

# İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetiminde yönlere göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi

Rana KUTLU GÜVENKAYA \*, Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilgisi Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

## Özet

*Bu doktora çalışmasında, bir derslik hacminde iklimsel ve görsel konfor koşulları açısından, yöne bağlı olarak en uygun cephe düzenlemelerinin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın tip ilköğretim okulu projelerinin derslik hacimlerinde uyguladığı mevcut cephe düzeni ile iklimsel ve görsel konfor koşulları açısından yönlere göre geliştirilen uygun cephe düzenlemelerinin yapma aydınlatma enerjisi tüketimleri açısından bir karşılaştırması yapılmıştır. Dersliklerde sağlanan günışığı aydınlık düzeyleri Radiance simulasyon programı aracılığı ile hesaplanmıştır. İlköğretim okulunun İstanbul'da olduğu düşünülerek, 2006-2007 öğretim yılı boyunca ve okulların açık olduğu saatler için, günışığı hesaplamaları yapılmıştır. Günışığı hesaplamalarında mevcut kabuktan elde edilen değerlere bağlı olarak her ayı karakterize eden gün belirlenmiş ve öneri kabuk alternatifleri için yapılan günışığı hesaplamaları bu kabule göre karakteristik gün için yapılmıştır. Enerji etkin tasarım ilkelerine göre yönlere bağlı geliştirilen öneri kabuk alternatiflerinde gölgeleme istenen dönem göz önünde bulundurularak, dış gölgeleme araçları uygulanmıştır. Gölgeleme araçlarının pozisyonları sabit ve hareketli olmak üzere iki şekilde kabul edilmiştir. Mevcut kabuk, sabit gölgeleme aracına sahip öneri kabuk 1 ve hareketli gölgeleme aracına sahip öneri kabuk 2 alternatiflerinin hacimde sağlanan günışığı değerlerine bağlı olarak yapma aydınlatma enerji yükleri belirlenmiştir. Kabuk alternatiflerinin yönler değişkenine bağlı olarak, hacimde elde edilen enerji yükleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar aydınlatma ekonomisi ve görsel konfor koşulları açısından değerlendirilerek uygun çözüm belirlenmeye çalışılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Enerji etkin tasarım, aydınlatma enerjisi yönetimi, ilköğretim aydınlatması.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Rana KUTLU GÜVENKAYA. guvenkayar@itu.edu.tr; Tel: (216) 368 47 61.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilgisi Programı'nda tamamlanmış olan "İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetimi açısından yönlere göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi üzerine bir yaklaşım" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 24.06.2008 tarihinde dergiye ulaşılmış, 18.09.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.12.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## **An approach to determine facade options in accordance with different orientations in elementary school classrooms from the perspective of lighting energy management**

### **Extended abstract**

*The concepts of sustainability and sustainable development take into account life conditions of future generations and environmental values while meeting contemporary needs and to this end, they entail the creation of healthy environments for human beings in the relationship established between environment, economy, and technology. Sustainability also requires an accurate and planned use of natural light, that is, daylight in the context of energy efficient lighting design. Changes and developments that have occurred in Turkey's educational field in recent years should be reflected in the design processes and implementations of educational buildings and they should be regarded as a whole. In elementary school designs, type projects are implemented by the Ministry of Public Works and Settlement. Type project implementation entails a design process which is independent of location and thus can be repeated in multiple sites in various forms. Natural, physical and structural characteristics of the specific location, which constitute the data for the project's design process, are ignored. This study aims to evaluate and implement energy efficient design principles in the design of elementary schools. In line with this objective, a new approach is proposed to obtain the most appropriate direction dependant facade configuration in terms of climatic and visual comfort conditions in a classroom cubage. In the study, envelope options for this approach which provide climatically and visually optimal conditions depending upon the orientation of Istanbul region are identified. The results obtained are evaluated in terms of energy management. A classroom was taken from the Type Elementary School Projects and the Radiance simulation program was used to calculate the daylight levels achieved in cubage with the existing envelope and in other envelope configurations proposed for different orientations. Based on the assumption that the elementary school was located in Istanbul, daylight levels were calculated for between September and June in the 2006-2007 academic year. In daylight calculations, a characteristic day was determined for each month according to the values obtained from the existing envelope and daylight calculations for the proposed*

*envelope alternatives were designed accordingly on the specified day of the month. Taking into account the period for which shading was desired, external shading instruments were implemented in the proposed orientation-dependent envelope alternatives were developed in accordance with energy efficient design principles. A two-fold position of fixed and movable was adopted for shading instruments. Artificial lighting loads were determined in relation to daylight levels harvested with the existing envelope. In the envelope proposal I with fixed shading instrument, and in the envelope proposal II with movable shading instrument. Energy loads obtained in cubage depending on the orientation variable of envelope alternatives were compared. The results were evaluated from the perspective of lighting economy and visual comfort conditions and were tried to design an appropriate solution.*

*Viewed from the perspective of energy loads, when shading instruments are in a fixed position, monthly artificial lighting energy is slightly more in the east and the south orientation compared to the energy expenditure caused by the existing building envelope. However, when viewed in terms of visual comfort conditions, the absence of a glare problem and the achievement of a homogenous distribution of light are among the positive aspects of fixed shading instruments. In the south orientation, a significant amount of energy saving is achieved in comparison to the existing building envelope. In the case of movable shading instruments, as windows are not shaded except for the period when shading is desired, in east, west and south orientation, significant energy savings can be achieved in monthly energy expenditures caused by artificial lighting systems compared to the existing envelope.*

*Among the proposed alternatives, in the north orientation, due to increased transparency ratio, artificial lighting energy expenditure is lower.*

*Considering the results explained above, when the position of the lighting instruments are automated depending on the effect of the sunlight on the facade, better results can be obtained in terms both of visual and climatic comfort and of lighting, heating/cooling loads. In this context, further studies can be conducted on the optimization of lighting and climatization loads.*

**Keywords:** Energy efficient design, lighting energy management, elementary school lighting.

## Giriş

Günümüzde enerji kaynaklarının kısıtlı olmaları; varolan kaynakların akılcı kullanımlarını, global ısınma ve karbon emisyonlarının artması ise yeni ve çevre dostu enerji kaynaklarının araştırılmasını ve buna bağlı olarak mimari tasarımlarda sürdürülebilir çevre, sürdürülebilir tasarım, enerji etkin tasarım gibi kavramların ön plana alınmasını gerekli kılmaktadır. 1987 yılında “Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu”nun raporu ile sürdürülebilirlik kavramı, dünya gündemine girmiş ve ilk kez sürdürülebilir kalkınma kavramından söz edilmiştir. Sürdürülebilirlik kavramı, doğal kaynakların korunması ve akılcı bir şekilde kullanılması temeline dayanmaktadır (Küçükdoğu, 2007).

Sürdürülebilirlik, enerji etkin tasarım aydınlatma konusunda da doğal ışığın yani günışığının doğru ve planlı olarak kullanımını gerekli kılmaktadır. Aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi yapma çevrenin konfor koşullarını sağlamaya yönelik aktif sistemlerin neden olduğu enerji tüketiminin minimize edilmesi ve enerjinin etkin kullanımını sağlayan stratejilerin geliştirilmesi yine yapma çevreye ait tasarım parametrelerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Doğal kaynakların oluşturduğu günışığı aydınlatması; hacmin bulunduğu yerin enlem ve boy-lamına, atmosferin yapısına ve zamana göre değişim göstermektedir. Tasarımda; doğal aydınlatma düzenlerinin; saydamlık oranı, pencere türü gibi kabuk bileşenleri ile günışığı kontrol sistemlerinin doğru seçimi, hacmin yönlendiriliş durumu gibi parametreler kontrol altında tutularak gün boyu çalışılan hacimlerde yapma aydınlatma enerji tüketimini azaltmak ve kullanıcıların dış ortamla ilişkisini sağlayarak psikolojik ihtiyaçlarını gidermek mümkündür.

Ülkemizde ilköğretim okulları tasarımı konfor koşulları ve enerji yönetimi açısından eksiklikler içermektedir. Ancak son yıllarda eğitim alanında yapılan değişikliklerin ve gelişmelerin, eğitim binalarının tasarım süreç ve uygulamalarına yansıtılarak sorunun bir bütün olarak ele alınması gerekmektedir. İlköğretim okulları ta-

sarımında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından tip proje uygulaması yapılmaktadır. Tip proje uygulaması, projelerin farklı karakterde pek çok yerde tekrar edilebilmesi açısından yerleşmeden bağımsız bir tasarım sürecini içermektedir. Projenin tasarım sürecine veri teşkil eden; yerleşmeye ait doğal, fiziksel ve yapısal özelliklerin gözardı edildiği tip proje kavramı akademisyenlerin ve tasarımcıların üzerinde tartıştığı bir uygulama biçimidir. İlköğretim okullarının tasarımında enerji etkin tasarım ilkelerinin değerlendirilmesi ve kullanılması amaçlanmalıdır. Yapılan çalışmada, ilköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetimi açısından yönlere göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi amacıyla bir yaklaşım önerilmektedir. Buna göre, tip ilköğretim okulları projelerinden alınan bir derslik hacminde enerji etkin tasarım ilkelere göre farklı yönler için önerilen kabuk düzenlemelerinin ve mevcut kabuğun hacimde sağladığı günışığı aydınlık düzeyleri Radiance simulasyon programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Günışığı değerlerine bağlı olarak yapma aydınlatma sistem yükü belirlenmiştir. Radiance simulasyon programının günışığı hesaplamalarında İstanbul iline ait veriler girilmiştir. Çalışmada yapılan kabuller, izlenen yöntem ve elde edilen sonuçlar makale içinde sunulmuştur.

## Metodoloji ve kabuller

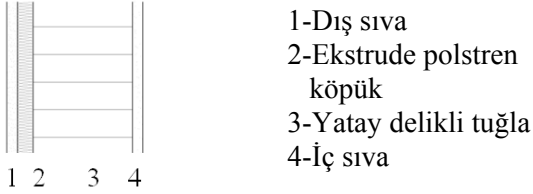
Çalışmada, Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'nda (LBNL) geliştirilmiş bilgisayar simulasyon programı olan ve hacimlerde aydınlık düzeyi, parıltı hesaplamalarını yapabilen Radiance 2.0 Beta programı kullanılarak derslik hacminde gerçekleşen günışığı değerleri hesaplanmıştır.

## Isıtma ve aydınlatma ekonomisi açısından yönlere göre geliştirilen öneri kabuk tasarımı ile ilgili kabuller

Isıtma ve aydınlatma ekonomisi açısından yön-lere göre geliştirilen kabuk tasarımı ile ilgili kabuller aşağıda yer almaktadır.

*Mevcut ve öneri kabuk katmanlaşmasının belirlenmesi* - Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın tip ilköğretim okullarında uygulanmakta olan kabuk katmanlaşmasında önceki yıllarda iklimle

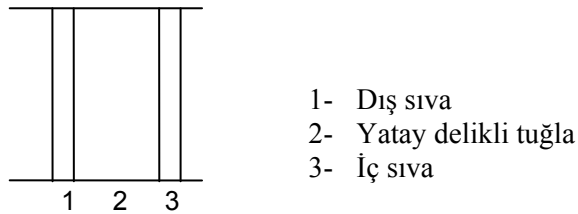
göre farklılık gösteren 3 bölge için üç farklı kabuk katmanlaşması kullanılmaktaydı. Ancak daha sonraları bu uygulamadan vazgeçilerek tüm bölgeler için aynı kabuk kombinasyonu uygulanmaya başlanmıştır. Bu uygulamada binanın tümünün mantolanması işlemi tercih edilmektedir. Buna göre, ilköğretim okullarında uygulanmakta olan kabuk detayı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. İlköğretim okullarında uygulanmakta olan kabuk detayı

Çalışmada yapma aydınlatma enerji yükünün azaltılmasına yönelik kabuk tasarımında ısıtma enerjisi tasarrufu sağlamak da amaçlanmaktadır. Isıtma ekonomisi açısından öneri kabuğun tasarlanmasında, Yılmaz (1983), tarafından geliştirilen kabuk yöntemi esas alınmıştır. Isıtma enerjisi için, İstanbul ilinde ısıtmanın istendiği dönem karakterize eden ocak dönemine ait grafikler kullanılmıştır.

Derslik hacminin mevcut projede saydamlık oranı % 31’dir. Uygulanmakta olan kabuk katmanlaşması, gerçek atmosfer koşullarında ocak döneminde, İstanbul ili için, opak bileşeni açık renkli kabul edilerek kabuk yöntemine göre değerlendirildiğinde, kabuğun ısı yalıtımına ihtiyaç duymadan iklimsel açıdan uygun performans gösterdiği görülmüştür. Şekil 2’de öneri kabuk katmanlaşması görülmektedir. Buradan hareketle, aynı kabuğun yalıtım gerektirmeksizin sağlayabildiği maksimum saydamlık oranı değerleri de “Saydamlık oranı eşdeğer eğrileri” grafiğinden okunarak bulunmuştur.



Şekil 2. Önerilen kabuk katmanlaşması

Isıtma ekonomisi açısından uygun kabukta sağlanabilecek maksimum saydamlık oranlarının belirlenmesi - Öneri kabuk için elde edilen maksimum saydamlık oranları, derslik hacminin pencere duvarının boyutları da göz önünde bulundurularak parapet ve giriş yükseklikleri değiştirilmeden pencere alanının yatay düzlemde genişletilmesi ile revize edilmiştir. Buna göre, çalışmada yönlere göre kabul edilen maksimum saydamlık oranları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kabul edilen maksimum saydamlık oranları

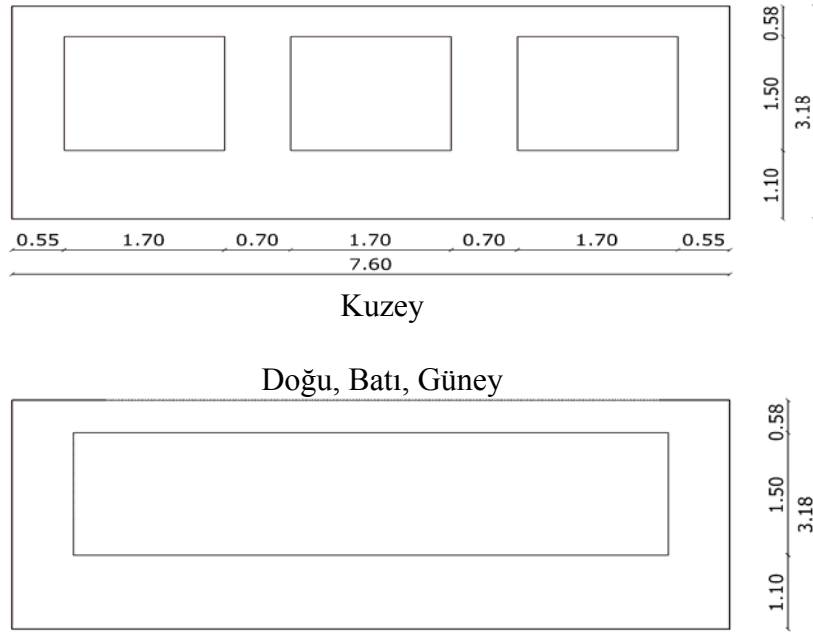
Kabul Edilen Maksimum Saydamlık Oranları	
N	%40
E, W	%46
S	%46

Öneri kabuk katmanlaşmasının farklı yönler için sahip olduğu saydamlık oranlarına göre cephe tasarımı Şekil 3’te yer almaktadır.

Aydınlatma ekonomisi açısından yönlere göre uygun kabuk düzenlemelerinin belirlenmesi - Çalışmada, derslik hacminde öneri kabuk düzenlemesinde ısıtma ekonomisi açısından yönlerle göre belirlenen saydamlık oranları alınmış, aydınlatma ekonomisi açısından da pencereye uygulanacak dış gölgeleme araçları Olgyay grafik yöntemi ile belirlenmiştir (Olgyay ve Olgyay, 1957).

Gölgeleme istenen dönemin belirlenmesi - Gölgeleme aracı tasarımında kullanılan Olgyay yönteminin, Zeren tarafından Türkiye’nin farklı iklim bölgelerine uyarlandığı çalışmadan alınan, İstanbul ve civarı için “Gölge Hattı Durumu Grafiği”nden yararlanılarak ilköğretim okullarında eğitim dönemi boyunca yönlere göre gölgeleme istenen süreler belirlenmiş ve Tablo 2’de belirtilmiştir (Zeren, 1962).

İlköğretim dersliklerinde iklimsel ve görsel konfor koşullarını sağlayacak uygun gölgeleme araçlarına ait özelliklerin belirlenmesi - Çalışmada, ilköğretim okullarındaki derslik hacimlerinde, yönlere bağlı olarak iklimsel ve görsel konfor koşulları açısından idealize edilmiş kabuk önerilerinin gerek estetik gerekse fonksiyonel



Şekil 3. Kabul edilen saydamlık oranlarına göre düzenlenen cephe

Tablo 2. Eğitim dönemi boyunca, yönlere göre gölgeleme istenen süreler

	BATI	DOĞU	GÜNEY
OCAK	-	-	-
ŞUBAT	-	-	-
MART	-	-	-
NİSAN	-	-	-
MAYIS	12:00-17:00	7:00-12:00	9:00-17:00
HAZİRAN	12:00-17:00	7:00-12:00	9:00-17:00
EYLÜL	12:00-17:00	7:00-12:00	9:00-17:00
EKİM	-	-	-
KASIM	-	-	-
ARALIK	-	-	-

açından uygun gölgeleme araçlarına sahip olmaları düşünülmüştür. Gölgeleme araçları pratikte uygulama ve kullanım kolaylığı sağlayacak şekilde parçalı olarak tasarlanmıştır. Isıtma ekonomisi açısından dış gölgeleme araçları seçilmiştir. İlköğretim okullarının kullanım saatleri göz önünde bulundurularak aydınlatma enerjisi yönetimi açısından yönlere göre seçilen gölgeleme araçları yatay, parçalı ve değişik eğim açılarındadır. Yönlere bağlı olarak, yatay gölgeleme araçlarının tasarımında gerekli olan profil açıları; İstanbul yöresine ait güneşin yıl içinde izlediği yolu gösteren “Güneş yörüngesi diyagramı” üzerinden, gölgeleme aracı maskesi kullanılarak okunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Yönlere göre belirlenen, gölgeleme aracı profil açıları

Yönlere	Profil açıları
DOĞU	13°
BATI	3°
GÜNEY	46°

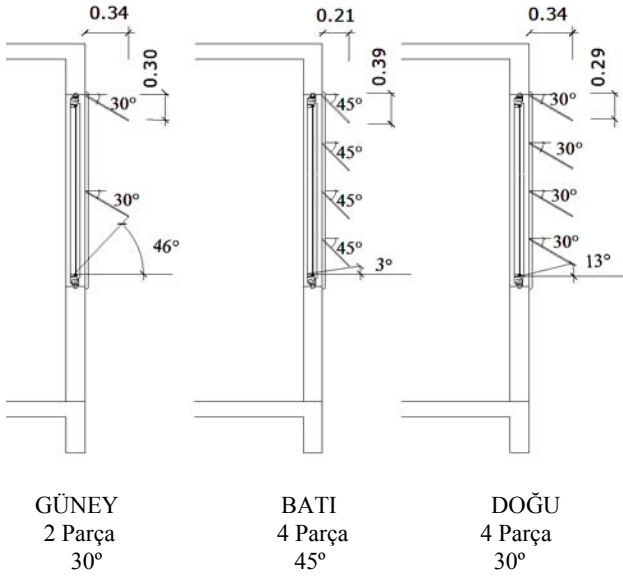
Profil açılarından yararlanılarak, malzeme ve boyut açılarından uygun yatay, parçalı gölgeleme araçları tasarlanmıştır. Gölgeleme araçlarının fiziksel özellikleri Tablo 4’de özetlenmiştir.

Tablo 4. Yönlere göre tasarlanan gölgeleme araçlarının fiziksel özellikleri

Gölgeleme aracı	Eğim	Adet	Malzeme	Özellik
Hareketli-yatay parçalı	30°	4	Alüminyum	r: % 79 T: % 0 S: % 50 R: % 10
Hareketli-yatay parçalı	45°	4	Alüminyum	r: % 79 T: % 0 S: % 50 R: % 10
Hareketli-yatay parçalı	30°	2	Alüminyum	r: % 79 T: % 0 S: % 50 R: % 10

r: Işık yansıtma katsayısı (%), T: Işık geçirme katsayısı (%)  
S: Aynasallık (%), R: Pürüzlülük (%)

Yönlere göre belirlenen gölgeleme araçlarına ait çizimler Şekil 4’ de yer almaktadır.



Şekil 4. Yönlere göre uygulanan gölgeleme araçları

#### Hesaplamalarda kullanılan simülasyon programına veri olarak girilen parametrelerin belirlenmesi

Çalışmada, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın tip ilköğretim okulları projelerinden İstanbul'da 4 şubeli bir okulda yer alan bir derslik hacminin dört ana yöne baktığı kabul edilmiş ve farklı cephe kombinasyonları denenerek gerek iklimsel ve görsel konfor koşulları açısından gerekse enerji korunumu açısından en uygun kabuk seçeneği araştırılmıştır.

#### Mevcut kabuğa ait güneşiği hesaplamalarında programa girilen veriler

Çalışmada Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın ilköğretim okullarında uygulamakta olduğu kabuğa ait değerler simülasyon programına veri olarak girilmiştir.

*Derslik hacminde güneşiği aydınlık düzeylerinin hesaplanmasında kabul edilen gök modeli - CIE'nin tanımladığı Ara Gök (Intermediate Sky) "Tasar Göğü" olarak kabul edilmiştir. Radiance simülasyon programının kullandığı "Ara Gök" modeli, Matsuura'nın geliştirdiği for-müle dayandırılmaktadır. Matsuura'nın modeli Radiance Programında gök koşullarının ta-*

nımlandığı "Gensky" programına yüklenmiştir (Ward, 2003).

*Hesap yapılacak yerin seçimi - Çalışmada İstanbul'a ait 40° 72' kuzey enlemi ve -29° boylam değerleri girilmiştir.*

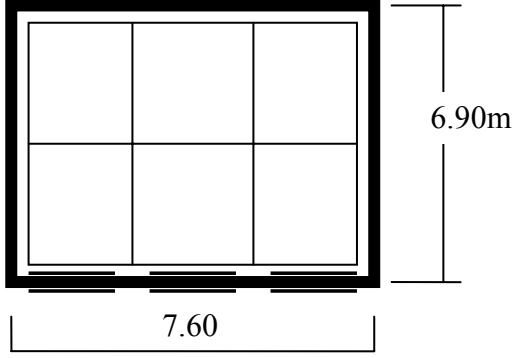
*Hesap yapılacak bölgenin zaman diliminin belirlenmesi - Programda, İstanbul bölgesi için Standart Meridyen değeri girilmiştir. İstanbul için Standart Meridyen değeri; İngiltere'de bulunan Greenwich istasyonu ile İstanbul arasındaki - 2 saatlik zaman farkının Türkiye için kabul edilen 15 katsayısı ile çarpılması sonucu -30 olarak hesaplanmıştır.*

*Hesaplarda kullanılacak bulanıklık faktörünün değerinin belirlenmesi - Bu çalışmada, ılımlı iklim koşullarında yıllık değerlere göre bulanıklığı sınıflandıran Linke bulanıklık çarpanının, yerleşmenin karakteristiğine bağlı olarak değişim gösteren ortalama aylık değerleri veri olarak girilmiştir.*

*Hesap yapılacak ay, gün ve saatin belirlenmesi - Çalışmada mevcut kabuğun haciminde sağladığı güneşiği aydınlık düzeyleri, ilköğretim okullarının açık olduğu tüm ay, günler boyunca, saatlik güneşiği aydınlık düzeyleri şeklinde hesaplanmıştır. Buna göre, 2006-2007 yılı akademik takvimi dikkate alınarak, eylül-haziran ayları arasındaki 185 iş günü, saat 7:00 ile 17:00 arasındaki tüm saatlik dilimler ele alınmıştır.*

*Hesap yapılacak referans nokta ya da ızgara sisteminin tasarlanması - Çalışmada derslik hacminde, 12 noktadan oluşan bir ızgara sistem üzerinde güneşiği değerleri hesaplatılmıştır. Izgara sistemi; yan duvarlardan 0.50 m, pencere ve arka duvardan 0.70 m mesafede olmak üzere, yerden yüksekliği ise ilköğretim okullarında ortalama sıra yüksekliği esas alınarak 0.67 m olacak şekilde oluşturulmuştur (Şekil 5).*

*Derslik hacmine ve pencereye ait büyüklüklerin belirlenmesi - Çalışmada ele alınan derslik hacmi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın uyguladığı tip ilköğretim okullarının, 4 şubeli olan projelerinden alınmıştır.*



Şekil 5. Plan üzerinde hesap yapılan ızgara sisteminin gösterilmesi

**Hacim boyutları ve hacme ait özellikler** - Çalışmada ele alınan derslik hacminin genişliği; 7.6 m, derinliği 6.9 m, net yükseklik 3.18 m'dir (Şekil 6). Hacimde uygulanan iç yüzey malzemeleri genel olarak ilköğretim okullarında uygulanmakta olan malzemeler arasından seçilmiştir. Buna göre hacmin iç yüzeyleri;

- Döşeme; % 21 yansıtıcılığa sahip taş kaplama,
- Duvarlar; % 70 yansıtıcılığa sahip bej rengi duvar boyası,

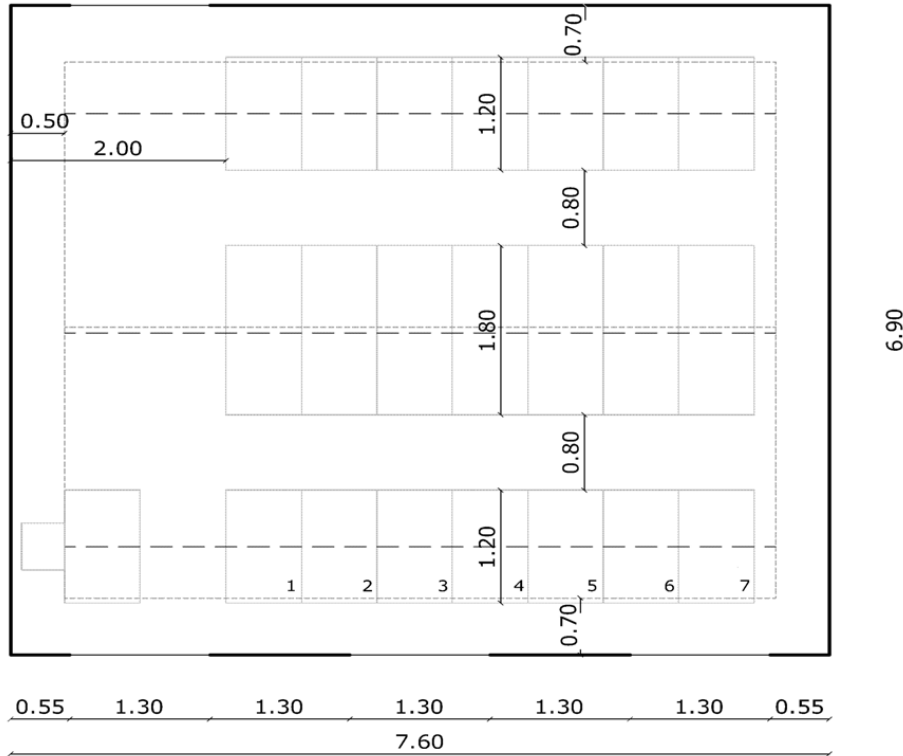
- Tavan; % 86 yansıtıcılığa sahip açık renk ile boyalıdır.

**Pencere düzeni ve cam seçimi** - Çalışmada, mevcut okul projesinde ele alınan orijinal pencere düzeni ve cam türünü temsil eden kabuğun sahip olduğu özellikler aşağıdaki gibidir:

- Saydamlık oranı: % 31,
- Parapet yüksekliği: 1.00 m,
- Kiriş yüksekliği: 0.48 m,
- Pencere camı ışık geçirgenliği; % 78,
- Işık yansıtıcılığı; % 14,
- Kalınlık 6mm çift cam'dır.

Camın kirlilik çarpanı değeri, hacmin yer aldığı bölgenin konut bölgesi ve temizlik bakımından temiz olduğu kabul edilerek % 80 olarak alınmıştır.

**Pencerenin baktığı yön** - Derslik hacminin günışığı aydınlatmasının tek yönlü olduğu kabul edilerek, hesaplamalarda pencere duvarının azimutu, kuzey yönü 0° olmak üzere 90°'lik aralıklarla değiştirilerek dört ana yön ele alınmıştır.



Şekil 6. Derslik planı

*Yer örtüsünün ışık yansıtma özellikleri* - İlköğretim okullarında, yapı dışı ortamda yer örtüsü genelde beton gibi sert malzemeden oluştuğu için yer örtüsünün ışık yansıtma çarpanı % 20 olarak alınmıştır. Işık yansıtma biçimi ise izotrop yayınık yansıma farz edilmiştir.

### **Öneri kabuklara ait günışığı hesaplamalarında programa girilen veriler** Mevcut kabuk ile ilgili hesaplamalarda;

- Derslik hacminde günışığı aydınlık düzeylerinin hesaplanmasında kabul edilen gök modeli
- Hesap yapılacak yerin seçimi
- Hesap yapılacak bölgenin zaman diliminin belirlenmesi
- Hesaplarda kullanılacak bulanıklılık faktörünün değerinin belirlenmesi
- Hesap yapılacak ay ve saatin belirlenmesi
- Hesap yapılacak referans nokta ya da ızgara sisteminin tasarlanması
- Hacim boyutları ve hacme ait özellikler
- Pencerenin baktığı yön
- Pencere tür seçimi
- Yer örtüsünün ışık yansıtma özellikleri

ile ilgili yapılmış kabuller, öneri kabuklara ait günışığı hesaplamalarında da alınmıştır.

Öneri kabuklar için yapılan hesaplamalarda yalnızca hesap yapılacak gün ile pencere düzeninde mevcut kabuğa göre farklı kabuller yapılmıştır.

*Öneri kabuk için hesap yapılacak günün belirlenmesi* - Öneri kabuk için yapılan hesaplar bir dizi kabule dayandırılmıştır. Mevcut kabuk için okulların açık olduğu dönem boyunca, günlük ve saatlik bazda yapılan hesaplamalardan her ayı karakterize eden günün belirlenmesi için; hacmin aynı noktalarında saatlik bazda elde edilen günışığı aydınlık düzeylerine ait aylık ortalamalar hesaplanmıştır. Bu ortalama değerleri, en çok yaklaşıklıkla sağlayan günler tespit edilmeye çalışılmıştır. Görülmüştür ki, her ayın 15. günü en çok yaklaşıklıkla ortalama tutmaktadır. Elde edilen bu sonucun doğruluğunun sınanması için birtakım istatistik testler uygula-

lanmıştır ve parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U Testi'ne göre, her ayın 15. gününü ayı temsil eden gün olarak seçmek mümkün olmaktadır. Her ayın 15. günü karakteristik gün olarak belirlendikten sonra, gölgeleme istenen ve istenmeyen dönemde, karakteristik gün için sabah 7:00'den akşam 17:00'ye kadar 1'er saatlik dilimlerde hacim içinde sağlanan günışığı aydınlık düzeyleri Radianca simülasyon programında hesaplatılmıştır.

*Pencere düzeni ve cam seçimi* - Derslik hacmine ait öneri kabuğun saydamlık oranları değiştirilirken, pencerenin bulunduğu duvarda parapet yüksekliği ile giriş yüksekliği sabit tutulmuş, pencere boyutu yatay ekseninde genişletilerek saydamlık oranları artırılmıştır.

*Öneri kabuklarda gölgeleme araçları pozisyonunun belirlenmesi* - Gölgeleme araçlarının pozisyonlarının; sabit ve hareketli oldukları kabul edilmiştir. Buna göre, tüm öğretim yılı boyunca cephe üzerinde sabit gölgeleme araçlarının kullanıldığı kabuk; öneri kabuk 1, yalnızca gölgeleme istenen dönemde gölgeleme araçlarının kullanıldığı kabuk önerisi; öneri kabuk 2 olarak kabul edilmiştir.

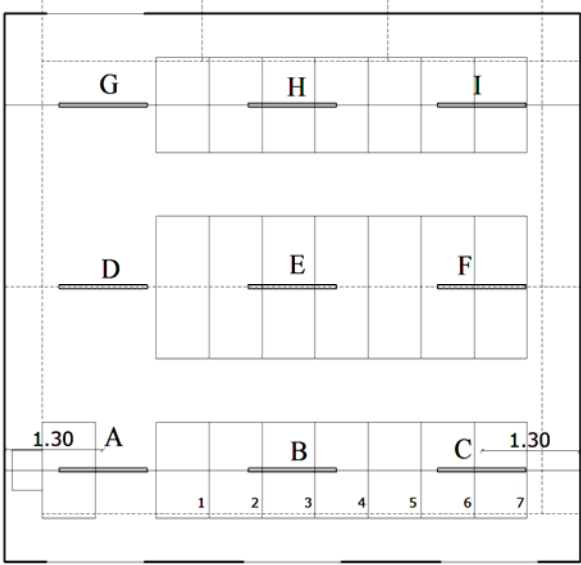
### **Derslik hacminin yapma aydınlatma sistemi ile ilgili kabuller**

Derslik hacminin yapma aydınlatma sistemi tasarımı, görsel konfor koşullarına dikkat etmek üzere, CIE'nin hazırladığı kapalı alan çalışma mekanlarının aydınlatılması ile ilgili standartlarda yer alan değerleri sağlayacak şekilde yapılmıştır (CIE DS 008.1/E). Yapma aydınlatma sistemi pencere duvarına paralel 3 sıra şeklinde ve aydınlığın düzgün dağılımını sağlayacak biçimde yerleştirilen 9 aygıttan oluşmaktadır.

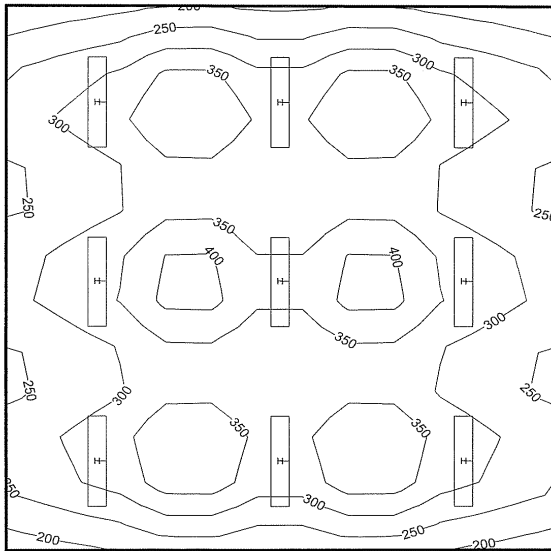
Philips firmasının iç mekan yapma aydınlatma tasarımı için hazırladığı CalcuLuX indoor 5.0b programına göre tasarlanan yapma aydınlatma sistemi Şekil 7'de plan üzerinde gösterilmiştir.

Derslik hacmi için önerilen yapma aydınlatma sisteminin aydınlık dağılımı Şekil 8'de görülmektedir.





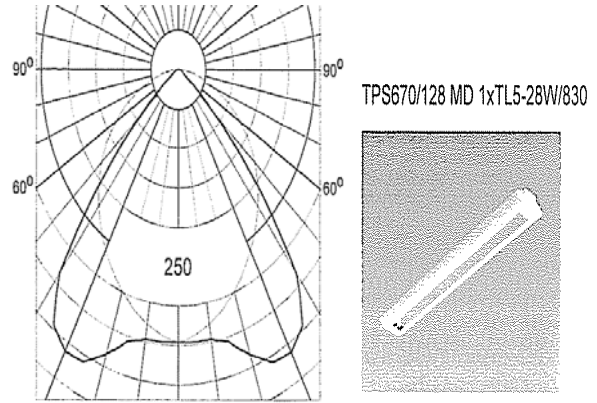
Şekil 7. Yapma aydınlatma araçlarının yerleşimi



Şekil 8. Yapma aydınlatma sistemi aydınlık dağılımı (lx)

Aydınlatma enerji yönetiminde yapma aydınlatmanın kuruluş yükünün azaltılmasında; yapma aydınlatma sistemlerinde kullanılan lambaların etkinlik faktörleri önemli bir unsurdur. Derslik hacminin yapma aydınlatma sisteminde ışık kaynakları olarak flüoresan lambalar kullanılmıştır. Her bir aygıtta 1 adet 28 Watt'lık TL'5 flüoresan lamba yer almaktadır. Armatür ve lamba seçimi Philips firmasına ait katalogdan yapılmış olup, sistemin loşlaştırılmasını (dimmerlenme) sağlayacak elektronik balast ve

sensörler için aynı firmanın ürünleri kullanılmıştır. Buna göre, seçilen armatür TPS 670'tir (Şekil 9).



Şekil 9. Derslik hacminde kullanılan aydınlatma aracı ve ışık dağılım eğrisi

Aydınlatma enerji yönetiminde aydınlatma sürelerinin azaltılması, gün boyu çalışılan okul gibi binalarda önemli olup, bu tip binalarda kullanılacak yapma aydınlatma kontrol sistemleri şöyle sıralanabilir:

- İnsan algılayıcı dedektörler
- Zaman ayarlı sistemler
- Günışığına duyarlı sistemler (Fotocell)'dir.

Fotoelektrik kontroller; ofis, restoran, dükkan, endüstri binası ve okul gibi binalarda, aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılmasında etkili olabilmektedirler. Açma-kapama ve loşlaştırma (dimmerleme) ile kontrol etme, aydınlatma kontrolü sağlamada günışığına bağlı enerji tasarrufu sağlamada günümüzde geçerli olan yöntemlerdir (Littlefair ve Heasman, 1998). Bu çalışmada, derslik hacminin, yapma aydınlatma kontrol sisteminde, 9 ayrı armatürün ayrı ayrı loşlaştırılmasını sağlayan ve armatür üzerine yerleştirilen, Armatür tabanlı ışık sensörü elektronik balast ile birlikte kullanılmıştır. Bu modelde, sensörler çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyini, yine çalışma düzleminde yansıtılarak gelen ışığı ölçerek değerlendirmekte ve lambaları loşlaştırabilmektedirler. Sistemin şebekeden çektiği güç loşlaştırmayı gerçekleştirecek elektronik balastın harcadığı güç ile lambaların harcadığı güçten oluşmaktadır. TRIOS Luxsense LRH 1222/00 TL'5 clip modelinde elektronik

balastın çektiği güç 5 Watt'tır. Buna göre, bir aygıtın % 100 çalışma durumunda şebekeden çektiği güç; lambanın gücü 28 Watt ve elektronik balastın gücü olan 5 Watt olup, toplam 33 Watt olarak hesaplanmaktadır.

### Hesaplama sonuçları

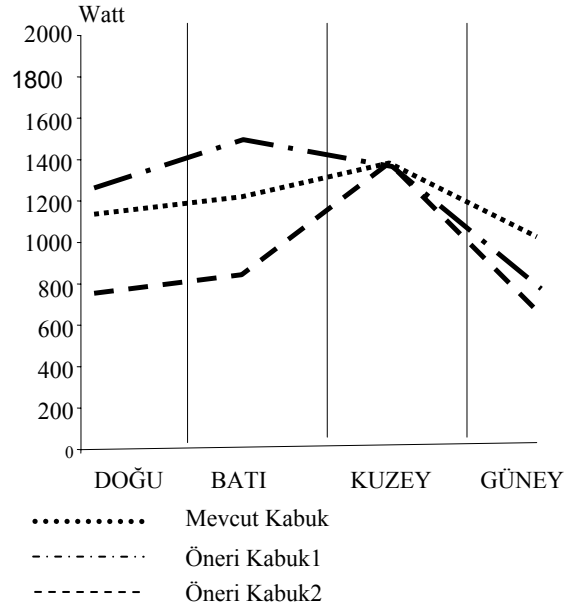
Çalışmada derslik hacmine ait mevcut kabuk ile yönler göre değişen saydamlık oranları ve dış gölgeleme araçlarına sahip farklı cephe düzenlemelerinden oluşan öneri kabuk 1 ve öneri kabuk 2 alternatiflerinin yapma aydınlatma enerji tüketimi üzerine olan etkileri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Gölgeleme araçları sabit kabul edildiğinde (Öneri kabuk 1); karakteristik gün bazında; derslik hacminin harcadığı yapma aydınlatma enerji miktarı; mevcut kabuğun kullanıldığı derslik hacminde gerçekleşen yapma aydınlatma yükünden genel olarak daha fazladır. Öneri kabuk 1, okulların açık olduğu dönem süresinde, mevcut kabuğa göre, güney ve kuzey yönünde enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Öneri kabuk 1, batı ve doğu yönlerinde mevcut kabuğa göre daha fazla yapma aydınlatma enerji harcamasına neden olmaktadır. Batı yönünde % 17 ile % 54 arasında; doğu yönünde % 3 ile % 50 arasında değişen fazladan enerji harcamasına neden olmaktadır.

Aylık yapma aydınlatma enerji harcamalarına bakıldığında; kuzey ve güney yönlerinde, öneri kabuk 1, mevcut kabuğa göre enerji tasarrufu sağlamaktadır. Öneri kabuk 1; kuzey yönünde % 0.35 ile % 9 arasında; güney yönünde % 12 ile % 46 arasında değişen bir enerji tasarrufu sağlamıştır. Batı ve doğu yönlerinde ise öneri kabuk 1, mevcut kabuğa göre enerji tasarrufu sağlayamamıştır. Öneri kabuk 1; batı yönünde % 17 ile % 44 arasında; doğu yönünde % 8 ile % 31 arasında değişen fazladan enerji harcamasına neden olmuştur.

Gölgeleme araçları hareketli kabul edildiğinde (Öneri kabuk 2); karakteristik gün bazında; kabuğun harcadığı yapma aydınlatma enerji miktarı; mevcut kabuğun neden olduğu yapma aydınlatma yükünden genel olarak daha azdır.

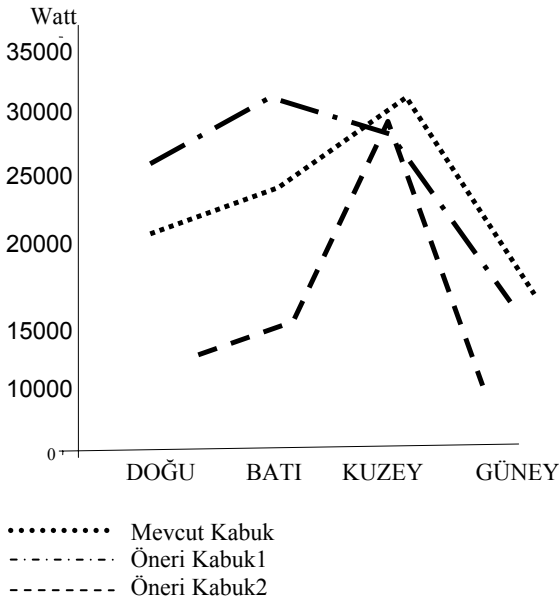
Aylık yapma aydınlatma enerji harcamalarına bakıldığında; tüm yönlerde, öneri kabuk 2, mevcut kabuğa göre enerji tasarrufu sağlamaktadır (Şekil 10). Kuzey yönünde % 0.35 ile % 9; güney yönünde % 41 ile % 74; batı yönünde % 23 ile % 64; doğu yönünde % 37 ile % 78 arasında değişen oranlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 10. Yönler göre kabuk alternatiflerinin ortalama enerji performansları

Varyans analizinde mevcut kabuk, öneri kabuk 1 (sabit gölgeleme araçları), öneri kabuk 2'ye (hareketli gölgeleme araçları) ait yönler göre aylık enerji yükü ortalamaları hesaplanmıştır. Yapılan varyans analizinden elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmelerinde, Anova gruplar arası testlerde, mevcut ve önerilen kabukların neden oldukları enerji harcamaları mevcut kabuğa göre ve yönler göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Anova ardından yapılan Tukey testine göre mevcut kabuk ile öneri kabuk 1'in ortalamaları istatistiksel olarak eşit kabul edilebilmektedir (Özdamar, 2004), öneri kabuk 2 diğer kabuklara göre anlamlı farklılık göstermektedir ve enerji harcaması daha düşüktür. Tukey testine göre; Mevcut kabuğun neden olduğu yapma aydınlatma enerji yükü ortalaması 24900.48 Watt, Öneri kabuk 1'in ortalaması 26074.7 Watt; Öneri kabuk 2'nin ortalaması ise 16114.7 Watt'tır.

Şekil 11'den görülebileceği üzere yönlere göre mevcut kabuk ve öneri kabuk 1 enerji değerleri yüksek; öneri kabuk 2'nin enerji değerleri düşüktür. Tukey testine göre yönler bazında enerji ortalamaları incelendiğinde aylık en yüksek enerji harcaması kuzey yönünde meydana gelmektedir (30326.93 Watt). Doğu ve batı yönleri enerji harcaması orta düzeyde ve yakın meydana gelmektedir (doğu= 20616.47 Watt; batı=24429.8 Watt). En düşük enerji harcaması güney yönünde meydana gelmektedir (14079.97 Watt).



Şekil 11. Anova açısından kabuk alternatiflerinin yönlere göre ortalama enerji değerleri

## Sonuçlar

Binalarda günışığı kullanımı enerji tasarrufu açısından etkin bir yöntem olup mimari tasarım sürecinin bütün aşamalarında alınan kararlarda dikkat edilmesi gereken konulardan birisidir.

İlköğretim okulları gün boyu kullanıldıkları için enerjinin tüketiminde büyük öneme sahiptirler. İlköğretim okulları tasarımına enerji etkin tasarım ilkeleri ile yaklaşıldığında, bu binaların, iklim ve aydınlatma kontrolü açılarından optimum performans gösteren pasif sistemler olarak tasarlanmaları ile aktif sistemlerin enerji yükü minimize edilerek enerji kaynaklarının daha bilinçli kullanımı sağlanacaktır. Bununla birlikte öğrenci ve öğretmenlerin iklimsel ve görsel konfor du-

rumlarının sağlanması ile performansları artacak, buldukları ortamdan hoşnut olmaları sağlanacaktır.

Bu amaçla, çalışmada, önerilen yaklaşım ile, ilköğretim okullarında iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanmasında enerji yönetimi açısından yönlere göre uygun kabuk alternatifleri belirlenmeye çalışılarak öneri kabuk alternatifleri ile mevcut kabuğun yapma aydınlatma enerji yükleri karşılaştırılmıştır. Enerji etkin tasarım ilkelerine göre düzenlenmiş kabuk önerilerinde, derslik hacminin özellikle güneye yönlendirilmesi kışın güneşin ısısal etkisinden maksimum düzeyde yararlanmayı sağlamaktadır. Ancak gölgeleme istenen dönemde güneye, batıya ve doğuya yönlendirilmiş derslik hacimlerinde iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için dış gölgeleme araçlarının kullanılması gerekmektedir. Cephede gölgeleme araçları kullanıldığında hacim içerisinde günışığı aydınlık düzeylerinde belli oranda bir azalma olduğu görülse de aydınlığın homojen dağılımı ve parlaklık oranlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almasından dolayı görsel konfor koşulları açısından gölgeleme araçları olumlu etkiye sahiptir.

Enerji yükleri açısından bakıldığında; gölgeleme araçlarının konumu sabit olduğunda; doğu ve batı yönlerinde; öneri kabuğun, aylık yapma aydınlatma enerji harcaması mevcut kabuğun neden olduğu enerji harcamasına göre bir miktar daha fazla olmaktadır. Ancak görsel konfor koşulları açısından kamaşma sorununun olmaması ve aydınlığın dağılımında homojenliğin sağlanması olumlu etkileri arasındadır. Güney yönünde mevcut kabuğa göre önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Gölgeleme araçlarının konumu hareketli kabul edildiğinde yani gölgeleme istenen dönem dışında pencere camı gölgelenmediği için doğu, batı ve güney yönlerinde; aylık yapma aydınlatma enerji harcamalarında mevcut kabuğa göre oldukça fazla tasarruf sağlanabilmektedir. Öneri kabuk alternatiflerinde kuzey yönünde artırılmış saydamlık oranları nedeniyle mevcut kabuğa göre yapma aydınlatma enerji harcaması daha azdır.

Yukarıda açıklanan sonuçlar göz önüne alındığında; gölgeleme araçlarının konumu, güneş ışığının cepheyi etkileme durumuna göre otomasyon sistemine bağlı hale getirildiğinde hem görsel ve iklimsel konfor açısından hem de aydınlatma, ısıtma-soğutma yükleri açısından daha olumlu sonuçlar elde edilecektir. Bu bağlamda daha ileri ki çalışmalarda aydınlatma ve iklim yüklerinin optimizasyonu araştırılabilir.

## Kaynaklar

CIE Draft Standard, (1986). Guide on Interior Lighting, 29, 2, Vienna.

Küçükdoğu, M., (2007). Mühendislik ve mimarlıkta enerji etkin tasarım ilkeleri, *IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 1-6, İzmir.

Littlefair, P.J. ve Heasman, T.A., (1998). A case study of technology and the user interface, the effectiveness of lighting controls in a range of

building types, *Intelligent Building Conference*, BRE, Garston.

Olgyay, V. ve Olgyay, A., (1957). *Solar Control and Shading Devices*, Princeton University Pres.

Özdamar, K., (2004). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi-I*, Kaan Kitapevi, 413, Eskişehir.

Ward, G., (2003). Sky models for lighting simulation, Pub 790, Ernest Orlando, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.

Yılmaz, Z., (1983). İklimsel konfor sağlanması ve yağışma kontrolünde optimum performans gösteren yapı kabuğunun hacim konumuna ve boyutlarına bağlı olarak belirlenmesinde kullanılabilir bir yaklaşım, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Zeren, L., (1962). *Güneş yörüngesi diyagramı üzerine İstanbul ve civarı için bulunan ısıtma istenen ve istenmeyen dönemlerin işlenmiş durumu, Türkiye'nin tipik iklim bölgelerinde en sıcak devre ve en az sıcak devre tayini- I. Mutedil bölge*, 8, İ.T.Ü. Yapı Araştırma Kurumu Yayını, İstanbul.