

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * MİMARLIK FAKÜLTESİ

Düsey Pencerele Hacimlerde Yatay
Düzlemdeki Doğal Aydınlığı

Rengin Ünver

Doktora Tezi

57
136
YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
MİMARLIK FAKÜLTESİ

YAPI FİZİĞİ
BİLİM DALI

DÜŞEY PENCERELİ HACİMLERDE, YATAY DÜZLEMDEKİ
DOĞAL AYDINLIĞIN, GÜN IŞIĞI ÇARPANINA BAĞLI
OLARAK HESAPLANMASI

RENGİN ÜNVER, Öğr. Üye. Yard. Y. Mimar

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 151
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 136
Tarih : 7/10/1986
Fatura :
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/4
Kayıt No : 44420
UDC :
Ek :

5

Xcomp.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
MİMARLIK FAKÜLTESİ



YAPI FİZİĞİ
BİLİM DALI

DÜŞEY PENCERELİ HACİMLERDE, YATAY DÜZLEMDEKİ
DOĞAL AYDINLIĞIN, GÜN IŞIĞI ÇARPANINA BAĞLI
OLARAK HESAPLANMASI

RENGİN ÜNVER, Öğr. Üye. Yard. Y. Mimar

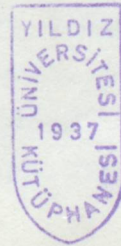
B Ö L Ü M L E R :

Amaç

1. Gün ışığı çarpanı ve bileşenleri
2. Gün ışığı çarpanı'na ilişkin düzeltmeler
3. Dresler Grafiği ile dış yatay aydınlığın saptanması
4. Waldram Diyagramı ile gök bileşeninin saptanması
 - 4.1. Waldram Diyagramı'nın tanıtılması
 - 4.2. Waldram Diyagramı'nın hazırlanması
 - 4.2.1. Camın ışık geçirme çarpanlarının saptanması
 - 4.2.2. Waldram Diyagramı koordinat sisteminin kurulması
 - 4.2.3. Sarkan çizgilerin hesaplanması
 - 4.2.4. Izgara sisteminin kurulması
 - 4.3. Waldram Diyagramı'nın kullanılması
5. Waldram Diyagramı ile dış yansıma bileşeninin saptanması
6. B.R.S. Nomogramları ile iç yansıma bileşeninin saptanması
 - 6.1. B.R.S. Nomogramları'nın tanıtılması
 - 6.2. B.R.S. Nomogramları'nın kullanılması

7. Uygulama Örneği

Yararlanılan başlıca kaynaklar



CIE için gök,
 CIE için kapalı gök,
 Tekdüze (uniform) gök,
 Gök ışık koşulu seçilebilir. Bunlar, aşağıdaki
 sınıflandırılabilir:

AMAÇ

Doğal ışık kaynağı olarak tanımlanan güneş ve gökten dolaysız ve dış yüzeylerden yansiyarak dolaylı bir biçimde gelen ışığın kapalı mekanlara alınabilmesi için, yapı kabuğu üzerinde PENCERE olarak adlandırılan, saydam yüzeyler ya da boşlukların bulunması gereklidir. Pencereler üzerinde yer aldıkları yapı elemanına göre,

- a- yandan pencereler (düşey pencereler)
- b- tepe pencereleri (ışıklıklar)

olmak üzere iki bölümde toplanabilir.

Hacmin işlevine göre, görsel açıdan konforlu bir iç çevre oluşturmak için gereksinim duyulan aydınlık düzeyinin sağlanmasında en önemli etken, pencere boyutlarının doğru olarak saptanmasıdır. Gerekli aydınlık düzeyini sağlayacak pencere boyutlarının belirlenmesi ya da var olan bir pencerenin yeterli aydınlık düzeyini sağlayıp sağlamadığının denetlenmesi yapıların tasarlama devresinde yapılmalıdır.

Doğal ışık kaynakları ve dış yüzeylerden yansiyarak gelen ışıkların, pencereden geçerek, hacmin herhangi bir noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin hesaplanmasına ilişkin bir çok yöntem ve her yöntemin kendine özgü varsayımları vardır. Yöntemlerin esas ayrılıklarını, ışık kaynaklarının - gök koşullarının - seçimi oluşturur. Doğru bir hesap yapabilmek için yapının bulunduğu yörenin gök koşullarının bilinmesi zorunludur. Bugün için "Gerçek Gök Koşulları'nın" gün ışığı hesaplarına katılabilmesinde yararlanılabilecek bir yöntem, teknik geliştirilmediğinden, ışıklılık dağılımları uluslararası ölçünlerle tanımlanan gök koşullarından birinin, yörede geçerli gök koşulu olarak kabul edilmesi zorunludur. Ayrıca, Türkiye için geçerli olabilecek gerçek gök koşulları henüz saptanmamıştır.

Bu tür hesaplamalarda kullanılan çeşitli yöntemlerde, temelde,

- . CIE ölçün göğü,
- . CIE ölçün kapalı göğü,
- . Tekdüze (uniform) gök,

gibi üç gök koşulu seçilmektedir. Bunlar, kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- . CIE ölçün açık gök koşulunda, gök ve güneş her ikisi de ışık kaynağı olarak alınmakta olup, bunların ışıklılık dağılımları ve oluşturdukları dış aydınlığın ayrı ayrı hesaplanmasına ilişkin ölçünler geliştirilmiştir. Ancak, ölçünlerin daha da geliştirilerek, bölgesel atmosferik koşullar için geçerli duruma getirilmesi zorunludur.
- . CIE ölçün kapalı gök koşulunda, ışıklılığı başucunda (zenit) ufuka göre 3 kat daha fazla olan, yani, ışıklılık dağılımı tekdüze olmayan gök, ışık kaynağı olarak alınmaktadır.
- . Tekdüze gök koşulunda, ışıklılık dağılımı göğün her noktasında aynı olan, yani, düşüncel (ideal) bir gök, ışık kaynağı olarak alınmaktadır.

Tekdüze göğün düşüncel bir gök olması, CIE ölçün açık göğüne göre yapılan hesapların (pencere boyutlarının) kapalı gök koşuluna oranla büyük ayrımlar göstermesi ve tasarlamada "kabul edilebilir minimum (en az) koşulların geçerliliği, CIE ölçün kapalı gök koşulunun "Tasar Göğü" olarak alınmasını gerektirmektedir. Böylece, sabah ve akşam saatleri ile günün büyük bir bölümünde geçerli olan aydınlık düzeyini sağlayacak pencere boyutları saptanabilir.

CIE ölçün kapalı göğünün, hacim içinde ve dışında oluşturduğu aydınlık düzeylerinin ilişkisi "GÜN IŞIĞI ÇARPANI" kavramı ile kurulmaktadır. Bu göğü tasar göğü olarak kabul ederek, gün ışığı çarpanını ve bileşenlerini hesaplamaya yönelik birçok yöntem vardır.

Bu çalışmada, CIE ölçün kapalı göğünün hacim içinde ve dışında oluşturduğu aydınlık düzeyini, tasarlamının ilk devrelerinde, çabuk ve uzun matematik işlemlere gerek kalmadan hesapla-

maya ilişkin yöntemler anlatılacaktır. Bu yöntemler aracılığı ile, DÜŞEY PENCERELİ bir hacmin, YATAY çalışma düzlemi (yararlı düzlem) üzerinde yer alan HERHANGİ BİR noktasındaki gün ışığı aydınlığı hesaplanabilmektedir. Aynı yöntemlerle tepe pencereci hacimler ya da düşey düzlemler üzerindeki aydınlıklar da hesaplanabilir. Ancak, burada o konulara değinilmeyecektir.

Bundan sonraki bölümlerde, CIE ölçün kapalı göğünün hacmin dışında yatay düzlemde oluşturduğu aydınlığın "Dresler Grafiği"; gün ışığı çarpanı gök bileşeni ve dış yansıma bileşeninin "Waldram Diyagramı"; iç yansıma bileşeninin ise "B.R.S. Nomogramları" aracılığı ile hesaplanmasına ilişkin kurallar, birtakım düzeltme çarpanları ve bunlarla ilgili örnekler anlatılacaktır. Ancak, yöntemlere geçmeden önce, gün ışığı çarpanı ve bileşenleri ile ilgili bir açıklamanın yapılması konunun daha iyi anlaşılması açısından yararlı olacaktır.

1- GÜN IŞIĞI ÇARPANI VE BİLEŞENLERİ

1955 yılında yapılan CIE (Uluslararası aydınlatma komisyonu) Zürih Kongresinde, ışıklılık dağılımı tekdüze olmayan kapalı gök, "CIE ölçün kapalı göğü" olarak kabul edilmiş ve doğal aydınlatma hesaplarında, bu göğün ışık kaynağı olarak alınması önerilmiş ve evrenselleştirilmiştir (6,9). Bu göğün, hacim içinde ve dışında oluşturduğu aydınlık düzeylerinin ilişkisi ise "GÜN IŞIĞI ÇARPANI" kavramı ile kurulmuştur.

Gün ışığı çarpanı; Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir gökten, dolaylı ya da dolaysız gelen ışığın yaptığı doğal aydınlığın (E_i), bu göğün engellenmemiş yarım küresinin yatay düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa (E_d) oranı olup, dolaysız güneş ışığı, yukarıda sözü geçen her iki aydınlıkta da hesaba katılmaz (3,16, 17). Bu tanım, kısaca, aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$G.Ç. \text{ (gün ışığı çarpanı)} = \frac{E_i \text{ (iç aydınlık)}}{E_d \text{ (dış yatay aydınlık)}} \times \% 100 \quad (1)$$

yukarıdaki tanımdan da anlaşıldığı gibi, G.Ç., herhangi bir hacimde ele alınan bir gözleme noktasında (g.n) oluşan gün ışığı aydınlığının ölçüsüdür ve,

- . gökten dolaysız olarak, pencereyi geçtikten sonra, gözleme noktasına gelen,
- . dış yüzeyler ve engellerden yansdıktan sonra, pencereyi geçerek gözleme noktasına dolaylı olarak gelen,
- . pencereyi geçtikten sonra iç yüzeylerden yansiyarak, gözleme noktasına gelen,

gün ışığının katkılarını içeren bir kavramdır. Yani günışığı çarpanı

- . gök bileşeni,
- . dış yansıma bileşeni,
- . iç yansıma bileşeni,

olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır (Bkz. Şekil 1). Bu üç bileşenin CIE'ce yapılan tanımları aşağıda verilmiştir.

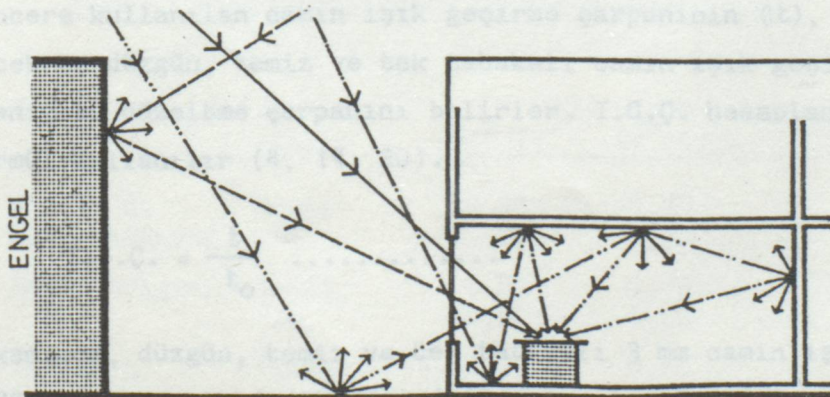
GÖK BİLEŞENİ (G.B.): Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir gökten, dolaysız olarak gelen ışığın yaptığı doğal aydınlık bölümünün, bu göğün engellenmemiş yarım küresinin yatay düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa oranı olup, dolaysız güneş ışığı her iki aydınlıkta da hesaba katılmaz (3, 16, 17).

DIŞ YANSIMA BİLEŞENİ (D.Y.B.): Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir göğün dolaysız ya da dolaylı olarak aydınlattığı dış yüzeylerden yansıyan ışığın, doğrudan doğruya yaptığı doğal aydınlık bölümünün, bu göğün engellenmemiş yarım küresinin yatay bir düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa oranı olup, dolaysız güneş ışığının, dış yansıtıcı yüzeylerin ışıklılıklarına ve ölçüştürme düzlemi üzerindeki aydınlığa katkısı hesaba katılmaz (3, 16, 17).

İÇ YANSIMA BİLEŞENİ (İ.Y.B.): Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir göğün, iç yüzeylere yansıtılan ışığının yaptığı doğal aydınlık bölümünün, bu göğün engellenmemiş yarım küresinin yatay bir düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa oranı olup, dolaysız güneş ışığının, iç yansıtıcı yüzeylerin ışıklılıklarına ve ölçüştürme düzlemi üzerindeki aydınlığa katkısı hesaba katılmaz (3, 16, 17).

Gök bileşeni, dış yansımaya bileşeni ve iç yansımaya bileşeni ayrı ayrı hesaplandıktan sonra toplanarak, gün ışığı çarpanı tasar değeri ($G.Ç._{t.d.}$) bulunur.

$$G.Ç._{t.d.} = G.B. + D.Y.B. + İ.Y.B \dots\dots\dots (2)$$



Şekil 1

2. GÜN IŞIĞI ÇARPANINA İLİŞKİN DÜZELTMELER

1. Bölümde sözü edildiği gibi, gök bileşeni, dış yansıma bileşeni ve iç yansıma bileşeni toplanarak "Gün Işığı çarpanı Tasar Değeri" elde edilir. Üç bileşenin toplamı ile bulunan değere bu adın verilmesinin nedeni, bunun gerçek gün ışığı çarpanı değeri olmamasıdır. Çünkü, hacmin içindeki herhangi bir noktaya gelen ışık akısı,

- I- pencere doğramasının cins ve kalınlığına,
- II- pencere camının ışık geçirme çarpanına,
- III- camın temiz ya da kirle olmasına,

bağlı olarak, değerinden belli bir bölümünü kaybeder. Bu nedenle, (2) numaralı formüle göre hesaplanan gün ışığı çarpanı tasar değerinin, belirtilen üç etkene ilişkin düzeltme çarpanları ile çarpılarak, "Gün Işığı Çarpanı Gerçek Değeri"nin hesaplanması zorunludur. Söz konusu düzeltme çarpanları şunlardır:

I- Pencere doğramasının cins ve kalınlığına ilişkin düzeltme çarpanı (D.K.Ç.):

Pencere doğramasının kalınlığından ötürü, gün ışığı çarpanı değerindeki azalmayı hesaplayabilmek için, toplam cam alanının, tüm pencere-boşluğu alanına oranı bulmak gereklidir. Yani D.K.Ç. aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$D.K.Ç. = \frac{\text{Cam alanı (m}^2\text{)}}{\text{Tüm pencere alanı (m}^2\text{)}} \% 100 \dots\dots (3)$$

II- Pencere camının ışık geçirme çarpanına ilişkin Düzeltme çarpanı (I.G.Ç.):

Pencere kullanılan camın ışık geçirme çarpanının (t), ülkede kullanılabilir en düzgün, temiz ve tek tabakalı camın ışık geçirme çarpanına (t₀) oranı, bu düzeltme çarpanını belirler. I.G.Ç. hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır (4, 14, 20).

$$I.G.Ç. = \frac{t}{t_0} \dots\dots\dots (4)$$

Ülkemizde, düzgün, temiz ve tek tabakalı 3 mm camın ışık geçirme çarpanı 0,85 olarak belirlendiğinden (21), hesaplamalarda t₀ için 0,85 değeri

kullanılmaktadır. Pencere kullanılan değişik cam türlerinin ışık geçirme çarpanları için, çizelge 1 de verilen değerlerden yararlanılabilir.

ÇİZELGE 1: DEĞİŞİK CAM TÜRLERİNİN IŞIK GEÇİRME ÇARPANLARI

Cam türü	t
Düz cam (3 mm)	0.85
Telli cam	0.77
Antisun cam	0.72
Calorex	0.47
Çift cam (düz)	0.72
Katedral cam	0,68 - 0.85
3 mm. Opal akrilik plastik	0,55 - 0,77

III- Camın kirliliğine ilişkin düzeltme çarpanı (C.K.Ç.):

Cam yüzeylerde kir birikmesi,

- camın eğim açısına
- binanın konumuna, yani pencere dışında birikeceği sanılan kir niceliğine,
- Endüstri sınıfına, yani camın iç yüzünde toplanacağı sanılan kir niceliğine,

bağlıdır. Ayrıca iki temizlik arasında geçen sürede bu durumu etkilemektedir (4, 11, 17, 18). Çizelge 2 de, altı ay arayla yapılan temizlik durumunda, kir birikmesi düzeltme çarpanları verilmiştir.

ÇİZELGE 2: KİR BİRİKMESİ DÜZELTME ÇARPANLARI

Konum	Endüstri sınıfı	Eğim açısı (yataya göre)		
		90°-75°	60°-45°	30°-0°
Kır ya da şehir bölgesi	Temiz	0,90	0,85	0,80
	Pis	0,70	0,60	0,55
Konut bölgesi	Temiz	0,80	0,75	0,70
	Pis	0,60	0,50	0,40
Endüstri bölgesi	Temiz	0,70	0,60	0,55
	Pis	0,50	0,35	0,25

yukarıda da belirtildiği gibi gün ışığı tasar değeri ($G.Ç._{t.d.}$) pencere doğramasının cins ve kalınlığına ($D.K.Ç.$), pencere camının yaygın ışık geçirme çarpanına ($I.G.Ç.$) ve cam kirliliğine ($C.K.Ç.$) ilişkin düzeltme çarpanları ile çarpılarak, "gün ışığı gerçek değeri" ($G.Ç._{g.d}$) elde edilir.

$$G.Ç._{g.d} = G.Ç._{t.d.} \times D.K.Ç. \times I.G.Ç. \times C.K.G. \dots\dots\dots (5)$$

3. DRESLER GRAFİĞİ İLE DIŞ YATAY AYDINLIĞIN SAPTANMASI

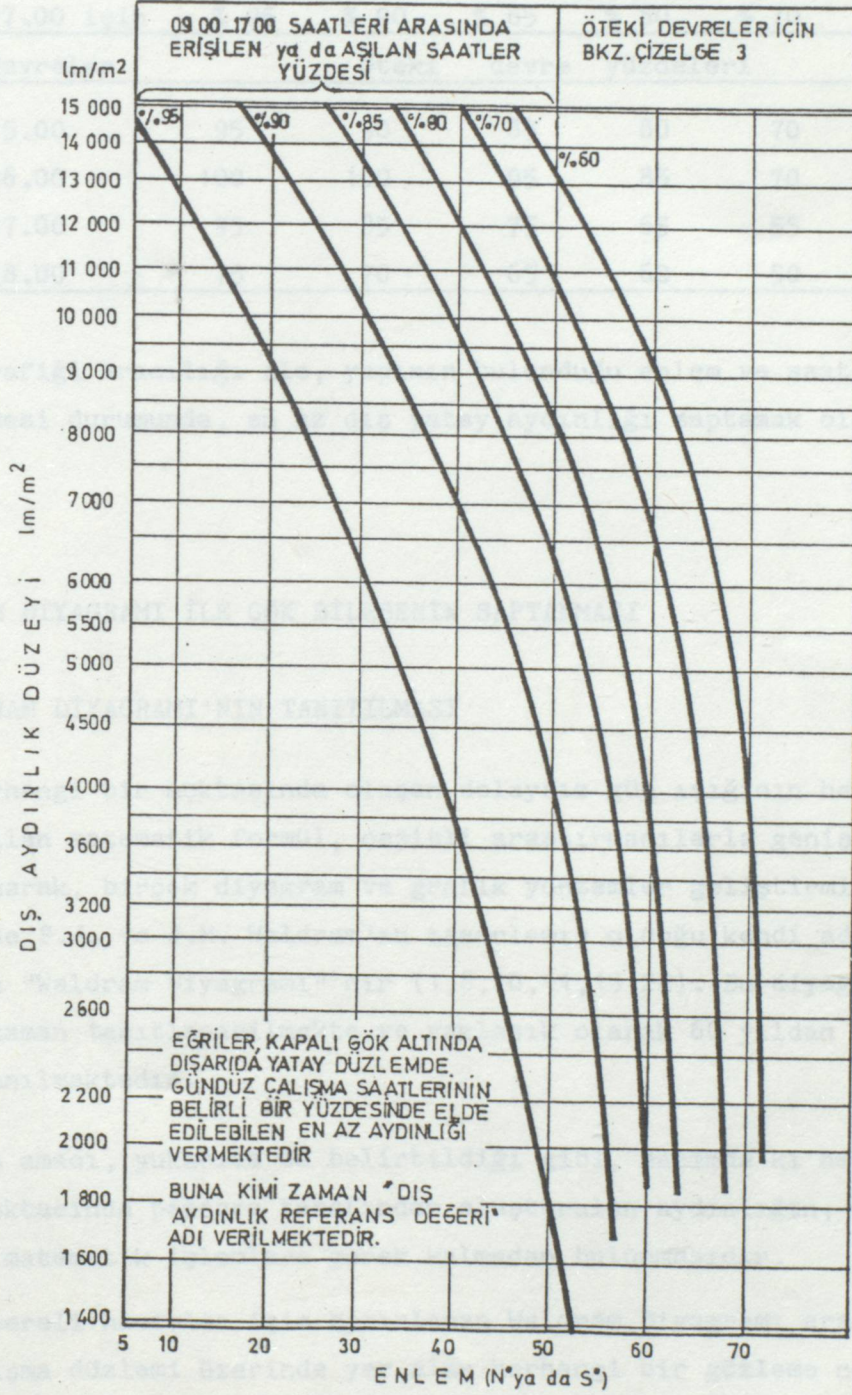
Hacmin içindeki herhangi bir gözlem noktasındaki, doğal aydınlığın hesaplanabilmesi için, CIE ölçün kapalı göğünün dışarıda yatay düzlemde yaptığı aydınlığın belirlenmesi gereklidir. Nitekim, bu durum, (1) numaralı formülde de açıkça ortaya konmuştur. Dış yatay aydınlığın, her ülkenin her şehrine göre değişik düzeylerde olacağı açıktır. Türkiye'de bu konuda henüz bir çalışma yapılmamış olması nedeniyle, hemen hemen tüm dünya ülkeleri tarafından büyük bir kabul gören, A. Dresler'in hazırladığı ve "Dresler Grafiği" olarak adlandırılan grafik aracılığı ile dış yatay aydınlığı belirlemek olanaklıdır.

Dresler grafiği 5° ve 70° kuzey ve Güney enlemleri arasında, tümüyle engelsiz bir göğün bütününden gelen, en az yatay aydınlığı " lm/m^2 - lux" cinsinden vermektedir (Bkz. Şekil 2). Grafik üzerinde yer alan eğriler, 09.00-17.00 saatleri arasında, grafikte belirtilen dış yatay aydınlık düzeylerine erişildiği ya da aşıldığı saatlerin yüzdelerini belirtir (1, 4, 5, 6,).

Şekil 2 de çizilen grafikteki eğriler 09.00-17.00 saatleri dışındaki devrelerde de uygulanabilir. Ancak bu durumda, yüzdeler Çizelge 3 de verilen öteki devreler için geçerli olan yüzde değerlerine dönüştürülmelidir.



ÇİZELGE 3: ŞEKİL 2'DEKİ EĞRİLERİN 9.00-17.00 SAATLERİ ARASINDA İÇERİ MEKANLARDAKİ AYDINLIK DÜZEYLERİNE UYGULANMASI DURUMUNDAKİ YÜZDELERİ



ŞEKİL 2

ÇİZELGE 3: ŞEKİL 2 DEKİ EĞRİLERİN 9.00-17.00 SAATLERİ DIŞINDAKİ DEVRELERE UYGULANMASI DURUMUNDAKİ YÜZDELER

09.00-17.00 için	% 95	% 90	% 85	% 80	% 70	% 60
Öteki devreler		Öteki	devre	yüzdeleri		
07.00-15.00	95	90	85	80	70	60
08.00-16.00	100	100	95	85	70	60
07.00-17.00	95	85	75	65	55	45
06.00-18.00	75	70	65	60	50	40

Dresler grafiği aracılığı ile, yapının bulunduğu enlem ve saat yüzdelerinin bilinmesi durumunda, en az dış yatay aydınlığı saptamak olanaklıdır.

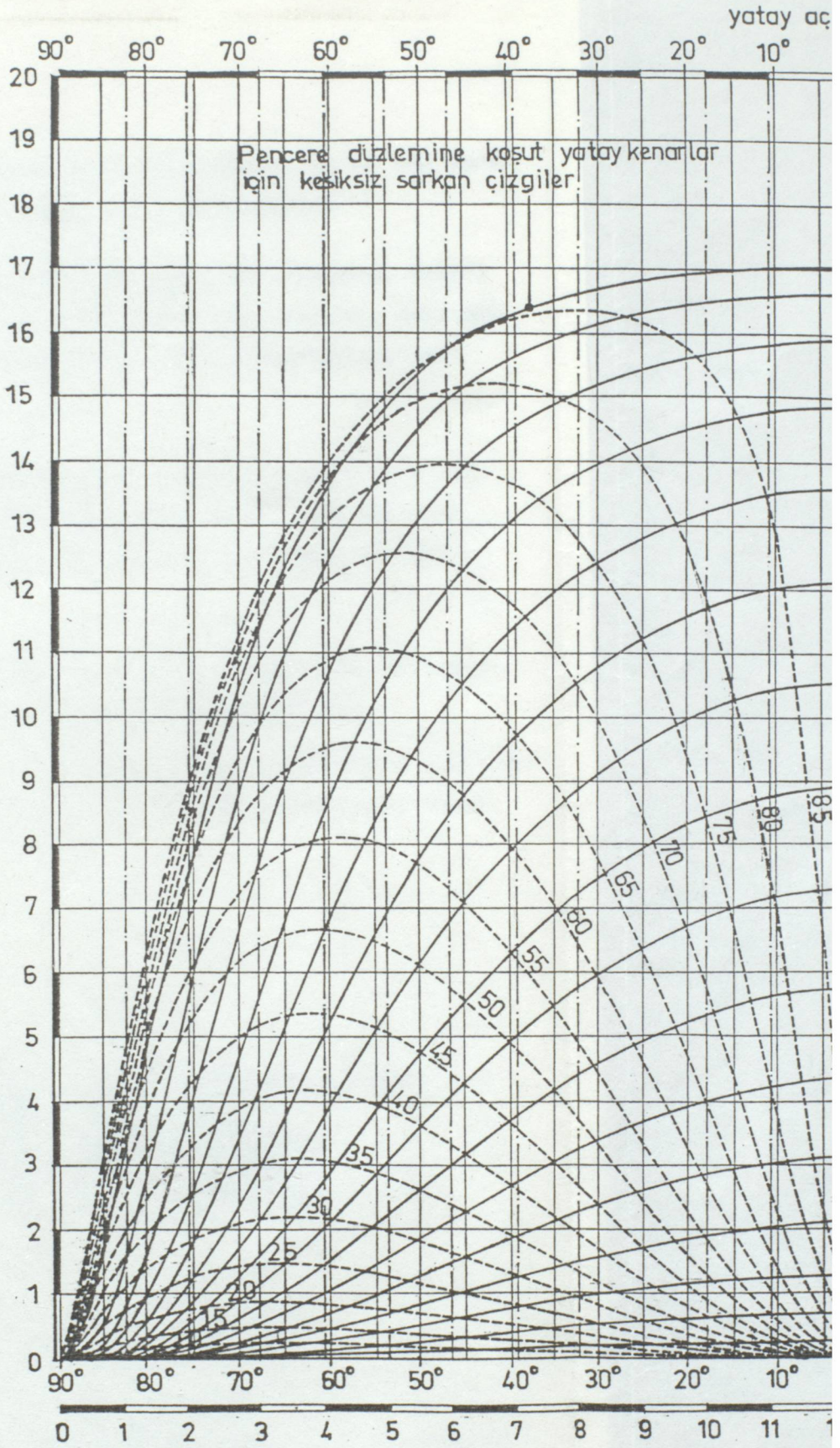
4. WALDRAM DİYAGRAMI İLE GÖK BİLEŞENİN SAPTANMASI

4.1. WALDRAM DİYAGRAMI'NIN TANITILMASI

Hacmin herhangi bir noktasında oluşan dolaysız gün ışığının hesaplanmasında kullanılan matematik formül, çeşitli araştırmacılarla geniş bir biçimde uygulanarak, birçok diyagram ve grafik yöntemler geliştirmiştir. Bunlardan biri de P.J. ve J.M. Waldram'ın tasarlamış olduğu kendi adları ile adlandırılan "Waldram Diyagramı" dır (1,8,10,11,15,22). Bu diyagramın doğruluğu her zaman tanıtlanabilmekte ve yaklaşık olarak 60 yıldan beri tüm dünyaca kullanılmaktadır.

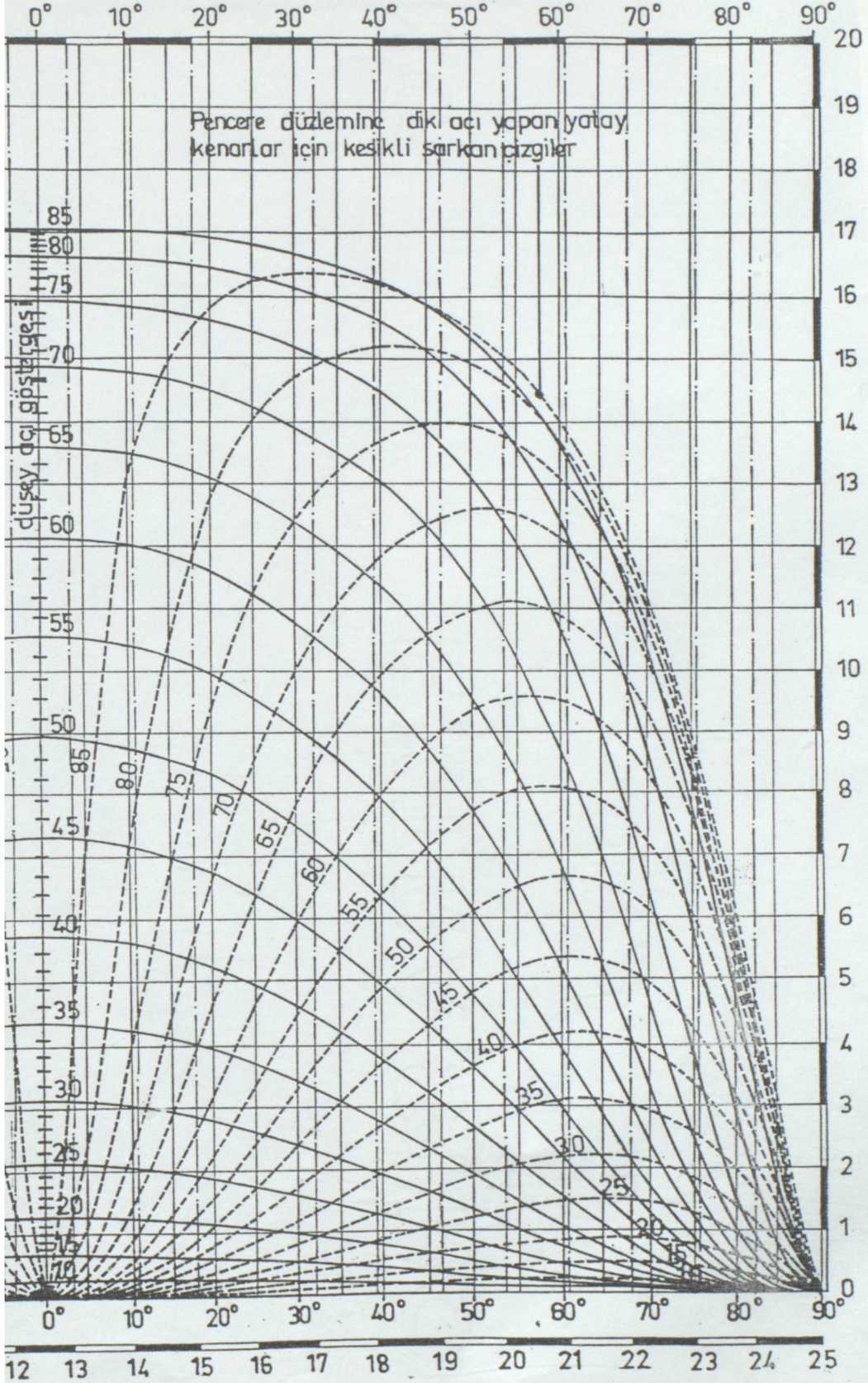
Diyagramın amacı, yukarıda da belirtildiği gibi, hacimde ki herhangi bir gözleme noktasında pencere tarafından oluşturulan aydınlığın, doğrudan doğruya uzun matematik işlemlere gerek kalmadan bulunmasıdır.

Düsey pencereci hacimler için hazırlanan Waldram Diyagramı aracılığı ile, yatay çalışma düzlemi üzerinde yer alan herhangi bir gözleme noktasındaki gök bileşeni ya da dış yansıma bileşeni kolayca hesaplanabilmektedir. Diyagram gök bileşeninin % 100 üne ya da % 50 sine (yani gök kürenin tümüne ya da yarısına) karşılık gelecek biçimde, herhangi bir uzunluk ve yükseklikte hazırlanabilir. Düsey pencereci hacimler için, genellikle, ya-



CIE ÖLÇÜN KAPALI GÖK İÇİN D
(1 Birim kare %

göstergesi



DÜZENLENMİŞ WALDRAM DİYAGRAMI

(0.1 G.B. değerindedir.)

EKİL : 3

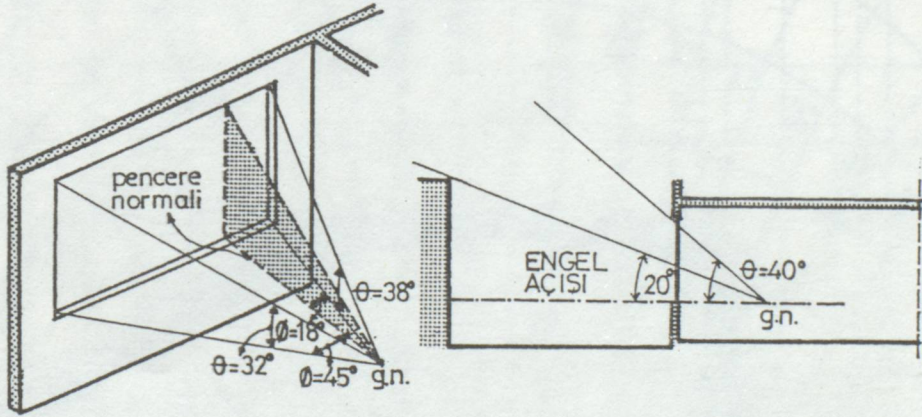
rım gök küre için hazırlanmış diyagramlar kullanılmaktadır. Yarım gök küre için hazırlanmış bir Waldram diyagramı şekil 3 de verilmiştir.

Waldram Diyagramı üzerindeki herbir alan birimi, aynı gök bileşeni değeri taşımaktadır. Bir başka deyişle diyagram üzerindeki eşit alanlar, eşit gök bileşeni değerindedir. Bu tür diyagramlara "eşit olan diyagramları" adı verilmektedir (8).

Şekil 3 de görüldüğü gibi, Waldram Diyagramının apsisinde, yatay açı (\emptyset) değerleri yer almakta olup, buraya "yatay açı göstergesi"; ordinatında ise düşey açı (θ) değerleri yer almakta olup, buraya da "düşey açı göstergesi" adı verilmektedir (\times).

\times Yatay açı (\emptyset): Pencere alt köşelerini gözleme noktasına birleştiren doğru parçalarının, pencere normali ile yaptığı açı.

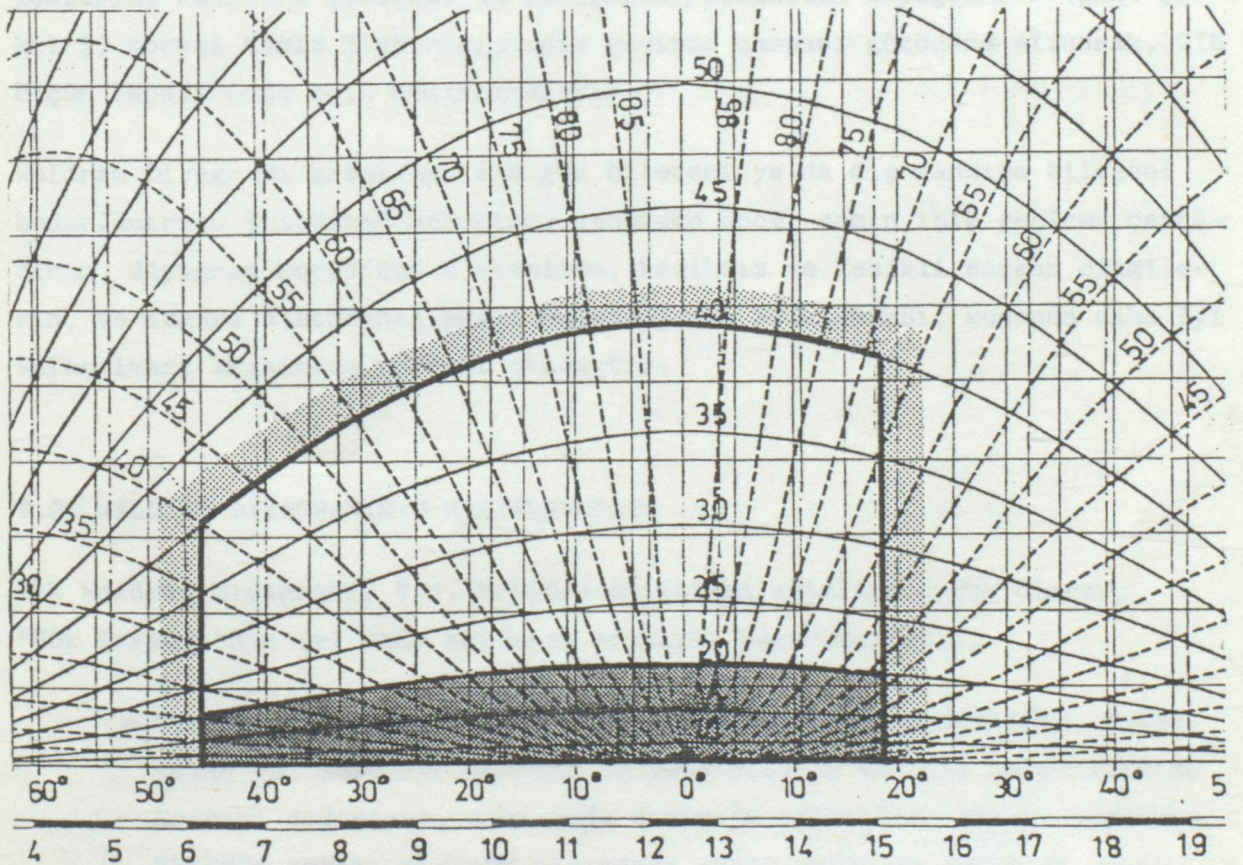
Düşey açı (θ): Pencerenin alt ve üst kenarları üzerindeki noktaları, gözleme noktasına birleştiren doğru parçaları arasında kalan açı (Bkz. Şekil 4).



Şekil 4

Gözleme noktasının, pencere içinden görebildiği gök parçası, incelenmekte olan hacmin ölçekli plan ve kesiti çizilerek bulunur. Gözleme noktası, daima, pencere düzleminde pencere alt kenarına dik açı yapan bir doğru-pencere normali-üzerinde yer almalıdır. Gözleme noktası yatay açı göstergesinde

(0°) başlangıç noktası olarak alınıp, plan ve kesitten ölçülen yatay ve düşey açılar göstergelere işlendiğinde, pencere ve/ ya da engel taslağı kolaylıkla diyagram üzerine aktarılmış olur (Bkz. Şekil 5). Hassas bir taslak çizimi yapabilmek için, birçok yatay ve düşey açı değerlerinin bilinmesi gereklidir. Bunun zaman kaybına yol açacağı açıktır. Zaman kaybını önlemek amacıyla, pencere düzlemi içindeki yatay pencere kenarlarını ve/ya da pencere düzlemine koşut (paralel) yatay engel kenarlarını belirleyebilmek için "kesiksiz sarkan çizgiler"; pencere düzlemine dik açı yapan yatay engel kenarlarını belirleyebilmek için de "kesikli sarkan çizgiler" adı verilen iki ayrı türde eğriler (yükseklilik açısının her bir değeri için) diyagrama çizilmiştir (Bkz. Şekil 3). Bu eğriler aracılığı ile çizim işlemi en az düzeye indirilmiş olacaktır. Pencere ya da engellerin dış çizgileri diyagrama taşındığında, birtakım biçim değişikliğine uğrayacaktır. Ancak, diyagram üzerine çizilen gök parçası alanı, daima, gözleme noktasındaki gerçek gök bileşeni değerini taşımaktadır.



şekil 5

Yukarıda belirtildiği üzere, Waldram Diyagramı, bir eşit alan diyagramı olduğundan, diyagram üzerine çizilen gök parçası alanı-dikkatli bir biçimde ölçülerek (planimetre ile) tüm diyagram alana oranlandığında, gözleme noktasındaki gök bileşen değeri bulunmuş olur. Alan ölçme işlemini basitleştirmek amacıyla, diyagramın üzerine bir ızgara sistemi çizilir. Izgara sistemi kurulurken, sistem içindeki birim alan sayısının, tüm diyagram alanı gök bileşen değerinin katları olarak seçilmesi, hesap açısından kolaylık sağlar. Örneğin, tümü % 50 gök bileşeni değeri taşıyan bir diyagram üzerine kurulan ızgara sistemi 500 birim alanı içeriyorsa, her birim alan % 0,1 gök bileşeni değerini taşıyacaktır. Diyagrama çizilen gök parçası alanı içindeki birim alanlar sayısı birim alanın kendi değeri ile çarpıldığında, gerçek gök bileşeni değeri kolayca bulunmuş olur.

CIE ölçün kapalı göğü için geçerli olan Waldram Diyagramlarında, pencere camının ışık geçirme çarpanı için gerekli düzeltmeler yapılır. Yani, camdan ötürü gözleme noktasına gelen gök bileşeninde olacak azalma, hesap işlemlerine katılır. Nitekim, bu çalışmada kullanılan diyagramlar (Bkz. Şekil 3) normal temiz 3 mm camın ışık geçirme çarpanı gözönüne alınarak, CIE Ölçün Kapalı Göğü için hazırlanmıştır.

Waldram Diyagramı aracılığı ile gök bileşeni ya da dış yansıma bileşeni hesaplanırken izlenecek aşamalara geçmeden önce, camın ışık geçirme çarpanının, diyagram koordinat sisteminin, kesiksiz ve kesikli sarkan çizgilerin, ve ızgara sisteminin nasıl bulunduğu açıklanması, konunun daha iyi anlaşılması açısından yararlı olacaktır.

4.2. WALDRAM DİYAGRAMININ HAZIRLANMASI

İlk Waldram Diyagramı, 4.1. bölümde anlatılan esaslara uygun olarak, "Gök Çarpanı"nın (*) elde edilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

- * Gök çarpanı= yapı içinde, bir noktadaki yatay aydınlığın, duvar, tavan vb. yüzeylerden olan iç yansımaların katkısı çıkarıldıktan sonraki değerinin, aynı anda dışarıda ışıklılığı düzgün yayılmış, TEKDÜZE kapalı bir gök altındaki yatay aydınlık değerine oranı.

Gök çarpanı'nın tanımından da anlaşıldığı gibi, ilk diyagramlar camsız

pencereler ve ışıklılık dağılımı tekdüze olan kapalı gök için geçerlidir. Ancak, göğün ışıklılık dağılımının tekdüze olmadığı kabul edilmesinden sonra (Bkz. 1. bölüm), CIE ölçün kapalı göğü ve camlı pencere durumu için, gerekli düzeltmeler yapılarak, gök bileşeni ve gök bileşenine bağlı olarak dış yansıma bileşenin bulunmasında kullanılabilir yeni diyagramlar hazırlanmıştır.

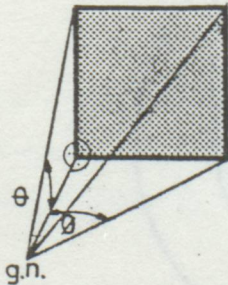
4.2.1. CAMIN IŞIK GEÇİRME ÇARPANLARININ SAPTANMASI

Pencere camının ışık geçirme çarpanlarına bağlı olarak, gökten gözleme noktasına gelen ışık akısında azalma olacağı açıktır. Gün ışığı hesaplarında, 2. bölümde değinildiği gibi, genellikle 3 mm temiz camın ışık geçirme çarpanı olarak 0,85 değeri alınmaktadır. Ancak, camın her doğrultudaki ışık geçirme çarpanı aynı değeri taşımaz. (Normalden uzaklaştıkça camın ışık geçirme çarpanı azalır). Bir pencere söz konusu olduğunda, belli uzunluk ve yükseklikteki camın her bir noktasından gözleme noktasına gelen ışık için, camın o doğrultudaki ışık geçirme çarpanı hesaplanmalıdır.

Bu çalışma için hazırlanan Waldram Diyagramı'nda 3 mm temiz camın ışık geçirme çarpanı,

$$t_i = -0.028378 + 3.156075 \cos i - 3.058376 \cos^2 i - 1.428918 \cos^3 i + 4.014235 \cos^4 i - 1.775827 \cos^5 i \quad \dots \quad (6)$$

formülü (12, 13) ile hesaplanmıştır. Buradaki $\cos i$ çarpanı ise,



$$\cos i = \cos (\theta/2) \cdot \cos \theta \quad \dots \quad (7)$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

Şekil 6

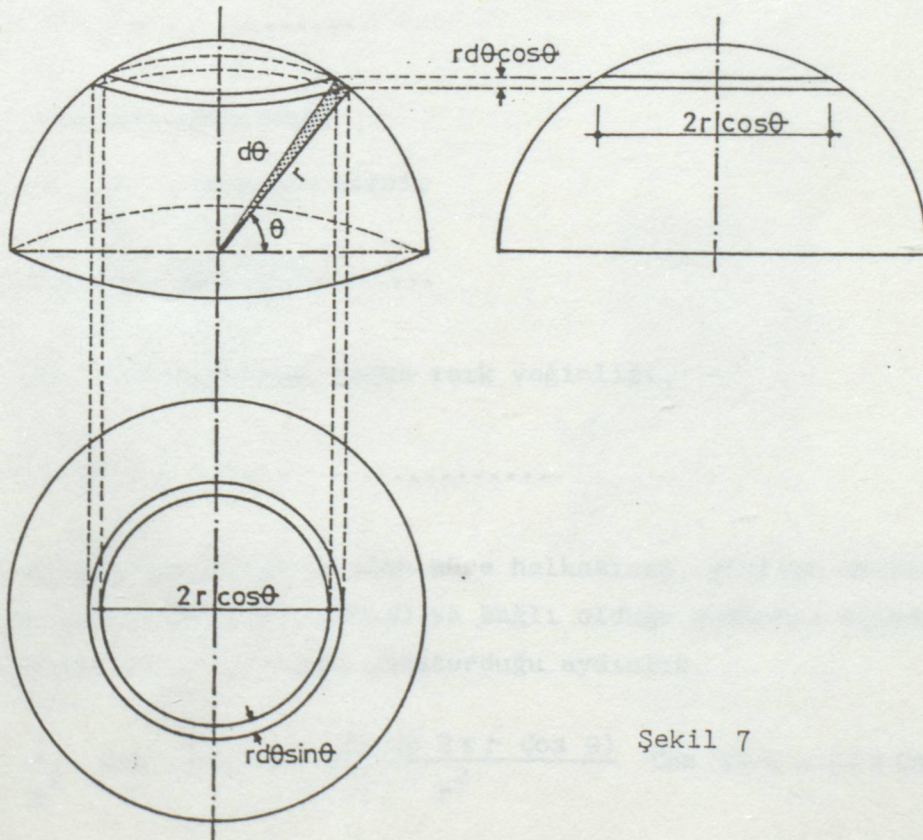
Cos i çarpanı yatay ve düşey açılara bağlı olarak hesaplandığından (6) numaralı formül belli uzunluk ve yükseklikteki camın ortalama, ışık geçir-me çarpanını vermektedir. (Bu konuda daha titiz hesap yapmak için tüm cam alanın integralinin alınması gereklidir).

4.2.2. WALDRAM DİYAGRAMI KOORDİNAT SİSTEMİNİN KURULMASI

CIE ölçün kapalı göğü için hazırlanan Waldram Diyagramının apsisinde yatay açı (θ), ordinatında ise düşey açı (θ) değerleri yer almaktadır.

Yatay açı, apsise lineer, yani eşit aralıklarla 0° dan 90° ye kadar (0° nin sağına ve soluna, toplam 180°); düşey açı ise, ordinata $(1/2 \sin^2 \theta + 2/3 \sin^3 \theta)$ ya orantılı olarak 0° dan 90° ye kadar yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 3).

Waldram Diyagramının ordinatında yer alan $(1/2 \sin^2 \theta + 2/3 \sin^3 \theta)$ formülünün nasıl elde edildiğini açıklayabilmek için, önce, gök çarpanının temel hesaplama yöntemine, fazla matematik ayrıntılara girmeden değinmek yararlı olacaktır.



Şekil 7

Yarı çapı (r) olan kuramsal bir gök kürede, (θ) yükseklik açısına ve ($d\theta$) açısı ile görülen bir küre halkasına ilişkin geometrik boyutlar Şekil 7 de gösterilmiştir.

1. Tekdüze ışıklılıktaki göğün dış yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık:

Bilindiği gibi, ışık kaynağının nokta kaynak olması durumunda, kaynağın dik doğrultuda oluşturduğu aydınlık, kaynağın ışık yeğninliğinin uzaklığın karesine bölümü ($E=I/r^2$); kaynağın ışıklılığı ise ışık yeğninliğinin, kaynak yüzeyi görünen alanına bölümü ($L=I/S$) biçiminde hesaplanır. Işık akısının yüzeye dik açı ile gelmemesi, yani, yüzey normali ile belli bir (θ) açısı yapması durumunda ise, yüzeydeki aydınlık,

$$E = (I/r^2) \cdot \text{Cos } \theta \dots\dots\dots (8)$$

förmülü ile verilmektedir.

Burada, ışık kaynağı olarak ele alınan gök küre ışıklılığının, tekdüze olduğu varsayıldığına göre göğün ışıklılığında, doğrultuya göre herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Belli bir (θ) açısı için ışıklılık, gene,

$$L_{\theta} = L = I/S \dots\dots\dots (9)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Şekil 7 deki küre halkasının alanı,

$$S = r d\theta 2 \pi r \text{Cos } \theta \dots\dots\dots (10)$$

ve ışıklılığı L olduğundan, göğün ışık yeğninliği,

$$I = L(r d\theta 2 \pi r \text{Cos } \theta) \dots\dots\dots (11)$$

dır. ($d\theta$) açısal genişliğinde olan küre halkasının, gözleme noktasında oluşturduğu aydınlığın, $\text{Cos } (90-\theta)$ ya bağlı olduğu gözönüne alındığında, küre halkasının yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık,

$$E = \frac{I}{r^2} \text{Cos } (90-\theta) = \frac{L(r d\theta 2 \pi r \text{Cos } \theta)}{r^2} \text{Cos } 90-\theta = L 2 \pi \text{Cos } \theta \text{Sin } \theta \dots\dots\dots (12)$$

olacaktır. Tüm yarım gök küreden gelen aydınlığı elde etmek için integral alındığında, tekdüze ışıklılıktaki göğün dış yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık,

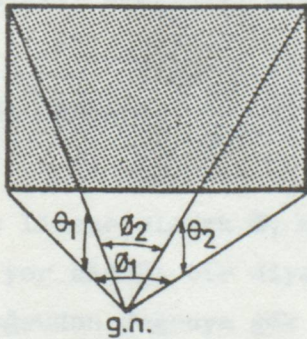
$$E_d = \pi L \int_0^{\pi/2} \sin^2 \theta \, d\theta \dots \dots \dots (13)$$

$$= \pi L \left[-\frac{1}{2} \cos 2\theta \right]_0^{\pi/2} \dots \dots \dots (14)$$

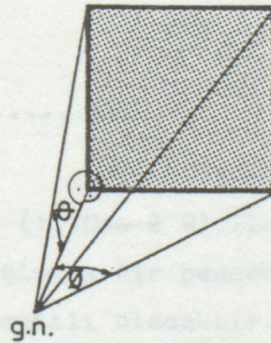
olarak bulunacaktır.

2. Işık kaynağı olarak varsayılan pencerenin iç yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık ve Gök Çarpanı:

Gözleme noktasından, bir pencere boşluğu içinden görülen gök pançası; pencerenin alt ve üst sınırlarının gözleme noktasına göre yükseklik açıları (sırasıyla θ_1 ve θ_2) ve pencere boşluğunun düşey sınırlarının gözleme noktasına göre yatay açıları (sırasıyla ϕ_1 ve ϕ_2) ile bağıntılı olarak yatay düzlemdeki gözleme noktasında, belli bir düzeyde aydınlık oluşturacaktır (Bkz. Şekil 8).



Şekil 8



Şekil 9

Işık kaynağı olarak varsayılan bu pencerenin, hacmin içindeki g.n. da oluşturduğu aydınlık düzeyi ise,

$$E_i = L \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \cos \theta \sin \theta \, d\theta \, d\phi \dots\dots\dots (15)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Gök çarpanı, iç yatay aydınlık düzeyinin (Ei) dış yatay aydınlık düzeyine (Ed) oranı olarak tanımlandığına göre,

$$\begin{aligned} \text{Gök çarpanı} &= \frac{L \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin \theta \cos \theta \, d\theta \, d\phi}{\pi L} \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin \theta \cos \theta \, d\theta \cos \phi \dots\dots (16) \end{aligned}$$

olacaktır.

Şekil 9 da görüldüğü gibi, gözleme noktasının düşey pencerenin alt köşesine dik bir doğru (pencere düzlemine dik) üzerinde bulunması durumunda, yukarıdaki (16) numaralı genel eşitlikte θ_1 ve θ_2 için sırasıyla 0 dan θ ya ϕ_1 ve ϕ_2 için de sırasıyla 0 dan ϕ ye kadar integral alındığında, (14) numaralı eşitlik aşağıdaki biçimi alacaktır.

$$\text{Gök Çarpanı} = \frac{\phi}{4} (1 - \cos 2 \theta) \dots\dots\dots (17)$$

Apsisinde lineer olarak ϕ , ordinatında ise $(1 - \cos 2 \theta)$ ile hesaplanan θ açısının yer aldığı bir diyagram üzerine işlenen bir pencere taslağının alanı, doğrudan doğruya gök çarpanı ile orantılı olacaktır. Tekdüze ışıklılıktaki gök için yapılan Waldram Diyagramı da, bu esaslara uygun olarak hazırlanmıştır. Yani diyagramın apsisinde lineer olarak ϕ , ordinatında ise $(1 - \cos 2 \theta)$ ya bağlı olarak bulunan θ açısı yer almaktadır.

3. CIE ölçün kapalı göğünün dış yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık ve Gök Bileşeni:

CIE ölçün kapalı göğünde ışıklılık dağılımı,

$$|L_{\theta}|/L_z = \frac{1 + 2 \sin \theta}{3} \dots\dots (18)$$

formülünden de görüleceği gibi, gök ışıklılığı yöne bağlı olmaksızın, başucunda (zenit) ufka göre üç kat daha fazladır (3,8,9).

a. Göğün dış yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık (13) numaralı eşitlikteki (L) yerine (18) numaralı eşitliğin konulması ile elde edilir.

$$E_d = \frac{1}{3} \pi L_z \int_0^{\pi/2} 2 \cos \theta \sin \theta (1+2 \sin \theta) d\theta$$

$$= \frac{7}{9} \pi L_z \dots\dots (19)$$

b. Işık kaynağı olarak varsayılan pencerenin, iç yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık ise (15) numaralı eşitlikteki (L) yerine (18) numaralı eşitliğin konulması ile elde edilir.

$$E_i = \frac{1}{3} |L_z| \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin \theta \cos \theta (1+\sin \theta) d\theta d\phi \dots\dots (20)$$

c. Gök bileşeni, iç yatay aydınlık düzeyinin (E_i), dış yatay aydınlık düzeyine (E_d) oranı olduğundan,

$$\text{Gök Bileşeni} = \frac{\frac{1}{3} |L_z| \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin \theta \cos \theta (1+\sin \theta) d\theta d\phi}{\frac{7}{9} \pi |L_z|}$$

$$= \frac{3}{7\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin \theta \cos \theta (1+2 \sin \theta) d\theta d\phi \dots\dots (21)$$

olarak elde edilir.

Gözleme noktasının, düşey pencerenin alt köşesine dik bir doğru (pencere düzlemine dik) üzerinde bulunması durumunda (Bkz. Şekil 9), (19) numaralı genel eşitlikte θ_1 ve θ_2 için sırasıyla 0 dan θ ya; ϕ_1 ve ϕ_2 için de sırasıyla 0 da ϕ ye kadar integral alındığında, (20) numaralı eşitlik aşağıdaki biçime dönüşecektir.

$$\text{Gök Bileşeni} = \frac{3\phi}{7\pi} \left[\frac{1}{2} \sin^2 \theta + \frac{2}{3} \sin^3 \theta \right] \quad (22)$$

Apsisinde lineer olarak ϕ , ordinatında ise $(1/2 \sin^2 \theta + 2/3 \sin^3 \theta; 23)$ ile hesaplanan θ açısının yer aldığı bir diyagramın üzerine işlenen bir pencere taslağı alanın, doğrudan doğruya gök bileşeni ile orantılı olacağı açıktır.

CIE ölçün kapalı göğü için yapılan Waldram Diyagramı da yukarıda anlatılan biçimde hazırlanmıştır. Yani, diyagramın apsisinde lineer olarak ϕ , ordinatında ise $(1/2 \sin^2 \theta + 2/3 \sin^3 \theta)$ ile orantılı olarak bulunan θ açısı yer almaktadır.

4.1. bölümde belirtildiği gibi, diyagram herhangi bir uzunluk ve yükseklik için hazırlanabilmektedir. Yatay açı değerleri lineer olarak, istenilen bir uzunluktaki yatay açı göstergesi üzerine işaretlenebilir. Ancak, diyagramın herhangi bir yükseklikte hazırlanabilmesi için, düşey açı göstergesi üzerinde yer alan düşey açı değerlerinin, diyagramın kendi yüksekliğinden bağımsız olarak, belli oranlar biçiminde bilinmesi gereklidir. Bu nedenle Çizelge 4 de "0° yatay açıda, kesinleştirilmemiş diyagramın bir uçtan bir uca (tüm) yüksekliğine oranlar olarak tanımlanan Waldram Diyagramı düşey açı göstergesi aralıkları" verilmiştir.

Bu çizelge hazırlanırken, 4.2.1. bölümde sözü edilen camın ışık geçirme çarpanı ile ilgili işlemlerde hesaba katılmıştır (*).

* Çizelge 4, Monroe M A 8635 mikro işlemcisi için hazırlanmış, Ek 1 de verilen bir "Basic Programı" kullanılarak elde edilmiştir.

CİZELGE 4
KESİNLESTİRİLMEMİS DİYAGRAMIN TUM YUKSEKLİGİNE ORANLAR OLARAK TANIMLANAN
0 DERECE YATAY ACIDA, WALDRAM DİYAGRAMI DUSEY ACI GOSTERGESİ ARALIGI
CİE OLCUN KAPALI GOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN

DUSEY ACI	ORAN	DUSEY ACI	ORAN	DUSEY ACI	ORAN	DUSEY ACI	ORAN	DUSEY ACI	ORAN	DUSEY ACI	ORAN
1	.0001	16	.0392	31	.1688	46	.3820	61	.6218	76	.8039
2	.0005	17	.0448	32	.1808	47	.3980	62	.6367	77	.8120
3	.0011	18	.0508	33	.1931	48	.4142	63	.6513	78	.8195
4	.0020	19	.0573	34	.2059	49	.4304	64	.6655	79	.8264
5	.0032	20	.0642	35	.2190	50	.4467	65	.6795	80	.8327
6	.0047	21	.0716	36	.2324	51	.4630	66	.6931	81	.8384
7	.0065	22	.0793	37	.2462	52	.4793	67	.7062	82	.8433
8	.0087	23	.0876	38	.2603	53	.4955	68	.7190	83	.8476
9	.0111	24	.0962	39	.2747	54	.5118	69	.7314	84	.8513
10	.0140	25	.1053	40	.2894	55	.5279	70	.7433	85	.8542
11	.0172	26	.1148	41	.3043	56	.5440	71	.7547	86	.8565
12	.0208	27	.1248	42	.3194	57	.5599	72	.7656	87	.8581
13	.0248	28	.1352	43	.3348	58	.5757	73	.7760	88	.8589
14	.0292	29	.1460	44	.3504	59	.5913	74	.7858	89	.8591
15	.0340	30	.1572	45	.3661	60	.6066	75	.7951	90	.8586

```

10 REM EK I
20 REM CİZELGE 4
30 REM CİE OLCUN KAPALI GOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN
40 REM KESİNLESTİRİLMEMİS DİYAGRAMIN TUM YUKSEKLİGİNE ORANLAR OLARAK TANIMLANAN
50 REM 0 DERECE YATAY ACIDA WALDRAM DİYAGRAMI DUSEY ACI GOSTERGESİ ARALIGI
60 REM TE=DEĞİŞKEN DUSEY ACI
70 REM TT=DUSEY ACI
80 REM G=GOK BİLESENİ
90 REM D;TE=90 DERECE ICIN GOK BİLESENİ
100 REM O=ORAN
110 REM X=COS İ CARPANI
120 REM Y=TI CAM GEÇİRME CARPANI
130 REM Ho=CAM GEÇİRME CARPANI KATIMIS ORAN
140 DOUBLE : EXTEND
150 OPEN "PR:" AS FILE 1
160 PRINT "PRINTER 0/1"; : GET Q# : Q=VAL(Q#) : PRINT
170 PRINT #Q TAB(38);"CİZELGE 4"
180 PRINT #Q TAB(7);"KESİNLESTİRİLMEMİS DİYAGRAMIN TUM YUKSEKLİGİNE ORANLAR OLARAK TANIMLANAN"
190 PRINT #Q TAB(8);"0 DERECE YATAY ACIDA, WALDRAM DİYAGRAMI DUSEY ACI GOSTERGESİ ARALIGI"
200 PRINT #Q TAB(18);"CİE OLCUN KAPALI GOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN"
210 PRINT #Q
220 PRINT #Q STRING$(85,45)
230 PRINT #Q TAB(4);"DUSEY";SPACE$(3);"ORAN";SPACE$(2);"DUSEY";SPACE$(3);"ORAN";SPACE$(2);
240 PRINT #Q;"DUSEY";SPACE$(3);"ORAN";SPACE$(2);"DUSEY";SPACE$(3);"ORAN";SPACE$(2);
250 PRINT #Q;"DUSEY";SPACE$(3);"ORAN";SPACE$(2);"DUSEY";SPACE$(3);"ORAN";SPACE$(2);
260 PRINT #Q TAB(5);"ACI";SPACE$(11);"ACI";SPACE$(11);"ACI";SPACE$(11);
270 PRINT #Q;"ACI";SPACE$(11);"ACI";SPACE$(11);"ACI"
280 PRINT #Q STRING$(85,45)
290 R=PI/180
300 D=.5*(SIN(90+R)^2)+(2/3)*(SIN(90+R)^3)
310 FOR I=1 TO 15
320 PRINT #Q TAB(6);
330 FOR K=0 TO 75 STEP 15
340 Te=I+K
350 GOSUB 400
360 NEXT K
370 PRINT #Q
380 NEXT I
390 END
400 G=.5*(SIN(Te+R)^2)+(2/3)*(SIN(Te+R)^3)
410 O=G/D
420 Tt=Te/2
430 X=COS(Tt+R)
440 Y=(((-1.775827*X+.014235)*X-1.428919)*X-3.058376)*X+3.156075)*X-.028378
450 Ho=O*Y
460 PRINT #Q USING "##";Tt; : PRINT #Q SPACE$(3);
470 PRINT #Q USING ".###";Ho;
480 PRINT #Q SPACE$(4);
490 RETURN

```

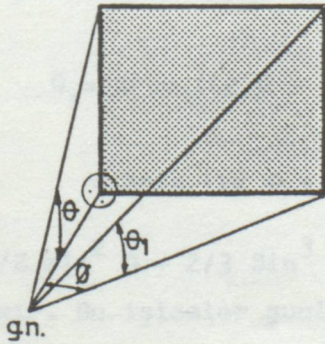

4.2.3. SARKAN ÇİZGİLERİN HESAPLANMASI

4.1. bölümde belirtildiği gibi, gözleme noktasının pencereden görebildiği gök parçası, incelenen hacmin ölçekli plan ve kesiti aracılığı ile bulunmaktadır. Pencerenin ya da engelin açısal koordinatları, diyagramın yatay ve düşey açı göstergelerinde işaretlenerek, pencere taslağı diyagram üzerine geçirilmiş olur. Dikkatli bir taslak çizimi yapabilmek için, pencerenin alt ve üst kenarlarından geçen değişik kesitler çizerek, bir çok açısal koordinatlar bulmak gereklidir. Kılıgıda bu işlemler çok zaman kaybına yol açtığından, koordinatların saptanması basitleştirmek için Şekil 3 de görüldüğü gibi diyagramın üzerine iki ayrı tür eğri çizilmiştir.

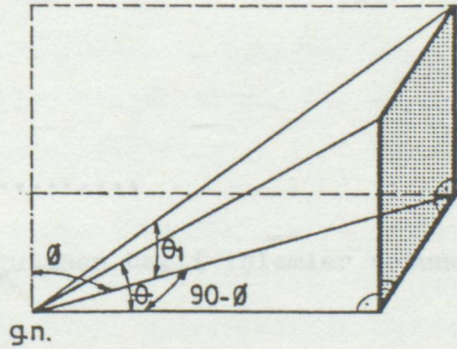
Waldram Diyagramı'nda görülen bu eğrilere SARKAN ÇİZGİLER (droop lines) adı verilmektedir. Sarkan çizgilerden sürekli olanına kesiksiz sarkan çizgiler, kesikli alanına ise kesikli sarkan çizgiler adı verilmektedir.

Kesiksiz sarkan çizgilerden herbiri, pencere boşluğunun alt ve üst sınırlarını ve de pencere düzlemine koşut düzlemlerin (engellerin) yatay kenarlarını belirlemek için ölçülen düşey açılara karşılık gelmektedir.

Kesikli sarkan çizgilerin herbiri ise, pencere düzlemine dik açı yapan düzlemlerin (engellerin) yatay kenarlarını belirlemek için ölçülen düşey açılara karşılık gelmektedir.



Şekil 10



Şekil 11

a- Kesiksiz sarkan çizgilerin diyagram üzerindeki yükseklikleri, şekil 10 da gösterilen açılara bağlı olarak aşağıda verilen eşitliğe,

$$\theta_1 = \text{Artg} (\text{tg } \theta + \text{Cos } \emptyset) \quad (24)$$

ve $(1/2 \sin^2 \theta + 2/3 \text{Sin}^3 \theta, 23)$ ya uygulanan belli işlemler sonunda hesaplanır. Bu işlemler şunlardır:

1- 24 numaralı eşitlikte, θ ve \emptyset ye sırasıyla 0° dan büyük 90° den küçük değerler verilir (\times).

- \times - θ nın, 0° olması durumunda, ışık kaynağı olarak varsayılan pencere ortadan kalkmaktadır.
- θ nın, 90° olması durumunda, g.n. pencere düzlemi üzerinde yer almaktadır.
- \emptyset nın 0° olması durumunda, ışık kaynağı varsayılan pencere ortadan kalkmaktadır.
- \emptyset nın, 90° olması durumunda , g.n. pencere düzlemi üzerinde yer almaktadır.

Bu nedenlerle θ ve \emptyset ye 0° ve 90° değerleri verilemez.

2- Her bir \emptyset değeri için elde edilen θ_1 değeri, 23 deki θ yerine konulur. Hesaplanan sonuçlar, 23 ün 90° için bulunan değerine oranlanır.

Yukarıdaki işlemler sonunda bulunan değerler diyagramın tüm yüksekliğine oran olarak kesiksiz sarkan çizgilerin yüksekliğini verir.

b. Kesikli sarkan çizgilerin, diyagram üzerindeki yükseklikleri, şekil 11 de gösterilen açılara bağlı olarak aşağıda verilen eşitliğe,

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \text{Artg} (\text{tg } \theta + \text{Cos} (90-\emptyset)) \\ &= \text{Artg} (\text{tg } \theta + \text{Sin } \emptyset) \quad \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

ve $(1/2 \sin^2 \theta + 2/3 \text{Sin}^3 \theta, 23)$ ya uygulanan belli işlemler sonunda hesaplanır. Bu işlemler şunlardır:

1- 25 numaralı eşitlikte θ ve \emptyset ye sırasıyla 0° den büyük, 90° dan küçük değerler verilir (\times).

- * - θ nın, 0° olması durumunda, engel düzlemi ortadan kalkmaktadır.
- θ nın 90° olması durumunda, g.n. engel düzlemi üzerinde yer almaktadır.
- \emptyset nın 0° olması durumunda, g.n. engel düzlemi üzerinde yer almaktadır.
- \emptyset nın 90° olması durumunda, engel düzlemi ortadan kalkmaktadır.

Bu nedenlerle θ ve \emptyset ye 0° ve 90° değerleri verilemez.

2- Her bir \emptyset değeri için elde edilen θ_1 değeri, 23 deki θ yerine konulur. Hesaplanan sonuçlar, 23 ün $\theta=90^\circ$ için bulunan değerine oranlanır.

Yukardaki işlemler sonunda bulunan değerler, diyagramın tüm yüksekliğine oran olarak, kesikli sarkan çizgilerin yüksekliğini verir.

Kesiksiz ve kesikli sarkan çizgilerin yükseklikleri ile ilgili yukarıda anlatılan işlemler ve 4.2.1. bölümde sözü edilen camın ışık geçirme çarpanı ile ilgili düzeltmeler yapılarak, sonuç değerler çizelge 5 ve 6 da verilmiştir.

Çizelge 5 ve 6 sırasıyla "Kesinleştirilmemiş diyagramın bir uçtan bir uca (tüm) yüksekliğine oranlar olarak tanımlanan KESİKLİ - KESİKSİZ - Sarkan çizgilerin yükseklikleri"ni göstermektedir (*).

* Çizelge 5 ve 6 hazırlanırken θ ve \emptyset ye 5° den 85° ye kadar 5° aralıklarla değerler verilmiştir. Çizelge 5 ve 6, Monroe MA 8635 Mikro işlemcisi için hazırlanmış Ek II ve III de verilen basic programları kullanılarak elde edilmiştir.

Waldram diyagramı herhangi bir uzunluk ve yükseklik için hazırlanabildiğinden, önemli olan Çizelge 5 ve 6 da verilen oranların her bir yatay açı değeri için doğru olarak diyagrama yerleştirilmesidir.

Kesiksiz sarkan çizgiler aracılığı ile pencere taslağının ya da pencere düzlemine koşut yatay engel kenarları, kesikli sarkan çizgilerle de pencere düzlemine dik konumdaki yatay engel kenarları, kolaylıkla diyagrama işlenebilmektedir.

CİZELGE 5
KESİNLESTİRİLMEMİS DİYAGRAMIN TÜM YÜKSEKLİĞİNE ORANLAR OLARAK TANIMLANAN
WALDRAM DİYAGRAMI KESİKSİZ SARKAN ÇİZGİLERİNİN YÜKSEKLİKLERİ
CİE ÖLÇÜN KAPALI GÖĞÜ, DÜŞEY CAMLI PENCERE İÇİN

Y	YATAY AÇI																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
.0032	.0031	.0030	.0028	.0026	.0024	.0021	.0018	.0015	.0012	.0010	.0007	.0005	.0003	.0001	.0000	.0000	
.0139	.0136	.0130	.0123	.0113	.0103	.0091	.0078	.0066	.0053	.0041	.0030	.0020	.0011	.0005	.0002	.0000	
.0337	.0329	.0316	.0298	.0276	.0249	.0221	.0190	.0159	.0128	.0099	.0071	.0047	.0027	.0013	.0004	.0001	
.0637	.0623	.0598	.0565	.0523	.0475	.0421	.0363	.0304	.0245	.0188	.0136	.0089	.0052	.0024	.0008	.0001	
.1045	.1022	.0984	.0932	.0865	.0788	.0700	.0607	.0510	.0413	.0318	.0229	.0151	.0087	.0040	.0013	.0002	
.1561	.1529	.1475	.1401	.1307	.1195	.1069	.0931	.0787	.0640	.0495	.0358	.0236	.0136	.0063	.0020	.0002	
.2176	.2135	.2066	.1970	.1847	.1700	.1532	.1345	.1146	.0939	.0732	.0533	.0352	.0203	.0094	.0029	.0004	
.2877	.2828	.2746	.2631	.2482	.2302	.2092	.1855	.1597	.1323	.1041	.0764	.0509	.0294	.0136	.0043	.0005	
.3643	.3589	.3498	.3368	.3200	.2992	.2747	.2464	.2148	.1803	.1438	.1069	.0720	.0419	.0195	.0061	.0007	
.4448	.4392	.4296	.4160	.3981	.3757	.3487	.3169	.2803	.2391	.1939	.1466	.1003	.0592	.0278	.0087	.0010	
.5261	.5206	.5113	.4978	.4800	.4573	.4294	.3958	.3558	.3091	.2559	.1978	.1383	.0834	.0398	.0125	.0015	
.6050	.6000	.5914	.5790	.5623	.5409	.5139	.4805	.4395	.3897	.3305	.2624	.1891	.1174	.0575	.0184	.0022	
.6781	.6738	.6665	.6558	.6413	.6224	.5982	.5673	.5281	.4786	.4167	.3417	.2556	.1656	.0845	.0280	.0034	
.7421	.7388	.7330	.7244	.7128	.6974	.6772	.6508	.6161	.5704	.5106	.4340	.3399	.2330	.1268	.0445	.0055	
.7943	.7918	.7876	.7812	.7725	.7608	.7452	.7242	.6957	.6569	.6038	.5324	.4389	.3230	.1932	.0757	.0101	
.8322	.8304	.8274	.8229	.8167	.8082	.7966	.7807	.7584	.7272	.6833	.6223	.5391	.4288	.2902	.1369	.0225	
.8538	.8525	.8503	.8470	.8423	.8357	.8266	.8139	.7957	.7700	.7336	.6829	.6135	.5204	.3982	.2423	.0669	

CİZELGE 6
KESİNLESTİRİLMEMİS DİYAGRAMIN TÜM YÜKSEKLİĞİNE ORANLAR OLARAK TANIMLANAN
WALDRAM DİYAGRAMI KESİKLİ SARKAN ÇİZGİLERİNİN YÜKSEKLİKLERİ
CİE ÖLÇÜN KAPALI GÖĞÜ, DÜŞEY CAMLI PENCERE İÇİN

Y	YATAY AÇI																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
.0000	.0001	.0002	.0004	.0005	.0008	.0010	.0013	.0015	.0018	.0020	.0022	.0022	.0022	.0019	.0015	.0008	
.0001	.0004	.0008	.0015	.0023	.0032	.0043	.0054	.0066	.0077	.0087	.0094	.0097	.0095	.0085	.0065	.0035	
.0002	.0009	.0020	.0035	.0055	.0078	.0104	.0131	.0159	.0186	.0210	.0228	.0236	.0230	.0205	.0157	.0085	
.0004	.0016	.0037	.0067	.0105	.0149	.0198	.0251	.0304	.0355	.0400	.0433	.0448	.0435	.0387	.0296	.0159	
.0007	.0027	.0063	.0113	.0177	.0252	.0335	.0422	.0510	.0593	.0665	.0717	.0738	.0714	.0632	.0482	.0258	
.0010	.0043	.0099	.0178	.0278	.0394	.0522	.0655	.0787	.0910	.1013	.1085	.1110	.1068	.0941	.0714	.0381	
.0015	.0064	.0148	.0267	.0417	.0588	.0773	.0963	.1146	.1313	.1450	.1540	.1562	.1492	.1307	.0987	.0525	
.0022	.0093	.0218	.0391	.0605	.0847	.1102	.1357	.1597	.1809	.1976	.2077	.2087	.1978	.1720	.1292	.0683	
.0032	.0135	.0315	.0563	.0862	.1190	.1527	.1852	.2148	.2400	.2588	.2688	.2673	.2510	.2166	.1617	.0851	
.0046	.0196	.0455	.0803	.1210	.1640	.2065	.2459	.2803	.3082	.3275	.3359	.3302	.3070	.2628	.1948	.1019	
.0067	.0287	.0659	.1143	.1682	.2225	.2735	.3184	.3558	.3842	.4018	.4064	.3948	.3633	.3083	.2269	.1180	
.0100	.0430	.0968	.1629	.2321	.2973	.3547	.4023	.4395	.4655	.4789	.4775	.4581	.4172	.3510	.2566	.1326	
.0157	.0668	.1449	.2330	.3172	.3901	.4494	.4952	.5281	.5482	.5546	.5452	.5169	.4660	.3887	.2821	.1448	
.0265	.1089	.2217	.3332	.4270	.5000	.5539	.5919	.6161	.6270	.6242	.6053	.5674	.5066	.4192	.3022	.1541	
.0503	.1898	.3451	.4701	.5591	.6196	.6595	.6839	.6957	.6955	.6823	.6537	.6065	.5368	.4408	.3157	.1599	
.1159	.3532	.5310	.6365	.6975	.7327	.7520	.7600	.7584	.7469	.7239	.6865	.6313	.5544	.4522	.3218	.1618	
.3573	.6449	.7480	.7895	.8076	.8145	.8143	.8082	.7957	.7754	.7447	.7007	.6398	.5583	.4527	.3203	.1599	


```
20 REM EK II
30 REM CIZELGE 5
40 REM CIE OLCUN KAPALI GOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN
50 REM KESINLESTIRILMEMIS DIYAGRAMI TUM YUKSEKLIGINE ORAN OLARAK TANIMLANAN
60 REM WALDRAM DIYAGRAMI KESIKSIZ SARKAN CIZGILERININ YUKSEKLIKLERI
70 REM TE=DEGISKEN DUSEY ACI
80 REM FI=DEGISKEN YATAY ACI
90 REM T=DUSEY ACI
100 REM G=GOK BILESENI
110 REM D;TE=90 DERECE ICIN GOK BILESENI
120 REM O=ORAN
130 REM X=CDOS i CARPANI
140 REM Y=Ti CAM GECIRME CARPANI
150 REM HO=CAM GECIRME CARPANI KATILMIS ORAN
160 DOUBLE : EXTEND
170 OPEN "PR:" AS FILE 1
180 PRINT "PRINTER 0/1"; : GET Q% : Q=VAL(Q%) : PRINT
190 PRINT #Q TAB(60);"CIZELGE 5"
200 PRINT #Q TAB(28);"KESINLESTIRILMEMIS DIYAGRAMI TUM YUKSEKLIGINE ORANLAR OLARAK TANIMLANAN"
210 PRINT #Q TAB(35);"WALDRAM DIYAGRAMI KESIKSIZ SARKAN CIZGILERININ YUKSEKLIKLERI"
220 PRINT #Q TAB(40);"CIE OLCUN KAPALI GOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN"
230 PRINT #Q
240 PRINT #Q STRING$(130,45)
250 PRINT #Q TAB(4);"DUSEY";SPACE$(50);"YATAY ACI"
260 PRINT #Q TAB(10);STRING$(120,45)
270 PRINT #Q TAB(5);"ACI";SPACE$(1);
280 FOR I=5 TO 85 STEP 5
290   PRINT #Q SPACE$(3);I;
300 NEXT I
310 PRINT #Q : PRINT #Q STRING$(130,45)
320 R=PI/180
330 D=.5*(SIN(90*R)^2)+(2/3)*(SIN(90*R)^3)
340 FOR Te=5 TO 85 STEP 5
350   PRINT #Q TAB(5);
360   PRINT #Q USING "##";Te;
370   PRINT #Q SPACE$(1);
380   FOR Fi=5 TO 85 STEP 5
390     GOSUB 450
400     PRINT #Q SPACE$(2); : PRINT #Q USING "###";Ho;
410   NEXT Fi
420   PRINT #Q
430 NEXT Te
440 END
450 T=ATN(TAN(Te*R)*COS(Fi*R))/R
460 G=.5*(SIN(T*R)^2)+(2/3)*(SIN(T*R)^3)
470 O=G/D
480 Tt=Te/2
490 X=(COS(Tt*R)*COS(Fi*R))
500 Y={((-1.775827*X+4.014235)*X-1.428919)*X-3.058376)*X+3.156075)*X-.028378
510 Ho=O*Y
520 RETURN
```

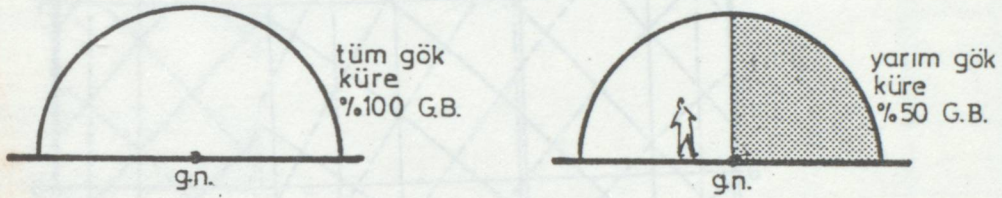


```
20 REM EK III
30 REM CIZELGE 6
40 REM CIE OLCUN KAPALI BOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN
50 REM KESINLESTIRILMEMIS DIYAGRAMIN TUM YUKSEKLIGINE DRAN OLARAK TANIMLANAN
60 REM WALDRAM DIYAGRAMI KESIKLI SARKAN CIZGILERININ YUKSEKLIKLERI
70 REM TE=DEGISKEN DUSEY ACI
80 REM FI=DEGISKEN YATAY ACI
90 REM T=DUSEY ACI
100 REM G=GOK BILESENI
110 REM D;TE=90 DERECE ICIN GOK BILESENI
120 REM O=ORAN
130 REM X=CODS i CARPANI
140 REM Y=Ti CAM GECIRME CARPANI
150 REM HO=CAM GECIRME CARPANI KATILMIS DRAN
160 DOUBLE : EXTEND
170 OPEN "PR:" AS FILE 1
180 PRINT "PRINTER 0/1"; : GET Q$ : Q=VAL(Q$) : PRINT
190 PRINT #Q TAB(60);"CIZELGE 6"
200 PRINT #Q TAB(28);"KESINLESTIRILMEMIS DIYAGRAMIN TUM YUKSEKLIGINE DRANLAR OLARAK TANIMLANAN"
210 PRINT #Q TAB(35);"WALDRAM DIYAGRAMI KESIKLI SARKAN CIZGILERININ YUKSEKLIKLERI"
220 PRINT #Q TAB(40);"CIE OLCUN KAPALI BOGU, DUSEY CAMLI PENCERE ICIN"
230 PRINT #Q
240 PRINT #Q STRING$(130,45)
250 PRINT #Q TAB(4);"DUSEY";SPACE$(50);"YATAY ACI"
260 PRINT #Q TAB(10);STRING$(120,45)
270 PRINT #Q TAB(5);"ACI";SPACE$(1);
280 FOR I=5 TO 85 STEP 5
290   PRINT #Q SPACE$(3);I;
300 NEXT I
310 PRINT #Q : PRINT #Q STRING$(130,45)
320 R=PI/180
330 D=.5*(SIN(90*R)^2)+(2/3)*(SIN(90*R)^3)
340 FOR Te=5 TO 85 STEP 5
350   PRINT #Q TAB(5);
360   PRINT #Q USING "##";Te;
370   PRINT #Q SPACE$(1);
380   FOR Fi=5 TO 85 STEP 5
390     GOSUB 450
400     PRINT #Q SPACE$(2); : PRINT #Q USING ".###";Ho;
410   NEXT Fi
420   PRINT #Q
430 NEXT Te
440 END
450 T=ATN(TAN(Te*R)*SIN(Fi*R))/R
460 G=.5*(SIN(T*R)^2)+(2/3)*(SIN(T*R)^3)
470 O=G/D
480 Tt=Te/2
490 X=(COS(Tt*R)*COS(Fi*R))
500 Y=((((-1.775827*X+4.014235)*X-1.428919)*X-3.058376)*X+3.156075)*X-.028378
510 Ho=O*Y
520 RETURN
```


4.2.4. IZGARA SİSTEMİNİN KURULMASI

Waldram Diyagramı, engellenmemiş tüm gök küreden yatay düzleme gelen aydınlığa karşılık gelen % 100 gök bileşeni ya da yarım gök küreden yatay düzleme gelen aydınlığa karşılık gelen % 50 gök bileşeni için hazırlanabilir.

Bu çalışmada, düşey duvarlar üzerindeki pencereler söz konusu olduğundan, % 50 gök bileşeni veren diyagramlar kullanılmaktadır.

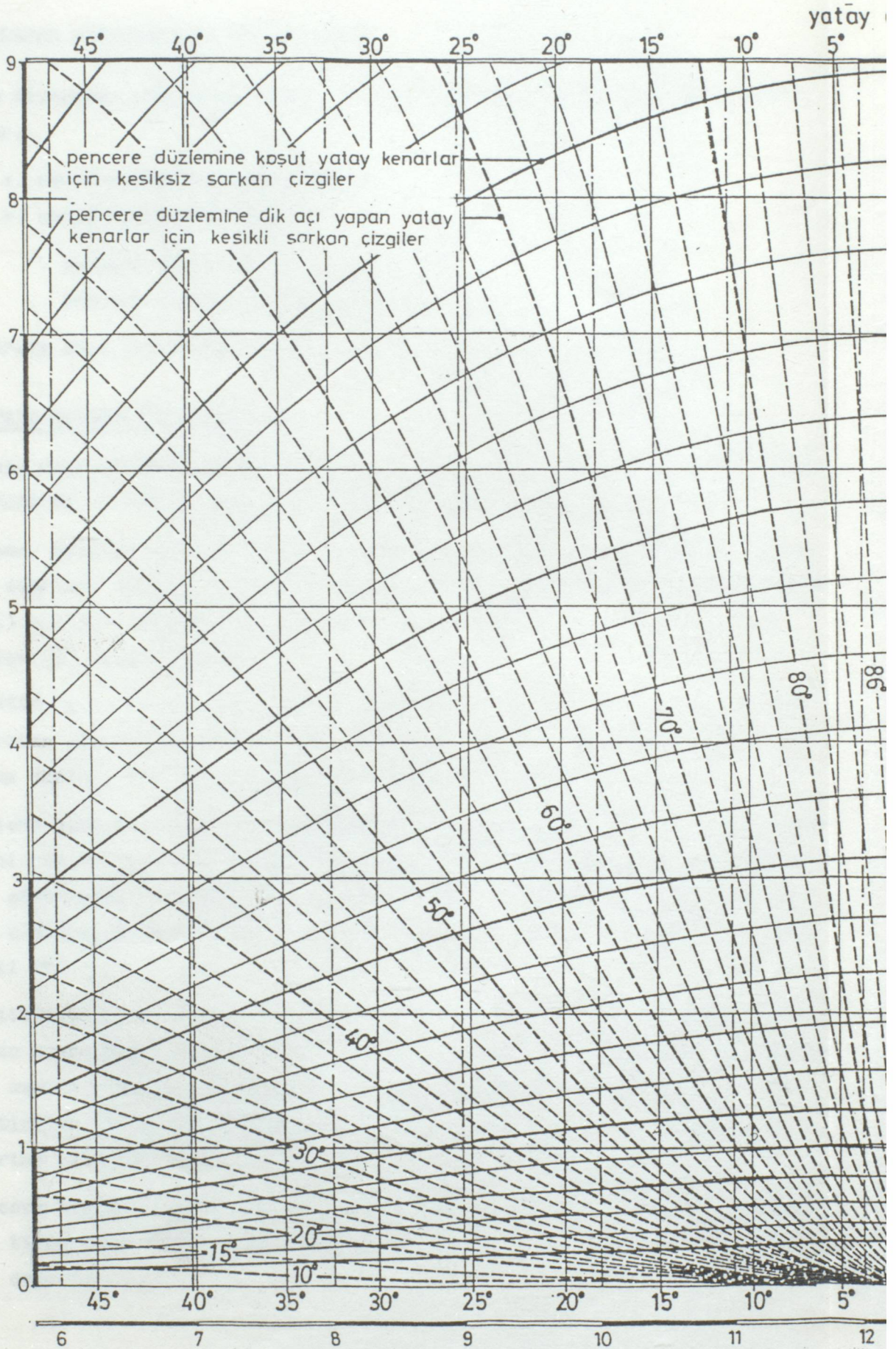


Şekil 12

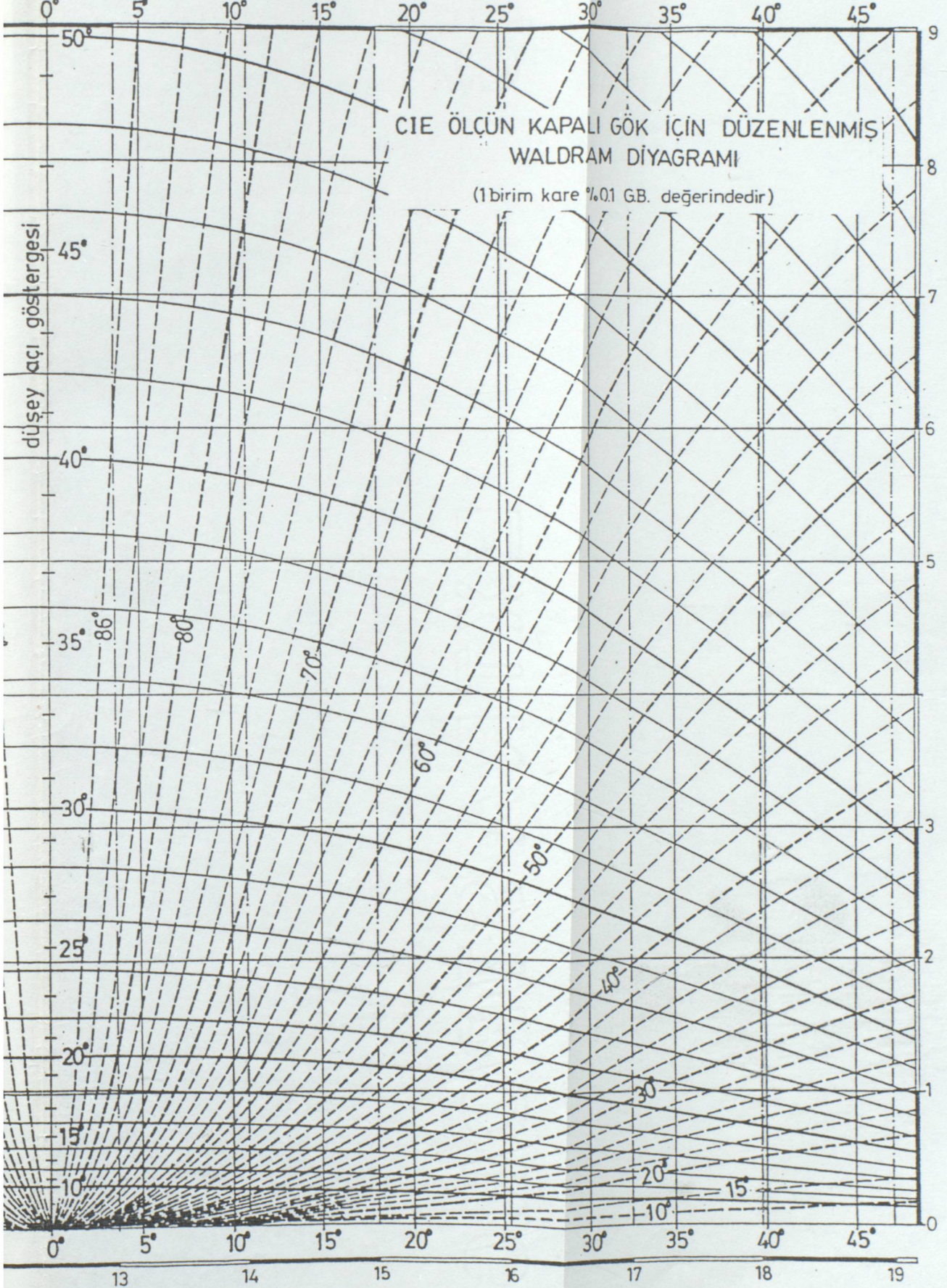
4.1. bölümde belirtildiği gibi, Waldram diyagramı, bir eşit alan diyagramıdır. Yani, diyagramın her bir noktası, aynı değerinde gök bileşen değerini taşımaktadır. Kılğısal açıdan kolaylık sağlamak üzere, ızgara sisteminin % 50 gök bileşeninden yola çıkarak, 50 birim alanın katları biçiminde seçilmesinde yarar vardır. Örneğin, diyagram 25 cm uzunluğunda ve 20 cm yüksekliğinde hazırlandığında toplam alan 500 cm^2 olacak ve diyagramdaki her bir cm^2 ye % 0,1 gök bileşeni karşılık gelecektir. Nitekim şekil 3 de ki Waldram Diyagramı her birim karesi % 0,1 gök bileşeni verecek biçimde hazırlanmıştır.

Pencere ve dış engeller sarkan çizgilere uygun olarak diyagram üzerine geçirildiğinde, şekillerinin biçim değiştireceği açıktır. Ancak, diyagram üzerine çizilen taslak alanı dikkatle ölçülüp tüm diyagram alanına oranlandığında ya da birim kare olarak hesaplandığında, doğru sonuç elde edilecektir.

Şekil 3 de verilen diyagram 4.2. bölümde anlatılanlara uygun olarak hazırlanmış bir diyagramdır. Ayrıca şekil 13 de diyagramın belli bir bölümü, daha hassas çalışmalar yapabilmek için, daha büyük olarak hazırlanmıştır.



açı göstergesi



4.3. WALDRAM DİYAGRAMININ KULLANILMASI

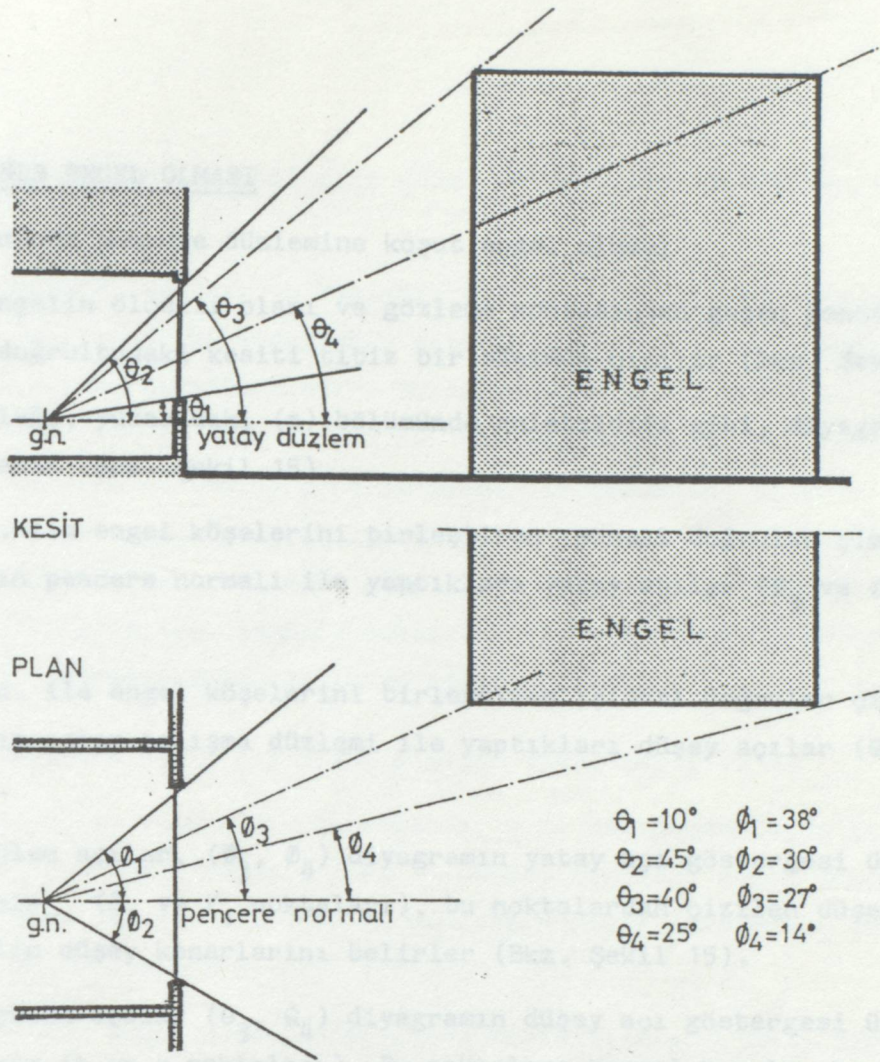
WalDRAM Diyagramı aracılığıyla gök bileşenin hesaplanmasında izlenecek aşamalar,

- a. pencere önünde engel olmaması,
- b. pencere önündeki engelin
 - . pencere düzlemine koştur ya da dik,
 - . pencere düzlemine göre herhangi bir konumda olması

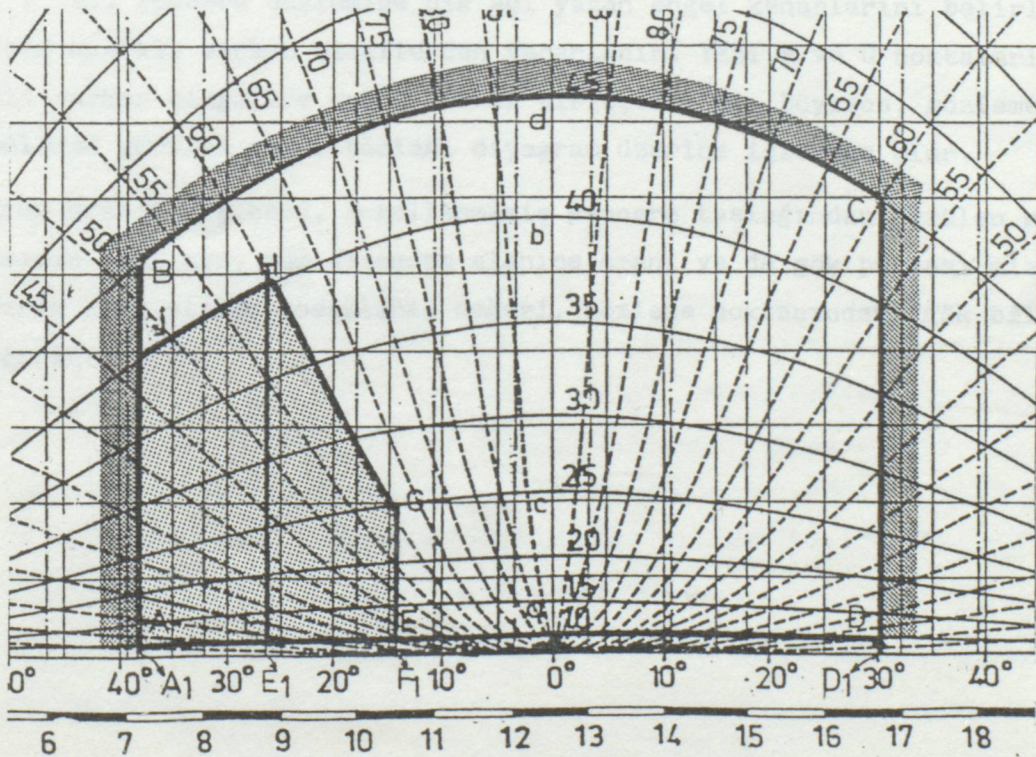
durumlarına göre iki bölümde anlatılacaktır.

a. PENCERE ÖNÜNDE ENGEL OLMAMASI

1. Hacmin ölçekli planı ve gözleme noktasından geçen pencere düzlemine dik doğrultuda ki kesiti titiz bir biçimde çizilir (Bkz. Şekil 14).
2. Planda, gözleme noktası (g.n.) ile pencere köşelerini birleştiren ışınsal doğrular ve g.n. dan geçen pencere düzlemine dik doğru (pencere normal) çizilir. Pencere normal ile ışınsal doğrular arasındaki yatay açılar (θ_1 ve θ_2) ölçülür.
3. Kesitte g.n. ile pencerenin alt ve üst kenarlarını birleştiren ışınsal doğrular çizilir. Bu doğruların, üzerinde g.n. nin yer aldığı yatay çalışma düzlemi ile yaptıkları düşey açılar (θ_1 ve θ_2) ölçülür.
4. Gözleme noktası, diyagramın yatay açı göstergesinde (0) başlangıç noktası olarak alınır. Plandan ölçülen yatay açılar (θ_1 θ_2), diyagram yatay açı göstergesi üzerinde işaretlenir. (A_1 ve D_1 noktaları). Bu noktardan çizilen düşey doğrular, pencerenin düşey kenarlarını belirler (Bkz. Şekil 15).
5. Kesitten ölçülen düşey açılar (θ_1 , θ_2) , diyagramın düşey açı göstergesinde işaretlenir (a ve d noktaları). Bu noktalara karşılık gelen kesiksiz sarkan çizgiler, bir önceki adımda çizilen düşey doğrular ile keşistirilir (A, B, C, D noktaları). Böylece pencere taslağı diyagram üzerine işlenmiş olur.
6. Pencere taslak alanının, tüm diyagram alanına oranı ya da taslak alanının birim kare olarak hesaplanan değeri, gözleme noktasındaki gök bileşen değerini verir.



Şekil 14



şekil 15

b. PENCERE ÖNÜNDE ENGEL OLMASI

b.1. Pencere önünde pencere düzlemine koşut engel olması

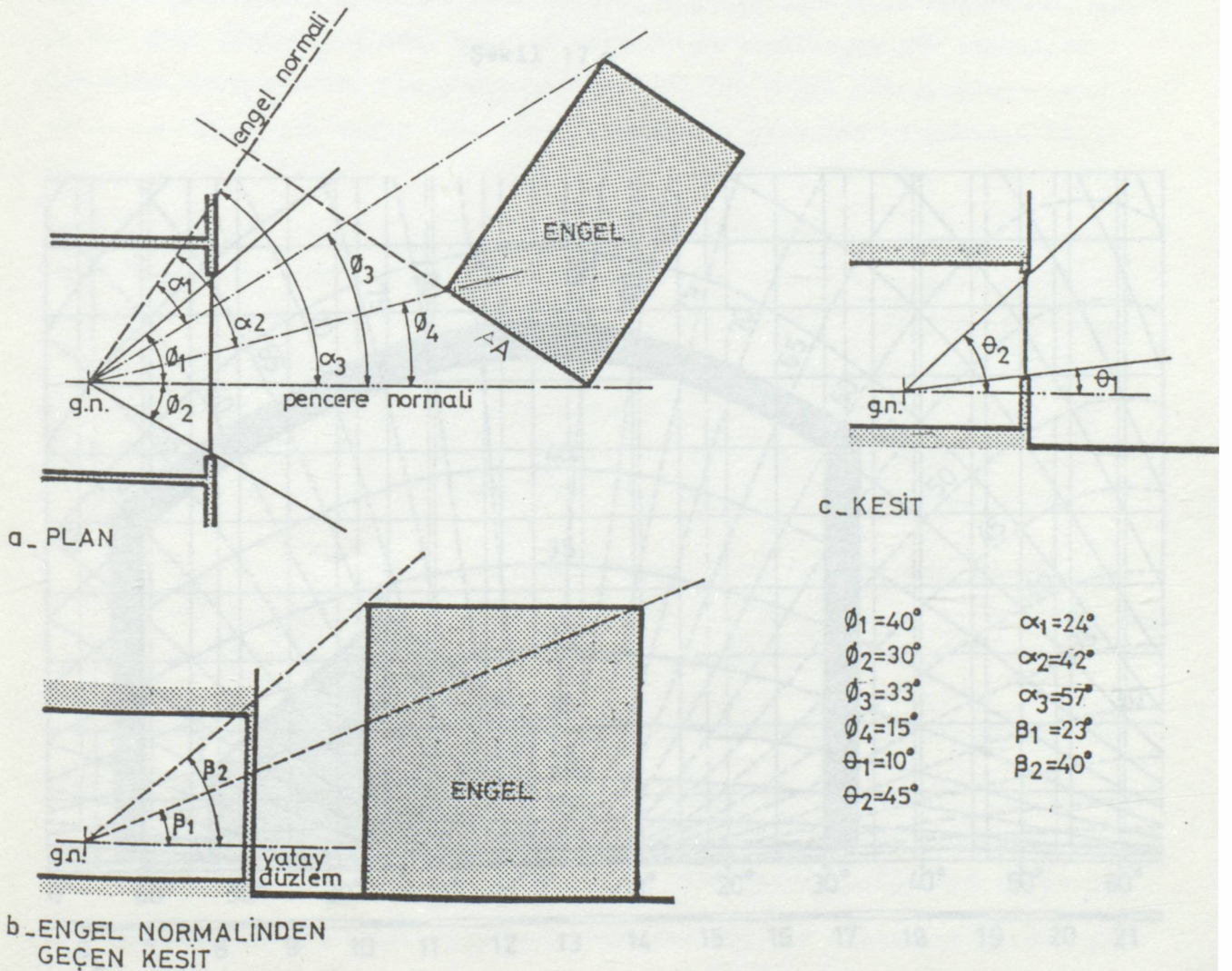
1. Hacmin ve engelin ölçekli planı ve gözleme noktasından geçen pencere düzlemine dik doğrultudaki kesiti titiz bir biçimde çizilir (Bkz. Şekil 14).
2. Pencere taslağı, yukarıdaki (a) bölümünde anlatıldığı gibi, diyagramın üzerine işlenir (Bkz. Şekil 15).
3. Planda, g.n. ile engel köşelerini birleştiren ışınsal doğrular çizilir. Bu doğruların pencere normali ile yaptıkları yatay açılar (θ_3 ve θ_4) ölçülür.
4. Kesitte g.n. ile engel köşelerini birleştiren ışınsal doğrular çizilir. Bu doğruların yatay çalışma düzlemi ile yaptıkları düşey açılar (θ_3 ve θ_4) ölçülür.
5. Plandan ölçülen açılar, (θ_3 , θ_4) diyagramın yatay açı göstergesi üzerinde işaretlenir. (E_1 ve F_1 noktaları), bu noktalardan çizilen düşey doğrular, engelin düşey kenarlarını belirler (Bkz. Şekil 15).
6. Kesitten ölçülen açılar (θ_3 , θ_4) diyagramın düşey açı göstergesi üzerinde işaretlenir (b ve c noktaları). Bu noktalara karşılık gelen kesiksiz sarkan çizgiler, 3. adımda çizilen düşey doğrularla kesiştirilir (A, J, H, G, F, E). Pencere düzlemine dik açı yapan engel kenarlarını belirlemek için kesikle sarkan çizgilerden yararlanır. Yani H ve G noktaları kesikli sarkan çizgilere uygun olarak birleştirilir. Böylece, gözleme noktasından görülen engel taslağı diyagram üzerine işlenmiş olur.
7. Diyagram üzerine işlenen, engellenmemiş pencere taslağından görülen gök parçasının alanının, tüm diyagram alanına oranı ya da gök parçası alanının birim kare olarak hesaplanan değeri, gözleme noktasındaki gök bileşeni değerini verir.

b.2. Pencere önünde, pencere düzlemine göre herhangi bir konumda engel olması:

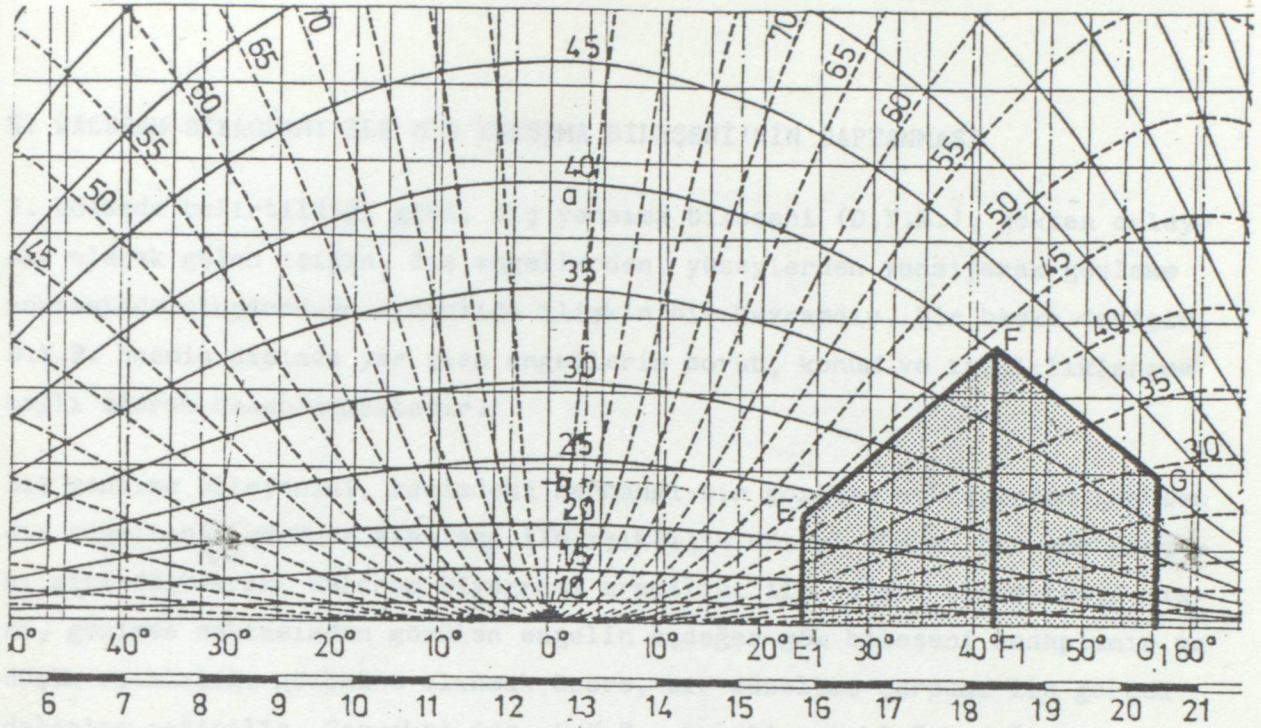
Waldram diyagramındaki kesikli ve kesiksiz sarkan çizgiler, pencere düzlemine koşut ya da dik konumdaki engellerin yatay kenarlarının belirlenmesi amacıyla yönelik olarak hazırlanmıştır. Ancak son yıllarda, diyagramın genel kullanma yönteminde (4.3./a ve 4.3./b.1 bölümlerde anlatılan) değişiklik yapılarak, pencere düzlemine göre herhangi bir konumdaki engelin yatay kenarlarının da belirlenebileceği (yani böylece, bu konumdaki bir engelinde diyagrama işlenerek, g.n. daki gök bileşenin hesaplanabileceği) bir yöntem geliştirilmiştir (2). Aşağıda anlatılan aşamalar, Peter Burberry'in geliştirdiği bu yöntemden yararlanılarak hazırlanmıştır.

1. Hacmin ve engelin ölçekli bir planı çizilir (Bkz. Şekil 16 a)
2. Planda, engelin (A) yüzüne dik doğrultuda, g.n. dan geçen doğru (engel normali) çizilir. Engel normali ile, 1. adımda çizilen, engel köşelerini g.n. birleştiren ışınsal doğrular ve pencere normali arasındaki yatay açılar ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) ölçülür.
3. Planda belirlenen engel normalinden geçen kesit çizilir. (Bkz. Şekil 16 b). Bu kesitte g.n. ile engel köşelerini birleştiren ışınsal doğrular çizilir. Bunların, yatay çalışma düzlemi ile yaptıkları düşey açılar (β_1, β_2) ölçülür.
4. Engel normali, diyagramın yatay açı göstergesinde (0°) başlangıç noktası olarak alınarak, 2. adımda ölçülen yatay açılar ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) diyagrama işaretlenir (E_1, F_1, G_1) noktaları). Bu noktalardan çizilen doğrular, engelin düşey kenarlarını belirler (Bkz. Şekil 17 a).
5. Üçüncü adımda ölçülen düşey açılar (β_1, β_2) diyagramın düşey açı göstergesi üzerinde işaretlenir (a ve b noktaları). Bu noktalara karşılık gelen kesiksiz sarkan çizgiler, 4. adımda çizilen düşey doğrularla kesiştirilir (E, F, G). Engelin (A) yüzüne dik açı yapan engel kenarlarını belirlemek için kesikli sarkan çizgilerden yararlanır. Yani, A ve B noktaları, kesikli sarkan çizgilere uygun olarak birleştirilir. Böylece, engel taslağının bütünü diyagram işlenmiş olur.
6. Pencere taslağı (a) bölümünde anlatıldığı gibi diyagram üzerine çizilir (Bkz. Şekil 17b).

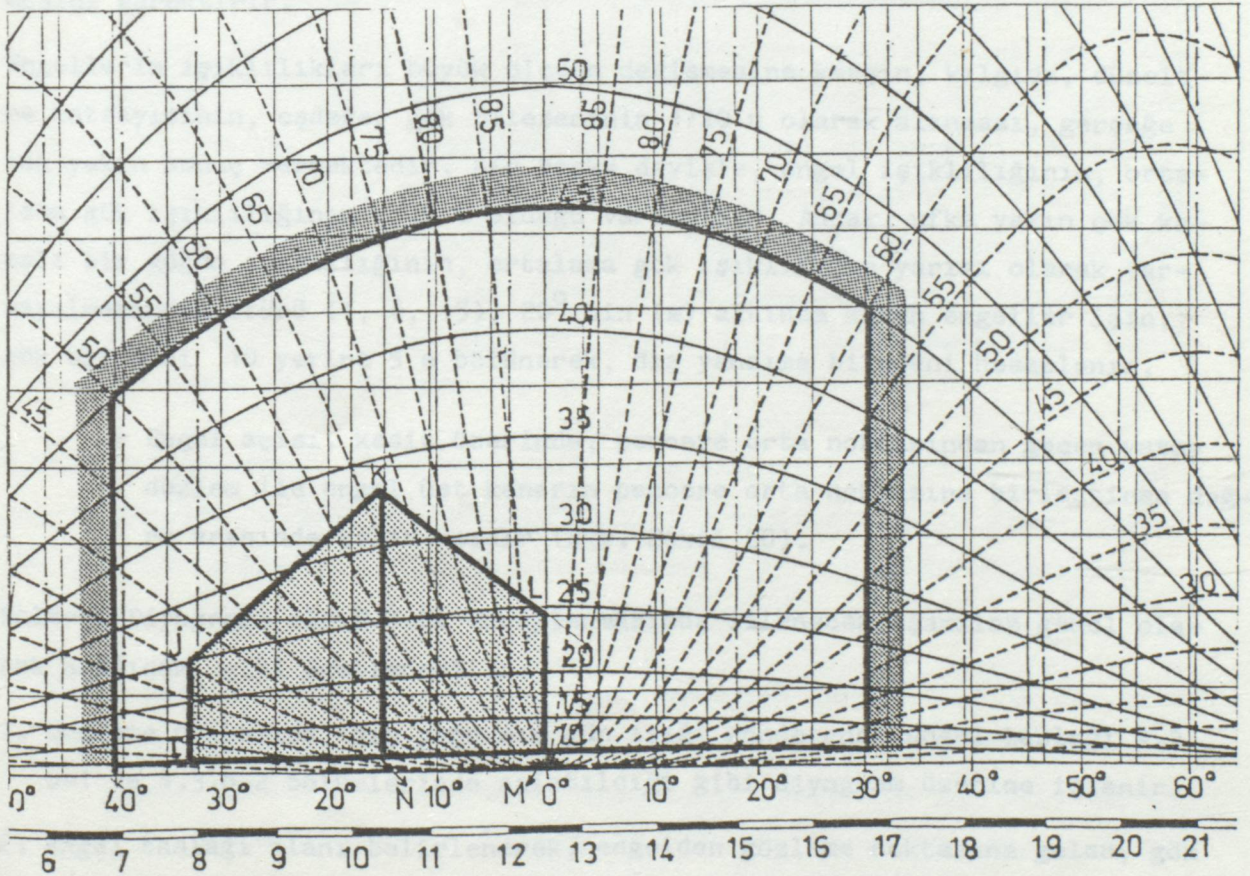
7. 1. adımda çizilen planda, g.n. ile engel köşelerini birleştiren ışınlar çizilir. Bu doğruların, pencere normali ile yaptıkları açılar (θ_3 ve θ_4) ölçülür (Bkz. Şekil 16 a).
8. 5. adımda elde edilen engel taslağın, 7. adımda saptanan yatay açılara uygun olarak, üzerinde pencere taslağının yer aldığı diyagrama işlenir (I, J, K, L, M, N). Böylece, gözleme noktasından görülen, gerçek engel taslağı diyagram üzerine geçirilmiş olur (Bkz. Şekil 17 b).
9. Diyagram üzerine işlenen, engellenmemiş pencere taslağından görülen gök parçasının alanının, tüm diyagram alanına oranı ya da gök parçasının birim kare olarak hesaplanan değeri, gözleme noktasındaki gök bileşeni değerini verir.



Şekil 16



Şekil 17 a



Şekil 17 b.

5. WALDRAM DİYAGRAMI İLE DIŞ YANSIMA BİLEŞENİ'NİN SAPTANMASI

1. Bölümde belirtildiği gibi, dış yansımaya bileşeni (D.Y.B.), gökten dolaysız olarak gelen ışığın, dış engellerden, yüzeylerden yansiyarak gözleme noktasında oluşturduğu aydınlığa ilişkin bir kavramdır. Bir başka deyişle, D.Y.B. hacmin dışında yer alan engellerin boyut, konum ve ışıklılıklarına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Dış yansımaya bileşenini, hacimdeki herhangi bir gözleme noktasından görülen dış engelleri, görünür alanları ile ışıklılık düzeyi düşük, bir gök parçası gibi düşünerek, Waldram Diyagramı aracılığı ile bulmak olanaklıdır. Yani, gözleme noktasından görülen engelin eşdeğer gök bileşeni hesaplanır ve düşük ışıklılığı gözönüne alınmak üzere, bir düzeltme çarpanı ile gerçek değerine getirilir. Gerçekte ise, D.Y.B., engelin ışıklılık değerinin, engelsiz gibi düşünüldüğünde, engelin yerinde görülebilecek gök ışıklılık değerine oranı yardımı ile saptanmalıdır. Bu ise engel yüzeylerinin yansıtma çarpanlarının hatta doğa yüzeyi örtüsünün yansıtma çarpanının bilinmesini gerektirir.

Engellerin ışıklılıkları büyük ölçüde değişmesine karşın, kılıgıda, düzeltme katsayısının, eşdeğer gök bileşeninin $1/10$ u olarak alınması, gerçeğe çok yakın sonuç vermektedir. Bir başka deyişle, engel ışıklılığının, ortalama gök ışıklılığının $1/10$ u olduğu varsayılır. Ancak, ufka yakın çok kapalı bir göğün ışıklılığının, ortalama gök ışıklılığının yarısı olarak varsayılmasından ötürü (1, 8, 15), 20° nin (*) altında kalan engeller için, gök bileşeni 10 yerine 5 e bölünerek, dış yansımaya bileşeni hesaplanır.

* Engel açısı, kesit üzerinde, pencere orta noktasından geçen yatay düzlem ile engel üst kenarın pencere orta noktasına birleştiren doğru arasında kalan açıdır (Bkz. Şekil 20).

Waldram Diyagramı ile D.Y.B. Hesaplanmasında izlenecek aşamalar genel olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Gözleme noktasına, dış yansımış gün ışığı gönderecek engel taslağı 4.3.b-1 ve 4.3.b-2 bölümlerinde anlatıldığı gibi diyagram üzerine işlenir.
2. Engel taslağı alanı belirlenerek, engelden gözleme noktasına gelen, gök bileşen değeri saptanır.

3. Kesitten ölçülen engel açısının;

a. 20° nin üstünde olması durumunda, engel gök bileşen değeri 10 a,

b. 20° nin altında olması durumunda, engel gök bileşen değeri 5 e,

bölünerek dış yansıma bileşeni değeri hesaplanır.

$$D.Y.B.= \frac{\text{engel G.B.}}{10} \text{ (engel açısı } 20^{\circ}\text{) } \dots\dots\dots (26)$$

$$D.Y.B.= \frac{\text{engel G.B.}}{5} \text{ (engel açısı } 20^{\circ}\text{) } \dots\dots\dots (27)$$

6. B.R.S. NOMOGRAMLARI İLE İÇ YANSIMA BİLEŞENİNİN SAPTANMASI

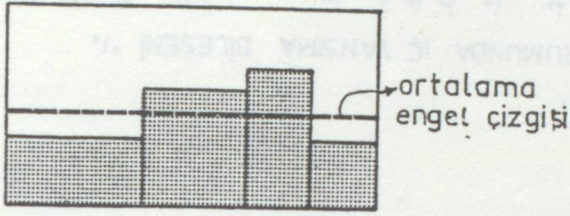
6.1. B.R.S. NOMOGRAMLARININ TANITILMASI

Gökten dolaysız olarak ya da dış yüzeylerden yansıdıktan sonra hacim içine giren ışığın, hacim yüzeylerinden onların yansıtma çarpanlarına bağlı olarak yansiyarak, çalışma düzlemi ya da gözleme noktasında oluşturduğu aydınlığın hesaplanması için, İngiltere'deki Yapı Araştırma Merkezi (Building Research Station) tarafından, nomogramlar geliştirilmiştir (1,7,8,15). Kısaca "B.R.S. Nomogramları" adı verilen bu nomogramlar, iç yansıma bileşeninin hesaplanmasında kullanılan matematik formülün basitleştirilerek grafik durumuna dönüştürülmesidir. Böylece, sıkıcı hesaplama işlemlerinden sakınılmış ve zaman kaybı önlenmiştir.

B.R.S. Nomogramları, düşey pencereci hacimlerde, ortalama ve minimum (en az) iç yansıma bileşeninin hesaplanması için hazırlanmıştır. Ancak, matematik formülün grafik duruma getirilebilmesi için bir takım sınırlamalar varsayımlar, yapılmıştır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

1. Tavan yansıtma çarpanı $r=0,70$, döşeme yansıtma çarpanı $r=0,15$ olarak varsayılmıştır. Bu nedenle açık renkli (yansıtma çarpanı yüksek) tavan ve döşeme olması durumunda hesaplanan İ.Y.B. değeri gerçek değerden daha düşük olacaktır. Benzer biçimde koyu renkli (yansıtma çarpanı düşük) tavan ve döşeme olması durumunda ise hesaplanan İ.Y.B. değeri, gerçek değerden daha yüksek olacaktır.

2. Yer örtüsü ve dış engellerin ışıklılığı, ortalama gök ışıklılığının 1/10 u varsayılmıştır.
3. Dış engellerin, pencere duvarına koşut ve üst kenarlarının yatay olduğu varsayılmıştır. Engellerin bu koşullara uymaması durumunda, "ortalama engel çizgisi". çizilerek işlem yapılması gereklidir (Bkz. Şekil 18).



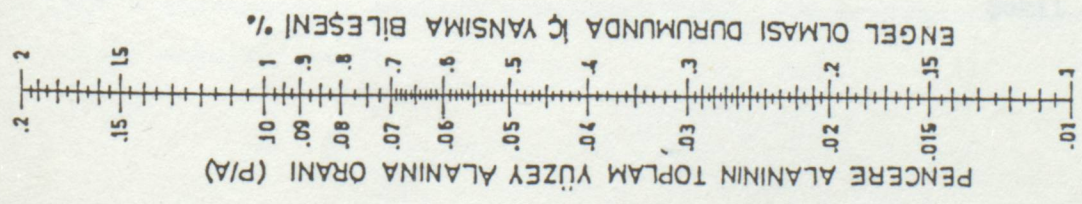
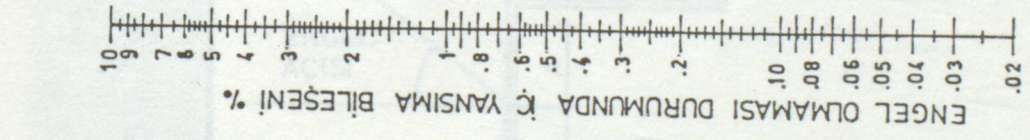
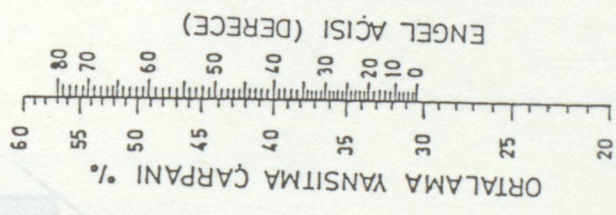
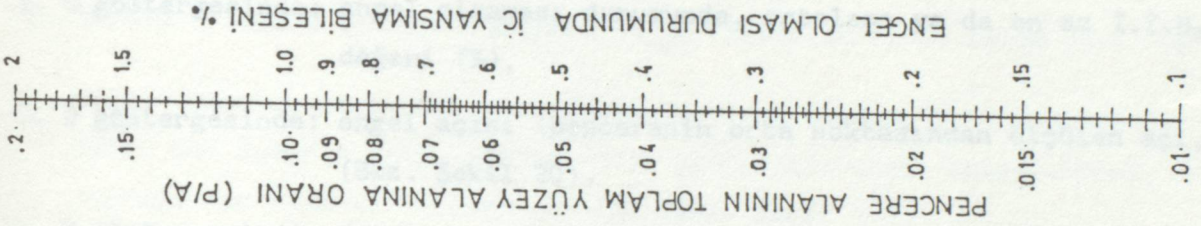
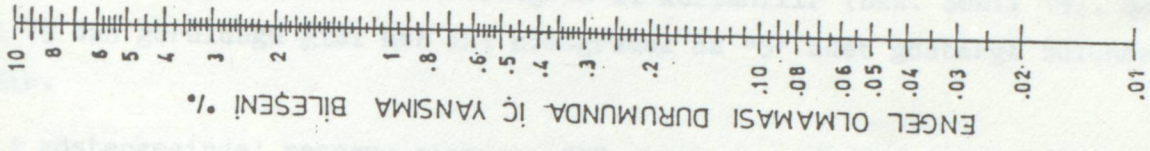
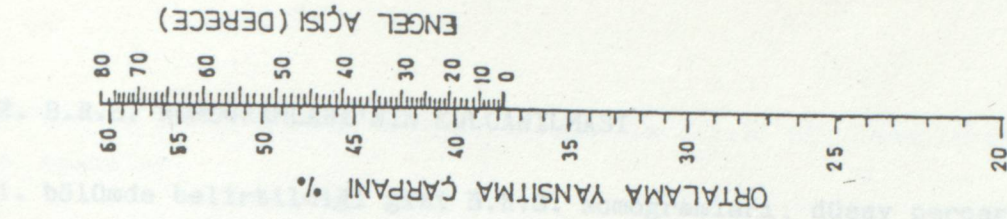
Şekil 18

B.R.S. Nomogramları'nın kullanılış yöntemine geçmeden önce, genelde bir konuya değinmek gereklidir. Nomogramlar ya da bir başka yöntem aracılığı ile elde edilen iç yansımaya bileşeni "gerçek iç yansımaya bileşeni" değeri değildir. Çünkü, yapının yapılmasından bir süre sonra iç boya ve kaplamaların eskimesi ve kirlenmesi ile iç yansımaya bileşeninin de belli bir değer düşmesi olacaktır (4,19). Bu nedenle, yapının bulunduğu bölge ve hacmin işlevine bağlı olarak bir takım düzeltme çarpanları hesaplanmıştır. Gerçek iç yansımaya bileşeni değerini bulabilmek için, Çizelge 7 de verilen düzeltme çarpanları (B.K.K.) ile hesaplanan iç yansımaya bileşeni değerinin çarpılması gereklidir.

$$\text{İ.Y.B. gerçek değeri} = \text{İ.Y.B. tasar değeri} \times \text{B.K.K.} \dots\dots\dots(28)$$

ÇİZELGE 7: İÇ BOYA VE KAPLAMALARIN ESKİME VE KİRLENMESİNE İLİŞKİN DÜZELTME ÇARPANLARI (B.K.K.)

Bölge tipi	İç tipi	Düzeltilme çarpanı
Temiz	Temiz	0.9
Pis	Temiz	0.8
Temiz	Pis	0.7
Pis	Pis	0.6



duvar : top yüzey	10	30	50	70	ort. yansıtma çar.
0.3	33	38	43	48	
0.4	30	37	44	51	
0.5	26	36	44	54	
0.6	23	34	45	56	
0.7	20	33	46	59	

NOMOGRAM II

ŞEKİL 19

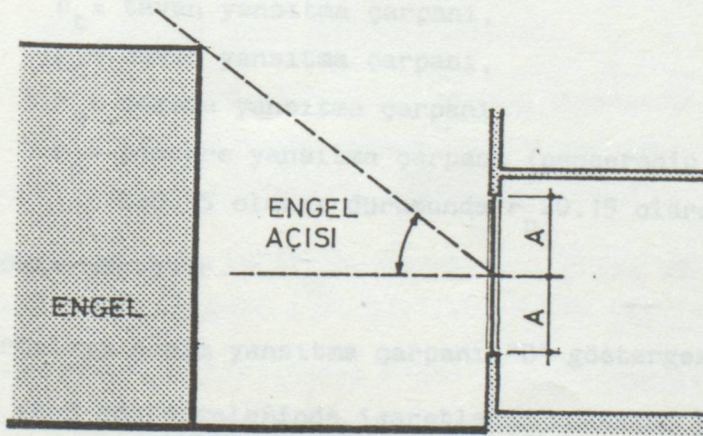
NOMOGRAM I

6.2. B.R.S. NOMOGRAMLARI'NIN KULLANILMASI

6.1. bölümde belirtildiği gibi B.R.S. Nomogramları, dişey percereli hacimlerde ortalama ve minimum (en az) iç yansıma bileşeninin hesaplanması amacıyla hazırlanmıştır. Ortalama İ.Y.B. hesaplanmasında "Nomogram I", en az İ.Y.B. nin hesaplanmasında ise Nomogram II kullanılır (Bkz. Şekil 19). Şekil 19 dan görüldüğü gibi her iki nomogramda da "5" adet gösterge bulunmaktadır.

1. A göstergesinde; pencere alanının "P", toplam oda yüzey alanına "A" oranını " P/A ",
2. B göstergesinde; hacmin ortalama yansıtma çarpanı (R)
3. C göstergesinde; engel olmaması durumunda, ortalama ya da en az İ.Y.B. değeri (%),
4. D göstergesinde; engel açısı (pencerenin orta noktasından ölçülen açı, (Bkz. Şekil 20).
5. E göstergesinde; engel olması durumunda ortalama ya da en az İ.Y.B. değeri (%).

yer almaktadır.



Şekil 20

Nomogram I ya da Nomogram II aracılığı ile İ.Y.B. nin hesaplanmasında izlenen aşamalar,

- . pencere önünde engel olmaması
- . pencere önünde engel olması,

durumlarına göre iki bölümde anlatılacaktır.

A- Pencere önünde engel olmaması durumu:

1. Toplam pencere, duvar, döşeme, tavan alanı "A"; pencere alanı "P" (bu alana çalışma düzlemi altında kalan pencere alanı da katılır) hesaplanır.
2. P/A oranı hesaplanarak A göstergesi üzerinde işaretlenir.
3. Hacmin ortalama yansıtma çarpanı (R_{ort}) hesaplanır. Bu işlem yapılırken;
 - a. tavan yansıtma çarpanı 0.70, döşeme yansıtma çarpanı 0.15 ise pencere dahil tüm duvar alanın, toplam yüzey alanlarına oranı hesaplanarak, nomogramların yanında verilen çizelge (Bkz. Şekil 19),
 - b. Yukarıdaki değerlerden daha farklı yansıtma çarpanlarının olması durumunda ise, aşağıdaki formül kullanılır.

$$R_{ort} = \frac{r_t \cdot A_t + r_d \cdot A_d + r_D \cdot A_D + r_p \cdot A_p}{A_t + A_d + A_D + A_p} \quad (29)$$

Burada;

- r_t = tavan yansıtma çarpanı,
- r_d = duvar yansıtma çarpanı,
- r_D = döşeme yansıtma çarpanı,
- r_p = pencere yansıtma çarpanı (pencerenin ışık geçirme çarpanının $t=0.85$ olması durumunda $r_p=0.15$ olarak alınabilir).

nı göstermektedir.

4. Ortalama hacim yansıtma çarpanı "B" göstergesi üzerine işaretlenir.
5. A ve B göstergelerinde işaretlenen noktalar birleştirilir. Bu doğru parçasının C göstergesini kestiği noktadaki değer, hacim ortalama ya da en az İ.Y.B. değerini verir.

B- Pencere önünde engel olması durumunda:

1. Yukarıdaki A bölümünde anlatılan tüm işlemler yapılarak C göstergesi üzerindeki nokta bulunur.
2. Kesitten ölçülen engel açısı, D göstergesinde işaretlenir.
3. C göstergesinde saptanan nokta ile D göstergesinde işaretlenen noktayı birleştiren doğru uzatılarak E göstergesi kestirilir. E göstergesi üzerinde okunan değer, engel olması durumunda ortalama ya da en az İ.Y.B. değerini verir.

Nomogram I ve II yalnızca bir duvardan aydınlatılan hacimler için değil, iki ya da daha fazla duvarda pencere bulunan hacimler içinde kullanılabilir. Ancak, bu durumlarda dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda sıralanmıştır.

1. Yalnızca bir duvarda pencere olması durumunda, işlemler yukarıda anlatılan biçimde yapılır.
2. İki karşı duvarda pencere olması, durumunda İ.Y.B. nin hacim içinde tek düze yayıldığı varsayılarak Nomogram I kullanılır.
Her bir pencerenin dışında, değişik engel açısı olan dış engeller olduğunda, her pencere için ayrı ayrı hesap yapılır (Nomogram I kullanılarak) ve iki değer toplanarak İ.Y.B. bulunur. Pencerelerden biri için hesap yapılırken, öteki pencere duvarının yansıtma çarpanı % 15 varsayılır ve onun cam alanı, pencere alanı olarak, hesaba katılmaz. Aynı işlemler, ikinci pencere için de uygulanır.
3. Bitişik iki duvarda pencere olması durumunda, İ.Y.B. hacim içinde tek düze yayılmayacaktır. Pencerelerden en uzak köşe, en az İ.Y.B. değerini taşıyacaktır. Bu nedenle, Nomogram II kullanılmaktadır.

Dış engellerin yaklaşık olarak aynı engel açısı değerini taşıması durumunda, iki pencere için birlikte hesap yapılabilir.

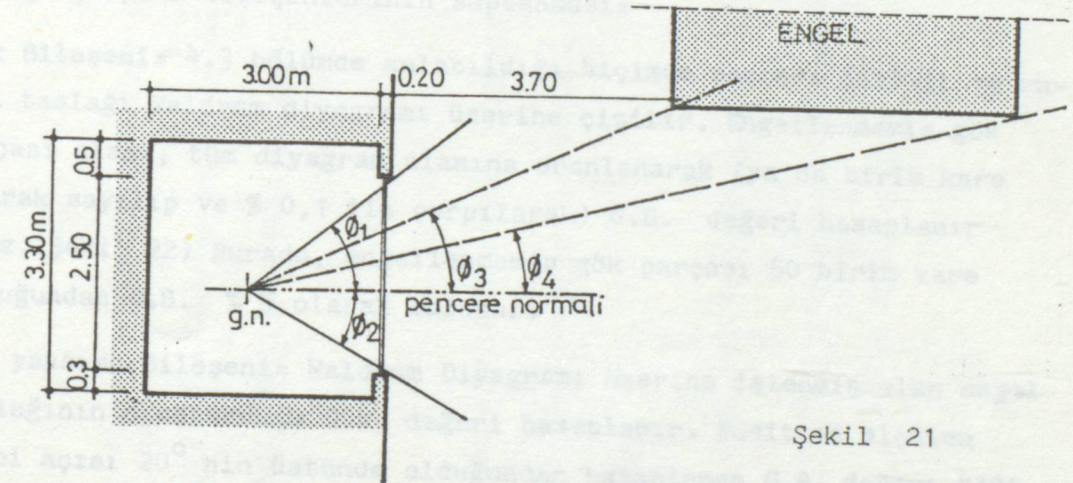
Pencerelerden biri hemen hemen tümüyle engellenmiş, ötekinde ise hiç engel yoksa, her biri için ayrı ayrı işlem yapılır ve iki değer toplanarak İ.Y.B. saptanır.

7. UYGULAMA ÖRNEĞİ

Buraya kadar olan bölümlerde anlatılan bilgilerin sayısal bir örnekle birleştirilerek, bir hacimdeki yatay düzlem üzerinde yer alan belli bir noktadaki gün ışığı aydınlığının hesaplanması konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Şekil 21 de plan ve kesiti verilmiş olan bir çocuk odasının belli bir "A" noktasındaki gün ışığı aydınlığının hesaplanmasında kullanılan veriler:

- binanın, 40° eğiminde yer almakta olup, 09.00-17.00 saatleri arasında % 90 gün ışığı istenmektedir.
- binanın, konut bölgesinde yer almakta olup, pencere camları sık sık temizlenmektedir.
- pencere camı, 3 mm kalınlığında, normal camdır.
- pencere 1,50 m x 2,50 m boyutlarında olup, doğraması ahşaptır.
- tavan yansıtma çarpanı $r_t = 0,70$,
duvar yansıtma çarpanı $r_d = 0,50$,
döşeme yansıtma çarpanı $r_D = 0,15$ dir.



Şekil 21

1- G.Ç. g.d. = E_i/E_d (1) olduğundan, önce şekil 2 aracılığı ile E_d (dış yatay aydınlık) 7000 lm/m^2 (lux) olarak bulunur.

2- Düzeltmeler=

a- Pencere doğramasının cins ve kalınlığına ilişkin düzeltme çarpanı=

$$D.K.Ç = \frac{\text{cam alanı (m}^2\text{)}}{\text{tüm pencere alanı (m}^2\text{)}} = \frac{3.375 \text{ m}^2}{3.75 \text{ m}^2 (15 \times 25)} = 0.90 \quad (3)$$

b- Pencere camının ışık geçirme çarpanına ilişkin düzeltme çarpanı=

$$I.G.Ç = \frac{t}{t_0} = \frac{0.85}{0.85} \text{ (Çizelge 1)} = 1 \dots\dots\dots (4)$$

c- Camın kirliliğine ilişkin düzeltme çarpanı (Çizelge 2 den)=

konum = konut
endüstri sınıfı = temiz
eğim açısı = 90° olduğundan C.K.Ç.=0.80

olarak bulunur.

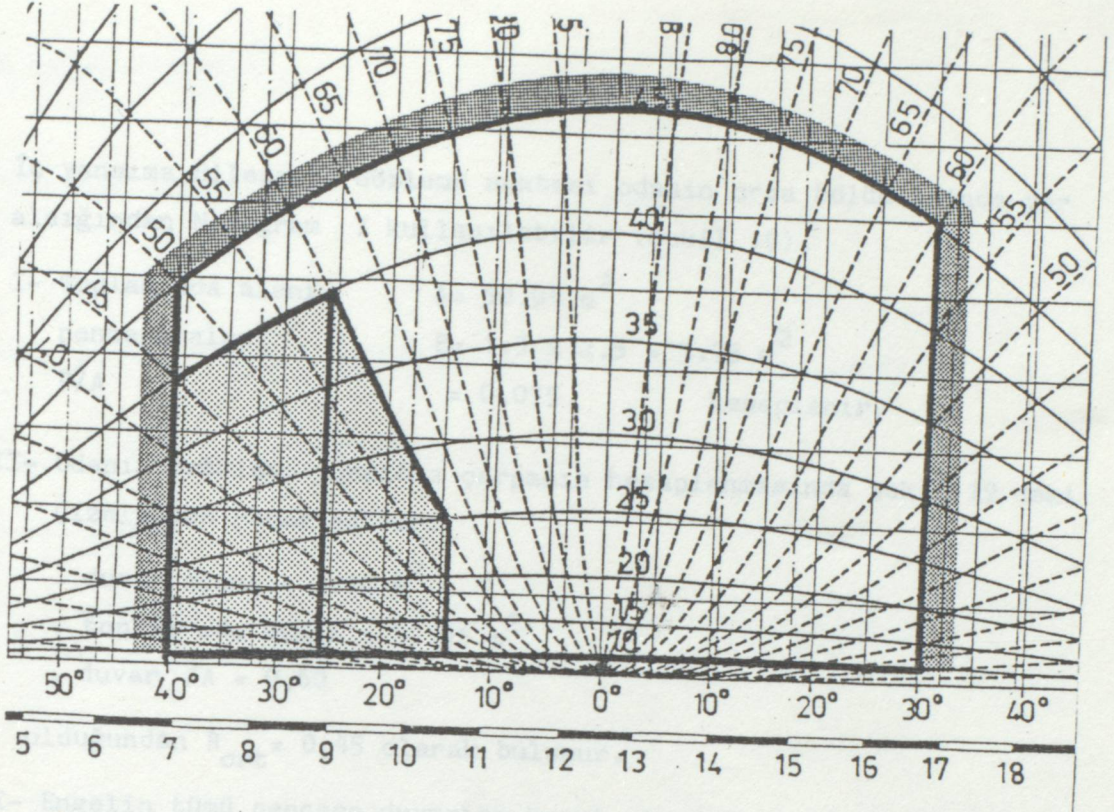
3- Gün ışığı çarpanı bileşenlerinin saptanması=

a- Gök Bileşeni= 4.3 bölümde anlatıldığı biçimde pencere taslağı ve engel taslağı Waldram diyagramı üzerine çizilir. Engellenmemiş gök parçası alanı, tüm diyagram alanına oranlanarak (ya da birim kare olarak sayılıp ve % 0,1 ile çarpılarak) G.B. değeri hesaplanır (Bkz. Şekil 22) Burada, engellenmemiş gök parçası 50 birim kare olduğundan G.B. % 5 olarak bulunur.

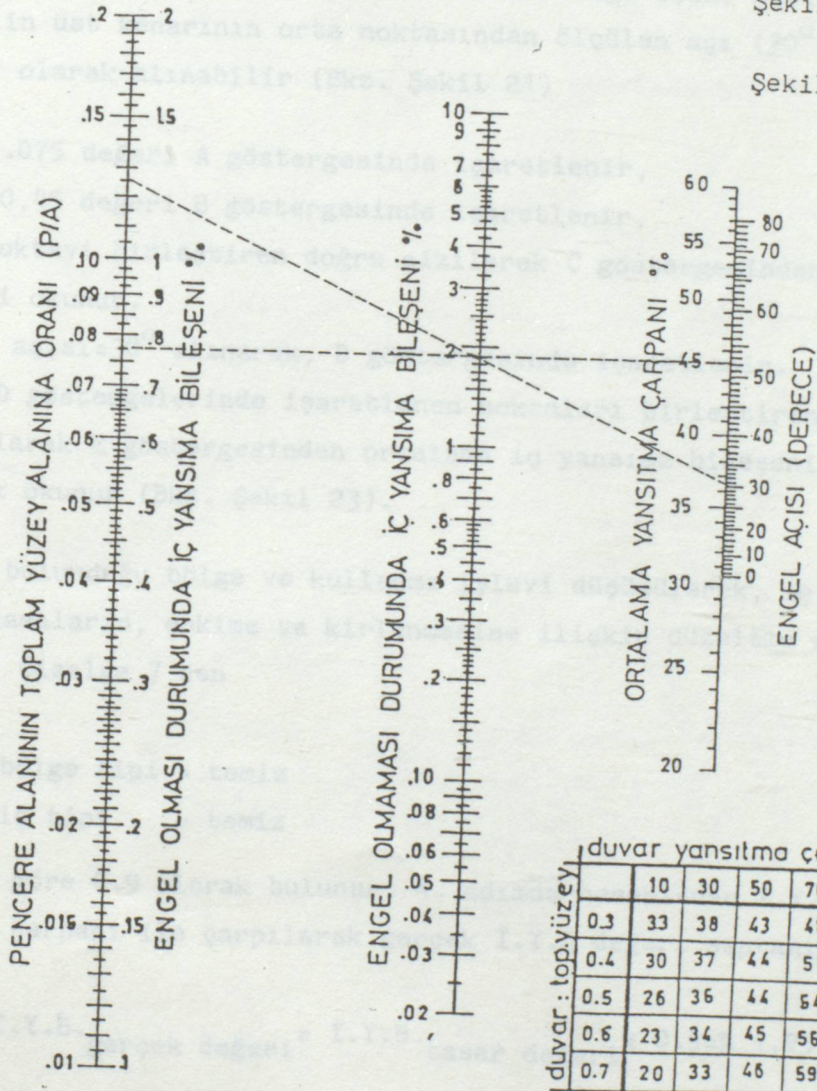
b- Dış yansıma Bileşeni= Waldram Diyagramı üzerine işlenmiş olan engel taslağının oluşturduğu G.B. değeri hesaplanır. Kesitten ölçülen engel açısı 20° nin üstünde olduğundan hesaplanan G.B. değeri "10" a bölünerek D.Y.B. değeri saptanır. Engel taslağı alanı 17 birim kare olduğundan

$$\text{engel G.B.} = 17 \times \% 0.1 = \% 17 \text{ ve}$$

$$\text{engel D.Y.B.} = \% 1,7 / 10 = \% 0.17 \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 22



Şekil 23

c- İç yansıtma Bileşeni= Gözleme noktası odanın orta bölümlerinde yer aldığından Nomogram I kullanılabilir (Şekil 19).

I- Toplam oda alanı $A = 50.04 \text{ m}^2$
pencere alanı $P = 1.5 \times 2.5 = 3.75 \text{ m}^2$
 $P/A = 0.075$ hesaplanır.

II- Odanın ortalama yansıtma çarpanının hesaplanmasında şekil 19 daki Çizelgeden yararlanılır.

. duvar alanı $= 3.24 \text{ m}^2$
. toplam oda alanı $= 50.05 \text{ m}^2$
. duvar /A $= 0,60$

olduğundan $R_{\text{ort}} = 0,45$ olarak bulunur.

III- Engelin tümü pencere duvarına koşut olmadığı için, kesitten engelin üst kenarının orta noktasından ölçülen açı (30°) engel açısı olarak alınabilir (Bkz. Şekil 21)

IV- $P/A=0.075$ değeri A göstergesinde işaretlenir,
 $R_{\text{ort}}=0,45$ değeri B göstergesinde işaretlenir,
İki noktayı birleştiren doğru çizilerek C göstergesinden 1.80 değeri okunur.
Engel açısı= 30° alınarak, D göstergesinde işaretlenir.
C ve D göstergelerinde işaretlenen noktaları birleştiren doğru uzatılarak E göstergesinden ortalama iç yansıtma bileşeni % 1,25 olarak okunur (Bkz. Şekil 23).

V- Odanın bulunduğu bölge ve kullanma işlevi düşünülerek, iç boya ve kaplamaların, eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanı değeri, Çizelge 7 den

bölge tipi = temiz

iç tipi = temiz

olduğuna göre 0.9 olarak bulunur. 4. adımda hesaplanan İ.Y.B. değeri düzeltme çarpanı ile çarpılarak gerçek İ.Y.B değeri saptanır.

$$\text{İ.Y.B. gerç ek değ eri} = \text{İ.Y.B. tasar değ eri} \times 0.9 = \% 1.25 \times 0,9$$

$$= \% 1.125 \quad (28)$$

4- $G.Ç_{tasar\ değeri} = G.B. + D.-.B + J.Y.B_{g.d.}$

2 olduğundan

2- $G.Ç_{t.d} = \% 5 + \% 0,17 + \% 1,125 = \% 6,3$ olarak bulunur.

5- $G.Ç_{g.d} = G.Ç_{t.d} \times D.K.Ç \times T.G.Ç \times C.K.Ç$

(5) olduğundan

$G.Ç_{g.d} = \% 6,3 \times 0.9 \times 1 \times 0.80 = \% 4,54$ olarak bulunur.

6- $E_i = G.Ç_{g.d} \times E_d$ (1)

$E_i = \% 4,54 \times 7000 = 317,8 \text{ lm/m}^2$

6- yani gözleme noktasında $317,8 \text{ lm/m}^2$ günışığı aydınlığı oluşmaktadır.

1- Hopkinson, S.G. The lighting of Buildings. Peter and Peter, London; 1972.

2- Hopkinson S.G. Daylighting; Haldeman, London; 1966.

3- Longmore, J., Cranham, A.M.

4- Kocukdoęu, M.S. İklimsel Konfor ve Aydınlık Sistemleri Bağlı Görsel Konfor Gerçekleştirme ve Kontrolü, Pencerelele Tasarlanmasında Kullanılan Bir Yöntem; I.T.D. Nis. Fak. İktis. İktisadi İhtisat, İstanbul; 1976.

5- Kocukdoęu, M.S. Gün Işığında Yarırganlı ve Yarırganlı Olan Hava Sıcaklığının Belirlenmesi; I.T.D. Nis. Fak. İktisadi İhtisat, İstanbul; 1982.

6- Littlefair, P. Daylighting for Lighting; 240, Garson; 1981.

YARARLANILAN BAŞLICA KAYNAKLAR

- 1- Ayverdi, A. Mimari Aydınlatma Sorunu ve Türkiye'de Mimari Dizayna Katılması; İ.T.Ü. Mim. Fak, İstanbul; 1968 (Doç. Tezi; Basılmadı).
- 2- Burberry, P. An Improved Method of Daylight Prediction; Architectural Journal, Vol. 157, No 26; 1973
- 3- CIE International Lighting Vocabulary, 3. Edition Publication CIE No 17 (E-1.1.), Paris; 1970
- 4- CIE Gün Işığı, (E,3.2.) 1970, Çeviri; Ayverdi, A. Ertaman, S.; İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul; 1972
- 5- Dresler, A. Availability of Daylight at Various Latitudes; Light and Lighting, 55 No 10; Great Britain; 1962.
- 6- Hopkinson, R.G. Architectural Physics: Lighting; HMSO, London; 1963.
- 7- Hopkinson, R.G. The lighting of Buildings; Faber and Faber, London; 1972.
- 8- Hopkinson R.G. Daylighting; Heinmann, London; 1966
Longmore, J.
Graham, A.M.
- 9- Küçükdoğu, M.Ş. İklimsel Konfor ve Aydınlik Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından, Pencerelerin Tasarlanmasında Kullanılabilecek Bir yöntem; İ.T.Ü. Mim. Fak. Baskı Atölyesi, İstanbul; 1976
- 10- Küçükdoğu, M.Ş. Gün Işığında Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi; İ.T.Ü. Mim. Fak. Baskı Atölyesi İstanbul; 1982
- 11- Littlefair, P Daylighting for Lighting; BRE, Garston; 1983

- 12- Little fair, P. Effective Glass Fransmission Factors Under a CIE Sky; Building Research Establishment; London; 1981.
- 13- Mitalas, G.P. Fortran IV program to Calculate Absorbsion Arseneault, G. and Fransmission of Thermal Radiation by Single and Double Glazed Windows; National Research Council, Division of Building Research Computer Program No 28, Ottawa; 1968
- 14- Paix, D. The Design of Buildings for Daylighting; Commowealth Experimental Building Station Sdney; 1962
- 15- Philips, D. Lighting in Architectural Design; Mc. GrawHill, London; 1964
- 16- Sirel, Ş. Aydınlatma Terimleri; IDMMA Yayınları, Sayı 112; 1973.
- 17- Sirel, Ş. Aydınlatma Terimleri Sözlüğü; TDK Yayınları sayı 386, 1973.
- 18- Şerefhanoglu, M. Yapıların Günışığı ve Lamba Işığı ile Aydınlatılmasında Değer Düşmesi ve Bakım Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları, No 11, IDMMA Basımevi; 1981
- 19- Şerefhanoglu; M. Konutlarda Aydınlatma Karaca Ofset 1972.
- 20- Turner, D.P. Windows and Environment, Pilkington Environment Advisory Service, Mc Corquadale and (Editör) Co. Ltd; Newton Le Willows; 1969
- 21- Türk Standartları Camın Özellikleri; TS 347
- 22- Waldram, P.J. Window Design and the Measurement and Waldram, J.M. Predetermination of Daylighting Illumination, İllum. Eng., Vol.16 London; 1923

