

KENT ÖLÇEĞİNDE GÜNEŞ IŞINIMI ETKİSİ VE GÖKYÜZÜ GÖRÜŞ FAKTÖRÜ İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI; ELAZIĞ ÖRNEĞİ

Ayça GÜLTEN¹, U.Teoman AKSOY²

**Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi,
Fırat Üniversitesi, 23119, Elazığ**

aaytac@firat.edu.tr; taksoy@firat.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Elazığ'da mevcut olan kentsel dokuda, binaların ne derece güneş ışınımı etkisinde kaldığı gök görüş faktörü adı verilen bir parametreden yararlanılarak araştırılmıştır. Bu amaçla Elazığ'ın en yoğun yapısal bölgesi olarak nitelendirilebilecek alanlardan Gazi Caddesi ve bu caddeye bağlanan Tuncay Sokak, Akın Sokak, Şair Rahmi Sokak ve Mimar Faruk Caddeleri üzerinde belirlenen noktalarda bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulama çalışmasında, adı geçen yerler üzerinde belirlenen noktalara ait sokak kesitleri çıkarılmıştır. Bina cephelerinde oluşan gölge boyları gün içinde 8.00–16.00 saatleri arası hesaplanmış ve binaların birbiri üzerine gölge düşürmemesi için uygulanması gereken bina aralığı değerleri belirlenmiştir. Cadde genişliği-bina yüksekliği arasındaki orana bağlı olan gök görüş faktörü (GGF) değerlerinin hesaplanması için çalışma alanlarından balıkgözü fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar Rayman 1.2 programına atılarak her bir nokta için GGF değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan GGF değerleri ve her bir sokak kesitinde yer alan bina cephelerinin güneşlenme miktarları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uygun Bina Aralığı, Gölge Boyu, Gökyüzü Görüş Faktörü

Abstract

In this study, it is aimed to investigate buildings' solar exposure in the existing urban texture in Elazığ by the use of a parameter called sky view factor. For this purpose an application study was implemented on some specific points on Gazi Street and some branch streets connected to it like Tuncay, Akın, Şair Rahmi ve Mimar Faruk Streets. General street sections were drawn for specific points used in the application study. Shadow lengths fallen on the building façades were calculated for every hour between 8.00 a.m.–16.00 p.m and appropriate building distances to provide shadows falling onto buildings' façade were estimated. To calculate sky view factor values depending on the proportion between building height and street width, fisheye photos were taken and SVF values calculated for every specific point by Rayman 1.2. Results of SVF and solar exposure time of buildings' façades were compared.

Keywords: Appropriate Street Width, Shadow Length, Sky View Factor

1. GİRİŞ

Bir yapının enerji ihtiyacını en aza indirmek amacıyla, sürdürülebilir enerji kaynaklarından en önemlisi olan güneş enerjisinden kentsel planlama boyutunda yararlanılması artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Birçok araştırmacı, güneş ve kent üzerine çeşitli çalışmalar yapmıştır [1,2]. Binaların ve dolayısıyla kentlerin güneş ışınımından yararlanabilmesi için bina yönü ve yüksekliği, bina biçimi, cadde genişliği gibi değişik parametreler üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada bunlara ek olarak gök görüş faktörü adı verilen bir parametreden yararlanılmıştır. GGF kentsel kanyon içinde yer alan bir noktanın gökyüzü görülebilirliğini hesaplayan ve bina yüksekliği- cadde genişliği arasındaki orantıya bağlı olarak değişen bir değerdir. Daha çok kentsel ısı adası veya şehir iklimi üzerine çalışan araştırmacılar tarafından kullanılan bu parametre, günümüzde şehircilikle uğraşanların kentsel yoğunluk tanımlamaları yaparken de kullandıkları bir değerdir. A. Chudnovsky ve diğerleri [3], Tel-Aviv şehrinde yaptıkları çalışmada kent içinde çeşitli yüzeylerin termal davranışlarını arttıran bir çalışma yapmışlardır ve kentsel elemanların fiziksel özellikleri, renkleri, gök görüş faktörü değerleri, sokak geometrisi, trafik yükü gibi parametreler kullanılmıştır.

Bu çalışmada, Elazığ ilinde mevcut kentsel dokunun, binaların güneş enerjisinden yararlanmasına ne derece olanak sağladığı araştırılmıştır. Bu amaçla Elazığ'ın en yoğun yapısal dokusuna sahip alanlardan olan Gazi Caddesi ve bu caddeye bağlanan bazı ara sokaklar üzerinde bir uygulama çalışması yapılmıştır. Çalışmada 21 Ocak için binalar üzerine düşen gölge boyları ve GGF değerleri hesaplanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. ALAN SEÇİMİ VE UYGUN BİNA ARALIKLARININ HESAPLANMASI

Elazığ'ın en yoğun ve en eski yapısal alanı olarak nitelendirilebileceğimiz Gazi Caddesi doğu-batı (D-B) yönündedir ve bu caddede yer alan binalar kuzey-güney (K-G) doğrultusunda yerleştirilmiştir. Bu caddeye bağlanan K-G yönelimli Tuncay, Akın ve Şair Rahmi Sokak'ta ise D-B yönelimli bitişik nizamda binalar yer almaktadır. Gazi Caddesi'ne bağlanan Mimar Faruk Caddesi'nde, cadde doğrultusu kuzeybatı-güneydoğu (KB-GD) yönündedir. Bu cadde üzerinde yer alan binalar ise kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) yönelimine sahiptir. Şekil 1'de çalışma alanında belirlenen uygulama noktaları görülmektedir.

Kentsel alanlarda binaların güneşin etkisinden pasif olarak yararlanabilmeleri için binalar arasındaki mesafelerin, binaların önünde oluşan sınır gölgeli alan derinliklerine göre belirlenmesi gerekir. Çünkü binalar gölgelenmenin olmadığı durumlarda güneş enerjisinin etkisinden yararlanabilirler. Yapıların birbiri üzerine gölge düşürmemeleri için aralarında bulunması gereken mesafe olan sınır gölgeli alan derinliğinin hesaplama yöntemi daha önce bazı çalışmalarda anlatılmıştır [4,5]. Bu çalışmada aynı hesaplama yöntemi 38.4 Kuzey enleminde yer alan Elazığ ilinde, seçilen çalışma noktalarında esas alınan sokak kesitlerine göre, 21 Ocak tarihi için uygulanmıştır. Buna göre bina cephelerinde oluşan gölge boyları ve güneş ışınımından yararlanmak için binalar arasında olması gereken uygun bina aralıkları her nokta için ayrı bir tablo (Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5) oluşturularak verilmiştir.



Şekil 1. Gazi Caddesi'nde belirlenen uygulama noktaları

G:Gazi Cad. **A:**Akın Sok. **SR:** Şair Rahmi Sok. **T:** Tuncay Sok. **MF:** Mim. Faruk Cad.

2.2. GÖK GÖRÜŞ FAKTÖRÜ'NÜN HESAPLANMASI

Kentsel alanlarda, açık alanların planlanması ve kullanılması, bu alanların etrafındaki yapıların oluşturduğu gölgelenmelere bağlı olarak değişebilir [6]. Yani sokak içerisinde, herhangi bir noktanın aldığı güneş enerjisi miktarı veya kentsel yerleşim içinde yer alan bir binaya etkiyen güneş ışınımı miktarı, yerleşim geometrisine bağlı olarak değişebilir. Kentsel yerleşim alanında seçilen herhangi bir noktanın, yerleşim geometrisine bağlı olarak ne kadar

güneş ışınımı etkisinde kaldığı, gökyüzü görüş faktörü (GGF-sky view factor (svf)) olarak isimlendirilen bir parametre ile belirlenebilir.

GGF, yeryüzündeki bir noktanın gökyüzündeki görüş açısının tahminini verir. Aynı zamanda düzlemsel bir yüzeyin aldığı toplam ışınım miktarı ile bütün çevreden alınan ışınım miktarı arasındaki orandır. GGF, bir anlamda yerleşim alanındaki görülebilir gökyüzü miktarının, boyutlandırma yapmadan parametreleştirilmesidir [7].

Bu çalışmada GGF Rayman 1.2 [8] programı ve çalışma alanlarından balıkgözü objektifle çekilen fotoğraflar kullanılarak hesaplanmıştır. Rayman 1.2 programında GGF'nin hesaplanabilmesi için, balıkgözü fotoğraflardaki kontrastlık ayarının çok iyi yapılmış olması gerekir. Bu nedenle fotoğrafların Photoshop CS2 programında kontrastlık ayarları yapılmıştır.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Elazığ ilinde var olan kentsel dokunun, binaların güneş enerjisinden yararlanmalarında ne derece etkili olduğu incelenmiştir. Araştırmalarda uygun bina aralığı hesaplamaları ve GGF (gök görüş faktörü) adı verilen bir parametreden yararlanılmıştır. Seçilen çalışma alanlarında, belirlenen noktalar için GGF değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu var olan bina aralıkları ve olması gereken bina aralıkları arasında karşılaştırmalar yapılmış ve binalar üzerinde gölgelenme olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmada seçilen noktaların üzerinden geçen kesitler için belirlenen uygun bina aralıkları optimum profil açısı dikkate alınarak belirlenmiştir.

Gazi Caddesi ve bu caddeye bağlanan ara sokaklarda yapılan uygulama çalışmasında GGF değerlerinin hesaplandığı ve sokak kesitlerinin çıkarıldığı noktalar Şekil 1'de, bu noktalara ait sokak kesitleri ve GGF değerleri ise Tablo 6'da sunulmuştur. Bu sokak kesitlerine ve bina yönelimlerine göre bina cephelerinde oluşan gölge boyları ve sınırlı gölgeli alan derinlikleri ise Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5'te sunulmuştur.

Gazi Caddesi'nde 4'ü caddeye bağlanan ara sokaklarda olmak üzere toplam 5 nokta için hesaplamalar yapılmıştır. Caddenin mevcut genişliği 20 m olarak, cadde üzerindeki binaların dükkan katları 4 metre olarak ve bir binanın normal kat yüksekliği 2.80 m olarak kabul edilmiştir. Bu cadde üzerinde 21 Ocak'ta kuzeye bakan cepheler direk güneş ışınımı almazlar. Güneye bakan cepheler ise 9.00–15.00 saatleri arasında direk güneş ışınımı alırlar.

Saat 8.00 ve 16:00'da geçerli olan profil açıları çok küçük olduğundan ihmal edilmektedir. Güneye bakan cepheler için en uygun profil açısı değeri saat 9.00'daki 24°'lik açıdır.

Gazi Caddesi'ne bağlanan ara sokaklarda ise binalar doğu-batı yönelimli olup, bitişik nizamda yerleştirilmiştir. Hesaplamaların yapıldığı sokak genişlikleri 5 ile 10 m arasında değişmektedir. Bu sokaklar için yapılan hesaplamalar da, dükkan katları 4 metre ve bir binanın normal kat yüksekliği 2.80 m kabul edilerek yapılmıştır. 21 Ocak'ta doğu yönelimli bina cepheleri Doğu yönü için saat 9.00'daki 25°'lik profil açısı baz alındığında saat 9.00-12.00 arasında direk güneş ışınımı etkisi altındadır. Batı yönelimli cepheler ise saat 15.00'deki 25°'lik profil açısı baz alındığında 12.00-15.00 arasında direk güneş ışınımı etkisi altındadır. MF2 noktasında cadde doğrultusu KB-GD iken, bu noktadan geçen kesitte yer alan binalar ise KD-GB yönelimlidir. Bu nokta için ise, saat 14.00'deki 26°'lik profil açısı baz alınmıştır.

G9 noktasından geçen kesitte yer alan binaların güney cephelerinin dükkan ve 4 normal katı saat 8.00 ve 16.00'da gölge altında kalmaktadır. Öğle saatlerinde ise dükkan katı ve yaklaşık 2 normal kat gölge altında kalmaktadır. Bu nokta için hesaplanan GGF değeri 0.574 ve uygulanması gereken bina aralığı 46.71 m'dir.

Tablo 1. Gazi Caddesinde saatlere göre binalar üzerine düşen gölge boyları (m)

Saatler	Profil açıları	Sınır Gölge Alan Derinliği		Karşı Bina Üzerindeki Gölge Boyu		Gölgede kalan kat sayısı
		K.Y.B. önünde	G.Y.B. önünde	Kuzey Y.B.C.	Güney Y.B.C.	
		Cadde doğrultusu: Doğu – Batı = 24° G (opt. profil açısı) Bina Doğrultusu: Kuzey-Güney (21Ocak)				
8.00	15.5	75.00	-	-	15.25	D+4
9.00	24	46.71	-	-	11.89	D+2.8
10.00	29	37.52	-	-	9.71	D+2
11.00	31	34.61	-	-	8.78	D+1.7
12.00	32	33.28	-	-	8.30	D+1.5
13.00	31	34.61	-	-	8.78	D+1.7
14.00	29	37.52	-	-	9.71	D+2
15.00	24	46.71	-	-	11.89	D+2.8
16.00	15.5	75.00	-	-	15.25	D+4

Tablo 2. Şair Rahmi Sokak'ta saatlere göre binalar üzerine düşen gölge boyları (m)

SR1	Cadde doğrultusu: Kuzey-Güney = 25° D, 25° B (opt. profil açısı) Bina Doğrultusu: Doğu-Batı (21 Ocak)							
	Saatler	Prfl. Açlr.	Sınır Gölge Alan Derinliği		Karşı Bina Üzerindeki Gölge Boyu		Gölgede kalan kat sayısı	
			B.Y.B. önünde	D.Y.B. önünde	Doğu Y.B.C	Batı Y.B.C.	Doğu Y.B.C	Batı Y.B.C
8.00	11	78.19		14.03		D+3.6		
9.00	25	32.59		12.40		D+3		
10.00	42	16.88		9.79		D+2		
11.00	64	7.41		2.89		0.7D		
12.00	90	-	-	-	-	-	-	
13.00	64		12.87		14.09		D+3.6	
14.00	42		29.32		20.99		D+6	
15.00	25		56.61		23.60		D+7	
16.00	11		135.81		25.23		D+7.5	

Tablo 3. Tuncay Sokak'ta saatlere göre binalar üzerine düşen gölge boyları (m)

T1	Cadde doğrultusu: Kuzey-Güney = 25° D, 25° B (opt. profil açısı) Bina Doğrultusu: Doğu-Batı (21 Ocak)							
	Saatler	Prfl. Açlr.	Sınır Gölge Alan Derinliği		Karşı Bina Üzerindeki Gölge Boyu		Gölgede kalan kat sayısı	
			B.Y.B. önünde	D.Y.B. önünde	Doğu Y.B.C	Batı Y.B.C.	Doğu Y.B.C	Batı Y.B.C
8.00	11	121.41		22.62		D+6.5		
9.00	25	50.61		21.26		D+6		
10.00	42	26.21		19.09		D+5.3		
11.00	64	11.51		13.34		D+3.4		
12.00	90	-	-	-	-	-	-	
13.00	64		6.04		2.14		0.5D	
14.00	42		13.77		7.89		D+1.4	
15.00	25		26.59		10.06		D+2.4	
16.00	11		63.79		11.42		D+2.7	

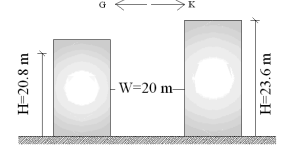

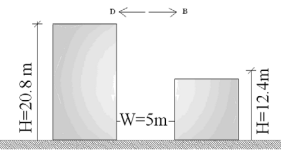

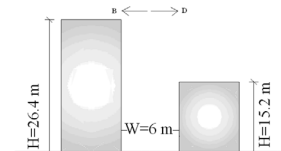

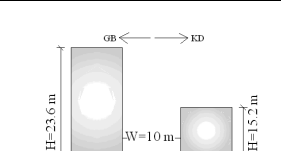

Tablo 4. Akın Sokak'ta saatlere göre binalar üzerine düşen gölge boyları (m)

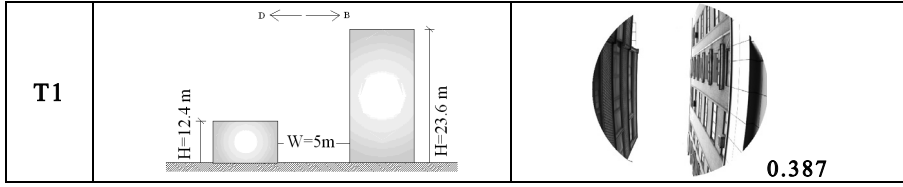
A2	Cadde doğrultusu: Kuzey-Güney = 24° D, 24° B (opt. profil açısı) Bina Doğrultusu: Doğu-Batı (21 Ocak)							
	Saatler	Prfl. Açlr.	Sınır Gölge Alan Derinliği		Karşı Bina Üzerindeki Gölge Boyu		Gölgede kalan kat sayısı	
			B.Y.B. önünde	D.Y.B. önünde	Doğu Y.B.C	Batı Y.B.C.	Doğu Y.B.C	Batı Y.B.C
8.00	11	63.79		11.42		D+2.6		
9.00	25	26.59		10.06		D+2		
10.00	42	13.77		7.89		D+1.4		
11.00	64	6.04		2.14		0.5D		
12.00	90	-	-	-	-	-	-	
13.00	64		10.14		10.54		D+2.4	
14.00	42		23.10		16.29		D+4.4	
15.00	25		44.60		18.46		D+5.2	
16.00	11		107.00		19.82		D+5.7	

Tablo 5. Mimar Faruk Caddesi'nde saatlere göre binalar üzerine düşen gölge boyları (m)

Saatler	Profil açıları	Sınır Gölgesi Alan Derinliği		Karşı Üzerindeki Gölge Boyu		Gölgede kalan kat sayısı	
		GB Y.B. önünde	KD Y.B. Önünde	KD Y.B.C.	GB Y.B.C.	KD Y.B.C	GB Y.B.C
		Cadde doğrultusu: KB-GD Bina Doğrultusu: KD-GB = 40°GB (opt .profil açısı) (21 Ocak)					
8.00	40	18.11		6.80		D+1	
9.00	87		1.23		-		-
10.00	62		12.54		4.79		D+0.3
11.00	49		20.51		12.09		D+2.3
12.00	41		27.14		14.90		D+3.9
13.00	33		36.34		17.10		D+4.7
14.00	26		48.38		18.72		D+5.3
15.00	18		72.63		20.35		D+5.8
16.00	9		149.00		22.01		D+6.5

Tablo 6. Gazi Caddesi'nde belirlenen noktalar için çıkarılan sokak kesitleri ve GGF değerleri.

Nokta	Kesit	GGF Değeri
G9		 0.574
A2		 0.287
SR1		 0.323
MF2		 0.573



T1 noktasından geçen kesitte binaların doğu cephelerinde saat 8.00'de binaların dükkan ve 6,5 normal katı gölge altında kalırken saat 11.00'de gölge dükkan ve 3.5 katı kaplayacak şekilde düşmekte ve saat 12.00'de cepheye hiç gölge düşmemektedir. Batı yönelimli cephede ise saat 16.00'da gölge boyu dükkan ve yaklaşık 3 normal katı kapsamaktadır. Bu nokta için hesaplanan GGF değeri 0.387 ve uygulanması gereken bina aralığı 50.61 m'dir.

A2 noktasındaki binaların doğu cephelerinde dükkan ve 2.6 katı saat 8.00'de gölge altında kalırken, saat 11.00'de dükkan katının bir bölümü gölge altında kalmakta ve 12.00'de cepheye hiç gölge düşmemektedir. Batı yönelimli bina cephesinde ise gölge boyu saat 16.00'da dükkan ve yaklaşık 6 katı kapsamaktadır. Bu nokta için hesaplanan GGF değeri 0.328 ve uygun bina aralığı 44.60 m'dir.

SR1 noktasında doğu yönelimli binaların dükkan ve yaklaşık 4 normal katı saat 8'de gölge altında kalmaktadır. Öğle saatlerine doğru azalan gölge boyu saat 11.00'de dükkan katının bir kısmını kapsayacak şekilde düşmekte ve saat 12.00'de cepheye hiç gölge düşmemektedir. Batı yönelimli cephede ise saat 13.00'de dükkan ve yaklaşık 4 normal katı kapsayan gölge boyu saat 16.00'da dükkan ve 7.5 katı kapsamaktadır. Bu nokta için hesaplanan GGF değeri 0.323 ve uygulanması gereken bina aralığı 56.61 m'dir.

MF2 noktasında yer alan binaların KD cephelerinin dükkan ve 1 normal katı saat 8.00'de gölge altında kalmaktadır. 21 Ocak'ta KD cepheleri sadece saat 8.00'de güneş ışınımı almaktadır. GB yönelimli cephede ise saat 9.00'da direk güneş ışınımı etkisi vardır. Saat 10.00–16.00 arasında gölge boyu gittikçe artmakta ve saat 16.00'da dükkan yaklaşık 7 normal katı kapsamaktadır. Bu nokta için hesaplanan GGF değeri 0.573 ve uygun bina aralığı 48.38 m'dir.

4. SONUÇ

Elazığ'ın en eski yoğun yerleşim alanlarından biri olan Gazi Caddesi ve ona bağlanan bazı ara sokaklar için yapılan bu çalışmada, cadde ve sokakların genel silueti, seçilen temsili noktalar üzerine yansıtılmıştır. Hesaplamalar belirlenen noktalar dahilinde yapılmış ve var olan kent dokusu hakkında güneş enerjisinden yararlanabilme açısından bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre;

- Güneş enerjisinden kent ölçeğinde optimum bir şekilde yararlanabilmek için, ilk olarak bina cephelerinin güneşe göre doğru yönlendirilmesi ve bina aralıklarının bina cephelerinin güneş almalarını engellemeyecek şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir.
- Binaların birbirine gölge düşürmemesi için hesaplanan uygun bina aralıkları ile mevcut olan bina aralıkları arasında bütün çalışma noktalarında büyük farklar söz konusudur.
- Uygun bina aralığı değeri G9, A2, SR1, MF2 ve T1 noktaları için yaklaşık olarak 47, 45, 57, 48 ve 51 m olarak hesaplanmıştır. Oysa bu noktalarda mevcut durumda uygulanmış olan bina aralığı değerleri sırasıyla 20, 5, 6, 10 ve 5 m şeklindedir.
- Cadde genişlikleri ve bina yükseklikleri arasında büyük orantısızlıklar mevcuttur.
- Gazi Caddesi'ne bağlanan ara sokaklar için daha küçük GGF değerleri hesaplanmasına rağmen, bu sokaklarda bina cephelerine düşen gölge boylarının daha küçük olduğu ve öğle saatlerinde cepheler üzerinde direk güneş ışınımı etkisi olduğu gözlenmiştir.
- Bu nedenle kentsel bir doku içinde belirlenen GGF değeri tek başına bina cephelerinin güneşlenme sürelerini belirleyebilecek bir parametre değildir. Sadece aynı yönelime sahip kentsel kanyonlara ait GGF değerleri kullanılarak, bina cephelerinin güneşlenme süresi değerlendirilebilir.

Bu sonuçlara göre, yapılaşma sürecini tamamlayan, bina yüksekliği veya cadde genişliğinin değiştirilmesinin mümkün olmadığı bu yerleşim alanlarında, güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmak için başka çözümler bulunması gerekmektedir. Bu çalışmadan elde edilen somut değerlere göre, Elazığ'da binaların cephelerine direkt güneş ışınımı alarak güneş enerjisinden pasif bir şekilde yararlanmaları söz konusu değildir. Bu çalışmada yararlanılan hesaplama yöntemleri kullanılarak, yeni düzenleme yapılan yerleşim bölgelerinde güneş enerjisinden daha fazla yararlanılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Eliasson, I., The Use Of Climate Knowledge In Urban Planning, 48,31-44, 2000.
2. Muhaisen, A. S., Gadi, M. B., Mathematical Model for Calculating the Shaded and Sunlit Areas In a CircularCourtyard Geometry, Building and Environment, 40, 1619-1625, 2005.
3. Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., Saaroni, H., Diurnal thermal behavior of selected urban objects using remote sensing measurements, 36, 1063-1074, 2004.
4. Gülten, A., Kent Dokusunda Güneş Işınımından Yararlanmak için Cadde-Bina İlişkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
5. Aytaç A., Aksoy, U.T., Bektaş. B., Kentsel Tasarımda Bina Yönlendirilmesi ve Güneş Işınımı Etkisi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2007, 19-4, 531-541.
6. Mertens, E., Bioclimate and City Planning-Open Space Planning, Atmospheric Environment, 33, 4115-4123, 1999.
7. Souza, L., Rodrigues, D. S., Mendes, J. F. G., Sky View Factors Estimation Using A 3D-GIS Extension, Eighth International IBPSA Conferance, Eindhoven, Netherlands, 2003.
8. www.mif.unifreiburg.de/rayman (15.10.08)