

# Sürdürülebilir Okul Tasarımında Gün Işığı Kullanımına Yönelik Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme

Laylo DJALILOVA<sup>1</sup>, B. Ece ŞAHİN<sup>2</sup>

Makale Geliş Tarihi (Submitted Date) : 30-06-2019 - Makale Kabul Tarihi (Accepted Date): 18-11-2019.

## Öz

Sürdürülebilir okul tasarımındaki temel amaçlardan biri gün ışığından daha fazla yararlanılmasıdır. Gün ışığının kullanımıyla, yapay aydınlatma gereksinimi en aza düşürülmekte ve öğrenme ortamında öğrencilerin başarısı desteklenmektedir. Bu bağlamda çalışmada, son yıllarda sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda tasarlanmış okullarda gün ışığı alımını desteklemek için kullanılan yöntemleri tanımlayabilmek amaçlanmaktadır. Araştırma kapsamında sürdürülebilir okul örneklerinde gün ışığı alımının artırılmasına yönelik çözümler “gün ışığının alımında olanaklar, gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi” konuları kapsamında incelenmektedir. Değerlendirilen örneklerde gün ışığı alımı, güney yönünde geniş açıklıklar, kat yüksekliğinde pencereler ve tepe ışığı sağlayan açıklıklar birlikte kullanılarak sağlanmaktadır. Gün ışığı alımının desteklenmesi amacı bina formunun belirlenmesinde de etkili olmaktadır. Gün ışığından korunmada ışığa duyarlı hareket eden tekstil katmanlar, panjur sistemleri kullanılmakta ve enerji tüketimi büyük ölçüde düşürülmektedir. Gün ışığı alımının desteklenmesinde ışığı iç mekâna yönlendiren ışık raflarından ve su yüzeylerinin yansıtıcı özelliğinden yararlanılmaktadır. Okul binaları tasarımında, gün ışığından yararlanılması hedefi doğrultusunda belirtilen yöntemlerin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesine önem verilmelidir.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilir eğitim binaları, doğal aydınlatma, okullarda gün ışığı sistemleri.

## A Study on Applications of Daylight Use in Sustainable School Design

### Abstract

One of the main goals in sustainable school design is to get more value from daylight. When using natural light, the need for artificial lighting is minimized and the success of students in the learning environment is maintained. In this context, the purpose of this study is to identify the methods used to support the use of daylight in schools designed in accordance with the principles of sustainability. As part of the study, solutions were considered to increase daylight consumption in school samples, designed to ensure sustainability as part of “providing daylight, controlling daylight, and supporting natural light”. In the studied samples, the receiving of natural light is provided in various ways, glazing in the south wall, using windows at the height of the floor, openings on top of the room and in some cases combining these strategies. The goal of supporting natural lighting is to effectively determine the shape of buildings. Textile layers, daylight sensitive louvre systems are used in protection against daylight, and energy consumption is significantly reduced. Light shelves that direct light inwards and the reflective properties of water surfaces are used to support daylight. When designing school buildings, attention should be paid to evaluating the approaches mentioned in accordance with the objective of supporting the production of natural light.

**Key words:** Sustainable schools, daylighting in schools, daylighting systems.

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bursa. e-posta: aylo5318@gmail.com  
ORCID-ID: 0000-0002-2606-4737

<sup>2</sup> Doç. Dr. Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bursa. e-posta: easatekin@yahoo.com  
ORCID-ID: 0000-0003-2061-7473

## 1. Giriş

Sürdürülebilir tasarımın gerekliliğinin 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından ifade edilmesinin ardından 1990'lardan itibaren yapım alanında sürdürülebilirlik konusundaki gelişmeler hızla artmıştır (Yudelson, 2007). Bu süreçte eğitim mekânları tasarımında sürdürülebilirlik, enerji korunumu ile birlikte hem sağlıklı bir öğrenme ortamının sağlanması hem de öğrencilerin konuya ilişkin öğrenmelerinin desteklenmesi yönüyle özel bir öneme de sahip olmuştur. Sürdürülebilirlik eğitimi kapsamında öğrencilere aktarılan çevresel konulara farkındalık yaratan teorik bilgilerin pratiğe taşınmasına gereksinim duyulmaktadır (Davis, 2010). Eğitim mekânlarının deneyimleri zenginleştirerek bir model olması gerektiği kabul edilmektedir. Okul tasarımında sürdürülebilirlik açısından çözümler geliştirilmesine, gelecek nesillere erken yaşlardan itibaren çevre koruma bilincinin ve sürdürülebilirliğin önemini aktarılması ve öğrenmenin desteklenmesi açısından önem verilmektedir. Bu sayede okulun, çocuklara sürdürülebilirlik kavramının önemini anlatan bir öğrenme aracı oluşturduğu; çevresel farkındalığın artırılmasında üçüncü öğretmen haline geldiği belirtilmektedir. Aynı zamanda okul ortamında öğrenme için sağlanan uygun çevresel koşulların, okula duyulan ilgiyi arttırdığı ve çalışmayı daha eğlenceli hale getirdiği de vurgulanmaktadır (Nair ve Fielding, 2007; Care, 2015).

Yaşamın gelişimsel açıdan en önemli dönemi olarak bilinen çocukluk yıllarında çocukların zamanın büyük bir bölümünü geçirdiği eğitim mekânlarındaki fiziksel çevre niteliği, bireysel gelişim ve eğitimin kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Okullarda, iç mekânda doğal havalandırma sağlanması, doğal ışığın yeterli olması, çevre dostu ürünlerin kullanılması ve öğrencilerin olabildiğince doğa ile ilişki kurabilmesine olanak sağlanması önem taşımaktadır. Sürdürülebilir bir okulun, termal olarak konforlu; temiz hava, gün ışığı ve manzarayla ilişki kurulan; öğrenmeyi destekleyen akustik koşullara sahip; spor olanakları sağlayan; çevreyi bir öğrenme kaynağı olarak kullanabilen; iyi içme suyu elde edebilen; arkadaşlığı ve sosyal gelişimi destekleyen sosyal olanaklar sağlayan; bireysel güvenliğe duyarlı bir şekilde tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Murphy ve Thorne, 2010). Sürdürülebilir okul tasarımı için Yeşil Bina Sertifika sistemlerinde de belirtilen konular kapsamında değerlendirmeler gerçekleştirilmektedir. Örneğin değerlendirme sistemi BREEAM için sürdürülebilir bina

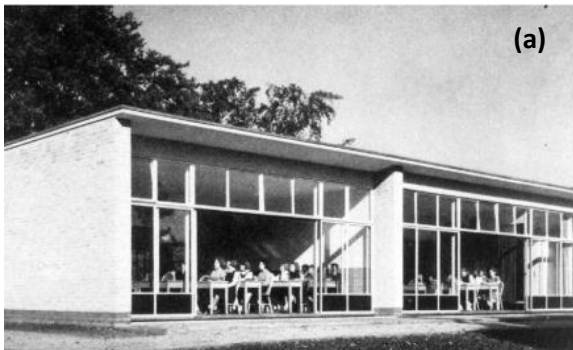
“yönetim, sağlık ve refah, enerji, nakliye, su, malzeme, atık, kirlilik, yenilikçilik, alan kullanımı ve ekoloji” boyutları olmak üzere dokuz farklı kategoride değerlendirilmektedir (<http://www.breeam.org>, 2019). LEED sisteminde ise, değerlendirme kategorileri “malzeme ve kaynaklar, su verimliliği, enerji ve atmosfer, sürdürülebilir alanlar, yapı içi çevresel kalite, yenilikçilik” olarak tanımlanmaktadır (<http://www.usgbc.org/leed>, 2019). Sağlıklı ortam ve enerji korunumunun sağlanması kapsamında binalarda doğal ışığın kullanımına yönelik çözümlerin geliştirilmesi belirtilen ölçütler açısından önem taşımaktadır. Okul tasarımında doğal ışığın artırılmasına yönelik çözümlerle, yapay aydınlatma gereksinimini en aza indirilebilmekte ve okulda gün boyunca öğrenci ve çalışan performansının artmasını desteklenebilmektedir. Çocukların sağlıklı gelişmesi ve öğrenme becerilerinin desteklenmesi için uzun zaman geçirdikleri eğitim mekânlarının fiziksel ve çevresel yönden sağlıklı olması önem taşımaktadır. Okullarda gün ışığı alımının yeterli düzeyde ve doğru bir şekilde sağlanması, öğrenci ve öğretmenlerin çevreyi herhangi bir görsel rahatsızlık olmadan algılamaları ve yorgunluk hissetmeden eylemlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebilmelerini sağlamaktadır (Winterbottom, 2009).

Bu çalışmada tasarım kararlarında sürdürülebilirlik yaklaşımının yer aldığı okul örneklerinde, doğal aydınlatma tasarımı açısından gerçekleştirilen uygulamalar incelenmektedir. Gün ışığından yararlanılması açısından değerlendirilmesi gereken temel boyutlar “gün ışığı alımında olanaklar, gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi” olarak tanımlanmış; sürdürülebilirlik hedefi doğrultusunda tasarlanan okul örneklerinde belirtilen konular açısından geliştirilen çözümler araştırılmıştır.

## 2. Okul Binalarında Gün Işığı Kullanımının Önemi ve Doğal Aydınlatmada Temel Gereklilikler

Sürdürülebilir kalkınma kavramının önem kazanmasıyla birlikte mimari tasarım süreçlerinde binalarda doğal ışıktan yararlanılması ve doğal aydınlatmanın sağlanması konularına verilen önem yeniden artmıştır. Doğal ışık kullanımı aslında tarihsel süreçte farklı bina tipolojilerinin gelişiminde önemli bir tasarım parametresi olarak değerlendirilmiştir. Binalarda doğal ışık alımının artırılmasına yönelik ilk çözümler, duvarlardaki

düşey pencereler aracılığıyla sağlanmıştır. 17. ve 18. yüzyıllarda daha büyük binalarda geniş mekânları aydınlatmak için binaların iç kısımlarına gün ışığı ulaşmasına olanak veren, tepe ışığı alımına yönelik tasarım çözümleri uygulanmaya başlamıştır. Örneğin İngiltere’de 1725 yılında inşa edilen Chiswick House adını taşıyan konutta, doğal ışıkla aydınlatma için kubbe etrafında küçük pencerelere yer verilmiştir. 19. yüzyılın sonlarında ofis tasarımlarında da yatay ve geniş pencereler kullanılarak gün boyu mekânların yeterince aydınlatılması sağlanmıştır (Phillips, 2004). Bu dönemlerde okul tasarımında da gün ışığından yararlanılması konusunun değerlendirildiği çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 1874 yılında yayınlanan, Robson’un “Okul mimarisi: okulların planlanması, tasarlanması, inşası ve tefrişi ile ilgili pratik açıklamalar” (*School architecture: being practical remarks on the planning, designing, building and furnishing of school houses*) kitabında sınıfların doğal aydınlatılmasına yönelik öneriler ve yöntemler bulunmaktadır. Robson, iyi aydınlatılan sınıflarda, sınıfın dış duvarlarındaki pencere alanının, zemin alanının yaklaşık % 20’sine eşit olması gerektiğini ve bu sayede parlamadan korunmanın da sağlanmakta olduğunu ifade etmiştir (Barch, 2003). 1900’lerden sonra ise ilk olarak Almanya’da gelişen “açık hava okulu” (*open air school*) hareketi önem kazanmaya başlamıştır. 1904 yılında Berlin’de hasta çocuklar için orman okulu (*Waldschule für kränkliche Kinder*) kurulmasıyla başlayan açık hava okulu hareketi 1930’lere kadar tüm Avrupa ülkelerinde en fazla yaygınlaşan okul türü haline gelmiştir (Chatelet, 2008). Bu hareket, okul binalarında doğal havalandırmaya ve doğal aydınlatmaya daha çok önem verilmesinde, sağlık ve refah konularının ön planda tutulmasında etkili olmuştur. Açık hava okullarında, sınıfların bir en az bir tarafının tamamen açılabilirdiği bir bahçe alanına sahip olacak bir düzen uygulanmıştır (Şekil 1 a ve b).



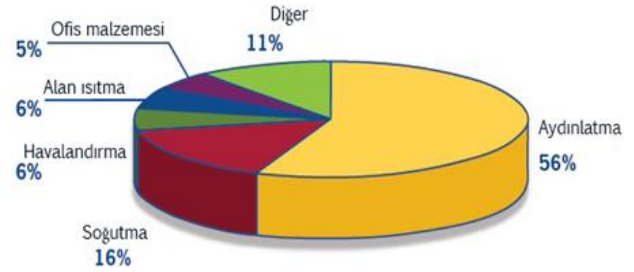
Şekil 1. (a) Impington School, 1939, Cambridge, İngiltere (b) Uffculme Open-Air School, 1911, Birmingham, İngiltere (Chatelet, 2008)

Açık hava okulu anlayışı doğrultusunda tasarlanan okullarda, sınıflara güneş ışığı alımını kolaylaştırmak için okul binaları güney yönüne yönlendirilmiş; verandalar, açılır geniş pencereler ve geniş koridorların kullanımıyla birlikte daha açık bir planlama anlayışı uygulanmış ve bu şekilde öğretim alanlarının gün boyu üst düzeyde gün ışığıyla aydınlatılması da sağlanmıştır (Barch, 2003). Ancak 20. yüzyılın başlarında elektriğin kullanımındaki artışla, yapay aydınlatmaya yönelim gerçekleşmiş ve gün ışığı kullanımının önemi göz ardı edilmeye başlamıştır. Bu dönemde elektrik hizmeti veren şirketler tarafından elektrik satışının artırılması amaçlanmış olmasının da etkisiyle, yapay aydınlatma kullanımı büyük bir hızla artmaya başlamıştır. Eğitim binalarında da doğal aydınlatma, yapay ışık kullanımıyla entegre edilmiş ve çevresiyle ilişkisi güçlü, açık hava okulu yaklaşımına uygun bir yapıya sahip olan okullar yerine daha kompakt, oldukça küçük pencere ve hatta hiç penceresiz okul tasarımlarının uygulanması söz konusu olmuştur (Costanzo ve ark., 2017; Baker, 2012). 1970’lerde yaşanan petrol krizi sırasında, ABD’deki penceresiz okullar sayıca artmış ve bazı eyaletlerde yetkililer tarafından tüm okulların penceresiz ve klimalı olmasını gerektiren bir yasa bile çıkarılmıştır (Michaelidou, 2012). Bu yaklaşım, eleştirilere rağmen o dönemde mimarlar tarafından da desteklenmiştir. Örneğin, 1969’da Castaldi tarafından bu durum olumlu bir görüşle “Son zamanlarda odak noktası doğal aydınlatmadan yapay aydınlatmaya kaymıştır. Artık istenilen genişlik ve derinlikteki alanlar rahat bir şekilde yeterince aydınlatılabilir” olarak

yorumlanmıştır (Castaldi, 1969). Ayrıca, bu dönemde birçok mimar tarafından penceresiz okulların aşırı sıcağı, parlamayı ve öğrencilerin dikkati dağılmasını engellediği, aynı zamanda mekânların daha esnek düzenlemesine olanak tanıdığı belirtilmiştir. Bu olumlu bakış açısına karşın, araştırmalarda yaklaşımın yanlış olduğu vurgulanmış; okullardaki öğretmen ve öğrencilerin ortamın konforuna yönelik olumsuz düşünceleri ifade edilmiştir (Baker, 2012). Mimari özgürlük sağladığı kabul edilen bu yaklaşım, enerji krizi ve penceresiz sınıfların etkilerinin sorgulanması nedeniyle uzun süre uygulanmamıştır.

20. yüzyılın sonlarından itibaren sürdürülebilirlik kavramının önem kazandığı ve çevre bilincinin arttığı bir döneme geçilmesiyle birlikte, yenilenebilir enerji kullanımına duyulan gereksinim kapsamında gün ışığından yararlanılması konusu tasarım süreçlerinde yeniden sorgulanmaya başlamıştır. Mekânların yeterli düzeyde gün ışığı alması, kullanıcıların ruh hali, sağlığı üzerindeki olumlu etkileri dışında sürdürülebilir kalkınmanın temel boyutu olan enerji tasarrufunun sağlanması açısından da çok büyük bir etkiye sahiptir. Binalarda gün ışığından en üst düzeyde yararlanılmasıyla, aydınlatma, ısıtma ve soğutma için harcanan enerji tüketiminin en aza indirilmesi sağlanabilmektedir. Aydınlatma açısından, okullarda tüketilen elektrik enerjisinin toplam enerji tüketiminde en büyük paya sahip olduğu ifade edilmektedir (Şekil 2). ABD’de yapılan bir araştırmada okullarda elektriğin en büyük oranda (%56) aydınlatma için kullanıldığı tanımlanmaktadır (Anonim, 2007). Bu çerçevede, okulların aydınlatılmasında en üst düzeyde işlevsel ve aynı zamanda düşük maliyetli çözümlerin elde edilmesi için sürekli yeni yöntemler aranmaktadır. Yeni önerilmekte olan sistemlerde elektrik kullanımının düşük seviyede tutulması, sınıflarda uygun aydınlatma koşullarıyla öğrenci ve çalışan performansının üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda gün ışığı kontrol sistemleri kullanımı da önem taşımaktadır. Gün ışığı kontrol mekanizmalarının kullanıldığı mekânlarda %20 ile %60 arasında enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmektedir (Wymelenberg, 2016). Kontrol sistemleri, dış ve iç olmak üzere 2 kategoriye ayrılmaktadır. Dış koşullarla ilgili kontrol sistemleri, binanın dış cepesinde gün ışığı kontrolü ve parlamaya önlemleri için kullanılan

sistemlerdir. İç sistemlerde ise, iç mekânda günışığı kullanımını sağlamak için doğal ışık ve yapay aydınlatma sistemi arasında olan ilişki konu alınmaktadır. Bu değerlendirmeler binanın enerji tasarrufunu da önemli ölçüde etkilemektedir (Phillips, 2004).



Şekil 2. Eğitim binalarında elektrik tüketimine neden olan gereksinimler (Anonim, 2007’den aktarılarak)

Gün ışığından yararlanılan başarılı çözümlerle elektrik enerjisi tüketiminin düşürüldüğü sürdürülebilir eğitim binalarının geliştirilmesinde, yapı kabuğunun niteliği de önemli bir role sahiptir. Yapı kabuğu binanın dış çevre ile olan ilişkisinde hava, su, ışık ve gürültü gibi faktörler karşısında dayanımını sağlayan, ayırıcı bir kılıf olarak da tanımlanır (<https://www.comnet.org/35-building-envelope-data>, 2019). Yapı kabuğu tasarımına verilen önem, binaların enerji tüketimini azaltma yönündeki yaklaşımlarla birlikte gelişim göstermiştir. Bu kapsamda, genel olarak yapı kabuğunun tasarımında ısı yalıtımı, doğal havalandırma ve doğal aydınlatma çözümleriyle binanın enerji tüketimini azaltılması amaçlanmıştır. 1980 yılında, Hartford, ABD’de, dünyada ilk inşa edilen akıllı binada çift kabuk cephe tasarımı uygulanarak doğal aydınlatma, gün ışığı kontrolü, ısı kontrolü ve doğal havalandırma sağlanmıştır. Günümüzde yapı kabuğu tasarımında, masif duvarlar, yeşil (dikey) duvarlar, su duvarları, pasif sistemli yapı kabukları, çift kabuklu cepheler gibi çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Yapı kabuğu tasarımının okul binalarında doğal aydınlatmayı desteklemek için büyük bir önemi bulunduğu dikkat çekilmektedir (Babalıs, 2006). Bina kabuğu tasarımında ışığa gereksinim olan mekânlarda açıklıklar oluşturulması, doğal aydınlatma kontrolünün sağlanmasıyla, günışığının iç mekâna daha fazla ve uygun nitelikte alınması olanaklıdır.

Okul binalarında aydınlığın büyük bir ölçüde doğal aydınlatma sistemleriyle sağlanması amaçlanmakla birlikte, iç mekân ve dış mekân aydınlatılmasında yapay aydınlatma desteğine de gereksinim duyulmaktadır. Bu kapsamda okullarda güneş paneli kullanımına önem verilmektedir (Shyr, 2007). Güneş panelleri, güneş ışığından elektrik ve ısıtma için kullanılan enerjiyi üretmek için tasarlanmıştır. Gün ışığı enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürdüğü için fotovoltaik (PV) olarak da adlandırılan güneş paneli sistemi güneş pillerinden oluşur. Kullanılacak yeterli gücün sağlanması için yüzey alanı içerisinde çok sayıda küçük güneş hücresi bulunan sistemin kullanım alanı bu kapsamda değişmektedir (Khan ve ark., 2015). Fotovoltaik paneller aracılığıyla depolanan güneş enerjisiyle okul mekânlarının aydınlatılması ve ısıtılması sağlanabilmektedir.

Yeterli düzeyde gün ışığı alan mekânlar kullanıcılara sağlıklı ve destekleyici yaşam alanları sunmaktadır. Çeşitli çalışmalarda gün ışığının kullanıcılar üzerindeki olumlu etkileri ifade edilmektedir. Örneğin, New York'da bulunan Aydınlatma Araştırma Merkezi (LRC) tarafından yapılan bir çalışmada, gün ışığının yeterli düzeyde sağlandığı ortamlarda, görsel ve mental uyarımların dengeli bir şekilde gerçekleştiği ve böylece üreticiliğin desteklendiği ifade edilmektedir (Wymelenberg, 2016). Okullarda da öğrencilerin performansı üzerinde gün ışığına bağlı olarak oluşan olumlu etkiler çeşitli çalışmalarda tanımlanmaktadır. Bu konuda kapsamlı çalışmalardan biri ABD'de California, Colorado ve Washington'daki üç farklı ortaokulda 21000'den fazla öğrencinin test puanlarının analiz edildiği bir çalışmadır. Okullarda doğal aydınlatma seviyesinin öğrencilerin performansını nasıl etkilediğini araştıran bu çalışmada; yeterli gün ışığı alan sınıflardaki öğrencilerin matematik sınavlarında %20, okuma sınavlarında %26 daha hızlı ilerlediği belirtilmektedir. Okullarda en fazla pencere alanına sahip sınıflarda, öğrencilerin akademik başarısının daha hızlı bir gelişimle %15-%23 oranında arttığı, sınıfların derin kısmında ek olarak tavandan doğal aydınlatma sağlandığında başarının %19-%20 oranında daha arttığı tanımlanmaktadır. Kuzey Karolina'da gerçekleştirilen 1200 ortaokulun incelendiği bir çalışmada da, yeterli düzeyde doğal ışıkla aydınlatılan okullardaki öğrencilerin, yetersiz aydınlanan okul öğrencilerine göre %14 oranında

daha verimli çalıştıkları ve daha iyi performans sergiledikleri ortaya konmuştur (Boubekri, 2015). Belirtilen olumlu kazanımların sağlanması okul tasarımında günışığı kullanımına yönelik kararların tasarım sürecinin ilk aşamalarından itibaren geliştirilmesini gerektirmektedir. Projenin planlama aşamasında ve çevre analizleri gerçekleştirilirken gün ışığı alımı için olanakların düşünülmesi; binanın uyumunun belirlenmesi ve formunun tasarımında günışığı alımının değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Mimari çözümlerde doğal ışık alımını artırıcı, kontrol edici detayların geliştirilmesi, çevrede bulunan yüksek bina ve ağaçların doğal ışık alımı üzerindeki etkilerinin düşünülmesi, bina yerleşimi, büyüklüğü, oranlar ve konumunun belirlenmesinde doğal ışık alımı için olanakların değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Ancak, günışığı ile aydınlatmaya bağlı yönetmeliklerin, güneş ışığının değişken yapısı ve aydınlatma mekânına özgü olan özellik ve problemler nedeniyle tam olarak geliştirilememiş olduğu belirtilmektedir (Erlalelitepe, 2011). Bazı standartlarda okul binaları tasarımında doğal ışık alımında değerlendirilmesi gereken temel boyutlar önerilmektedir. Örneğin, İngiltere'de The Building Research Establishment ve BS8206, Almanya'da DIN 5034-4, Amerika'da BOCA-National Building Code ve IES LM-83-1 olarak tanımlanan standartlarda, konforlu aydınlık seviyesi, parlak yüzeyler ve pencere boyutları değişkenleri, güney cephedeki şeffaf yüzeyler, ışık rafı ve doğrudan ışıkları önleyici raflar kullanımı için gereklilikler tanımlanmaktadır (Zomorodian 2016; Erlalelitepe, 2011).

Gün ışığı kullanımının fonksiyonel gereklilikleri sağlayabilmesi için mekânlarda aranan aydınlık düzeylerine uygunluk sağlaması gerekmektedir. Standartlarda ofis, ev, fabrika, okul gibi farklı binalar için kabul edilen aydınlatma seviyeleri tanımlanmaktadır. Günışığı aydınlatması ölçümünde genel olarak statik metrikler kullanılmaktadır. Statik metrikler zamandaki an odaklı metriklerdir. Statik metriklerde gün ışığı faktörü, doğrudan güneş ışığından korunma, tekdüzelik ve aydınlık miktarları ölçümüyle oluşturulmaktadır (Reinhart ve Mardaljevic, 2006). Bu tanımlamada, günışığı faktörü (*Daylight factor*) özellikli bir aydınlık düzeyi yerine, dış koşullara bağlı değişken bir yüzdeyi ifade etmektedir (Erlalelitepe, 2011). Bu yöntem, pencereden giren günışığını ölçmenin en basit ve en yaygın ölçüsü

olarak tanımlanmakta; gökyüzünün en kötü durumu olarak kabul edilen bulutlu ve kapalı gökyüzü halinde, iç mekânda minimum kabul edilebilir aydınlık düzeyinin ölçümü sağlanmaktadır. Norveç Yeşil Binalar Konseyi (*Norwegian Green Building Council*) ve Bina Araştırma Kurumu (*BRE GLOBAL*) tarafından "ortalama gün ışığı faktörü" aynı zamanda dış alandaki yatay bölgede mevcut olan ortalama aydınlık yüzdesine bağlı hesaplanan iç mekândaki çalışma düzlemi üzerinde oluşan ortalama aydınlık olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2012). Odalar için en az ve orta düzey günışığı faktörü %2 ve %5 olarak belirlenmiştir (Baker, 2014). Aydınlık (*Illuminance*) ise, yüzeydeki bir noktaya düşen ışık miktarı olup birimi lux'tür (Anonim, 2012). Mekân içinde yeterli düzeyde aydınlık sağlanması için CIBSE Rehberinde, okullarda sınıflar için en az %2,5 ortalama %5 oranında gün ışığı faktörü önerilmektedir (Baker, 2014). Doğal ve yapay aydınlatma miktarı lux olarak ölçülmektedir. Gün ışığı faktörü ve aydınlık düzeyi arasındaki ilişkiye örnek olarak, açık alanda aydınlık 10,000 lux olarak tanımlandığında, bir odada gün ışığı faktörünün ortalama %2 olduğu takdirde iç mekânda aydınlığın 200 lux olması durumu gösterilebilir. Doğal aydınlatma düzeyine ilişkin tanımlarda yer alan bir diğer ölçüt ise "Tekdüzelik" (*Uniformity*) olarak ifade edilmektedir. Bu değer, en az gün ışığı faktörünün alan içindeki ortalama gün ışığı faktörüne oranı olarak tanımlanır. Aydınlatma standartlarında genel olarak tekdüzelik oranının 0,8 veya 0,7 olması gerektiği belirtilmektedir (Zomorodian vd, 2016).

Okulların sürdürülebilirlik bağlamında ve doğal aydınlatma açısından geliştirilmesinde, günümüzde en yaygın sertifika programları olan BREEM ve LEED tarafından belirlenen doğal ve yapay aydınlatma kapsamındaki ölçütler de değerlendirilmektedir. LEED aydınlatma ölçütlerine göre, okulda genel ve AV (audio/visual) olmak üzere 2 modda çalışan bir aydınlatma sistemi sağlanması gerekmektedir. Genel mod için masadaki ortalama ışık seviyesinin 350-500 lux ve AV modu için bu değer 100-200 lux olması ve AV modu kapsamında projeksiyon ekranında en fazla 70 lüks sağlanması gerektiği belirtilmektedir. LEED kapsamında bu ölçütlere göre okulun aydınlatılması ve gün ışığı tasarımı puanlanmaktadır. Okullarda aydınlatma için

LEED tarafından verilen puanlar çeşitli kategorilerde değerlendirilmektedir. "Enerji ve atmosfer" kategorisinde enerji performansının optimize edilmesi; "İç ortam kalitesi" kategorisinde aydınlatma sistemi tasarımı ve kontrol edilebilirliği değerlendirilmekte, ayrıca "Yenilik ve tasarım kimliği" ve "Tasarımda yenilik" olmak üzere değerlendirme ölçütleri de bulunmaktadır. BREEM tarafından eğitim yapıları için geliştirilmiş aydınlatma ölçütlerinde ise BREEAM Health and Wellbeing, HEA1 sertifikasını almak için 2 temel koşulun birlikte sağlanması gerekmektedir. Genel olarak tüm eğitim kademelerindeki okullar için gün ışığını alan taban alanının en az %80 oranında olması gerektiği belirtilmektedir. Kent içerisinde çok katlı yapılaşmanın olduğu ve eni 40 metreden fazla olmayan binalar için 0,8 metre yükseklikte günışığı faktörünün 2,25; tekdüzelik oranının en az 0,4 (atriyum, cam çatılı alanlar için en az 0,7 tekdüzelik oranı) olması uygun bulunmaktadır (Zomorodian, 2016).

Avrupa'da EN 12464-1 standardı kapsamında, okullardaki aydınlık düzeyleri için temel gereklilikler tanımlanmıştır. Öğretmenin ve öğrencinin görevlerine ve farklı etkinlikler için gereken ışık gereksinimlerine göre bir sınıf, tahta bölgesi ve sınıf bölgesi olarak iki bölüme ayrılmıştır. Ayrıca, sınıf bölgesi de duvara paralel şekilde duvar ve koridor bölgesi olarak iki bölgeye ayrılmıştır. Bu sistemle gün ışığı kullanımının en iyi hale getirilmesi için olanak yaratıldığı belirtilmektedir. Okul binalarında koridorlar, ışık girişini sağlayan kaynak olarak da planlanabilmektedir. Bu çözümlerde koridorlar için yüksek aydınlık seviyesinin sağlanması gerekmektedir (Hordijk, 2010). Belirtilen standart içerisinde (EN 12464-1) genel sınıf aydınlatması için uygun değer 200 lux olarak tanımlanmaktadır. Sınıfta sunum düzeninde uygun aydınlık düzeyi 10 lux, sunumun yansıtıldığı yüzey 300 lux olarak belirtilmektedir. Bilgisayar odalarında öğrencinin bilgisayara ve kâğıda aynı anda rahat bakarak çalışması için odanın genel aydınlık düzeyinin 50 lux olması; bilgisayar üzerinde tavandan 300 lux değerinde bir ışık veren kaynağın yer alması gerektiği ifade edilmektedir (Hordijk, 2010). Bu ölçütlere çeşitli tasarım rehberlerinde de ulaşılabilmektedir. Örneğin, mühendislik alanında, CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) tarafından geliştirilen rehberde, okullardaki aydınlık düzeyleri sınıflar için



ortalama 300 lux, akşam dersleri sınıfları için 500 lux; amfi ve laboratuvar için ortalama 500 lux, giriş holü ve koridorlar için ortalama 200 lux ve dolaşım alanları için en az 100 lux olarak tanımlanmıştır (Raynham, 2012). Belirtilen tanımlar okul tasarımında gün ışığı hesaplamaları açısından değerlendirilmektedir. Farklı kaynaklarda belirtilen bu tanımlarda genel olarak, sınıflarda normal kullanımda 250-300 lux, sunum sırasında 10 lux ve bilgisayar kullanımı gibi özel bir çalışmada 50 lux aydınlık düzeyi sağlanması gerektiği ifade edilmektedir. Bu değerlerin büyük oranda gün ışığı kullanımıyla sağlanması beklenmektedir.

Binalarda gün ışığından yararlanılmasına yönelik tasarım kararlarının üretilmesinde önem taşıyan konular çeşitli çalışmalarda tanımlanmaktadır. Phillips'e (2004) göre tasarım sürecinde geliştirilmesi gereken 4 konu alanı bulunmaktadır. Bina yerleşimi ve alanın özellikleri açısından; yeşil alan ya da kentsel ortam, oryantasyon, güneş ışığı yolu ve çevrede bulunan bina ya da objeler, manzara ve peyzaj tasarımı konularındaki değerlendirmeler önem taşımaktadır. Binanın mevcut ve gelecekteki fonksiyonun göz önünde bulundurulması açısından; tavan yüksekliği ile oda derinlikleri, güneş ışığı alımı ve iç mekân sıcaklığı gibi bina maliyetlerini etkileyen konuların düşünülmesi gerekmektedir. Pencere boyutu ve yerleşimi konusunun çözülmesi en karmaşık konu olduğunu belirten Phillips (2004), bu konunun yukarıda belirtilen tüm gereklilikleri ve kullanıcıya ilişkin ölçütler içerdiğini ifade etmektedir. Bu kapsamda, görsel konforun sağlanması, ısı kazancının ve kayıplarının kontrolü, parlak yüzeylerin oluşumunu engellenmesi, gölge ve karanlık gibi görme fonksiyonunda oluşabilen sorunların dikkate alınması önem taşımaktadır (Phillips, 2004). Bu konulara ek olarak, iç mekânda kullanılan renkler de gün ışığının yayılması, yansımaları ve mekânın daha aydınlık hissedilmesi açısından önemli ölçüde etkili olmaktadır.

Okul mekânlarında gün ışığından yararlanılması, tasarım kararlarının geliştirilmesiyle birlikte farklı teknik çözümlerin de kullanımını gerektirmektedir. Bu kapsamda, gün ışığı kontrolü, ısı kazanımı ve kaybı, pencerelerin havalandırma sistemi ile bağlantısı, ısı geçirmeyen cam kullanımı gibi konular üzerinde düşünülmesi gereken faktörlerdir

(Phillips, 2004). Bu sistemlerin bütünlüğü ilk anda mali kaynak ayrılması gerekliliği nedeniyle tercih edilmese de, binanın uzun ömürlü, yaşam süreci boyunca daha verimli ve enerji tasarruflu olmasını sağlaması açısından önem taşımaktadır

### 3. Okul Binalarının Tasarımında Gün Işığından Yararlanılması

Okul mekânlarında doğal aydınlatma sağlanması tasarım süreçlerinde kapsamlı bir değerlendirmeyi gerektirmektedir. Bu çalışmada okul mekânlarında gün ışığı kullanımı açısından önem taşıyan konular bina ölçeğinde sınırlandırılmış ve "gün ışığı alımında olanaklar, gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi" olarak ifade edilen çerçevede incelenmiştir.

#### 3.1. Gün ışığı alımında olanaklar

Binaların bulunduğu yerle ilişkili olarak gün ışığı gereksinimi değişiklik göstermektedir. Örneğin, gün boyu güneş ışınlarının dik olarak geldiği ülkelerde aşırı sıcaklık, fazla aydınlık ve parlamaya gibi sorunlarla karşılaşılması söz konusu olmaktadır. Ancak İngiltere gibi güneşli havanın nadir görüldüğü ülkelerde ise bina oryantasyonunun planlamasında güneş ışığının en üst düzeyde alınmasına yönelik çalışılması gerekmektedir. Bu bağlamda pencere oranları değişiklik göstermektedir. Genelde pencere kullanımında iki tip bulunmaktadır. Bu çözümler, yan aydınlatmayı sağlayan dış duvarlarda yerleşen pencereler ve doğrudan çatıdan ışığın alındığı tavanda ya da çatıda açılan pencerelerdir (Boubekri, 2015). Günışığı alımı tasarımında pencerelerin doğru bir şekilde yapılandırılması açısından her iki yöntemde de dikkat edilmesi gereken tasarım ilkeleri bulunmaktadır.

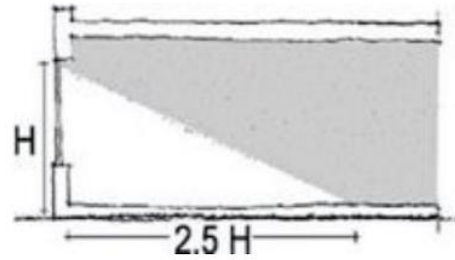
Pencerelerin yan aydınlatma sağlayacak şekilde planlanması sınıfların tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çözümlerde tek bir yönden aydınlatma sağlandığında düşünülmesi gereken kritik bir konu, gün ışığından yararlanma olanağının pencere yüzeyinden uzaklaşırken hızla düşmesidir (Baker, 2014). Bu durumda, pencere yüksekliğinin artırılması, gün ışığının alandaki yoğunluğunun ve dağılımının desteklenmesi için etkili olabilmektedir (Bennett, 2009). Pencere duvar oranı (WWR), mekânın aydınlık düzeyinin belirlenmesini sağlayan ölçütlerden biridir. Bu amaç doğrultusunda gün ışığı dağılımı ve gün ışığı alanını genişleten daha büyük açıklık alanları düşünülmesi çözümün

etkisi açısından değerlendirilmektedir (Phillips, 2004; Zomorodian, 2016).

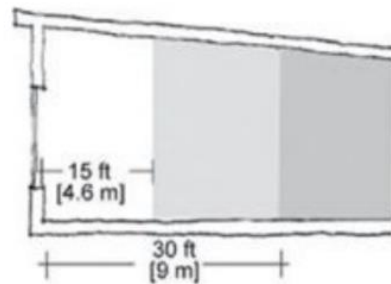
Güneş ışığından en fazla düzeyde yararlanılması açısından en uygun çözümler tek katlı veya çatıdan doğal ışık alımıyla aydınlatılabilen 2 katlı binalarda sağlanmaktadır. Boubekri (2015) eğitim ortamlarında gün ışığı sistemlerindeki ikinci kategorisi olan tepe ışıklıkları ve cephe açıklıklarının organizasyonunda önemli konuları tanımlamakta ve bu açıdan değerlendirilmesi gerekenleri dört temel ilke halinde açıklamaktadır. Okul binaları, doğu-batı aksı boyunca konumlandırılarak kuzey ışığı almalı ve güney ışığının kontrol edilmesi sağlanmalıdır. Duvar yüzeyinde üst kotlarda açıklıklar ya da uzun pencereler oluşturulması yoluyla iç mekâna ışık alımı artırılmaktadır. Işığın iki yönden alımıyla, gün ışığı değişimlerine bağlı olumsuz etkiler oluşturan parlama ya da kamaşma kontrol edilmektedir. Ayrıca, gün ışığın direkt olarak alınmaması, sınıf içine dolaylı olarak girişinin sağlanmasıyla parlama ve rahatsızlık etkisinin önlenmesi de sağlanmaktadır (Boubekri, 2015).

Pencerelerin planlanması iklimsel veriler, bağlam, işlev gibi konularla ilgili olarak değişkenlik gösterse de, doğal aydınlatma için genel olarak kabul edilen standartlar bulunmaktadır. Kamu binalarında doğal ışık için pencere yüzey alanlarının hesaplanmasına yönelik bir çalışmada, pencere yüzeyi dış duvar yüzeyi arasındaki oranla belirlenmiş, kamu binalarında dış duvar alanının %25'inin pencere alanına eşit olması, ofislerde ise bu oranın %35 olması gerektiği belirtilmiştir (HSMO, 1971). İngiltere BR8206 standardına göre okul dersliklerinde minimum pencere yüzey alanının taban alanının %8'in den az olmaması gerektiği belirtilmektedir. Bu tanımla birlikte, pencere yüzey alanının, 8 metreden daha az derinliğe sahip odalar için, odanın duvar alanının %20'si kadar, 14 metreden daha derin odalar için ise %35'i kadar olması uygun bir ölçüt olarak tanımlanmaktadır (Boubekri, 2004). Almanya'da uygulanan standartta (DIN 5034-4) ise, farklı boyutlardaki odalar için önerilen pencere boyutlarına dayanmaktadır. Bu sisteme göre örneğin 2.80 metre yüksekliğinde ve 2 x 3 boyutlarında olan bir oda için pencere yüksekliği 1.63 metre olarak tanımlanabilmektedir (Erlalitepe, 2011; Boubekri, 2004).

Eğitim binalarında doğal aydınlatmanın sağlanması açısından tasarım sürecinde günışığı alımındaki yeterlilik düzeyinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, pencere yüksekliği ve mekân derinliği arasındaki oranla ifade edilen iki yöntem belirtilmektedir. Mekânın yeterli düzeyde ışık alabilmesi için oda derinliğinin, pencere yüksekliğinin en çok 2,5 katı olması uygun bir ölçüt olarak kabul edilmektedir (Brown ve Dekay, 2001). Bu kapsamda, dış kaynaklı bir engel olmaması halinde, temiz cam ve bulutlu gökyüzü durumunda çalışma düzlemi üzerindeki pencerenin yüksekliğinden 2,5 kat daha büyük bir mesafeye kadar alanın yeterli derecede aydınlatılmasının da sağlanmakta olduğu da belirtilmektedir (Şekil 3). Diğer yöntem, 15/30 kuralı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4). Bu yöntemde, pencerenin yakınındaki ortalama 4.6 metre derinliğindeki bir bölgenin ağırlıklı olarak gün ışığı ile aydınlatılabileceği ve ikincil 4.6 metrelik bir bölgede ise (pencereden 4.6 ile 9.1 m uzakta olan bölüm) doğal ışığa ek olarak yapay aydınlatmaya gereksinim bulunduğu ifade edilmektedir. Bu kurala göre, pencereden 9.1 metreden daha uzak olan alanların yeterli düzeyde doğal ışık alması için üstten ya da yan pencere yoluyla ışık alınması sağlanmalıdır. Böyle bir durum sağlanmadığı takdirde mekânda yapay aydınlatmanın kullanılması gerekmektedir (Kwok, 2011).



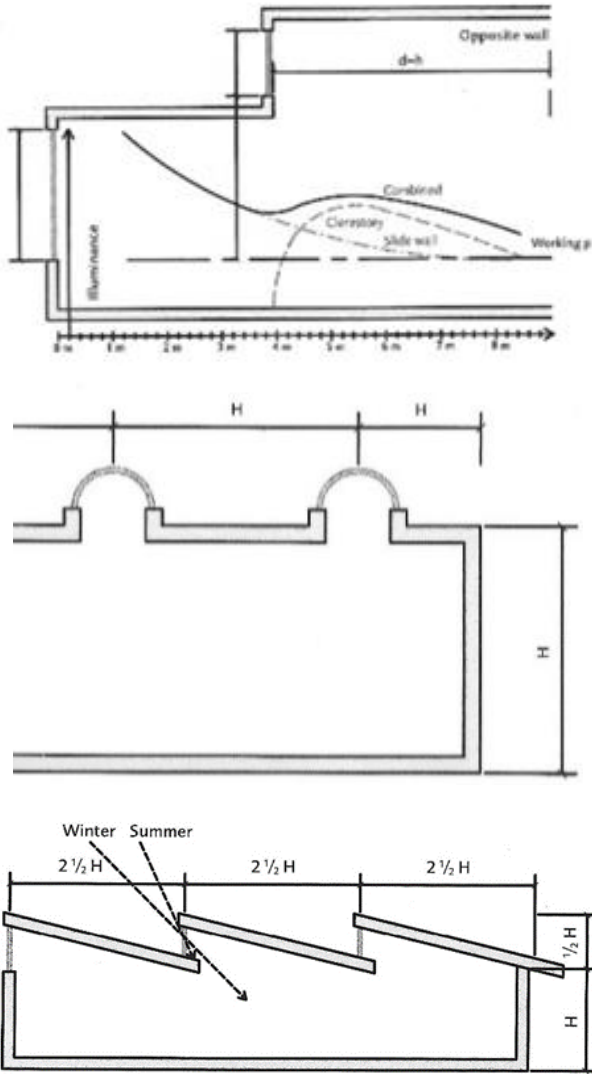
Şekil 3. 2.5H kuralının şematik gösterimi (Kwok, 2011)



Şekil 4. 15/30 kuralının şematik gösterimi (Kwok, 2011)



Tepe ışığı alımı açısından da tasarım süreçlerinde yararlanılması gereken oranlar ifade edilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Tepe ışığı alımı için oranlar (Boubekri, 2015)

Tepe ışıklıkları arasında, açıklıkların aksları arasında kat yüksekliği kadar mesafe bulunması uygun olarak belirtilmektedir. Üst kattaki pencerelerle, pencere yüzeyinin karşı yönünde kullanılarak odada gün ışığı etkisini eşitlemek olanaklıdır. Çalışma yüzeyi üzerinden alınan yüksekliklere göre açıklık düzeyleri belirlenmektedir. Bu düzende, tepe ışıklığının çalışma yüzeyinden itibaren olan yüksekliğinin odanın diğer duvar yüzeyine eşittir. Şed çatı pencereleri, büyük sınıflar ve çalışma alanları için, gün ışığı alımı açısından çok uygun bir çözüm olarak görülmektedir. Havanın açık olması ve açıklıklar güney yönünde

konumlanması durumunda en uygun ışık alımının sağlandığı ifade edilmektedir. Bu kapsamda, açıklık yüksekliğinin oda duvarlarının yüksekliğinin yarısı ve kırılma noktaları arasındaki mesafelerin de duvar yüksekliğinin 2.5 katı olarak alınması önerilmektedir (Boubekri, 2015).

### 3.2. Gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi

Bina tasarımında uygulanan günışığı ile aydınlatma sistemleri "gün ışığını kırma, parlamadan koruma ve gün ışığının yönlendirilmesi" olmak üzere üç temel işleve sahiptir. Sistemlerin kullanımı her yapı özelinde farklılık taşımakta, her koşul için uygun görülen bir sistem tanımlanamamaktadır. Güneş ışığı seviyesinin değişkenliği, gökyüzü aydınlığı, mevsim değişiklikleri, binanın oryantasyonu gibi bilgilere göre sistem uygulama yöntemleri de değişmektedir. Günışığı aydınlatma sistemlerini uygulamadan önce alan çalışması ve analiz yapılarak hangi sistemin kullanımı daha verimli ve doğru olacağı belirlenmektedir. Bu bağlamda farklı amaçlara hizmet eden sistemlerin birlikte kullanımı ya da bir kaç fonksiyonu karşılayan bir sistemin uygulanması gerekebilmektedir. Genelde bir sistem bir fonksiyonu sağlamaktadır. Örneğin doğrudan güneş ışığını kırmak için bina dış duvarına ışığı kıran panel yerleştirildiği zaman, sadece doğrudan günışığı etkisi azaltılmakta, ancak ışık yönlendirme, ışık dağıtma veya parlamadan koruma gibi etkiler oluşmamaktadır. Bu kapsamda konunun önemi "iyi bir sistem seçimi, iyi bir sistem karışımı demektir" olarak da ifade edilmektedir. Sistemlerin bir arada kullanılması, binanın iç ve dış görünüşü üzerindeki etkiler dikkate alınarak mimari çözümlerin üretilmesi önem taşımaktadır (Ruck vd, 2000).

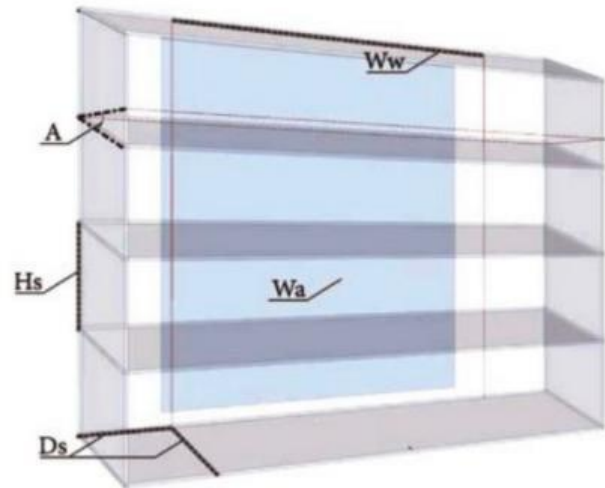
Günümüzde genel olarak günışığı sistemleri, gölgeli günışığı sistemleri ve gölgesiz günışığı sistemleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Sistemler kendi içerisinde de alt kategorilere ayrılmaktadır. Gölge günışığı sistemlerinde amaçlanan, genel olarak dağınık günışığının tavadan veya yan yüzeyden doğrudan alınarak tavana yönlendirilmesidir. Bu yöntemle, pencereye yakın bölümlerde hem gölgeleme hem de uzak bölgeler için aydınlatmanın güçlendirilmesi sağlanmaktadır. Gölgesiz günışığı sistemleri ise, genel olarak doğrudan gelen günışığı kontrolü için

uygulanmaktadır. Bu sistemde, günışığı engellenerek ya da engellemeden odaların aydınlanmayan bölgelerine yönlendirilmekte, dağıtılmakta ve aynı zamanda parlamadan koruma, uzak mesafelere kadar ışığın iletilmesi de sağlanmaktadır. Günışığı aydınlatma sisteminin konumu, pencere bölmesine göre dış, iç veya bölme içi olarak tanımlanmaktadır. Genelde dış sistemler günışığı kırma için, iç sistemler ise günışığı alımını arttırmak ve enerji kazanımı için uygun bulunmaktadır (Baker, 2014).

Panjur sistemleri ve perde kullanımıyla okul binalarında dış koşullar ve oryantasyon sebebiyle, belirli mekanlarda güneş ışığının engellenmesi sağlanmaktadır. Bu açıdan kullanılabilir çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Günışığının engellenmesi için uygulanan dış sistemler, panel, kanopi, ışık rafı, sabit ve hareketli dış panjurlar ve derin pencere açıklıkları oluşturulmasıdır. Dış gölgeleme yöntemlerinin seçilmesinde özellikle, tasarımcının binanın dış cephe karakteri ve görsel açıdan iç dış ilişkisi üzerindeki etkileri düşünmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmelerin, uygulamaların bölgesel ve iklimsel özellikli koşullarda uzun ömürlü kullanımı açısından önem taşıdığı ifade edilmektedir (Phillips, 2004).

Panjur ve perdeler, iç mekânda ya da dış cephede kullanılan sistemler olup, klasik sistemler olarak günışığını kırmak için okullarda en çok kullanılan ve etkinliği bilinen uygulamalardır. Bina işlevselliğine göre panjur, stor ya da şerit perde (jaluzi) sistemleri binanın iç veya dış cephelerinde kullanılmaktadır. Bu sistemler, doğrudan ışığı kırma, aşırı ısınmaya engel olma ve parlamadan koruma yoluyla iç mekânda konfor koşullarına uygun aydınlık sağlamaktır. Dış ve iç panjurlar için malzeme seçiminde genelde çelik, plastik veya boyalı alüminyum tercih edilmektedir. Panjurlar, dikey ya da yatay, sabit ya da hareketli ve yapısal olarak eğilimli olarak tasarlanabilmektedir. Panjurlar yansıtıcı levhaların eğilim açısı değiştirilerek binada farklı yönlerde kullanılabilir. Bu yöntemlerin verimliliği de okulun bulunduğu yer ve mevsimsel etkilere bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin, yaz aylarında yatay stor perdelerde güçlü parlama problemleri oluşabilmektedir. Bu durum engellenmesi için levhaları aşağıya doğru eğimli olarak kullanılan jaluzilerle çözüm

sağlanmaktadır (Ruck vd., 2000). Sıcak iklimlerdeki okullarda panjur sisteminin belirtilen katkısına dayalı özel çözümler de geliştirildiği görülmektedir. Örneğin, sıcak iklimli ve özellikle sahra bölgelerindeki okullar için Wagdy ve Fathy (2015) tarafından önerilen gölgeleme sistemi "güneş ekranı" olarak tanımlanmaktadır (Şekil 6). Bu sistemde, doğrudan günışığı engellenmekte ve aynı zamanda dış cephedeki bölmeler yardımıyla dolaylı ışık iç mekâna yönlendirilmektedir (Wagdy ve Fathy, 2015). Panjur ve stor perde sistemlerinin en etkili halde kullanılması için de oranlar belirtilmektedir. Duvar ve pencere alanı arasındaki oran %40 ve %60 üzerine çıktığı zaman levhaların yüzey eğilim derecesi büyük rol oynamaktadır. Bu durumda uygun eğim açısı  $10^\circ$  ile  $20^\circ$  arası olarak önerilmektedir (Costanzo, 2017).

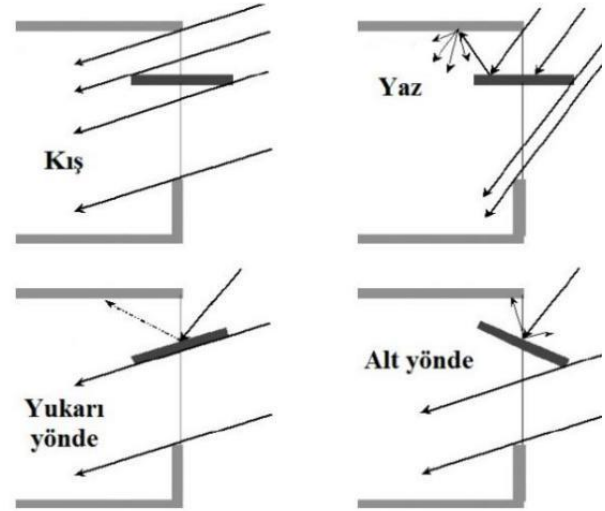


Şekil 6. Güneş ekranı tasarımında geometrik parametreler (Wagdy ve Fathy, 2015)

Dış panjurlar iç panjurlara göre ısı veriminde daha etkilidir. Dış panjurlar doğrudan güneş ışıklarını bloke edebildiği için iç mekânda aşırı ısı oluşmasını engellemektedir. İç panjurlar gölgeleme fonksiyonu sağlamakta ancak ısının içeriye girmesini önleyememektedir. Genelde güney cepheli sınıflarda bol günışığı alımı olanaklıdır. Bu yönde dış cephede ışık kırma panelleri yerleştirildiği takdirde parlama gibi problemler yaşanmamaktadır. Kuzey cepheli sınıflarda da, aydınlatma açısından çok uygun yönelim sağlanmaktadır. Kuzey yönünden doğal ışığın alımında, ışığın dağınık olması sayesinde mekânda parlama ve aşırı ısınma sorunları oluşmadan ortamın aydınlatılması sağlanmaktadır (Costanzo, 2017).

Işık rafları, güneşiği etkisine karşı gölgeleme, ışığı yansıtma ve doğrudan ışık parlamasından koruma için tasarlanmış, klasik bir güneşiği aydınlatma sistemi olarak tanımlanmaktadır (Ruck vd., 2000). Işık rafları sistemi güneşiği dağılımını en üst düzeye çıkarmak için etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir. Bu sistem sayesinde, odanın ön kısmı doğrudan güneş ışığının zararlı görsel etkilerinden korunurken, aynı zamanda güneşiği mekânın iç kısımlarına yönlendirilmektedir (Baker, 2014). Işık rafı sistemi aynı zamanda iki işlev sağlayan yaygın sistemlerden biridir. Genel olarak, aydınlatma sistemleri uygulanırken pencerenin temel fonksiyonu olan çevreyle görsel ilişkinin sağlanması açısından bir engel yaratılmaması önem taşımaktadır. Bu açıdan ışık rafları, uygun sistemlerden biridir. Işık rafı, cam yüzeyi iki bölüme ayrılarak insan göz seviyesinin üstüne yerleştirilmektedir. Genelde önerilen yükseklik 2 metredir. Rafın yerden yüksekliği azaldıkça, tavana dağılan aydınlık gücü ve miktarı artmaktadır. Bu nedenle ışık rafları sisteminin uygulanması amaçlandığında, mekânın tavan yüksekliği en üst düzeyde tutulması ve tavan yüksekliğinin en az 3 metre olması gerektiği ifade edilmektedir. Işık raflarının genişliğinin belirlenmesinde ise, en az 60 cm veya üstündeki cam yüksekliğine eşit bir ölçünün kullanılması uygun bulunmaktadır. Işık rafı uygulamasında raf, camın dış ve iç kısmına yerleştirilmektedir. Işık raflarının doğu ve batı yönündeki performansının iyi olmadığı; güneşli günlerin yoğun olarak yaşandığı iklimlerde ve kuzey yarımkürede güney yönünde (güney yarımkürede kuzey yönünde) uygulanabileceği ifade edilmektedir (Ruck vd. 2000).

Işık rafları tasarımında eğim yönü değişiminden de yararlanılabilmektedir. Böylece, yansıtıcı yüzeyli iç ve dış ışık raflarının kış ve yaz aylarında güneş ışıklarının doğrultusunu değiştirmesi sağlanabilmektedir (Şekil 7). Işık raflarının eğim yönü ve açısı değiştiğinde, mekânın aydınlatılması da değişim göstermektedir. Okul binalarında gerçekleştirilen analizler kapsamında uygun eğim açısının  $10^\circ$  olduğu tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, raflar yarı ayna yansımali olarak kullanıldığında (0.50) iç mekânda cepheden en uzak bölümün aydınlık düzeyinde %7 oranında artış sağlandığı belirtilmektedir (Constanzo, 2017).



Şekil 7. Işık raflarının kullanım alternatifleri (Ruck vd. 2000'den aktarılarak)

Doğal ışık alımının kontrol edilmesi ve desteklenmesi açısından bina yakın çevresindeki peyzajın tasarımı da önem taşımaktadır. Okul bahçesinde yaprak döken ağaçların kullanılmasıyla, yaz aylarında şiddetli gelen gün ışığından korunma, kışın ise iç mekâna doğal ışığın alımına olanak verilmesi sağlanmaktadır (Nair ve Fielding, 2005). Okulda dış mekân kullanımı, öğrencilerin öğrenmesi ve sağlıklı gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Okul alanları, günümüz kentlerinde doğayla ilişki kurmadan yetişmekte olan nesiller için çevresel farkındalığın artırılması için değerli görülmektedir. Çevresel farkındalığın artırılmasına yönelik olarak okul alanlarının tasarımında, öğrenme deneyimlerinin sürekliliğinin sağlanması düşüncesiyle iç ve dış arasındaki sınırların kesinliğini kaldırarak öğrenme çevresinin peyzajın içine doğru büyümesinin sağlanması gerektiği ifade edilmektedir (Care, 2015). Okul bahçeleri sürdürülebilirlik kapsamında amaçlanan öğrenmelerin desteklenmesinde önemli bir potansiyele sahiptir. Okulun çevresindeki açık alanın, öğrencilerin göz sağlığı üzerinde de önemli bir rolü bulunduğu da belirtilmektedir. Okullarda, öğrencilerin geniş bir perspektifte, dış mekâna doğru açılan en az 15 metrelik vistalar bulabilmesi gün boyunca defter, bilgisayar ekranı gibi kısa mesafeye odaklanarak yorulan gözlerin sağlığı açısından önemli bir gereklilik olarak tanımlanmaktadır (Nair ve Fielding, 2005).



#### 4. Sürdürülebilirlik Hedefiyle Tasarlanmış Okullarda Gün Işığı Kullanımına Yönelik Uygulamaların İncelenmesi

Sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda okul tasarımlarında yer verilen uygulamalar bu bölümde “gün ışığı alımında olanaklar, gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi” konuları kapsamında incelenmektedir.

##### 4.1. Gün ışığı alımında olanaklar

Gün ışığından yararlanma amacının bina formu ve yerleşim kararları üzerinde etkili olduğu bir örnek olarak İngiltere’de, Dartington CE Primary School için geliştirilen tasarım örnek gösterilebilir. Okul, inşa edildiği 2010 yılında sürdürülebilirlik açısından başarısı vurgulanmış bir çözüm olarak değerlendirilmiş olmakla birlikte, uygulama hataları nedeniyle binanın kullanımı 2014 yılında sonlandırılmıştır (<https://www.bbc.com/news/uk-england-devon-38159690/>, 2019). Tasarım, katılımcı bir yaklaşımla okul toplumu, yerel toplum ve yerel yetkililerin ortak çalışması ve benimsenen ekotasarım stratejisi doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Gün ışığından daha fazla yararlanılması amacıyla, bina küçük ünitelere ayrılmış, serbest konumda sınıflar düzenlenmiş ve sınıflar ortak kullanılan bir bahçe etrafında yerleştirilmiştir (Şekil 8). Bu sayede, mekânların farklı yüzeylerinden gün ışığı alabilme olanağı yaratılmıştır. Tepeden ve cepheden gün ışığı alan dersliklerde, öğrencilerin gün boyunca gün ışığının değişimini deneyimlemesi de amaçlanmıştır. Geniş çatı ışıklıkları sayesinde ise, kapalı havalarda da yapay aydınlatmaya gereksinin duyulmadığı ifade edilmiştir (Care, 2015). Okulda doğal aydınlatmanın sağlanmasında, binaların cephesinde kat yüksekliğinde pencerelere ve çatı ışıklıkları birlikte kullanılmıştır.

Gün ışığı alımının çatı ve yüzey açıklıklarıyla sağlandığı bir başka uygulama örneği olarak 2007 yılında Almanya’da Hanover kentinde inşa edilen “Postfossil Ecowoodbox Kindergarten” olarak adlandırılan anaokulu incelenebilir (Şekil 9). Anaokulunun yapım maliyetinin standart bir anaokulu binasına göre yüksek olduğu ancak uzun dönemde kullanım maliyetleriyle bu farkın dengelenmekte olduğu belirtilmiştir. Binanın kuzey cephesi dolu bir duvar yüzeyi olarak tasarlanmış ve güneyde kat yüksekliğinde pencerelere yer verilmiş, ayrıca çatı ışıklıkları da

kullanılmıştır (Care, 2015; <http://archityperewiew.com/project/postfossil-ecowoodbox-kindergarten/>, 2019). Bu anaokulunda da gün ışığından yararlanılması amacıyla, cephede kat yüksekliğinde pencereler ve çatı ışıklıkları birlikte kullanılmıştır.

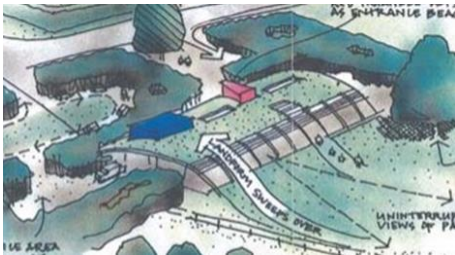


Şekil 8. Dartington CE Primary School, doğal ışık alımı için açıklıkların tasarımı ([https://www.white-design.com/files/9013/8666/6795/White\\_Design\\_Dartington\\_CE\\_School11.jpg](https://www.white-design.com/files/9013/8666/6795/White_Design_Dartington_CE_School11.jpg); 2019)



Şekil 9. Postfossil Ecowoodbox Kindergarten, doğal ışık alımına olanak veren kat yüksekliğinde pencereler (<http://archityperewiew.com/wp-content/themes/archityperewiew/includes/image.php?w=1000&h=644&m=1&i=%2Fwp-content%2Fuploads%2F2011%2F04%2Fdespang-ecowoodbox-kindergarten-schools-03-769x644.jpg>; 2019)

Gün ışığından yararlanılması amacı doğrultusunda, dersliklerin güney yönünde konumlandırıldığı ve çatı ışıklıklarının kullanıldığı bir başka uygulama olarak "Riverhead Infants School" tasarımı örnek gösterilebilir. 2001 yılında 270 kişi öğrenci için tasarlanan okul, yerleşim bölgesine uyumlu ve çevresel açıdan duyarlı çözümlere sahip olacak şekilde, atık su filtreleme, yağmur suyu depolama ve gri suyu kullanma gibi sistemlere yer verilen yeşil bir bina olarak tasarlanmıştır. Binanın yapı kabuğu tasarımı ile enerji harcamasının en aza indirildiği, aynı zamanda üst düzeyde doğal aydınlatma ve doğal havalandırma olanağı elde edildiği ifade edilmiştir. Okulun tasarımında doğal aydınlatmaya büyük bir önem verilmiştir. Binanın girişi, hizmet mekânları ve otopark kuzey yönünde, okuldaki tüm öğrenme mekânları ise güney yönünde konumlandırılmıştır. Binanın formunu belirleyen, çevredeki yeşil dokunun sürekliliğini sağlayan eğimli yeşil çatı yüzeyinin formu da bu kapsamda belirlenmiştir. Okuldaki sınıflar, güneye ve dış mekândaki peyzaj düzenlenmesine açılacak şekilde, tepe ışığı alımı düşünülerek planlanmıştır (Şekil 10, 11). Dersliklerde kullanılan geniş cam yüzeyler ve dairesel çatı boşlukları ile gün boyu iç mekânın gün ışığıyla aydınlatıldığı belirtilmiştir (Phillips, 2004).



Şekil 10. Riverhead Infants School, kavram (Phillips, 2004)



Şekil 11. Riverhead Infants School, sınıfta tepe ışığı (Phillips, 2004)

Gün ışığı kullanımına verilen önemle yapı kabuğunun biçimlendirildiği bir örnek olarak Endonezya'da 2008 yılında inşa edilen "Green School" anaokulu gösterilebilir. Anaokulu, çevre dostu binalara LEED sertifikası veren ABD Yeşil Binalar Konseyi tarafından 2012 yılında dünyadaki en yeşil okul olarak adlandırılmıştır (<https://greenteacher.com/>, 2019). Tepe ışığı alımını da sağlayacak şekilde yapı kabuğunda gün ışığı alımı için açıklıklar bırakılmasının yanı sıra, okulda gün ışığı duyarlı paneller de kullanılmıştır. Anaokulu, bulunduğu bölgenin yıl boyunca ılık ve sıcak aynı zamanda bol yağmurlu iklim koşullarına göre tasarlanmıştır. Bu kapsamda yapı yerel, çevre dostu ve dayanıklı bir malzeme olan bambu ağacı kullanılarak inşa edilmiştir. Yapı kabuğunda doluluklara oranla daha çok açık yüzey oluşturulmasına önem verilmiş ve büyük çalışma mekânlarında tepe ışığı sağlayan boşluklar yoluyla günışığının eşit dağılımı sağlanmıştır (Şekil 12, 13). Okul için gerekli elektrik enerjisi güneş panelleri ve nehirden gelen suyun kullanıldığı bir sistem ile elde edilmektedir (<https://www.greenschool.org/>, 2019). Bu sistemlerin görünür bir şekilde düzenlenmesiyle öğrencilerin sürdürülebilirlik konusundaki öğrenmelerinin de desteklenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 12. Green School, tepe ışığı kullanımı ([https://www.archdaily.com/886235/kindergarten-classroom-at-green-school-ibuku?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/886235/kindergarten-classroom-at-green-school-ibuku?ad_medium=gallery))



Şekil 13. Green School, güneş panelleri (<https://inhabitat.com/green-school-in-bali-shows-students-how-to-live-sustainably/>)



Anaokulunun dış mekân aydınlatılmasında da sürdürülebilirlik açısından önemli görülen farklı bir çözümden yararlanılmıştır. Dış mekânın aydınlatılmasında elektrik enerjisi desteğine gereksinim duyulması sebebiyle gece okul çevresinin tamamen karanlık kalması karşısında bir çözüm olarak, 2016 yılında Alfred Moser ve MIT öğrencileri tarafından güneş enerjisinden yararlanan özel bir uygulama geliştirilmiştir. Bu çözümde 55 watt'lık ampuller şişe, su ve klor kullanılan basit bir sistem kullanılarak oluşturulmuştur. "Liter of Light" olarak adlandırılan bu çözümün 2016 yılı itibariyle Hindistan, Endonezya, Filipinler gibi farklı ülkelerde de uygulandığı; İsviçre'de de uygulamadan yararlanılmakta olduğu ifade edilmiştir (<https://greenbyjohn.com/liter-of-light-visits-green-school/>2019).

#### 4.2. Gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi

Günüşiği kontrolünün panjur ve perde sistemleri kullanımıyla sağlandığı bir çözüm olarak "Rednock School" tasarımı örnek gösterilebilir. Okul cephesinde ahşap panjurlarla oluşturulan güneş kırıcı sistemle binanın BREEM tarafından "mükemmel" notlu sertifika kazandığı belirtilmiştir. Güneş kırıcı ahşap paneller 4 metre yüksekliğinde ve 1.2 metre genişliğinde olup binanın kavisli dış cephesi boyunca monte edilmiştir (Şekil 14). Bu çözümle okulda enerji tüketiminin önemli ölçüde azaltıldığı, kış ve yaz aylarında ısı dengesinin korunduğu ve aynı zamanda öğrenci ve öğretmenler için konforlu bir aydınlatma sağlandığı ifade edilmiştir. Panjur sistemine ek olarak iç mekânda stor perdeler kullanılarak ışık düzeyi kontrol edilmesi ve parlama problemlerinin de engellenmesi sağlanmıştır (<https://www.levolux.com/> 2019).



Şekil 14. Rednock School, günüşiği kontrolü sağlayan panjur sistemi (<https://www.levolux.com/tag/rednock-school/>, 2019)

Yapı kabuğunda hareketli bir katman kullanımıyla gün ışığının kontrol edildiği bir uygulama örneği olarak İspanya'da 2010 yılında tasarlanmış Ecopolis Kindergarten gösterilebilir. Enerji tüketiminin en aza düşürülmesi hedefiyle, anaokulunun güneye bakan cephesinde doğal ışık alımını en üst düzeyde tutabilmek için büyük oranda cam yüzeyli açıklıklar kullanılmıştır (<https://www.archdaily.com/111143/ecopolis-plaza-ecosistema-urbano,2019>). Çelik strüktür üzerine yerleştirilmiş tekstil tabakasıyla binanın çatısında ikinci bir katman oluşturulmuştur. Tekstil katman, gün ışığına duyarlı sensörler ile bağlantılı, kısmen hareketli bir yapıda tasarlanmıştır (Şekil 15, 16). Bu sayede sağlanan gölgelemeyle pasif sistem olarak iç mekânın mikro iklimlendirmesi kontrol edilmiş, aynı konforun kamusal alanda da devam etmesi sağlanmıştır (<https://www.designboom.com/>) Geniş güney cephesi ve gün ışığına duyarlı sensörlerle çalışan hareketli tekstil katman sayesinde anaokulunda enerji tüketiminin %50 azaltıldığı; projenin metrekare başına maliyetinin geleneksel bir binaya göre %35 daha az olduğu da ifade edilmiştir (<https://www.archdaily.com/>2019).



Şekil 15. Ecopolis Kindergarten, güney cephesi ve gün ışığı alımı (<https://www.designboom.com/architecture/ecosistema-urbano-ecopolis-plaza/>, 2019)



Şekil 16. Ecopolis Kindergarten, gün ışığı kontrolü sağlayan yapı kabuğu

(<https://www.archdaily.com/111143/ecopolis-plaza-ecosistema-urbano>, 2019)

Işık rafı sistemiyle gün ışığı iç mekâna yönlendirilmekte, doğrudan gelen ışığın dağıtılması ve parlamadan korunma da sağlanmaktadır. Işık rafları tüm bu kazanımları bir arada sağlayarak okul binalarında öğrenciler ve öğretmenler için konforlu aydınlık seviyesi oluşturan doğal aydınlatma sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemin uygulandığı bir örnek olarak “Thurston Elementary School” tasarımı incelenebilir (Şekil 17). ABD Springfield’de 2009 yılında açılan yeni ilköğretim okulunun tasarımında öncelikle öğrencilerin çevreye yönelik farkındalıklarını desteklemek amaçlanmıştır. Binanın doğu tarafında bulunan açık alan, öğrencilerin açık havada öğrenmelerine olanak tanımak için yeşil alan olarak değerlendirilmiş ve bu bölümde doğal manzara oluşturan yapay gölet oluşturulmuştur (<https://www.worldarchitecturenews.com/article/1504613/sustainable-learning>, 2019). İlköğretim okulunda yağmur suyu depolama, doğal havalandırma, çevre dostu malzeme kullanımı gibi sürdürülebilirlik açısından önemli ölçütlerle birlikte doğal aydınlatma açısından gereken nitelikler de sağlanmıştır. Öğrencilere manzara ile görsel ilişkisi kurma olanağı tanıyan büyük pencereler, ışık rafları ve yansıtıcı tavanlar aracılığıyla gün ışığının yeterli düzeyde alımı için olanak yaratılmıştır (<http://archive.2030palette.org>, 2019).

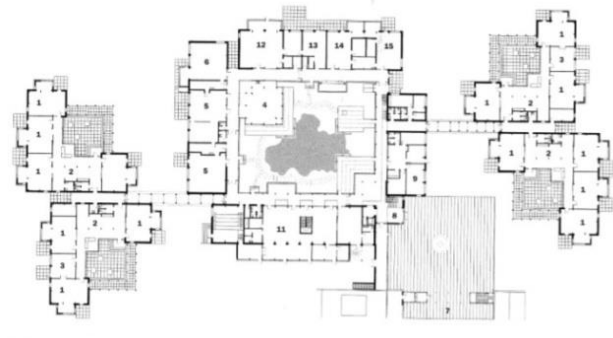
İç mekâna gün ışığı alımının peyzaj düzeniyle desteklendiği bir uygulama olarak Danimarka’da bulunan “Kingoskolen” örnek gösterilebilir (Şekil 18). Sürdürülebilirlik açısından başarılı bir örnek olarak tanımlanan bu okulda konuya ilişkin tüm boyutlar ele alınmış ve doğal aydınlatmaya ayrı bir önem verilmiştir. Okulda tüm dersliklerin, geniş cam yüzeyleriyle manzarayla ilişkisi ve dış mekâna doğrudan ulaşımı sağlanmıştır. Cephede oluşturulan geniş açıklıklara ek olarak, tavanda

da açıklıklar bırakarak tepe ışığıyla da doğal aydınlatma desteklenmiştir.



Şekil 17. Thurston Elementary School, ışık rafı kullanımı

([http://archive.2030palette.org/swatches/view/intermediate-light-shelves/thurston\\_elementary\\_school\\_springfield\\_public\\_schools\\_1.jpg](http://archive.2030palette.org/swatches/view/intermediate-light-shelves/thurston_elementary_school_springfield_public_schools_1.jpg), 2019)



Şekil 18. Kingoskolen, zemin kat yerleşim düzeni Kjørvang, 2006;

(<http://www.designshare.com/index.php/articles/aesthetics-and-learning/>, 2019)

Okul yapay bir gölet etrafında planlanmış, tüm derslikler ve ana koridorların çoğundan suyla görsel ilişki kurulması amaçlanmıştır. Bu yöntemle, sudaki ışık yansmasıyla mekânlara yayılan ışık miktarının artırılmasını sağlamıştır (Kjørvang, 2006). Gölet sayesinde, yazın serinletici etki iç mekâna alınmakta, kışın ise yansıma yoluyla gün ışığının büyük oranda iç mekâna alımı arttırılmaktadır (Şekil 19). Bu yöntemle ısıtma masraflarının düşürüldüğü, cephede kullanılan panjurlarla ısı kontrolünün de sağladığı ifade edilmektedir. Pasif çevresel tasarım yaklaşımlarıyla şekillenmiş okul öğrenme için ilham verici bir ortam olarak da tanımlanmaktadır (Care, 2015). Öğrencilerin açık alan ve gölete erişimi doğal çevrenin öğrenme aracı olarak kullanımı ve öğrencilerin sağlıklı



gelişimlerini açısından önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 19. Kingoskolen, okul bahçesinde gün ışığını yansıtıcı su yüzeyi (www.designshare.com)

## 5. Sonuç

Sürdürülebilir eğitim binalarının en önemli ölçütlerinden biri doğal aydınlatma tasarımıdır. Okul binalarında derslikler ve ortak kullanım alanlarında başarılı gün ışığı tasarımıyla iç mekânda hem kontrollü hem de yeterli düzeyde doğal ışık alımı sağlanmaktadır. Eğitim binalarında doğal aydınlatmanın yeterli düzeyde sağlanması, öğrencilerin sağlıklı gelişimini desteklemekte ve çalışma performansını yükseltmektedir. Gün ışığı tasarımı, birçok faktör içeren ve dikkate alınması gereken kapsamlı bir çalışmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada gün ışığı tasarımında önem taşıyan konular bina ölçeğinde sınırlı tutulmuş ve tasarım süreçlerinde doğal ışık alımı açısından önem verilmesi gerektiği belirtilen konular "gün ışığı alımında olanaklar, gün ışığının kontrolü ve desteklenmesi" olarak tanımlanmıştır. Belirtilen konular kapsamında sürdürülebilirlik anlayışı çerçevesinde tasarlanmış okul örnekleri incelenmiş, farklı bölgelerde bulunan ve çeşitli eğitim kademelerine ilişkin okul tasarımlarında yer verilen uygulamalar araştırılmıştır.

Okullarda aydınlatmanın temelde gün ışığı kullanımıyla sağlanabilmesi amaçlanmaktadır. Genel olarak görsel konfor sağlanması için sınıflarda normal kullanımı için ortalama, 250-300 lux, sunum sırasında 10 lux ve bilgisayar

kullanımı gibi özel bir çalışmada 50 lux aydınlık düzeyi sağlanması gerektiği ifade edilmektedir. Bu değerlerin büyük oranda gün ışığı kullanımıyla sağlanması beklenmektedir. Enerji kullanımının azaltılmasında doğal aydınlatma sistemleriyle önemli ölçüde katkı sağlanabilmektedir. Okul binalarının tasarımında yapı kabuğunda gün ışığı alımı için olanak sağlanması, gün ışığının kontrol edilmesi ve desteklenmesi ile birlikte, güneş panellerinin de kullanılmasıyla ısıtma ve aydınlatma için enerjiyi gereksinimi düşürülmektedir. Ayrıca, bu sistemlerin varlığı okulda öğrenciler için öğrenme alanı oluşturmakta ve sürdürülebilirlik hakkında farkındalık sağlamaktadır. Bu olanak toplumsal duyarlılığa ulaşılmasında büyük bir etkidir. Çalışma kapsamında ele alınan temel konuların ve somut örnek analizlerinin, gelecekte yapılacak ya da mevcut eğitim yapılarının doğal aydınlatma stratejisinin geliştirilmesinde yararlı olması beklenmektedir.

İncelenen örneklerde doğal ışık alımında, güney yönünde geniş açıklıkların bırakılması, pencerelerin kat yüksekliğinde düzenlenmesi ve tepe ışığı sağlayan açıklıkların oluşturulması yönünde çözümlere yer verildiği ve bu uygulamaların birlikte kullanıldığı görülmektedir. Gün ışığı alımının desteklenmesi amacı binaların formunun belirlenmesinde de etkili olmaktadır. Yapı kabuğu gün ışığı alımına olanak yaratılması amaçlanarak tasarlanmaktadır. Gün ışığından korunmada ışığa duyarlı hareket eden tekstil katmanlar, panjur sistemleri kullanılmakta ve enerji kullanımının büyük ölçüde düşürülmesi sağlanabilmektedir. Gün ışığı alımının desteklenmesinde, ışığı iç mekâna yönlendiren ışık raflarının ve su yüzeylerinin yansıtıcı özelliğinden yararlanılmaktadır. Okul binaları tasarımında doğal ışık alımının desteklenmesi hedeflenmeli ve belirtilen çözümlerin tasarım süreçlerinde bütüncül olarak ele alınmasına önem verilmelidir.

## Kaynakça

- 1) Anonim, 2007. Sustainable lighting for schools, LITECONTROL, U.S.A. [online] ([http://www.bostonlightsource.com/stuff/contentmgr/files/1/384c5474b07aaef06ac41cc7c6acd43d/pdf/litecontrol\\_scho ols\\_brochure.pdf](http://www.bostonlightsource.com/stuff/contentmgr/files/1/384c5474b07aaef06ac41cc7c6acd43d/pdf/litecontrol_scho ols_brochure.pdf))

- 2) Anonim, 2002, CIBSE Code for lighting, Oxford, Butterworth-Heinemann.
- 3) Anonim, 2012. Norwegian Green Building Council and BRE Global. BNV. New Construction – Technical Manual, (SD 5066A: ISSUE 1.1) s.397.
- 4) Babalis, D. 2006. *Ecopolis: Conceptualising and Defining Sustainable Design*, İtaly, Alinea editrice. ss.145-150
- 5) Baker, N., Steemers, K. 2014. *Daylight design of buildings: a handbook for architects and engineers*, Abingdon: Routledge. ss.116-170.
- 6) Baker, L. 2012. *A History of School Design and its Indoor Environmental Standards, 1900 to Today*. Washington: National Institute of Building Sciences, ss. 15-20
- 7) Barch, W. 2003. A review of the development of daylighting in schools. *Lighting Research & Technology*. Scientific journal , 35,2 ss.111-125..
- 8) Boubekri, M. A. 2004. Overview of the current state of daylight legislation, *Journal of the Human- Environmental System*. Vol. 7; No. 2. ss. 57-63
- 9) Boubekri, M. 2015. *Lighting design*. M. Dudek (Ed.), *Schools and kindergartens: A Design manual*, ss.34-39. Basel: Birkhauser
- 10) Brown, G., Dekay, M. 2014. *Sun, Wind & Light, Architectural Design Strategies*, Bennett S. (Ed.) ss. 222-225. Canada: Wiley
- 11) Castaldi, B. 1969. *Creative planning of educational facilities*. Chicago, IL: Rand McNally & Co. s.194
- 12) Care, L. 2015. *Nature, ecology and environmental design*. P. Chiles (Ed.) *Building Schools, Key Issues for Contemporary Design* ss. 49-69. Basel: Birkhauser.
- 13) Costanzo V., Evola G. & Marletta L., 13 May, 2017. A review of daylighting strategies in schools: state of the art and expected future trends *Buildings MDPI*. ss.7-41, Basel: Switzerland
- 14) Chatelet, A. M. 2008. *A Breath of Fresh Air: Open-Air Schools in Europe*, Gutman M (ed.). *Designing Modern Childhoods: History, Space, and the Material Culture of Children*. ss. 107-127. New Jersey: Rutgers University Press.
- 15) Department of the Environment, HSMO (1971), *Sunlight and daylight planning criteria and design of buildings*. HSMO, London.
- 16) Davis, J. M. 2010. What is Early Childhood Education for Sustainability. J. M. Davis (Ed.). In *Young Children and the Environment, Early Education for Sustainability* (ss. 21-41). New York: Cambridge University Press.
- 17) Erlalitepe İ, 2011. *Eğitim yapılarının doğal aydınlatma performansı açısından incelenmesi*. MEGARON, Cilt.6(1) s. 39-51
- 18) Hordijk T.B, Groot, E. 2010. *Lighting in schools*, The Netherlands. Article: [online] (<https://docplayer.net/>) Er:20.04.2019
- 19) Kwok, A. G, Grondzik, W. 2011. *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design*. ss.81-86.
- 20) Kjærvang U, 2006. *Power of Aesthetics to Improve Student Learning View From Denmark: Re-Imagining Spaces of Learning*. [online] (<http://www.designshare.com/index.php/articles/aesthetic-s-and-learning/>) Er: 19.04.2019
- 21) Michaelidou, K. 2012. *Natural light in learning environments*. University of Nicosia Department of Architecture, Thesis. ss.4-6 .
- 22) Murphy, C., Thorne, A. 2010. *Health and Productivity Benefits of Sustainable Schools: A Review*. Watford: BRE Press.
- 23) Nair, P., Fielding, R. 2005. *The Language of School Design, Design Patterns for 21st Century Schools*. Minneapolis: Designshare.
- 24) Phillips, D. 2004. *Natural light in architecture*. Oxford. ss.66-114-141. Burlington: Architectural Press.
- 25) Ruck, N., Aschehoug, O., Aydınlı, S. 2000. *Daylight in Buildings, a source book on daylighting systems and components*, Christoffersen J. (Ed.) ss.2-20;4-26. USA: ECBCS Annex.
- 26) Reinhart, C.F., Mardaljevic, J. 2006. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design, *Canada: LEUKOS* ss. 7-31
- 27) Raynham P, 2012. CIBSE Lighting Guide 5: Lighting in Education. Presentation,[online] (pp.1-35.)
- 28) Shyr, W. 2007. A photovoltaic systems laboratory activity plan for Taiwanese senior high schools,"*Journal of the World Transactions on Engineering and Technology Education (WTE&TE)* Vol.6, No.1, ss. 185-188
- 29) Tatar, E. 2013. *Sürdürülebilir mimarlık kapsamında çalışma mekânlarında gün ışığı kullanımı için bir öneri*, Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir. ss.1-18
- 30) Winterbottom, M., Wilkins, A. 2009. *Lighting and discomfort in the classroom*, *Journal of Environmental Psychology*, 29: ss. 63-75.
- 31) Wymelenberg, K., Mahic, A. 2016. Annual daylighting metrics, explained. Article, [online] [https://www.archlighting.com/technology/annual-daylighting-performance-metrics-explained\\_0](https://www.archlighting.com/technology/annual-daylighting-performance-metrics-explained_0) Erişim:16.04.2019
- 32) Yudelson, J. 2007. *Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building*. Gabriola, B.C: New Society Publishers.
- 33) Zomorodian, Z. S., Korsavi, S., Tahsildoost, M. 2016. The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study. İran: *International Journal of Architecture and Urban Development*,26(1): ss.15-24
- 34)<http://www.designshare.com/index.php/articles/aesthetics-and-learning/>, 2019
- 35)[https://www.white-design.com/files/9013/8666/6795/White\\_Design\\_Dartington\\_CE\\_School11.jpg](https://www.white-design.com/files/9013/8666/6795/White_Design_Dartington_CE_School11.jpg);2019
- 36)<https://greenbyjohn.com/liter-of-light-visits-green-school/2019>
- 37)<https://www.designboom.com/architecture/ecosistema-urbano-ecopolis-plaza/2019>
- 38)<https://www.archdaily.com/111143/ecopolis-plaza-ecosistema-urbano/>,2019
- 39)<https://www.bbc.com/news/uk-england-devon-38159690/2019>
- 40) <http://archityperreview.com/project/postfossil-ecowoodbox-kindergarten/>, 2019
- 41) <https://www.levolux.com/tag/rednock-school/>, 2019
- 42) <http://www.breeam.org>,2019
- 43) <http://www.usgbc.org/leed>,2019
- 44) <https://www.comnet.org/35-building-envelope-data>, 2019