kürenin merkezinde duruyormuş gibi kabul edilir. Sonsuz yarıçaplı gök küresi yanında yerkürenin (dünyanın) bir nokta gibi olduğu gözönüne alındığında, bu varsayımında pek hata yoktur (Kızıllırmak 1964).

Şimdi konu ile ilgili başlıca tanımlara göz gezdirelim (Şekil 2): Yerküreye, yerküre üzerinde gözlemcinin bulunduğu noktadan çizilen teğet düzleme *ufuk* denir. Bu düzlemin gök küresini kestiği noktaların meydana getirdiği arakesit *ufuk çemberidir*. Yerküre üzerinde bulunduğumuz noktadaki çekül doğrultusu, gök küresini iki noktada keser; bunlardan biri tepemizde, diğeri ufkun altındadır. Tepemizde olana *Zenit*, öbürüne de *Nadir* noktası denir¹.



Şekil 2. Yerküre üzerindeki bir gözlemciye göre tanımlar.

¹ Zenit ve Nadir sözcükleri, Arapçadan batı dillerine geçmiştir. Zenit noktasına başucu noktası, Nadir noktasına ayakucu noktası diyebiliriz.

Gök küresine serpilmiş olan yıldızların belirli bir eksen çevresinde topluca döndükleri gözlenir. Bilindiği gibi aslında dönen yerküredir ve bunun sonucunda yıldızlar ya da gök küresi dönüyormuş gibi görünür. Yıldızların ya da gök küresinin bu dönme hareketi, belirli bir eksen etrafında gerçekleşir. Bu eksenin yerküreyi deldiği noktalara *yerkürenin kutupları*, gök küresini deldiği noktalara da *gökkürenin kutupları* denir. Dönme eksenine yerküre merkezinde dik olan düzleme *ekvator düzlemi*, bu düzlemin yerküre ile arakesitine *yer ekvatoru*, gök küresi ile arakesitine de *gök ekvatoru* denir.

Ufuk çemberi ile gök ekvatorunun kesişme noktaları, gözlemcinin *doğu* ve *batı* noktalarıdır. Kutuplardan ve zenit noktasından geçen ve *meridyen düzlemi*, ya da kısaca meridyen denilen düzlem ise, ufuk çemberini *güney* ve *kuzey* noktalarında keşer.

Şimdi, yerküre üzerindeki bir gözlemcinin ufkunu² çizelim ve yıldızların doğma ve batmalarını kısaca gözden geçirelim:

Olayların kolayca görülüp anlaşılabilmesi için, yukarıda da değinildiği üzere yerküreyi bir nokta olarak düşüneceğiz. Böyle yapmakla gözlemcinin yerin merkezinde durduğunu, ya da ufuk düzleminin yerin merkezinden geçtiğini kabul ediyoruz.

Günlük harekette yıldızlar genel olarak doğarlar, ufkun üstünde bir zaman yükselirler, meridyende en yüksek noktaya erişirler (üst geçiş; üst külminasyon), sonra alçalırlar ve batarlar. Aynı hareketi ufkun altında sürdürürler; yani battıktan sonra bir süre daha alçalırlar, meridyende en alçak noktaya erişirler (alt geçiş; alt külminasyon), sonra tekrar yükselerek ufkun üstüne çıkarlar. Bir yıldızın günlük harekette çizdiği çemberin ufkun üstünde kalan parçasına *gün yayı*, ufkun altında kalan parçasına *gece yayı* denir. Bu yayların belirlediği düzlemler dönme eksenine diktir. Ekvatorun ve ufkun merkezden geçtiği gözönüne alınırsa, ekvatorda bulunan bir yıldızın ufkun tam doğu noktasında doğar ve batı noktasında batar; ufkun üstünde kalma süresi 12 saat olur. Bu özellik gözlemcinin yerine bağlı olmayıp, her ufuk için aynıdır.

1.3. Güneşin «Görünen» Hareketi

Güneş de bu günlük harekete katılır; doğar, yükselir, sonra alçalır ve batar. Güneşin bu hareketi ilk bakışta herhangi bir yıldızın yaptığı hareketin aynı gibidir. Fakat bir yıl boyunca yapılacak sürekli gözlemler,

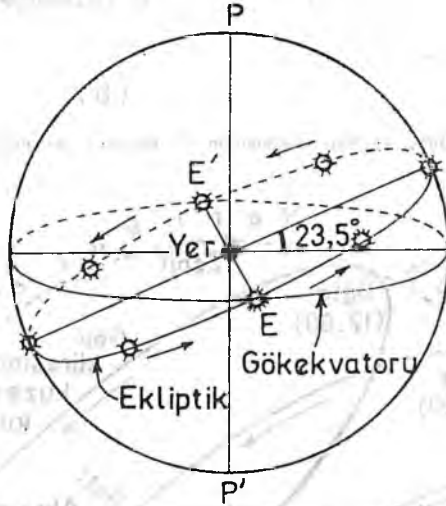
a) yıldızların hareketine kıyasla güneşin günde 4 dakika geri kaldığını,

b) bir yıl boyunca güneşin gün ve gece yaylarının devamlı olarak değiştiğini

ortaya koyar. Yıldızların hareketi ile güneşin (görünen) hareketi arasındaki bu fark, yerkürenin güneş çevresinde dolanmasından ve ayrıca güneşin yerküreden yıldızlar kadar uzak olmamasından kaynaklanmaktadır (Kızıllırmak 1964).

² Tam ekvator üzerinde bulunan bir gözlemcinin ufku ekvatora dik olur; yani bu durumda ufuk düzlemi göğün kutuplarından geçer. Gözlemci yerküre üzerinde kuzeye gittikçe, ekvator ile ufuk arasındaki açı küçülür. Tam kutuplarda ufuk, ekvator ile çakışır.

Bir yıl boyunca güneşin meridyenden hergün 1° (4 dakika) geri kaldığı noktalar belirlenirse, gök küresi üzerinde bir çember elde edilecektir. Astronomide bunun tekabül ettiği daireye *tutulma dairesi (ekliptik)*¹ denir. Tutulma dairesi, ekvatora göre $23^\circ 27'$ eğiktir. Güneş 21 Mart ve 23 Eylülde, bu iki dairenin kesişme noktaları olan ve *bahar (ekinoks) noktaları* denilen yerlerde bulunur (Şekil 3). Bu tarihlerde güneş ekvatordadır. Güneşin ekvatora nazaran açısal uzaklığı, kuzey yarıküre için 21 Haziranda en büyük ($d = +23^\circ 27'$), 21 Aralıkta en küçüktür ($d = -23^\circ 27'$). Bu iki tarihten birincisi *yaz dönencesi (Yengeç Dönencesi)*, diğeri *kış dönencesi (Oğlak Dönencesi)*dir ve bu tarihler *gün dönümü* adıyla da anılır. İlkbahar başlangıcı olarak kabul edilen 21 Marttan sonra güneş ekvatorдан uzaklaşmağa başlar, yaz dönencesinde duraklar ve tekrar ekvatora yaklaşır. Güz başlangıcı olan 23 Eylülde yeniden ekvatora gelir ve sonra güneye doğru ilerler. Kış dönencesinde $-23^\circ 27'$ lık bir uzaklığa erişir ve burada da durakladıktan sonra tekrar ekvatora yaklaşır (Kızılrnak 1964).



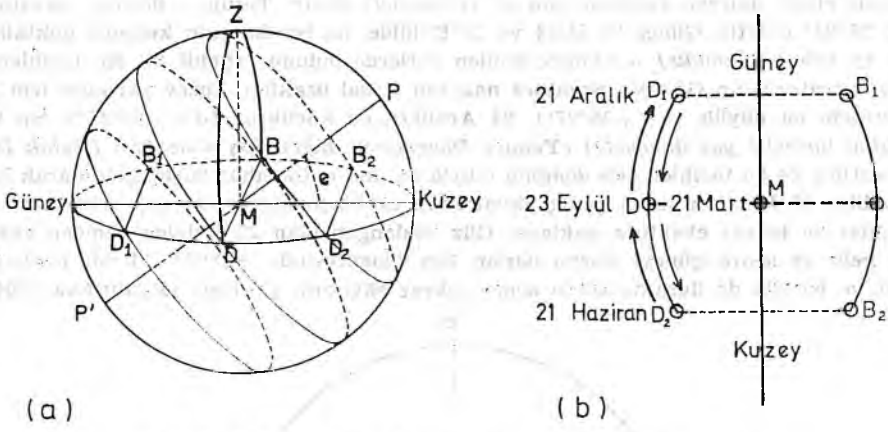
Şekil 3. Tutulma dairesi (ekliptik) ve ekinoks noktaları.

Kısaca söylemek gerekirse, 21 Haziran ve 21 Aralıkta güneş, ekvatora nazaran $23^\circ 27'$ güney ve kuzeyde bulunur. Güneş, görünüşte, yıl boyunca bu aralık (alan) içinde, adeta sıkıştırılan ve gevşetilen bir vida gibi (Şekil 4) yer değiştirerek hareket eder (Gebauer 1947).

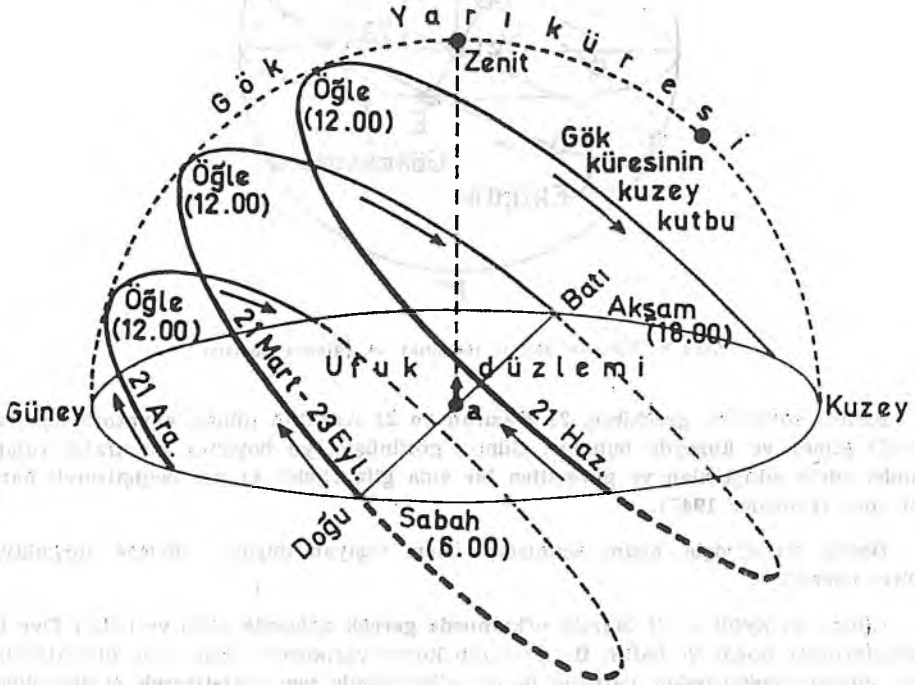
Başka bir deyişle, bizim açımızdan önem taşıyan durumu şöylece vurgulayabiliriz (Şekil 5):

Güneş, 23 Eylül ve 21 Martta ufkumuzda gerçek anlamda doğu ve batı (Dve B) noktalarından doğar ve batar. Bu gözlemin kuzey yarıkürede yapıldığını dikkate alırsak, güneşin doğuşundan batışına kadar gökyüzünde yer değiştirerek çizdiği düşü-

¹ Bu daire M.Ö. 2000 yıllarında bulunup tanımlanmış, tutulmaların ancak ay ve güneşin bu daire yakınlarında bulunması halinde mümkün olduğu daha o zaman anlaşılımıştır: Tutulma dairesi (ekliptik) adı da o zamandan kalmadır.



Şekil 4. Doğu ve Batı noktalarının yıl boyunca yer değiştirmesi.



Şekil 5. «Vida» hareketi.

nülen daire yayı güney tarafına eğimlidir. Bu bakımdan 21 Martta ve 23 Eylülde ufukumuzun M gözlem yerinde ufka dik bir çubuğun güneş ışığı ile meydana gelen gölgesi, tam batıdan başlayarak gün boyunca —daima kuzey tarafında kalmak üzere— doğuya doğru yer değiştirir.

Güneşin doğuş ve batışı 23 Eylül'den itibaren gözlenirse, güneşin doğup battığı noktaların giderek ufukta güneye doğru kaydığı görülür. Nihayet 21 Aralıkta bu noktalar (D_1 ve B_1), en güneydeki sınırdadır. Bu tarihten sonraki gözlemler, güneşin doğduğu ve battığı noktaların bu kez kuzeye doğru kaydığını ve 21 Martta tekrar 23 Eylül'deki D ve B noktalarına geldiğini gösterir.

Bahar süresince bu gözleme devam edilirse, D-B noktalarının kuzeye doğru kaymakta olduğu anlaşılır. Bu noktalar 21 Haziranda en kuzeydeki sınıra (D_2 ve B_2) ulaşır.

Yaz boyunca yapılacak gözlemler ise, $D_2 - B_2$ nin güneye doğru kayarak yer değiştirdiklerini ve nihayet 23 Eylülde güneşin yeniden D-B noktalarında, yani tam (gerçek) doğu ve batı noktalarında doğup battığını gösterecektir (Tamın/Erev 1953).

Şekil 5 a'ya dikkat edilirse, gün ve gece yayları 21 Mart ve 23 Eylülde birbirine eşittir. 21 Mart - 23 Eylül arasında gün yayı gece yayından daha uzundur ve fark, 21 Haziranda en büyük değere ulaşır (en uzun gün). 23 Eylül - 21 Mart arasında ise gece yayı gün yayından daha uzundur ve fark, 21 Aralıkta en büyük değere ulaşır (en uzun gece).

2. GÜNEŞ AÇILARI

Yerkürenin güneş etrafındaki ve kendi eksenini etrafındaki dönüşleri gözönüne alındığında, kolaylık sağlama düşüncesiyle, yerküre üzerindeki herhangi bir yer enlem, boylam ve yüksekliği ile belirtilmek suretiyle, kutupsal (polar) koordinatlar kullanılarak güneşin gökküredeki hareketi yere göre incelenmektedir (Kılıç/Öztürk 1983).

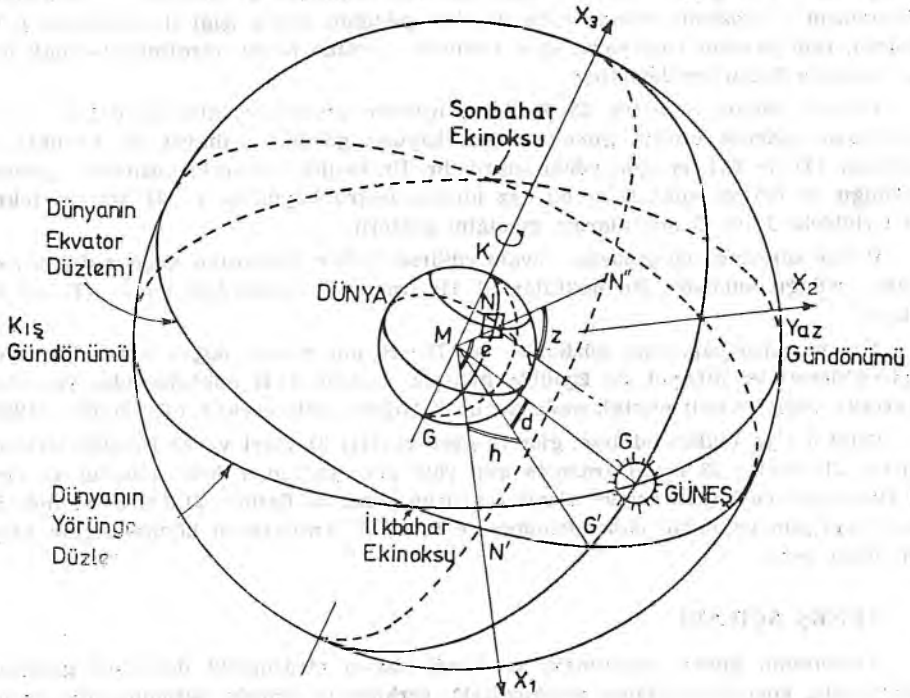
Buraya kadarki açıklamalardan da anlaşıldığı üzere, dünya (yerküre) üzerindeki bir noktaya nazaran güneşin gökyüzündeki konumu gün ve yıl boyunca değişir. Gökteki yıldızların ve güneşin konumunun belirlenmesinde, bunların çok büyük yarıçaplı bir küre üzerinde noktalar şeklinde buldukları kabul edilerek, daha önce sözünü ettiğimiz bu *gökküre* den yararlanır. Gökküre üzerinde güneşin yeri ve yeryüzündeki noktaya göre hareketi *güneş açıları* ile belirlenir. Küresel astronomide bu amaçla kullanılan çeşitli sistemler vardır (Russell et al. 1953). Burada, güneşin yeryüzünde bir noktaya nazaran hareketinin izlenmesinde, dünya merkezini merkez kabul eden gökküre —ekvator sistemi— kullanılacaktır (Şekil 6).

2.1. Esas Güneş Açıları

Yeryüzündeki bir N noktasına gelen direkt güneş ışınımı doğrultusu, eğer o yerin enlemi (e), saat açısı (h) ve güneşin deklinasyon açısı (d) biliniyorsa tayin edilebilir. Bu açılara *esas güneş açıları* denir.

2.1.1. Enlem (Açısı) (e)

Gözönüne alınan yeri (N), dünya merkezine (M) birleştiren doğrunun, yerkürenin ekvator düzlemi ile yaptığı açı (Şekil 6 da NM' açısı)dır.



Şekil 6. Gökküre üzerinde başlıca güneş açıları.

Bu açı, ekvatorдан itibaren kuzeye doğru (+), güneye doğru (-) işareti ile belirtilir; dolayısıyla kuzey kutbu için $+90^\circ$, güney kutbu için -90° olur.

2.1.2. Saat Açısı (h)

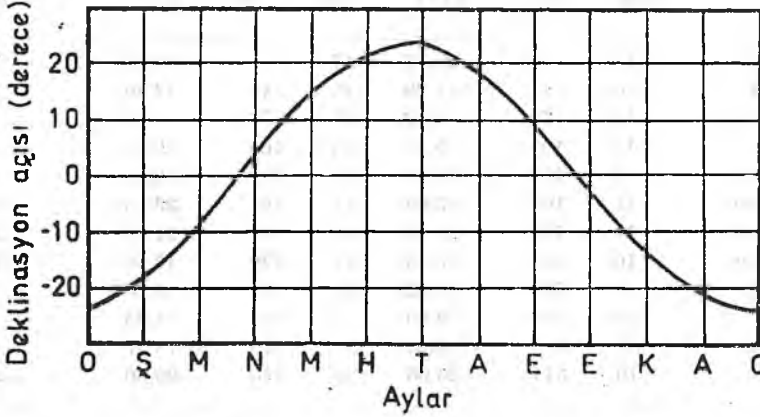
Gözönüne alınan yerin boylamı ile güneşi dünya merkezine birleştiren doğru, yani güneş ışınlarının belirttiği boylam (ki buna güneş boylamı denilebilir) arasındaki açıdır. Güneşin ve gözönüne alınan noktaların ekvator düzlemindeki izdüşümleri alınırsa, Şekil 6 da NMG' açısı, saat açısıdır.

Saat açısı, güneş boylamının gözönüne alınan yerin boylamı ile aynı olduğu *güneş öğlesinden* itibaren ölçülür; öğleden önceleri (-), öğleden sonraları (+) işareti ile ifade edilir. Bilindiği gibi her 15° lik saat açısı (boylam farkı), zaman olarak 1 saate tekabül eder.

2.1.3. Denklinasyon Açısı (d)

Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı (Şekil 6 da GMG' açısı) dir. Bu açı, dünyanın dönme ekseninin, yörünge düzleminin normali ile yaptığı $23^\circ 27'$ lik

açıdan ileri gelir. Ekinoks (bahar) noktalarında (21 Mart ve 23 Eylülde) deklinasyon açısı sıfır olur; gündönümü noktalarında (21 Haziran ve 21 Aralıkta) mutlak değer olarak maksimuma (23,45°ye) ulaşır. Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi Şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7. Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi.

Deklinasyon açısı, bazı ampirik formüller kullanılarak, yılın herhangi bir günü için yeterli bir doğrulukta hesaplanabilir. Böyle formüller arasında en çok kullanılanlar;

$$d = 23,45^\circ \cdot \sin \left(360 \frac{n+284}{365} \right) \quad (1)$$

şeklindeki Cooper (1969) formülü ile,

$$d = 23,45^\circ \cdot \sin \left(360 \frac{n-80}{370} \right) \quad (2)$$

şeklindeki Lunde (1980) formülüdür (Kılıç/Öztürk 1983). Bu formüllerdeki n, 1 Ocaktan itibaren —deklinasyon açısı hesaplanacak güne kadar— gün sayısıdır. Örneğin 11 Haziran günü için hesap yaparsak, formüllerde $n=162$ olur ve bu durumda deklinasyon açısı, Cooper formülüne göre 23,09°, Lunde formülüne göre de 23,08° olarak bulunur.

Genellikle güneş ışınımı hesapları, bir ayın bütün günleri yerine, aylık ortalama değeri için, ortalama deklinasyon açısına tekabül eden günde yapılır. Her ayın belirli bir gününde Cooper ve Lunde formülleriyle hesaplanan deklinasyon açısı, iyi bir yaklaşımla aylık ortalama değerleri verir. Her iki formül için ortalama güne tekabül eden günler, gün sayıları ve ortalama deklinasyon açıları Tablo I de gösterilmiş, çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere, bu iki formülle bulunan açıların ortalamaları da tablonun son sütununda verilmiştir.

TABLO I. AYLIK ORTALAMA DEKLİNASYON AÇILARI¹

Aylar	Cooper formülüne göre			Lunde formülüne göre			Ortalama d(°)
	gün	n	d ₁ (°)	gün	n	d ₂ (°)	
Ocak	17	17	-20,92	17	17	-20,57	-20,75
Şubat	16	47	-13,29	15	46	-12,80	-13,05
Mart	16	75	-2,42	17	76	-1,59	-2,01
Nisan	15	105	9,41	15	105	9,66	9,54
Mayıs	15	135	18,79	15	135	18,85	18,82
Haziran	11	162	23,09	11	162	23,08	23,09
Temmuz	17	198	21,18	18	199	21,12	21,15
Ağustos	16	228	13,45	17	229	13,46	13,46
Eylül	15	258	2,22	15	258	2,78	2,50
Ekim	15	288	-9,60	15	288	-8,93	-9,27
Kasım	14	318	-18,91	14	318	-18,37	-18,64
Aralık	10	344	-23,05	12	346	-23,00	-23,03

¹ Kılıç/Öztürk 1983'ten alınmış. İki formülün verdiği açılardan ortalamaları son sütuna eklenmiştir.

2.2. Türetilen Güneş Açıları

Yatay (veya eğik) bir düzleme gelen güneş ışınımının hesaplanmasında, düzlemle ve güneş ışınlarının doğrultusu ile ilgili açılardan yararlanılır. Zenit açısı (z), güneş yükseklik açısı (y), güneş azimut açısı (a_g) gibi bu türde açılara *türetilen güneş açıları* denilmektedir (Şekil 8).

2.2.1. Zenit Açısı (z)

Direkt güneş ışınlarının (güneşin doğrultusunun), yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Başka bir deyişle, güneş ışınlarının yatay düzleme geliş açısıdır. Yatay düzleme güneş ışınları dik geldiği zaman (güneş zenit noktasında iken) z=0° dir; güneşin doğusunda ve batısında z=90° olur.

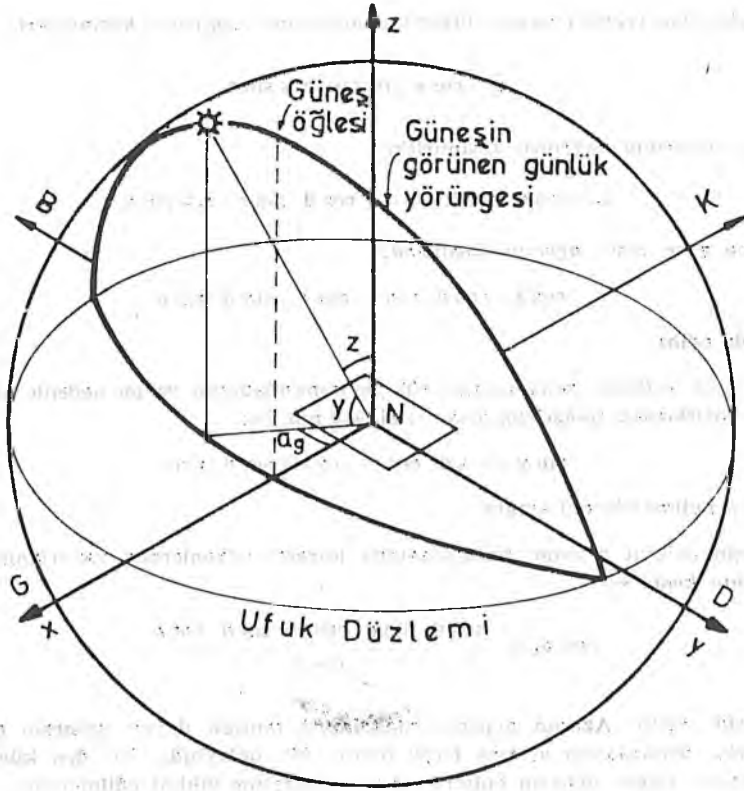
2.2.2. Güneş Yükseklik Açısı (y)

Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır. Şekil 8 den de açıkça görüleceği gibi yükseklik açısı, zenit açısını 90° ye tamamlar; bu nedenle $\sin y = \cos z$ dir.

2.2.3. Güneş Azimut Açısı (a_g)

Güneşi N noktasına birleştiren vektörün yatay düzlemdeki izdüşümü ile x ek-seni (kuzey-güney doğrultusu) arasında kalan açıdır.

Güneşin doğrultusunun tam olarak bilinebilmesi için, kutupsal koordinat sisteminde azimut açısına da ihtiyaç duyulur. Güneşin azimut açısı, güneyden batıya doğru (+), güneyden doğuya doğru (-) olarak alınacaktır (Şekil 8).



Şekil 6. Yatay koordinat sisteminde türetilen güneş açıları.

Böylece, yatay koordinat sisteminde zenit (veya yükseklik) açısı ile azimut açısından yararlanılarak güneş doğrultusu belirlenebilir. Bu bakımdan, bu açıların esas güneş açıları cinsinden bilinmesi gereklidir.

Koordinat sistemi (kutupsal koordinat sistemi), Şekil 6 daki gökkürede görüldüğü gibi yerkürenin (ve dolayısıyla gökkürenin) merkezi başlangıç noktası olmak üzere,

- X_1 eksen, ekvator düzleminde ve gözönüne alınan yerin (yani yerküre üzerindeki N noktasının) boylamı doğrultusunda;
- X_2 eksen, ekvator düzleminde ve X_1 eksenine dik doğrultuda;
- X_3 eksen ise, yerin dönme ekseninde ve kuzey doğrultusunda

alınmak suretiyle, yatay koordinat sistemindeki zenit (veya yükseklik) ve azimut açılarını esas güneş açıları cinsinden bulmağa yarayan bağıntılar kolaylıkla elde edilebilir¹.

¹ Küresel astronomi ve gök mekânığı ile ilgili çeşitli koordinat sistemleri, bunlarla ilgili formüller ve sistemlerin dönüşümleri konularında ayrıntılı bilgiler, (Kızılırmak, 1964)'te bulunmaktadır.

Nitekim, bir yerdeki yatay düzlemin normalinin doğrultu kosinüsleri

$$a_1 = \cos e ; b_1 = 0 ; c_1 = \sin e$$

ve güneş ışınlarının doğrultu kosinüsleri

$$a_2 = \cos d \cdot \cos h ; b_2 = -\cos d \cdot \sin h ; c_2 = \sin d$$

olduklarına göre, *zenit açısının kosinüsü*;

$$\cos z = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e \quad (3)$$

olarak elde edilir.

Yükseklik açısının, zenit açısını 90° ye tamamladığını ve bu nedenle $\sin y = \cos z$ olduğunu hatırlarsak, *yükseklik açısının sinüsü* nün de;

$$\sin y = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e \quad (4)$$

eşitliğinden bulunabileceği açıktır.

Güneşin azimut açısının bulunmasında küresel üçgenlerden yararlanılarak, *azimut açısının kosinüsü*;

$$\cos a_g = \frac{\cos d \cdot \sin e \cdot \cos h - \sin d \cdot \cos e}{\cos y} \quad (5)$$

şeklinde elde edilir. Azimut açısının maksimum mutlak değeri, güneşin doğusunda ve batışında, deklinasyon açısına bağlı olarak 90° dolayında, 90° den küçük ya da büyük olabilir. Doğru değer bulunmasına ve işaretine dikkat edilmelidir.

Güneşin doğduğu ve battığı anlarda ışınlar yatay düzleme paralel gelir ($z=90^\circ$). Bu durumda (3) numaralı eşitlikte $\cos z = \cos 90^\circ = 0$ olacağından, güneş doğuş (-) ve batış (+) *saat açısı* h ;

$$\cos h = -\frac{\sin d \cdot \sin e}{\cos d \cdot \cos e} = -\tan d \cdot \tan e \quad (6)$$

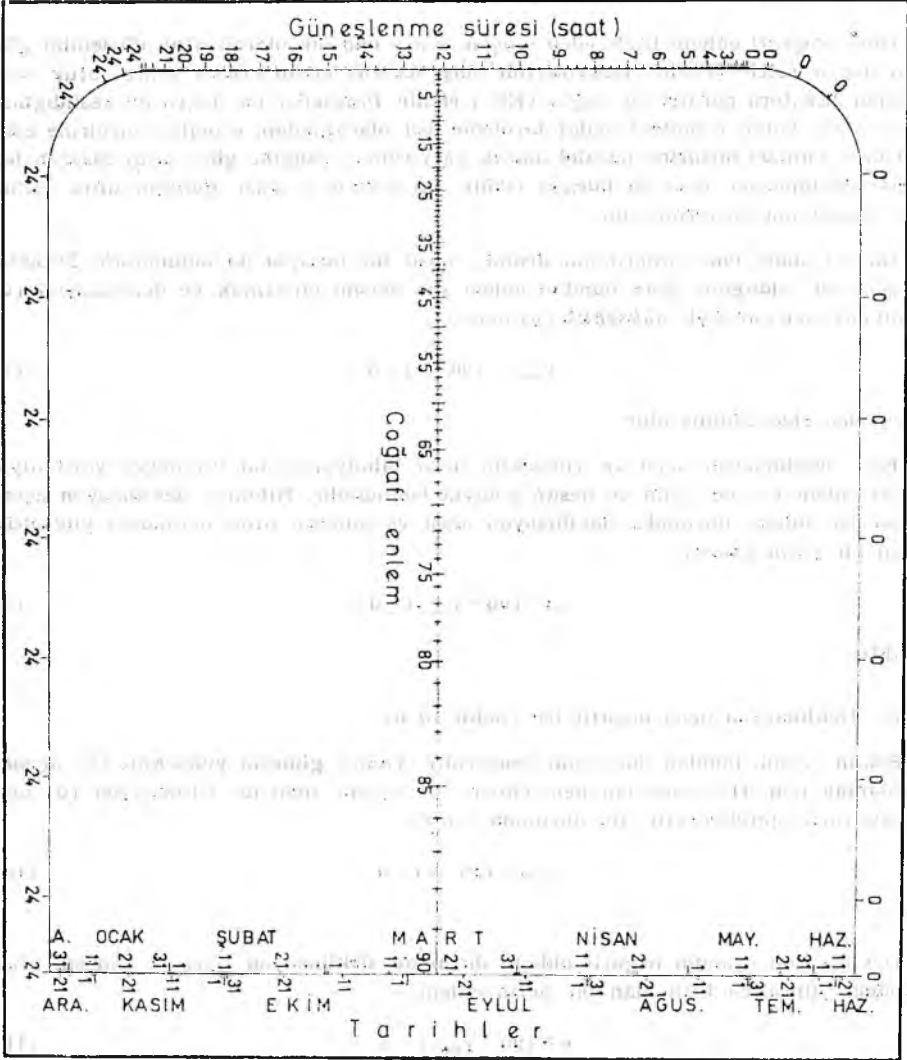
eşitliğinden bulunur:

Saat açısının kosinüsünün mutlak değeri 1 den küçük veya en çok 1 e eşit ($|\cos h| \leq 1$) olduğundan, 15° lik saat açısının 1 saat zamana eşit olduğu dikkate alınarak *gün uzunluğu*;

$$t_g(\text{saat}) = \frac{2}{15} \cdot h(\text{derece}) = \frac{2}{15} \text{ arc cos } (-\tan d \cdot \tan e) \quad (7)$$

bağıntısından bulunabilir. Gün uzunluğu ekvator da ($e=0^\circ$) daima 12 saat olduğu gibi, $d=0^\circ$ olduğunda da her yerde 12 saattir. Kuzey yarıkürede deklinasyon açısının pozitif değerlerinde kuzeye gidildikçe gün uzunluğu artar, deklinasyon açısının negatif değerlerinde gün uzunluğu azalır (Kılıç/Öztürk 1983).

Enlemi bilinen bir yerde herhangi bir tarihteki gün uzunluğu (güneşlenme süresi)¹, bu amaçla hazırlanmış bir diyagram (Şekil 9) dan da doğrudan doğruya bulunabilir.



Şekil 9. Güneşlenme süresini bulmağa yarayan diyagram.

¹ Güneşlenme süresi, herhangi bir yerin güneş ışınlarını doğrudan doğruya aldığı - güneşin doğuşundan batışına kadar geçen - süredir. Bu süre, o yer için gün uzunluğuna eşittir (Ardel et al. 1969).

Enlem ve deklinasyon açısı gözönünde tutularak, güneşin ufuk üstündeki yükseltisinin, yani güneşin yükseklik açısının çizim ya da hesap yoluyla kolayca bulunması da mümkündür (Ardel et al. 1969). Bu amaçla şöyle hareket edilir:

A. Deklinasyon açısı pozitif ise (Şekil 10 a)

Önce, coğrafi enlemi ifade eden e açısı, sonra ona dik olarak ufuk düzlemini gösteren doğru (HH') çizilir. Deklinasyon açısı da (d) çizilir. Daha sonra, ufuk noktasından ekvatora paralel bir doğru (EE') çizilir. Paraleller bir doğru ile kesildiğinde aynı tarafta kalan (yöndeş) açılar birbirine eşit olacağından, e açıları birbirine eşittir. Güneş ışınları birbirine paralel olarak yeryüzüne geldiğine göre, aynı esastan hareketle deklinasyon açısı da buraya çizilir. Bu suretle y açısı, güneşin ufuk üstündeki yükseltisini göstermiş olur.

Bu açı, daha önce anlatılanın dışında, basit bir hesapla da bulunabilir. Nitekim HZ açısı 90° olduğuna göre bundan enlem (e) açısını çıkarmak ve deklinasyon (d) açısını eklemek suretiyle *yükseklik (y) açısı*;

$$y_{\max} = (90 - e) + d \quad (8)$$

eşitliğinden elde edilmiş olur.

Eğer deklinasyon açısı ve yükseklik açısı biliniyorsa, bu iki değer yardımıyla coğrafi enlem (e) de çizim ve hesap yoluyla bulunabilir. Nitekim, deklinasyon açısının pozitif olduğu durumda, deklinasyon açısı ve güneşin ufuk üstündeki yükseltisi bilinen bir yerin *enlemi*;

$$e = (90 - y_{\max}) + d \quad (9)$$

olacaktır.

B. Deklinasyon açısı negatif ise (Şekil 10 b)

Şeklin çizimi, bundan öncekinin benzeridir. Yalnız, güneşin yükseklik (y) açısını hesaplamak için, HZ açısından hem enlem (e) açısını, hem de deklinasyon (d) açısını çıkarmak gerekecektir. Bu durumda eşitlik;

$$y_{\max} = (90 - e) - d \quad (10)$$

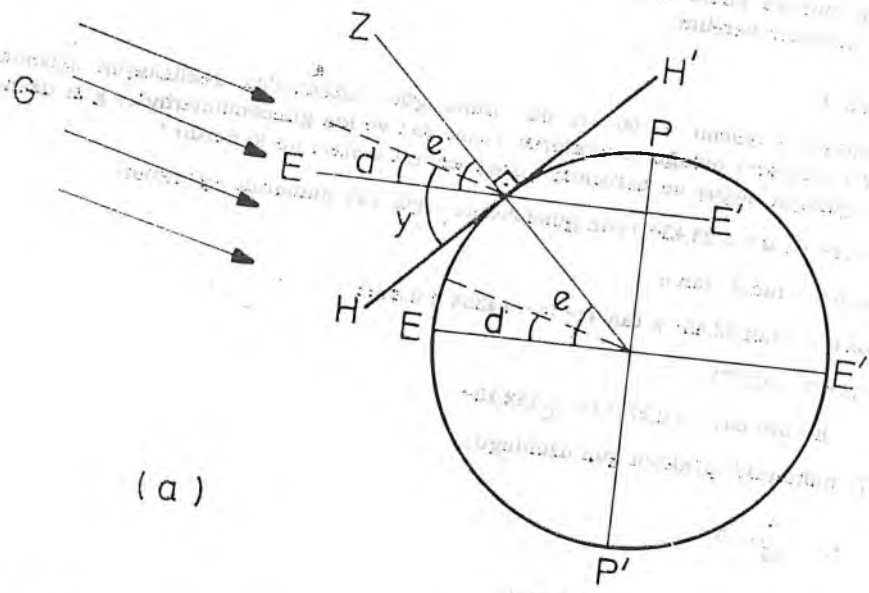
olur.

Deklinasyon açısının negatif olduğu durumda, deklinasyon açısı ve güneşin ufuk üstündeki yükseltisi belli olan bir yerin enlemi;

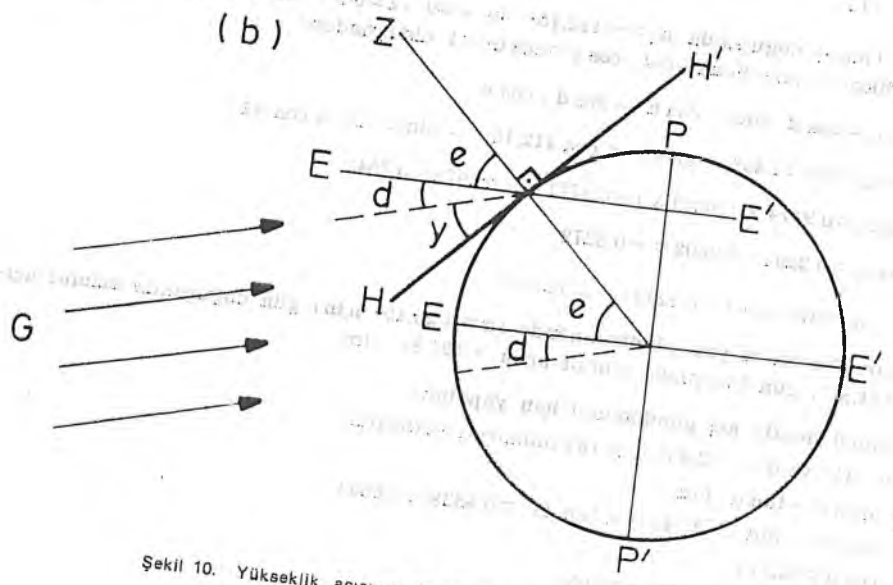
$$e = (90 - y_{\max}) - d \quad (11)$$

eşitliğiyle bulunur.

¹ Bu basit yöntemle bulunan yükseklik açısı, güneş öğlesine rastlayan maksimum değerdir.



(a)



(b)

Şekil 10. Yükseklik açısının (y_{max}) çizim yoluyla bulunması.

2.3. Çözüm Örnekleri

Şimdi, buraya kadar anlatılmağa çalışılan güneş açılarının hesaplanmasına ilişkin bazı örnekler verelim:

Örnek 1

İstanbul'un enlemi $41^{\circ}00'$ K dir. Buna göre İstanbul'da deklinasyon açısının $\pm 23^{\circ}27'$ ($\pm 23,45^{\circ}$) olduğu zamanlarda (yani yaz ve kış gündönümlerinde) gün uzunlukları, güneşin doğuş ve batışında güneş azimut açıları ne kadardır?

$e = 41^{\circ}$ ve $d = +23,45^{\circ}$ (yaz gündönümü) için (6) numaralı eşitlikten;

$$\cos h = -\tan d \cdot \tan e$$

$$\cos h = -\tan 23,45^{\circ} \times \tan 41^{\circ} = -0,4338 \times 0,8693$$

$$\cos h = -0,3771$$

$$h = \arccos(-0,3771) = \pm 112,15^{\circ}$$

ve (7) numaralı eşitlikten gün uzunluğu;

$$t_g = \frac{2}{15} \cdot h$$

$$t_g = \frac{2}{15} \times 112,15^{\circ} = 14,95 \text{ saat}$$

bulunur. Güneş doğuşunda $h_d = -112,15^{\circ}$ ve $y = 0$ ($z = 90^{\circ}$) olmak üzere (5) numaralı eşitlikte yerine konulursa, $\cos y = \cos 0^{\circ} = 1$ olduğundan;

$$\cos a_g = \cos d \cdot \sin e \cdot \cos h - \sin d \cdot \cos e$$

$$\cos a_g = \cos 23,45^{\circ} \times \sin 41^{\circ} \times \cos 112,15^{\circ} - \sin 23,45^{\circ} \times \cos 41^{\circ}$$

$$\cos a_g = 0,9174 \times 0,6561 \times (-0,3771) - 0,3979 \times 0,7547$$

$$\cos a_g = 0,2269 - 0,3003 = -0,5272$$

$$a_g = \arccos(-0,5272) = \pm 121,81^{\circ}$$

bulunur. Demek ki yaz gündönümünde ($d = +23,45^{\circ}$ için) gün doğuşunda azimut açısı $-121,81^{\circ}$, gün batışında azimut açısı $+121,81^{\circ}$ dir.

Şimdi hesabı kış gündönümü için yapalım:

$e = 41^{\circ}$ ve $d = -23,45^{\circ}$ için (6) numaralı eşitlikten;

$$\cos h = -\tan d \cdot \tan e$$

$$\cos h = -\tan(-23,45^{\circ}) \times \tan 41^{\circ} = 0,4338 \times 0,8693$$

$$\cos h = 0,3771$$

$$h = \arccos 0,3771 = 67,85^{\circ}$$

ve (7) numaralı eşitlikten gün uzunluğu;

$$t_g = \frac{2}{15} \cdot h$$

$$t_g = \frac{2}{15} \times 67,85^\circ = 9,05 \text{ saat}$$

bulunur. Güneş doğusunda $h_d = -67,85^\circ$ ve $y=0$ ($z=90^\circ$) olmak üzere (5) numaralı eşitlikte yerine konulursa, $\cos y=1$ olduğundan;

$$\cos a_g = \cos d \cdot \sin e \cdot \cos h - \sin d \cdot \cos e$$

$$\cos a_g = \cos (-23,45^\circ) \times \sin 41^\circ \times \cos (-67,85^\circ) - \sin(-23,45^\circ) \times \cos 41^\circ$$

$$\cos a_g = 0,9174 \times 0,6561 \times 0,3770 - (-0,3979) \times 0,7547$$

$$\cos a_g = 0,2269 - (-0,3002) = 0,5271$$

$$a_g = \arccos 0,5271 = \pm 58,19^\circ$$

bulunur. Şu halde kış gündönümünde ($d = -23,45^\circ$ için) gün doğusunda azimut açısı $-58,19^\circ$, gün batışında $+58,19^\circ$ dir.

Örnek 2

İstanbul'da ($e = 41^\circ K$) 21 Haziranda (yaz gündönümünde) sabah (güneş zamanı ile) 1 saat 09.00 da (güneş öğlesinde saat 12.00) güneş yükseklik ve azimut açıları ne kadardır?

Deklasyon açısı $d = +23,45^\circ$ dir. Saat açısı $h = 15$ ($9 - 12$) = -45° alınarak bu değerler (4) ve (5) numaralı eşitliklerde yerine konulursa, yükseklik açısı;

$$\sin y = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e$$

$$\sin y = 0,9174 \times 0,7547 \times 0,7071 + 0,3979 \times 0,6561$$

$$\sin y = 0,4896 + 0,2611 = 0,7507$$

$$y = \arcsin 0,7507 = 48,65^\circ$$

ve güneş azimut açısı;

$$\cos a_g = \cos d \cdot \sin e \cdot \cos h - \sin d \cdot \cos e$$

$$\cos a_g = 0,9174 \times 0,6561 \times 0,7071 - 0,3979 \times 0,7547$$

$$\cos a_g = 0,4256 - 0,3003 = 0,1253$$

$$a_g = \arccos 0,1253 = \pm 82,80^\circ$$

bulunur.

¹ Bilindiği gibi her meridyen için zaman başkadır; Ankara'nın zamanı İstanbul zamanından farklıdır. Güneş Ankara meridyenine İstanbul'unkinden daha önce gelir. Ancak biz esas itibarıyla güneş açıları ile ilgilendiğimizden, zaman dönüşümleri üzerinde durmuyoruz. Örneğin 1 Temmuz'da güneşin en yüksek noktasına (meridyene) ulaşma saati 30° Doğu boylamında saat 12.00'ye, 42° Doğu boylamında saat 12.48'e rastlar. Fakat güneş zamanı (yerel zaman) ile bunların ikisi de saat 12.00'ye tekabül eder.

Örnek 3

İstanbul'da ($e=41^\circ K$) Ağustos ayında saat 12.00 de (güneş öğlesi; $a_p=0$) güneş yükseklik açısı ne kadardır?

Aylık ortalama deklinasyon açılarını veren tablodan (Tablo 1), Ağustos ayı için ortalama deklinasyon açısı $d_{ort}=13,46^\circ$ alınır. Güneş öğlesinde ($a_g=0$) güneş meridyende olduğundan, saat açısı da sıfırdır ($h=15(12-12)=0$). Bu durumda, $e=41^\circ$, $d=13,46^\circ$, $h=0^\circ$ için (4) numaralı formülden güneşin yükseklik açısı;

$$\sin y = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e$$

$$\sin y = \cos 13,46^\circ \times \cos 41^\circ \times \cos 0^\circ + \sin 13,46^\circ \times \sin 41^\circ$$

$$\sin y = 0,9725 \times 0,7547 \times 1 + 0,2378 \times 0,6561$$

$$\sin y = 0,7339 + 0,1560 = 0,8899$$

$$y = \arcsin 0,8899 = 62,86^\circ$$

olarak bulunur.

Güneş öğlesi için güneşin ufuk üstündeki yükseltisi maksimum değerde olacağından, bu yükseklik açısı, Şekil 10 a ile bağlantılı olarak (8) numaralı eşitlikten de;

$$y_{max} = (90 - e) + d$$

$$y_{max} = (90 - 41) + 13,46$$

$$y_{max} = 49 + 13,46 = 62,46^\circ$$

olarak kolayca bulunabilir. Bu iki sonuç arasındaki fark, logaritmik değerlerdeki yuvarlamalardan kaynaklanmaktadır ve bizim açımızdan pratik önem taşımaz.

Örnek 4

İstanbul'da ($e=41^\circ K$) 30 Ağustosta saat (güneş zamanı ile) 15.00 de güneş yükseklik ve azimut açıları nedir?

30 Ağustos için $n=31+28+31+30+31+30+31+30=242$ olduğundan, deklinasyon açısı (1) numaralı ampirik eşitlikten;

$$d = 23,45 \cdot \sin \left(360 \frac{242 - 80}{370} \right)$$

$$d = 23,45 \cdot \sin 157,62 = 23,45 \times 0,3807 = 8,93^\circ$$

bulunur. Saat açısı, $h=15(15-12)=+45^\circ$ dir. Bu değerler (4) ve (5) numaralı eşitliklerde yerine konulduğunda, güneş yükseklik açısı;

$$\sin y = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e$$

$$\sin y = \cos 8,93^\circ \times \cos 41^\circ \times \cos 45^\circ + \sin 8,93^\circ \times \sin 41^\circ$$

$$\sin y = 0,9879 \times 0,7547 \times 0,7071 + 0,1552 \times 0,6561$$

$$\sin y = 5,5272 + 0,1018 = 0,6290$$

$$y = \arcsin 0,6290 = 38,98^\circ$$

ve güneş azimut açısı:

$$\cos a_g = \frac{\cos d \cdot \sin e \cdot \cos h - \sin d \cdot \cos e}{\cos y}$$

$$\cos a_g = \frac{\cos 8,93^\circ \times \sin 41^\circ \times \cos 45^\circ - \sin 8,93^\circ \times \cos 41^\circ}{\cos 38,98^\circ}$$

$$\cos a_g = \frac{0,9879 \times 0,6561 \times 0,7071 - 0,1552 \times 0,7547}{0,7774}$$

$$\cos a_g = \frac{0,4583 - 0,1171}{0,7774} = \frac{0,3412}{0,7774} = 0,4389$$

$$a_g = \arccos 0,4389 = 63,97^\circ$$

bulunur.

3. GÜNEŞ AÇILARININ PEYZAJ DÜZENLEMELERİNDEKİ ÖNEMİ

Güneş açıları, ya da daha genel bir anlatımla güneşlenme durumu, gerek bina, gerekse peyzaj projelerinin düzenlenmesinde en etkin faktörler arasında yer alır.

Serbest alanda yapılacak bir binanın ışık durumuna göre araziye oturtulması, proje düzenlemesinin esasını oluşturur. Kent ve kasabalarda parseller arasına yerleştirilen binalarda bu husus tam olarak gerçekleştirilemezse de, ışık faktörü yine de gözönünde tutulur.

Gün boyunca güneş ışınları en azından iki ayrı cepheyi aydınlatmakta ve ısıtmaktadır. Buna bağlı olarak binaların kuzey kısımları mevsime göre serin ya da soğuk, güney kısımları ise nisbeten ılık bulunmaktadır. Bu durum dikkate alınarak, serbest alanda yapılacak binaların proje düzenlemesi sırasında mutfak, kiler, merdiven ve tuvalet gibi belirli zamanlarda kullanılan yerlerin kuzey tarafa, buna karşılık oturma odası, yatak odası gibi nisbeten fazla kullanılan yerlerin ise güney tarafa dağıtılması gerekir. Doğu tarafının yatak odası, batı tarafının çamaşır odası gibi yerlere tahsisi en uygun düzenleme biçimidir. Konut dışındaki bina projelerinin tertip ve tanzimi (kompozisyonu) sırasında da aynı prensipler gözönünde bulundurulur. Özetle denilebilir ki, güneydoğu (D-GD) ile güneybatı (B-GB) yönleri arasında bulunan 135 derecelik bir kısım, bir ünitenin yerleştirilmesinde en önemli mekânı (hacim; raum) oluşturmaktadır (Özçelik 1965).

Konutların ve bahçelerin kışın ılık, yazın serin olan yaşama ortamları oluşturmak üzere nasıl planlanmaları gerektiğini, çeşitli mevsimlerde ve günün belirli saat-

lerindeki güneş açılarını dikkate alan bir yönlendirme ve konumlandırma dikte eder. Bu konuda, belli bir yerde yılın belli mevsimlerinde ve günün belli zamanlarında güneş ışınlarının yere (yatay düzleme) geliş açıları, güneşin doğuşundan batışına kadar izlediği —rölatif— yörüngenin yatay düzlemdeki izdüşümü gözönünde tutularak, buna göre bir düzenleme yapılır.

Bahçe düzenlemede ağaçların gölgeleyici etkilerinden uygun biçimde yararlanılabilmesi için de güneş açılarının bilinmesi ve dikkate alınması zorunludur.

Bina çevresinde yer alacak ağaçların, güneş açıları dikkate alınmak suretiyle konutlarda ve genel olarak kentlerde kışın ısıtma, yazın da serinletme giderlerini azaltma amacıyla kullanılması da mümkündür.

Bu yazıda üzerinde durduğumuz ve hesaplanma yollarını belirlediğimiz güneş açılarının peyzaj düzenlemelerinde nasıl değerlendirildiğini, ayrı bir yazıda ele alıp inceleyeceğiz.

K A Y N A K L A R

- ARDEL, A.; A. KURTER; Y. DÖNMEZ 1969: *Klimatoloji Tatbikatı*.
İstanbul Üniversitesi Yayın No. 1123, Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 40, İstanbul.
- ERİNÇ, S. 1969: *Klimatoloji ve Metodları*.
İstanbul Üniversitesi Yayın No. 994, Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 35, İstanbul.
- GEBAUER, K. 1947: *Die Erde und Das Leben*.
Verlag Georg Westermann, Berlin.
- KILIÇ, A.; A. ÖZTÜRK 1983: *Güneş Enerjisi*.
Kıpaş Dağıtımçılık, İstanbul.
- KIZILIRMAK, A. 1964: *Küresel Astronomi ve Gök Mekaniği*.
Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No. 11, İzmir.
- ÖZÇELİK, N. 1965: *İnşaat Bilgisi*.
İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları 1135/132, İstanbul.
- PAMAY, B. 1971: *Park-Bahçe ve Peyzaj Mimarisi*.
İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No. 1640, O. F. Yayın No. 164, İstanbul.
- RUSSELL, H.N.; R. S. DUGAN; J. Q. STEWART (Çeviri: N. GÖKDOĞAN; E. BAL-LI; M. HOTİNLİ) 1953: *Astronomi*.
İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları 563/7, İstanbul.
- SIMONDS, J. O. 1961: *Landscape Architecture*.
McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London.
- TANIN, T.; M. EREV 1953: *Astronomi Dersleri*.
İnkılâp Kitabevi, İstanbul.