

LİSANS TASARIM STÜDYOSUNDA ENERJİ VERİMLİ BİNA TASARIMI: ALTI ADIMLI YAPILANDIRILMIŞ DENEYSSEL METOT

Energy Efficient Building Design in Undergraduate Design Studio: A Six-Step Structured Experimental Method

Kamal Eldin MOHAMED ^{1*} 

¹ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, Orcid No: 0000-0003-4657-749X

Makale Bilgisi

Makale Geçmişi:

Geliş	16.10.2024
Düzeltilme	12.12.2024
Kabul	13.12.2024

Anahtar Kelimeler:

Sürdürülebilir Mimari
Mimarlık Eğitimi
Mimarlık Tasarımı
Enerji Verimli
Enerji Performansı
Bina Dış Kılıfı

ÖZ

1970'lerin enerji krizi, çevresel ve enerji kavramlarının yeniden değerlendirilmesini gerektirmiş ve enerji tüketimini minimize etmek amacıyla yeni çabaların başlatılmasını sağlamıştır. Bu dönemde, bina sektörü en büyük enerji tüketicisi olarak öne çıkmış ve mimarların bu zorluklarla başa çıkmada kilit bir rol üstlenmeleri gerekliliği doğmuştur. Günümüzde ise gelecekteki mimarların enerji verimli binalar tasarlama konusunda eğitim almasına duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu bağlamda, mimarlık tasarım stüdyosu öğrencileri tarafından enerji verimli binaların geliştirilmesine yönelik yapılandırılmış bir yöntem geliştirmeyi amaçlayan bu çalışma, önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Araştırma, söz konusu yöntemin öğrencilerin tasarım projeleri üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde değerlendirmekte, analiz etmekte ve tartışmaktadır. Sonuçlar, bu yenilikçi yaklaşımın enerji verimli binaların yaratılmasını etkili bir şekilde desteklediğini ve öğrencilere sürdürülebilir mimari tasarım konularında önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Bu çalışma, enerji verimliliği konusunda mimarlık eğitimine yeni yöntemlerin uygulanabilirliği ve önemini ortaya koyarak, gelecek nesil mimarların daha bilinçli ve etkili tasarımlar yapmalarına katkı sağlayacaktır.

Article Info

Article History:

Received	16.10.2024
Revised	12.12.2024
Accepted	13.12.2024

Keywords:

Sustainable Architecture
Architectural Education
Architectural Design
Energy Efficiency
Energy Performance
Building Envelope

ABSTRACT

The energy crisis in the 1970s triggered a re-evaluation of the concepts of environment and energy and initiated new efforts to minimize energy consumption. During this period, the construction sector emerged as the largest energy consumer, and architects had to play a key role in overcoming this challenge. Today, there is an urgent demand for the training of future architects to design energy-efficient buildings. In this context, this study aims to develop a structured method for developing energy-efficient buildings by architectural design studio students to fill an important gap. The research comprehensively evaluates the impact of the method on students' design projects and presents analyzes and discusses the findings in detail. The results show that this innovative approach effectively supports the creation of energy-efficient buildings and provides students with significant contributions to sustainable architectural design. The findings of this study will reveal the applicability and importance of new energy efficiency methods in architectural education and will contribute to more conscious and effective designs for future generations of architects.

* Corresponding author.

To Cite This Article: Mohamed, K.E., (2024). Lisans Tasarım Stüdyosunda Enerji Verimli Bina Tasarımı: Altı Adımlı Yapılandırılmış Deneysel Metod. *Akdeniz University Journal of The Faculty of Architecture*, 3(2): 189-211

RESEARCH ARTICLE / ARAŞTIRMA MAKALESİ

1. GİRİŞ

1973 petrol krizinden bu yana enerji verimliliği, ozon tabakasının incilmesi ve küresel ısınma endişeleri ile birlikte, 1990 yılına kadar acil profesyonel müdahaleyi teşvik eden küresel bir öncelik haline gelmiştir ([Anderson, 1990](#); [Romm ve Ervin, 1996](#)). Konut, ticari ve endüstriyel alanları içeren yapı sektörü ([United Nations, 1998](#)), ABD'nin toplam enerji tüketiminin %48'ini oluşturarak önemli bir enerji tüketim kaynağını oluşturduğu tespit edilmiştir ([Mazria, 2003](#)). Küresel olarak, yapı sektörü dünya enerjisinin %30-40'ını tüketmektedir ([European Union, 2003](#)).

Binalar, özellikle fosil yakıtlardan kaynaklanan CO₂ emisyonları ve köpük izolasyon ile soğutma sistemlerinde kullanılan hidroflorokarbonlar gibi CO₂ dışı emisyonlar yoluyla sera gazı emisyonlarında önemli bir etkiye sahiptirler ([United Nations, 2020](#)). Bina ve inşaat sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının %37'sini oluşturarak en fazla sera gazı emisyonuna neden olan sektördür ([UNEP, 2023](#)).

Türkiye'de sera gazı emisyonları 2015'te %122, 2018'de ise %190 artış göstermiş ve binaların 2016'da enerji tüketiminin %32'sini ve toplam sera gazı emisyonlarının %16'sını oluşturmuştur ([DCC, 2018](#); [EIIMD, 2018](#); [IEA, 2020](#)). Türkiye'nin yapı stokunun %86'sını oluşturan konut sektörü, 2023'da toplam enerji tüketiminin %21.5'ini gerçekleştirmiştir ([Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources, 2023](#)).

Enerji verimliliğini artırma çabaları, AB politikalarının vazgeçilmez bir bileşenidir ve Enerji Performansı İlgili Binalar Direktifi ve Enerji Verimliliği Direktifi gibi yönergeler, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve yenilenebilir enerji kullanımı için hedefler belirlemiştir ([European Union, 2003, 2010, 2012](#)). AB, 2030'a kadar sera gazı emisyonlarını %40 azaltmayı ve yenilenebilir enerji kullanımını %27 artırmayı; 2050'ye kadar da emisyonları %80-95 azaltmayı amaçlamaktadır ([EU Commission, 2011](#); [EU Council, 2014](#)). Türkiye, Paris Anlaşması'nın bir üyesi olarak, 2030'a kadar sera gazı emisyonlarını %21 oranında azaltmayı hedeflemektedir ([EU Commission, 2014](#)).

Enerji verimliliğine ulaşmak, girdi enerjisi ile çıktı hizmetleri arasındaki ilişkiyi optimize etmeyi içerir ([Battles, 1995](#); [Zakharova, 2020](#)). Güçlü bir tasarım süreci, enerji verimli öneriler sunmak için temel bilgi ve stratejilerin birleşimi olarak tanımlanır ([Akin ve Lin, 1995](#); [Delbin, 2007](#)). Enerji verimli binalar geliştirmek için simülasyonun tasarıma entegre edilmesinde zorluklarla karşılaşılmasına rağmen kritik bir öneme sahiptir ([Gan vd., 2019](#)).

Dünya, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularına öncelik verdiğinde, mimarlık öğrencilerini bu prensipler üzerinde eğitmek kaçınılmaz hale gelmiştir ([Dabaieh vd., 2018](#)). Mimarlık stüdyolarında enerji verimli tasarımları sunabilme yeteneği artık bir seçenek değil, küresel çevresel sorunlara çözüm bulma gerekliliği haline gelmiştir ([Darwish, vd.; 2023](#); [Umoh vd., 2024](#)).

Binalar, ulaşım ve sanayi sektörleriyle birlikte küresel enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Binalarda termal konfor, iyi düşünülmüş tasarım stratejilerinin uygulanmasıyla etkili bir şekilde sağlanabilir ve bu da mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerine olan bağımlılığı azaltmaktadır ([Rooij vd., 2020](#)). Karbonsuz tasarım prensiplerini savunan enerji bilinçli tasarım stüdyolarının ortaya çıkmasına rağmen, bu kavramın mimarlık eğitimi içinde kapsamlı bir şekilde ele alınması ve entegrasyonu gerekmektedir ([La Roche, 2017](#); [Saghafi, 2020](#)).

Bu çalışmanın amacı, akademik profesyoneller, mimarlık eğitimcileri, planlamacılar ve stüdyo öğretmenlerinin benimseyebileceği yenilikçi ve yapılandırılmış bir enerji verimli tasarım yöntemi modeli sunmaktır. Bu deneysel araştırmada;

- Enerji verimli binaların tasarlanması için sistemli bir metodoloji geliştirilmesi
- Bu metodolojinin öğrencilerin tasarım projeleri üzerindeki etkisinin incelenmesi
- Araştırmanın sonuçlarını değerlendirmesi hedeflenmiştir.

Enerji verimli tasarım, fosil yakıtlara olan bağımlılığı en aza indirgeyerek doğal enerji kaynaklarının kullanımını maksimize etmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu süreç, tasarımın her aşamasında titiz bir çalışma gerektirir. İlk olarak, arazi analizi gerçekleştirilir; bu, mevcut koşulları anlamak için kritik bir adımdır. Ardından, geometri ve form oluşturma aşamasına geçilir, burada yapının genel şekli belirlenir. Bina yönelimi, güneş ışığından en iyi şekilde faydalanmayı sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Çatı tasarımı da enerji verimliliği açısından önemlidir. Yarı açık ve açık alanların entegrasyonu, yapının çevresiyle uyumunu artırır. Malzeme seçimi, yapıların sürdürülebilirliğini etkileyen önemli bir faktördür. Cam alanlarının konumlandırılması ve boyutlandırılması, doğal aydınlatmanın sağlanmasında kritik rol oynarken, gölgelendirme elemanlarının entegrasyonu, enerji tasarrufu sağlayarak iç mekan konforunu artırır. Peyzaj tasarımı ise çevre ile uyumlu ve enerji verimli bir yapının oluşturulmasına katkı sağlar ([Shi, 2010](#)).

Bina dış kabuğunun enerji tüketimi üzerindeki kritik etkisi, bu alanda derinlemesine araştırmalara ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür çalışmalar genellikle iki ana

yöne odaklanır: bina dış kabuğunun fiziksel bileşenleri, yüzeyleri, malzemeleri, açıklıkları ve gölgelendirme sistemleri ile genel bina formu veya geometrisi. Son yirmi yılda, dijital tasarım araçlarının ve hesaplamaların gelişimiyle akademik araştırmalar önemli ölçüde artmıştır. Bu gelişmeler, tasarımcıların daha etkili ve enerji verimli bina dış cephelerinin geliştirmesine olanak tanımaktadır. Böylece, enerji tasarrufunu sağlamak ve sürdürülebilir mimari çözümler üretmek mümkün hale gelmiştir. Bu alandaki gelişmeler yapıların performansını arttırmada ve çevresel etkilerini azaltmaya yönelik stratejilerin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Enerji verimli binalar tasarlamak için yapılandırılmış bir modelin geliştirilmesi, yenilikçi öğretim teknikleri ve araçlarının kullanılmasını zorunlu kılar. Bu eğitim yaklaşımı, teorik bilgi ediniminden ziyade uygulamalı deneyime öncelik vermektedir. Öğrencilerin gerçek durum senaryolarında aktif katılımları sağlanarak, daha derin bir öğrenme süreci oluşturulur. Uygulamalı eğitim, tasarım becerilerini geliştirirken, enerji verimliliği konusundaki farkındalığı artırır. Bu yöntem, öğrencilerin hem bilgi hem de pratik beceriler kazanmalarını sağlar ve enerji verimli bina tasarımına yönelik yenilikçi çözümler geliştirmeyi teşvik eder ([Kevin, 2003](#); [O'Brien ve Sarkis, 2014](#)). Kullanılan öğretim metodolojisi çeşitli stratejileri içermektedir:

- Bilginin pekiştirilmesi için derin öğrenme tekniklerinin kullanımı ([Edward, 2004](#); [Harnish ve Chung, 2014](#)).
- Tasarım stüdyo eğitiminde yapıcı aktif öğrenme yaklaşımı ([Powers, 2001](#)).
- Sürdürülebilir tasarım için tasarım sürecine odaklanan bir yaklaşımın benimsenmesi ([Jankovic, 2012](#)).
- Tasarım stüdyosu ortamında profesyonel bir yaklaşımın vurgulanması ([Campbell, 2013](#); [Kalamas Hedden, 2017](#)).

Mevcut çalışmalar enerji verimliliği kavramının, özellikle sürdürülebilir mimarlık eğitimi bağlamında hızla gelişen bir alan olduğunu göstermektedir ([La Roche, 2017](#)). Gelişmiş simülasyon araçları ve yenilikçi tasarım yöntemleri, bina performansını optimize etmek için kritik bir rol oynamaktadır ([Shi, 2010](#)). Ancak, enerji verimliliğine yönelik metodolojilerin eğitim süreçlerine entegrasyonu konusu hâlâ eksiklikler barındırmaktadır ([Rooij vd., 2020](#); [Saghafi, 2020](#)). Mimarlık öğrencilerinin mevcut çevre koşullarında enerji verimliliği kriterlerini dikkate alarak tasarım yapabilme becerilerinin geliştirilmesi, güncel araştırma alanlarından biridir ([Darwish vd., 2023](#)).

Güncel çalışmalar, enerji verimli bina tasarımı konusunda çok yönlü bir yaklaşımın önemini vurgulamaktadır. Enerji verimliliği kavramının genişletilmiş gerçeklik teknolojileriyle desteklenmesinin ([Darwish vd., 2023](#)), öğrencilerin mekânsal algılarını geliştirdiğini ve sürdürülebilir tasarım süreçlerine katkı sağladığını öne sürmüştür. Yenilikçi tasarım teknikleri ve enerji verimliliğine odaklanan inşaat yöntemlerinin, sürdürülebilir mimarlık eğitimi için yeni bir çerçeve sunduğunu kabul edilmektedir ([Umoh vd., 2024](#)).

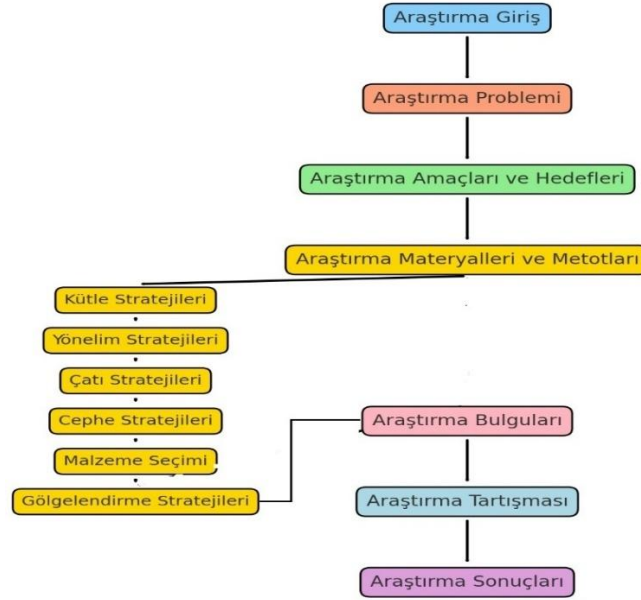
Bu bağlamda, enerji verimliliği odaklı mimarlık eğitimi, yalnızca teorik bilgi sağlamakla kalmayıp, öğrencilerin pratik uygulamalar aracılığıyla becerilerini geliştirmelerine olanak tanıyan deneysel bir yaklaşımla desteklenmelidir ([Kalamas Hedden, 2017](#)). Özellikle, bina tasarımında simülasyon araçlarının kullanımı ve enerji performansı analizlerinin tasarım sürecine entegrasyonu, hem akademik hem de pratik bağlamda kritik öneme sahiptir ([Geng, 2019](#)).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Enerji verimli bina tasarımına yönelik yapılandırılmış bir metodolojinin geliştirildiği bu çalışma altı aşamada gerçekleştirilmiştir ([Şekil 1](#)). İzmir Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü'nde 2022 Bahar döneminde gerçekleştirilen dördüncü sınıf lisans tasarım stüdyosuna odaklanarak enerji verimli bina tasarımını incelediği çalışmada stüdyoya katılan öğrenciler, stüdyo çalışmasının konsepti hakkında bilgilendirilmiş ve gönüllü olarak katılmayı tercih etmişlerdir. Öğrenciler, İzmir'in Urla ilçesinde belirlenen bir alanda enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen bir "Sergi Salonu" tasarlamak amacıyla dört farklı tasarım grubuna ayrılmışlardır. Proje öğrencilere yarı açık ve açık alanları esnek bir şekilde entegre etme görevini vererek, toplamda 500 metrekarelik kapalı alanı kapsamaktadır. Bu çerçevede, bina işletme kullanımı haftada altı gün, sabah 08:00 ile akşam 18:00 saatleri arasında tanımlanmış olup böylece, öğrencilerin tasarım süreçlerinde enerji verimliliği kriterlerini dikkate almaları teşvik edilmiştir. Projenin gerçekleştirilmesi, öğrencilere enerji verimli yapıların tasarımında pratik deneyim kazandırma amacı taşımaktadır. Ayrıca, bu çalışma, enerji verimliliği ilkelerinin mimari tasarım süreçlerine entegrasyonunu sağlamaktadır.

Öğrencilere, daha önceki eğitim yıllarında tanıdık oldukları Revit yazılımını enerji simülasyonu için kullanmaları teşvik edilmiştir. Tasarım sürecinde, Enerji Performansı Yönetmeliği ve TS 825 Bina Isı Yalıtımı Kuralları, temel simülasyon senaryoları için referans alınmıştır. Tasarım, Türkiye'de belirlenen 'C' enerji seviyesi minimum gereksinimlerine uygun olarak yapılmıştır. Farklı bina cepheleri U değerleri: dış duvarlar (0.7 W/m²K), çatılar (0.45

W/m²K), taban plakası ve bodrum duvarları (0.7 W/m²K) ve pencereler (2.4 W/m²K) için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Özellikle, ısıtılmayan iç duvarlar ve zeminler Türk Standartları Enstitüsü TS 825 kılavuzlarına göre ısı yükü hesaplamalarından ayrı tutulmuştur (TSI, 2008).



Şekil 1. Çalışmanın genel kurgusunu anlatan akış şeması

Figure 1. A flow chart explaining the general structure of the study

Tasarım sürecinin başlangıcında, öğrencilerden tasarım alanının boyutlarını ve konumunu kapsamlı bir şekilde analiz etmeleri beklenmiştir. Bu süreçte, alanın konumunun belirlenmesi ve buna bağlı olarak hakim rüzgar yönlerinin ve rüzgar hızlarının incelenmesi de önemli bir aşama olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, ışık yönünün hesaplanması kritik bir unsur olarak projeye dahil edilmiş ve böylece enerji verimliliği açısından güneş ışığından en etkin şekilde yararlanma stratejileri geliştirilmiştir. Bu aşamalar, mimari tasarımın enerji verimliliği ilkeleriyle uyumlu olmasını sağlamak amacıyla, ilerleyen tasarım süreçleri için sağlam bir temel oluşturmuştur. Öğrencilerin bu analizleri gerçekleştirmesi, tasarım kararlarının bilimsel verilere dayandırılmasını teşvik etmiştir. Bu aşama enerji verimli tasarım için gerekli olan kritik bilgilerin edinilmesine ve uygulanmasına olanak sağlamıştır.

Proje süreçleri, tasarım sürecinin en başından itibaren öğrencilere sunulmuş ve bu program doğrultusunda tasarımların şekillendirilmesi hedeflenmiştir. Öğrenciler, projelerinin fonksiyonel ve estetik gereksinimlerini bu programa uyumlu hale getirmeye özen göstermişlerdir. Proje çerçevesinde, her grubun taslak kat planları ve kesitleri geliştirilmiş, bu planlar öğrencilere projelerini derinlemesine kavrayabilmelerine imkan vermiştir. İlk taslaklar, öğrencilere projenin kütlesini ve hacmini anlamalarına yardımcı olmasının yanı sıra, alan ve

hacim gereksinimlerini belirlemek için de önemli bir temel oluşturmuştur. Bu süreç, öğrencilerin tasarımın temel unsurlarını ve projeye dair kritik bilgileri daha iyi anlamalarına olanak tanımıştır. Dolayısıyla, proje programının sağladığı yapı, tasarım sürecinin her aşamasında rehberlik ederek, öğrencilerin enerji verimliliği ilkeleri çerçevesinde daha bilinçli kararlar almalarını desteklemiştir.

Tasarım geliştirme aşamasında, çatı yüksekliklerinin belirlenmesine özel bir özen gösterilmiştir. Çatı yükseklikleri, binanın enerji performansını etkileyen kritik bir unsur olarak, doğal havalandırma ve iç mekan aydınlatmasının optimize edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu süreçte öğrenciler, bina kütlelerini anlamının ötesinde, yapı elemanları arasındaki ilişkileri ve binanın enerji verimliliğini artıracak detayları incelemeye başlamışlardır. Böylece, tasarımın işlevselliği ile estetik açıdan uyumunu sağlarken, enerji verimliliği hedeflerini de göz önünde bulundurmışlardır. Öğrencilerin bu aşamadaki çalışmaları, enerji performansını en üst düzeye çıkarmak için yapı elemanları arasında dengeli bir etkileşim kurmalarına olanak tanımıştır. Sonuç olarak, çatı yüksekliklerinin titizlikle belirlenmesi, hem iç mekan konforunu hem de enerji verimliliğini artırma açısından önemli bir adım olmuştur.

Proje sürecinde öğrencilere, altı temel tasarım adımı sistematik bir şekilde tanıtılmış ve bu adımlar haftalık olarak sunulmuştur. Her aşamada, öğrencilerin mimari karar alma süreçlerinde enerji verimliliğini nasıl dikkate almaları gerektiği vurgulanarak, adımlar belirli bir sıra ile kademeli olarak ilerlemiştir. Eş zamanlı olarak, her tasarım adımına ilişkin teorik dersler verilmiş ve bu dersler, öğrencilerin bilgi birikimlerini pekiştirmelerine olanak tanımıştır. Ayrıca, derslerde örnek çalışmalarına yer verilmiş; bu sayede öğrenciler, gerçek koşullarda enerji verimliliği odaklı bina projelerini inceleyerek tasarımlarına dair değerli içgörüler elde etmişlerdir. Bu yaklaşım, teorik bilgi ile pratik uygulamayı birleştirerek öğrencilerin analitik düşünme becerilerini geliştirmiştir. Bu süreç, öğrencilerin enerji verimliliği konusunda daha derin bir anlayış kazanmalarını sağlamış ve tasarım projelerine bütünsel bir perspektif katmıştır.

2.1. Kütle Stratejileri

Öğrencilerden, her birinin farklı geometrik formlarda altı kütle oluşturması istenmiş; bu kütleler, kuzey-güney yönelimli düz çatılarla donatılmış, açıklık veya cam içermeyen katı yapılar olarak tasarlanmıştır. Her kütle için metrekare başına enerji tüketimini (kW/m^2) hesaplamak için enerji simülasyon yazılımı kullanılmıştır.

2.2. Yönlendirme Stratejileri

İlk adımda belirlenen en az enerji tüketen kütle temel alınarak, öğrenciler en uygun bina yönelimini belirleme sürecine girmiştir. Bu kütle için altı farklı site yönelimi üzerinde enerji simülasyonları gerçekleştirilmiş, simülasyonlarda katı duvarlar ve açıklık veya cam içermeyen düz çatılar dikkate alınmıştır.

2.3. Çatı Stratejileri

Öğrenciler, bir önceki adımda belirlenen en uygun bina yönelimini temel alarak, çeşitli çatı tasarım biçimlerini, eğimlerini ve yönelimlerini araştırmışlardır. Her tasarım iterasyonu için enerji simülasyonları gerçekleştirilmiş ve bu süreçte katı duvarlar ile açıklık veya cam içermeyen düz çatılar korunmuştur.

2.4. Cephe Stratejileri

Üçüncü aşamada, en başarılı kütleyle yönelik olarak geliştirilen proje kat planları ve kesitleri ile birlikte, öğrenciler farklı pencere stratejilerini cephelere, çatılara ve avlu duvarlarına entegre etmişlerdir. Ayrıca, sera, ısıtma kuleleri, çift ciltli cepheler ve açık-kapalı avlular gibi çeşitli tasarım unsurları da projeye dahil edilmiştir. Her tasarım değişikliği sonrasında, enerji tüketim seviyeleri titizlikle test edilip değerlendirilmiştir ([Zheng ve Liang, 2024](#)).

2.5. Yapı Malzemesi Seçimi

Öğrenciler, doğal, geri dönüştürülebilir ve sürdürülebilir kriterler doğrultusunda inşaat malzemeleri, dış ve iç yüzey kaplamaları ile ısı yalıtım malzemelerini titizlikle seçmişlerdir. Malzeme seçimleri, Türk Enerji Performansı Yönetmeliği tarafından belirlenen U değerlerine uygun olarak gerçekleştirilmiş ve dış duvarlar için (<0.7), çatılar için (<0.45), taban plakası ve bodrum duvarları için (<0.7) ve pencereler (cam ve çerçeveler bir bütün olarak) için (<2.4) belirlenen standartlara uyum sağlanmıştır. Önceki adımlardan elde edilen veriler, bu karar alma sürecine yön vermiştir.

2.6. Gölgeleme Stratejileri

Öğrenciler, her cephenin tasarımını zenginleştirmek amacıyla çeşitli malzemeler ve teknikler kullanarak cepheleri farklı gölgeleme elemanları ile donatmışlardır. Her tasarım değişikliğinden sonra, enerji simülasyonları gerçekleştirilmiş ve bu simülasyonlar aracılığıyla

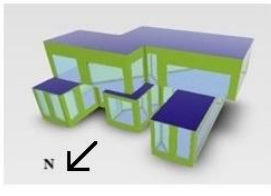
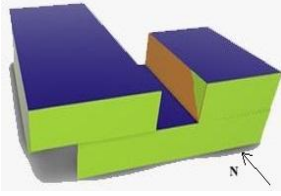
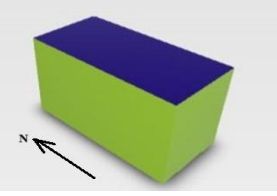
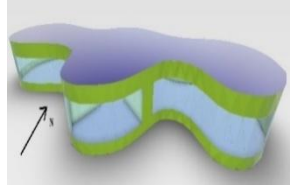
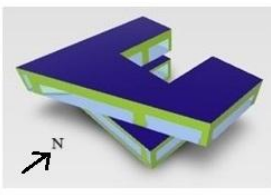
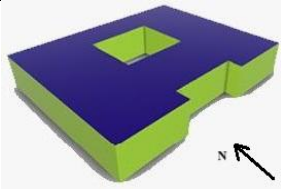

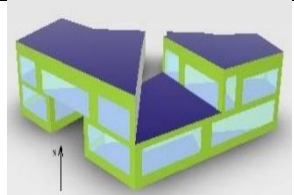
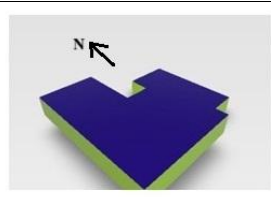

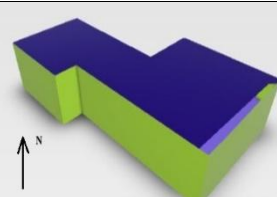
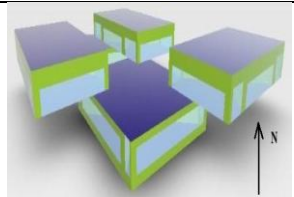
en etkili gölgelendirme tasarım stratejisi belirlenmiştir. Bu strateji, yıllık metrekare başına en düşük enerji tüketimini ($\text{kW/m}^2/\text{yıl}$) sağlamayı başarmıştır.

3. BULGULAR

Araştırma sonuçları dört farklı tasarım grubunun her bir adımda ortaya koyduğu tasarım süreçlerinin analizini detaylı olarak sunmaktadır. Bu analizler, grupların enerji verimliliğini artırmak için izledikleri stratejileri ve bu stratejilerin sonuçlarını anlamamıza yardımcı olmaktadır. [Tablo 1](#), her grubun gerçekleştirdiği altı deneme sonucunda en iyi üç kütle stratejisini göstermektedir. Bu stratejiler, her grubun enerji tüketimini azaltmak amacıyla geliştirdiği farklı kütle formlarını ve yapı elemanlarını içermektedir. Kütlelerin geometrik şekilleri, yönlendirilmesi ve tasarım özellikleri enerji verimliliğini artırmak amacıyla titizlikle belirlenmiştir.

Tablo 1: Her grubun enerji tüketiminin $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$ cinsinden kütle tasarım stratejileri

Table 1: Mass design strategies of energy consumption of each group in $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$

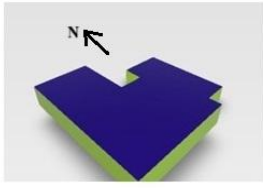
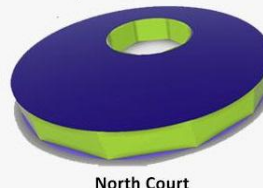
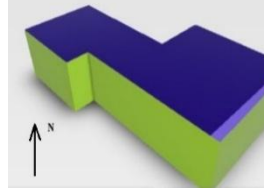

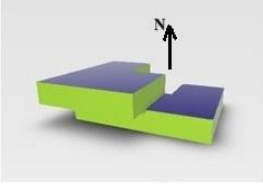

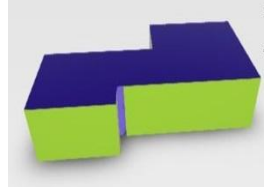

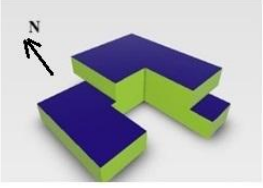

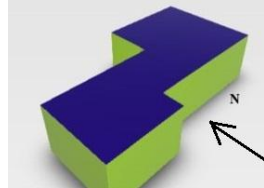

Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
 279 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 262 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 290 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 380 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$
 256 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 248 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 271 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 321 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$
 243 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 South Court 226 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 196 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$	 259 $\text{Kwh/M}^2/\text{Yr}$

[Tablo 2](#), tasarım sürecine daha derinlemesine bir bakış sunmakta, her grubun kütle yönelimlerini, güneş ışığına maruziyet oranlarını, rüzgar desenlerini, kütlelerin yüksekliğini ve açık ya da yarı açık alanların yapı içindeki konumlandırılmalarını detaylandırmaktadır. Tablo,

kütlelerin çevresel faktörlerle etkileşimlerini göstererek, her grubun nasıl daha verimli bir enerji stratejisi geliştirdiğini ortaya koyar. Özellikle güneşin mevsimsel hareketleri ve rüzgarın yönü dikkate alınarak yapılan bu yönelimler, enerji tüketimini minimize etmek için hayati önem taşımaktadır. Her tasarım grubunun, bu çevresel faktörlere dayalı olarak geliştirdiği kütle yönelimi stratejileri, mimari tasarımın enerji verimliliğine olan etkisini açık bir şekilde göstermektedir.

Tablo 2: Kwh/M²/Yr cinsinden enerji tüketimine ilişkin her grubun en iyi üç kütle yönlendirme stratejisi denemesi

Table 2: The best three mass orientation strategies for each group concerning energy consumption in Kwh/M²/Yr

Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
			
210 Kwh/M ² /Yr	230 Kwh/M ² /Yr	202 Kwh/M ² /Yr	254 Kwh/M ² /Yr
			
190 Kwh/M ² /Yr	228 Kwh/M ² /Yr	198 Kwh/M ² /Yr	243 Kwh/M ² /Yr
			
179 Kwh/M ² /Yr	228 Kwh/M ² /Yr	194 Kwh/M ² /Yr	222 Kwh/M ² /Yr

En düşük enerji tüketimine sahip kütle yönelimi, sonraki tasarım adımları için bir referans noktası olarak seçilmiştir. Bu, her grubun, daha önceki tasarım aşamalarında oluşturdukları kütle ve çatı stratejilerinden yola çıkarak nihai tasarım adımlarını şekillendirmelerine olanak tanımıştır. Düz çatı kullanımı, hem enerji verimliliği hem de çevresel faktörlere uyum açısından önemli bir strateji olarak öne çıkmış, bu düşünce önceki iki tasarım aşamasında vurgulanmıştır.

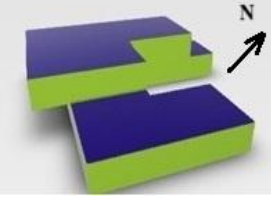

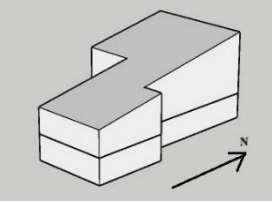
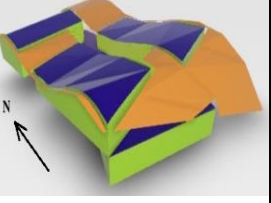
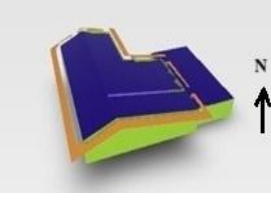
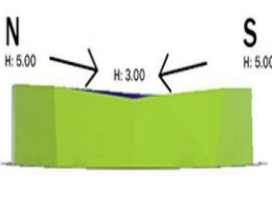
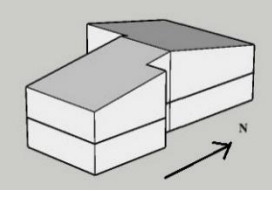
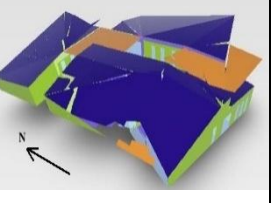
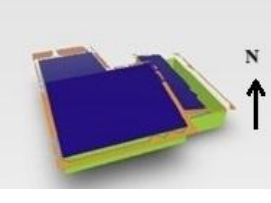

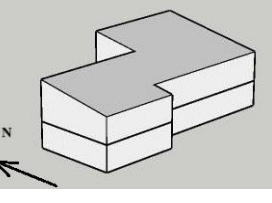
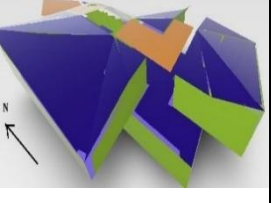
[Tablo 3](#), her grubun enerji tüketimini en aza indirmek için geliştirdiği optimal çatı tasarımı stratejilerini açıklamaktadır. Bu tablo, özellikle çatı yüksekliklerinin, çatı

malzemelerinin ve çatıya entegre edilen enerji verimli sistemlerin ne ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, bazı gruplar çatıya entegre edilen fotovoltaik panellerle güneş enerjisinden faydalanırken, diğerleri doğal havalandırma sistemleri ile enerji verimliliği sağlamaya çalışmıştır. Çatı stratejilerinin çeşitliliği, her grubun projeye farklı bir bakış açısı getirdiğini ve kendi özgün çözümlerini geliştirdiğini göstermektedir.

Ayrıca, her grup, tasarım süreçlerinin ilerleyen aşamalarında bina camlama stratejilerini iki kez ele almıştır. Bu stratejiler, enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olup, doğal ışığın iç mekana alınması, ısı kayıplarının önlenmesi ve iç mekan sıcaklığının kontrolü açısından büyük önem taşır. Camlama oranlarının belirlenmesi, cam türünün seçimi ve pencere konumlandırmaları, tasarımların enerji verimliliğini optimize etme amacıyla detaylı bir şekilde planlanmıştır. Böylece, gruplar enerji verimli bir camlama sistemi geliştirerek hem doğal ışık kullanımını artırmış hem de enerji kayıplarını en aza indirmişlerdir.

Tablo 3: Kwh/M²/Yr cinsinden enerji tüketimine ilişkin her grubun en iyi üç çatı tasarım stratejisi denemesi

Table 3: Three best roof design strategies for each group regarding energy consumption in Kwh/M²/Yr


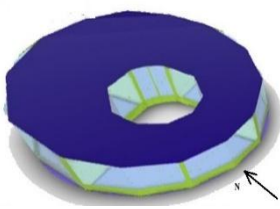
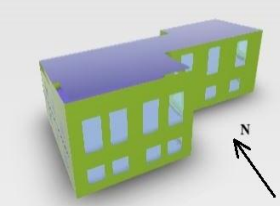
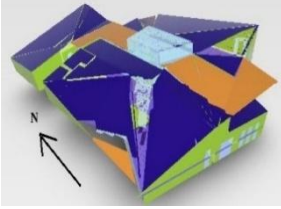

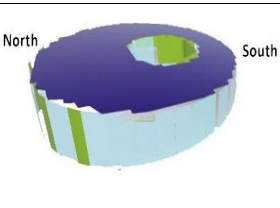
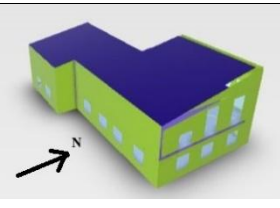
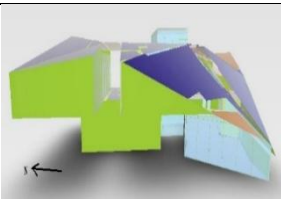
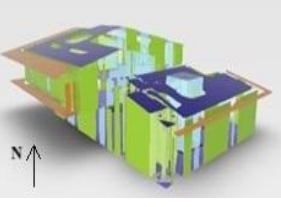
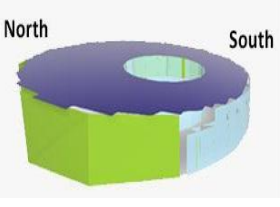
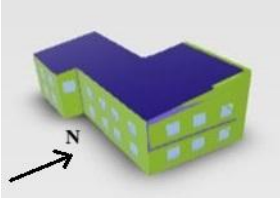

Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
			
179 Kwh/M ² /Yr	215 Kwh/M ² /Yr	209 Kwh/M ² /Yr	360 Kwh/M ² /Yr
			
166 Kwh/M ² /Yr	209 Kwh/M ² /Yr	201 Kwh/M ² /Yr	292 Kwh/M ² /Yr
			
152 Kwh/M ² /Yr	207 Kwh/M ² /Yr	191 Kwh/M ² /Yr	216 Kwh/M ² /Yr

Üç tablo aracılığıyla sunulan veriler, her grubun tasarım sürecinde izlediği stratejileri ve enerji verimliliğini artırma çabalarını kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Gruplar, çevresel koşullara uyum sağlayan kütle ve çatı stratejilerini geliştirirken, aynı zamanda enerji tüketimini azaltacak yaratıcı çözümler üretmiştir.

Başlangıç aşamasında, enerji tüketimini en aza indirmek amacıyla, binanın dış cephesinde kullanılacak cam alanının optimal yüzdesi belirlenmiştir. Bu yüzdelik, hem enerji kayıplarını önlemek hem de enerji verimliliğini maksimize etmek için büyük önem taşır. Cam yüzeyin boyutu ve konumlandırılması, binaya doğal ışık girişini artırırken aynı zamanda ısı kayıplarını minimize etme stratejisine dayanarak tasarlanmıştır. Belirlenen bu optimal cam alan yüzdesi, enerji tüketimini azaltma amacına hizmet edecek şekilde, bina dış cephe tasarımına dahil edilmiştir. Bu süreçte, binadaki gün ışığı kalitesinin korunması için titiz bir yaklaşım benimsenmiş ve cam yüzey alanları, iç mekanda yeterli doğal ışık sağlayacak şekilde optimize edilmiş ve sonuçlar [Tablo 4](#)'te detaylandırılmıştır.

Tablo 4: Kwh/M²/Yr cinsinden enerji tüketimine ilişkin her grubun cam boyutu ve konum stratejilerine ilişkin en iyi üç deneme sonuçları

Table 4: The best three tries results of each group's glazing size and location strategies concerning the energy consumption in Kwh/M²/Yr

Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
			
489 Kwh/M ² /Yr	446 Kwh/M ² /Yr	312 Kwh/M ² /Yr	308 Kwh/M ² /Yr
			
268 Kwh/M ² /Yr	296 Kwh/M ² /Yr	256 Kwh/M ² /Yr	286 Kwh/M ² /Yr
			
157 Kwh/M ² /Yr	194 Kwh/M ² /Yr	199 Kwh/M ² /Yr	199 Kwh/M ² /Yr

İlk dört tasarım aşamasında, öğrencilere, projelerinde enerji verimliliğini artırmak adına, Enerji Bakanlığı tarafından belirlenen minimum gereksinimlere uygun yapı malzemelerini seçmeleri istenmiştir. Bu gereksinimler Türk Standartları Enstitüsü TS 825 2008 standartlarına dayanmaktadır ve bina enerji performansının belirli bir seviyede olmasını zorunlu kılmaktadır. Öğrenciler, Revit yazılımı kullanarak enerji simülasyon sonuçlarına dayalı tasarımlarını geliştirmiş ve bu simülasyonlar, malzeme seçimlerinde rehber olmuştur.

Tablo 5: (U değerleri) ısı geçirgenliği (W/m^2K) de dahil olmak üzere her grubun yerel doğal ve sürdürülebilir malzeme seçimleri

Table 5: Local natural and sustainable material choices for each group, including (U values) thermal transmittance (W/m^2K)

	Grup 1		Grup 2		Grup 3		Grup 4	
	Bileşenler	U Değeri	Bileşenler	U Değeri	Bileşenler	U Değeri	Bileşenler	U Değeri
Dış duvarlar	Ahşap kaplama (10cm) Saman Balyası (15cm) Ahşap kaplama (10cm)	0.31	Ahşap kaplama Havalandırma membranı Kontrplak R30 ısı yalıtımı + ahşap çita Kontrplak	0.2124	Plastik boya 1 cm Açık 1 cm Isı yalıtımı 5 cm Tuğla 20 cm Açık 1 cm Plastik boya 1 cm	0.5694	Beton hafifliği (10cm) Ses yalıtımı (1cm) Hava sızma bariyeri (1 cm) Sert izolasyon (8cm) Beton duvar (10cm)	0.33
zemin üstü levha ve Basement Wall	Beton (10cm) Betonarme (15cm) Bitümlü su yalıtımı (2cm) Sert izolasyon (7cm) Betonun tesviye edilmesi (5cm) Laminat parke (2cm)	0.41	Betonda standart döşeme	0.4063	Seramik Karo 0,2 cm Açık 1 cm Isı yalıtımı 6,5 cm Açık 1 cm Beton 20cm	0.526	Beton prekast (15cm) Ses yalıtımı (2,5cm) Nem geçirmezlik (0,5 cm) Sert yalıtım (9,5 cm) Seramik karolar (2,5cm)	0.27
Çatılar	Yapı kerestesi (20cm) Sert izolasyon (5cm) Ahşap kaplama (5cm) Asfalt bitümlü (2cm)	0.1	Ahşap zona Ahşap barınak Kontrplak R19 keçe yalıtımı Ahşap çiteler Kontrplak	0.231	Kil kiremit 1,5 cm Su izolasyonu 0,8 cm Isı yalıtımı 5 cm Beton 15cm Açık 1 cm Plastik boya 1 cm	0.24	Bitkiler Büyüyen ortam (20cm) Filtasyon+drenaj+tutma Yalıtım (5cm) Kök bariyeri Su yalıtımı Çatı güvertesi (20cm)	0.28
Camlama (Cam ve Çerçeveleme)	Çift cam (1/4 inç kalınlığında) – yeşil/düşük – E(e = 0,2) cam	1.98	Üçlü cam low-e/şeffaf	1.533	Retrowal 1/4" lamine low-e cam	1.72	Yüksek performanslı low-e cam	1.8

Her tasarım grubu, projelerine uygun en iyi yerel ve sürdürülebilir yapı malzemelerini belirlemek için kapsamlı bir araştırma sürecine girmiştir. Bu araştırma süreci, yalnızca çevre dostu malzemelerin seçilmesine değil, aynı zamanda yerel kaynakların kullanılmasına da odaklanmıştır. Seçilen malzemeler, ısı yalıtımı, dış duvarlar, camlar, çatılar, plakalar ve yapısal bileşenler gibi yapı elemanlarını kapsamaktadır. Her malzemenin enerji verimliliğine katkısı ve binanın enerji tüketimi üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

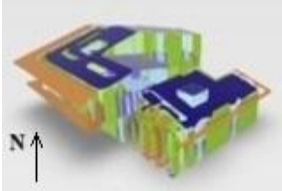
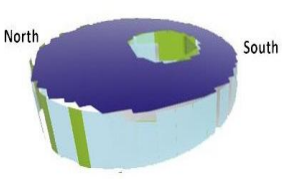
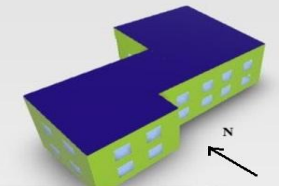
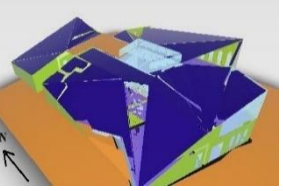
Malzeme seçim süreci ve malzemelerin U değerleri, [Tablo 5](#)'te verilmiştir. Malzeme seçiminde dikkate alınan en önemli kriterlerden biri, malzemelerin ısı geçirgenlik katsayısı, yani U değeri olmuştur. U değeri, malzemelerin ne kadar ısı geçirdiğini ve dolayısıyla enerji

verimliliğini doğrudan etkileyen bir faktördür. Düşük U değerine sahip malzemeler, daha iyi ısı yalıtımı sağlayarak enerji tüketimini azaltmaktadır.

Son olarak, her tasarım grubunun gerçekleştirdiği malzeme seçimleri ve bu malzemelerin enerji performansına etkileri incelenmiş, bu adımların bina genelindeki enerji tüketimine katkısı analiz edilmiştir. Enerji simülasyonları sonucunda elde edilen nihai enerji tüketim değerleri, her grubun malzeme ve tasarım stratejilerinin başarısını ölçmek açısından önemlidir. [Tablo 6](#)'da, her tasarım adımının sonunda hesaplanan nihai enerji tüketim değerleri sunulmuştur. Bu veriler, öğrencilerin enerji verimliliği odaklı tasarım süreçlerini başarıyla yürüttüklerini ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaştıklarını göstermektedir.

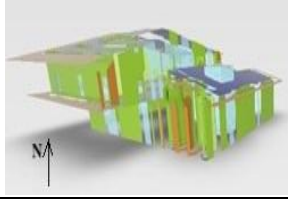
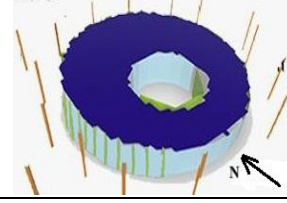
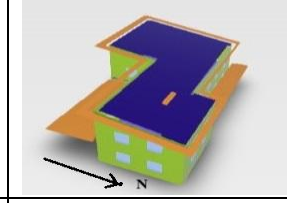
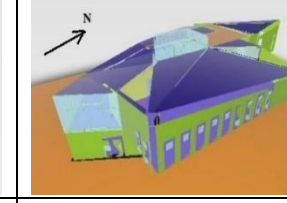
Tablo 6: Malzeme seçimleri uygulandıktan sonra her grubun Kwh/M²/Yr cinsinden toplam bina enerji tüketimi

Table 6: Total building energy consumption of each group in Kwh/M²/Yr after applying the material selections

Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
			
117 Kwh/M ² /Yr	129 Kwh/M ² /Yr	122 Kwh/M ² /Yr	126 Kwh/M ² /Yr

Son tasarım adımı, binanın enerji verimliliğini artırmak için gölgelendirme stratejilerinin geliştirilmesine odaklanmıştır. Bu aşamada her grup, çeşitli gölgelendirme elemanlarını derinlemesine incelemiştir. Öncelikle, peyzaj özelliklerinin nasıl kullanılabileceği araştırılmıştır. Ayrıca, doğrudan ve dolaylı güneş kırıcıların etkileri değerlendirilmiştir. İç mekan gölgelendirme elemanları da tasarım sürecine dahil edilmiştir. Elde edilen enerji tüketimi verileri [Tablo 7](#)'de sunulmuş olup bu elemanların tümü, enerji tüketimini azaltma hedefiyle bir araya getirilmiştir.

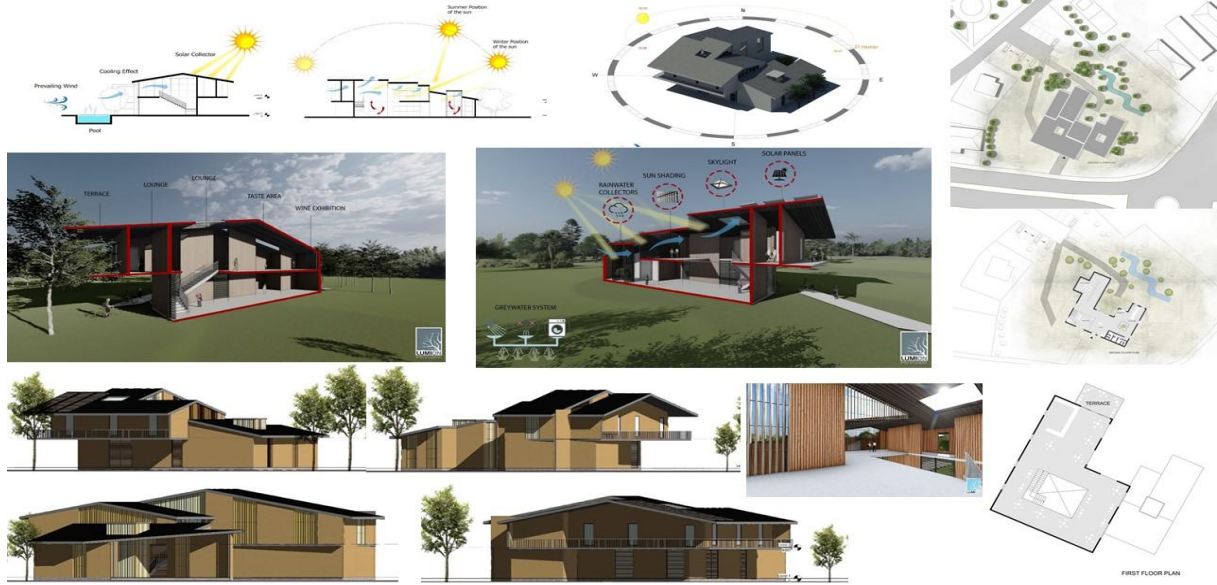
Tablo 7: Kwh/M²/Yr cinsinden nihai enerji tüketimi ile her grubun bina gölgeleme stratejileri
Table 7: Building shading strategies of each group with final energy consumption in Kwh/M²/Yr

Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
			
110 Kwh/M ² /Yr	121 Kwh/M ² /Yr	116 Kwh/M ² /Yr	119 Kwh/M ² /Yr

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

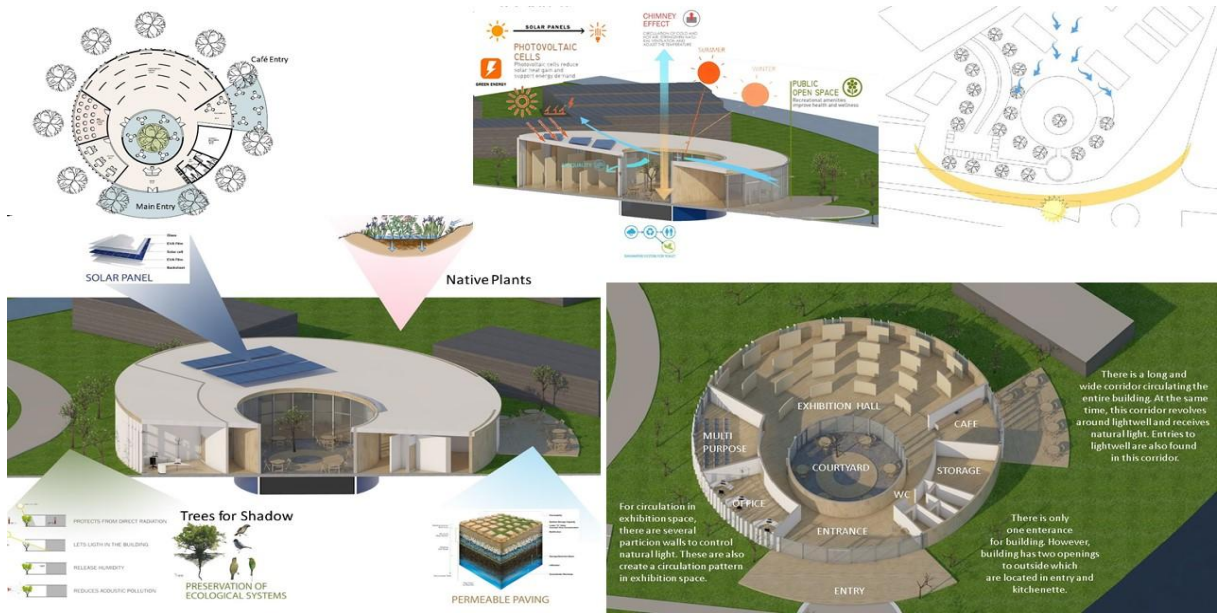
Çalışmada benimsenen altı tasarım adımı, öncelikle mimari tasarımın temel ilkeleri göz önünde bulundurularak belirlenmiş ve bu süreç, mimarlardan doğrudan alınan girdileri gerektirmiştir. Bu aşamalar, mekanik ve elektrik mühendisliği unsurlarını içermeyen, örneğin P.V. panelleri ve güneş enerjili su ısıtıcıları gibi bileşenleri kapsamamaktadır. Tasarım adımlarının sıralaması, mimari tasarım sürecinin mantıklı bir ilerleyişine ve önceki tasarım stüdyolarındaki edinilen deneyimlere dayanmaktadır.

Tasarım sürecinin başlangıcında öğrenciler, doğal enerji kaynakları, yerel malzemeler, rüzgar desenleri, güneş yolları, yağış miktarı ve sıcaklık gibi iklimsel ve arazi ile ilgili faktörleri içeren kapsamlı analizler gerçekleştirmiştir. Her grup tarafından kullanılan çeşitli tasarım araçlarının entegre edildiği ve [Şekil 2](#), [3](#), [4](#) ve [5](#)'te verilen proje tasarımları, grupların enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan projelerini detayları ile göstermektedir. Her şekil, kütle oluşturma ve yönlendirme, çatı tasarımı, doğal aydınlatma, havalandırma, cam yerleşimi ve boyutlandırması, malzeme seçimi ve gölgelendirme elemanları gibi farklı tasarım araçlarını içermektedir.



Şekil 2: Grup-1 tasarım önerisi, saha analizini, nihai kütle stratejisini ve yönlendirmeyi, çatı tasarımını, doğal ışık, doğal havalandırma ve gölgeleme stratejisini sunmaktadır.

Figure 2: Group-1 design proposal presents site analysis, final mass strategy and orientation, roof design, natural light, natural ventilation, and shading strategy.



Şekil 3: Grup-2 tasarım önerisi, nihai kütle çemberi stratejisini, doğal ışık ve doğal havalandırmayı, avlu stratejisini, çatı tasarımını ve doğal ve yapay gölgeleme elemanları stratejisini sunmaktadır.

Figure 3: Group-2 design proposal presents the final mass circle strategy, natural light and natural ventilation, courtyard strategy, roof design, and natural and artificial shading elements strategy.



Şekil 4: Grup-3 tasarım önerisi, hava hareketini içeride tutacak şekilde açık, yarı açık alan ve galeriden oluşan nihai kütle stratejisini sunmaktadır. 3D'ler doğal ışık kalitesini gösterir. Ayrıca çizimde çatı tasarım stratejisi, PV panelleri ve gölgeleme elemanları stratejisi sunulmaktadır.

Figure 4: Group-3 design proposal presents the final mass strategy consisting of open, semi-open space and gallery to keep air movement inside. 3Ds show the natural light quality. Also in the drawing, roof design strategy, PV panels and shading elements strategy are presented.



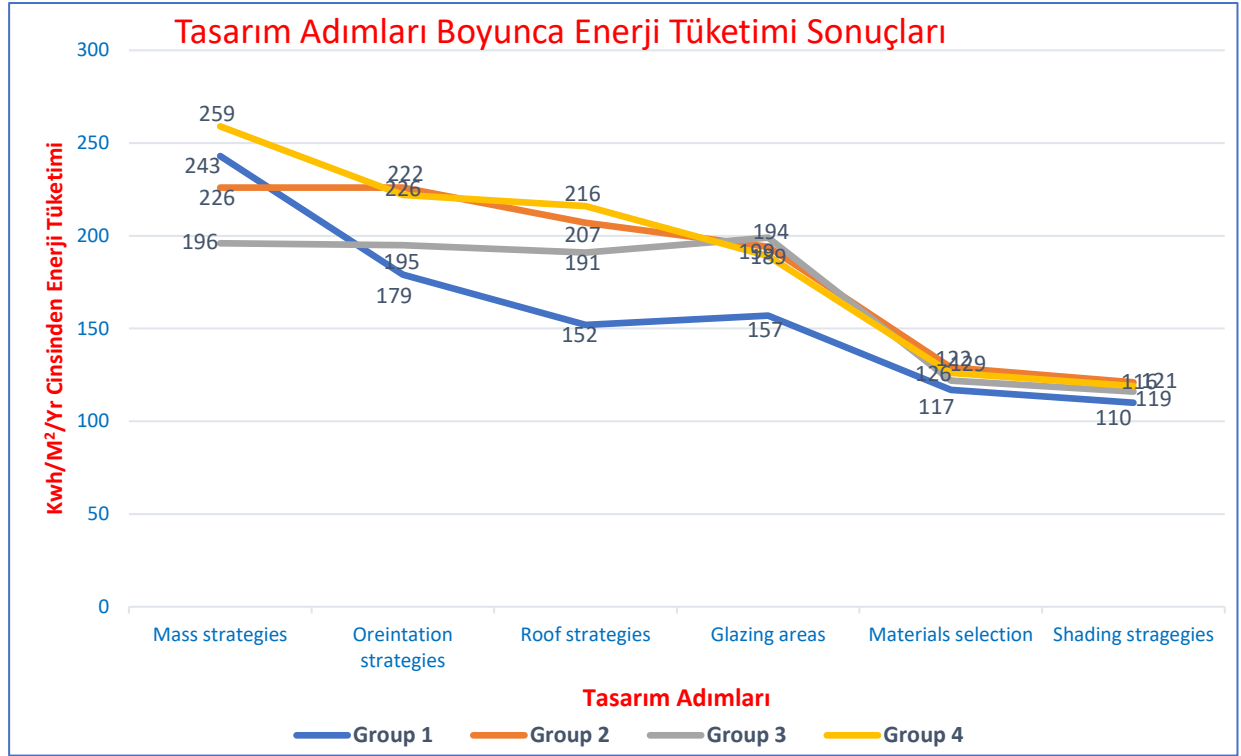
Şekil 5: Grup-4 tasarım önerisi, kapalı/açık galeri, kütle yönelimi, yaz/kış galeri stratejisi, doğal ışık, doğal havalandırma, yeşil çatı tasarımı ve gölgeleme elemanlarını içeren nihai kütle stratejisini sunmaktadır.

Figure 5: Group-4 design proposal presents the final mass strategy, including closed/open gallery, mass orientation, summer/winter gallery strategy, natural light, natural ventilation, green roof design, and shading elements.

Şekil 6, her grubun altı tasarım adımının Kwh/M²/Yıl cinsinden enerji tüketim sonuçlarını sunmaktadır. Kütle yönlendirmesindeki ayarlamaların ardından, ikinci grubun dairesel kütle yönlendirmesinin enerji tüketimi üzerinde bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Bu durum, tüm

gruplarda dikkate değer bir enerji tüketiminde azalma sağlamış olup her grup, farklı çatı tasarımları ile enerji tüketimini azaltma konusunda başarılı olmuştur. Ayrıca, bina dış cephelerine eklenen cam alanların çoğu grup için enerji tüketiminde hafif bir azalmaya neden olduğu, ancak üçüncü proje grubunda bu durumun bir istisna olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Doğal ışık ve havalandırma ihtiyacı ile enerji tüketimini en aza indirme arasında denge sağlamak, dördüncü tasarım adımında zorluklar yaratmış ve bu durum, enerji tüketiminde sadece hafif bir azalmayı beraberinde getirmiştir. Bina malzemelerinin seçimi de önemli bir rol oynamış ve tüm gruplar, enerji tüketiminde azalmaya katkı sağlayan uygun malzemeleri seçmeyi başarmıştır. Son olarak, etkili gölgelendirme elemanlarının uygulanması, [Şekil 6](#)'da gösterildiği üzere, tüm gruplarda enerji tüketiminde daha fazla bir azalma sağlamıştır.

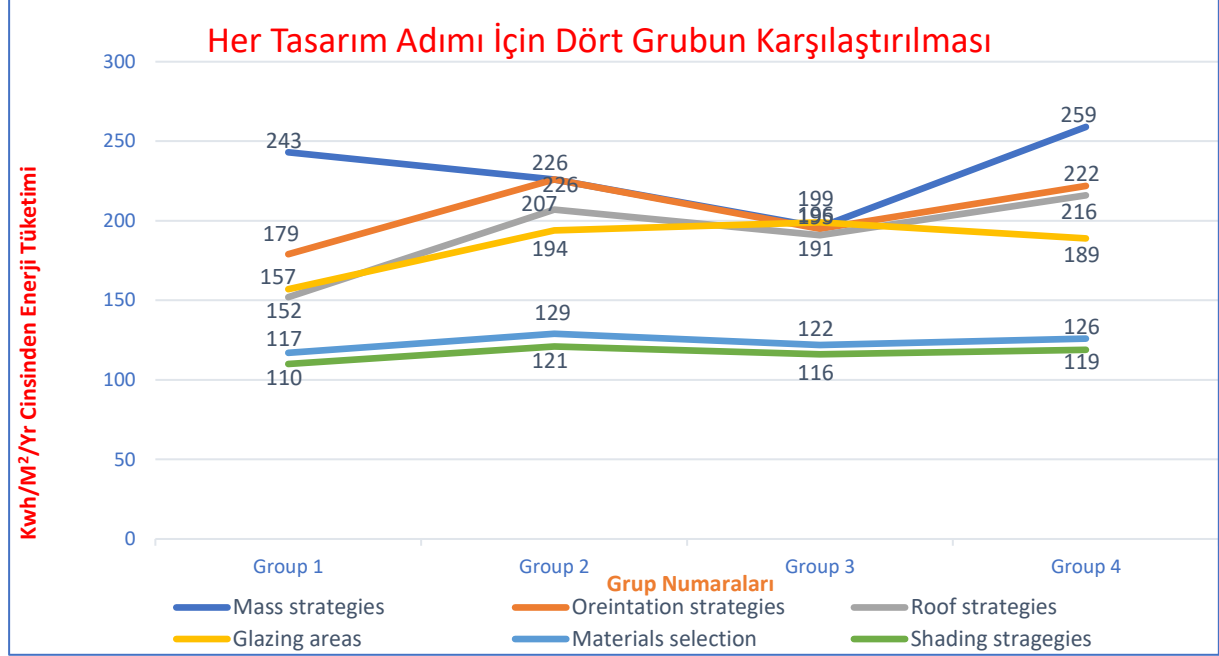


Şekil 6: Enerji tüketiminin altı tasarım adımının sonuçlarını Kwh/M²/Yr cinsinden göstermektedir. her grup için.

Figure 6: Shows the results of the six design steps of energy consumption in Kwh/M²/Y. for each group.

[Şekil 7](#)'de her tasarım adımında dört proje arasındaki enerji tüketiminin karşılaştırmasını göstermektedir. İncelenen aşamalar arasında, tüm projelerde enerji tüketiminde tutarlı bir azalma gözlemlenmiştir. Bu bulgu, tasarım sürecinin her aşamasında gerçekleştirilen stratejik

müdahalelerin etkisini vurgulamaktadır. Ayrıca, bina malzemelerinin titiz bir şekilde seçilmesi, tüm projelerde enerji tüketiminde dikkate değer azalmayı mümkün kılmıştır. Bu durum, yapı malzemelerinin enerji verimliliği üzerindeki önemli rolünü bir kez daha ortaya koymaktadır.



Şekil 7: Kwh/M²/Yr cinsinden her tasarım adımı için dört grup arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir.

Figure 7: Compares four groups for each kWh/M²/Yr design step.

Bir mimar, enerji verimli binaların yaratılma sürecini optimize edebilecek geniş bir yelpazede etkili tasarım araçlarına sahiptir. Bu araçlar, mimarlık pratiğinde hayati önem taşıyan ve binaların enerji performansını doğrudan etkileyen birçok faktörü kapsar. Bunlar arasında bina kütlelerinin düzenlenmesi, yönlendirilmesi ve konumlandırılması, çatı tasarımının şekillendirilmesi ve enerji verimliliğine uygun olarak yapılandırılması, camlama sistemlerinin seçimi ve yerleştirilmesi, kullanılan malzemelerin enerji performansını iyileştirecek şekilde özenle seçilmesi ve binaların güneş ışığı gibi dış etkenlerden korunmasını sağlayacak gölgelendirme elemanlarının entegrasyonu gibi önemli unsurlar bulunur. Bu araçların titizlikle uygulanmasıyla birlikte, bu araştırma başlangıçta belirlenen temel amacını gerçekleştirerek, enerji verimli binaların tasarlanması için yapılandırılmış ve kapsamlı bir altı adımlık bir süreç getirilmiştir. Her bir adımın sonunda elde edilen sonuçlar ve bu süreç boyunca yapılan analizler, binaların enerji tüketiminde gözle görülür bir azalma sağladığını ortaya koyarak, bu araştırmanın ikincil hedefi olan enerji verimliliğinin artırılmasıyla da uyumlu hale gelmiştir. Daha da önemlisi, elde edilen bu sonuçların dikkatlice değerlendirilmesi, her bir tasarım

adımının etkinliği ve katkısı hakkında önemli ve değerli içgörüler sunar. Bu içgörüler, gelecekte yapılacak araştırmaların yönlendirilmesine yardımcı olabilir, özellikle de daha az etkili olduğu tespit edilen adımların iyileştirilmesi ve bu adımların sıralarının yeniden düzenlenmesi konusunda yeni fırsatlar yaratabilir. Bu yönüyle araştırma enerji verimliliği konusunda önemli bir ilerleme kaydederken, aynı zamanda gelecekteki çalışmalar için de yol gösterici bir rehber sunmaktadır.

Bu çalışmada enerji verimliliği odaklı bir tasarım metodolojisi geliştirilmiştir. Ancak, çalışmanın belirli sınırları bulunmaktadır. İlk olarak, kullanılan simülasyon araçlarının yalnızca belirli enerji parametrelerini değerlendirebilmesi, daha kapsamlı bir analiz yapılmasını kısıtlamıştır. Gelecek çalışmalarda, simülasyon araçlarının çeşitliliği artırılarak, farklı enerji performansı göstergelerinin daha detaylı bir şekilde analiz edilmesi hedeflenmektedir.

Çalışmanın sadece bir lisans tasarım stüdyosu çerçevesinde gerçekleştirilmiş olması, metodolojinin farklı eğitim düzeylerinde ve farklı coğrafi bölgelerde uygulanabilirliğini sınırlandırmıştır. Bu nedenle, gelecekte bu metodolojinin farklı bağlamlarda uygulanması ve değerlendirilmesi, metodolojinin genellenebilirliği konusunda daha geniş bir anlayış sağlayacaktır.

Son olarak, çalışma yalnızca belirli tasarım adımları üzerinde yoğunlaşmış olup, mekanik sistemlerin enerji verimliliği üzerindeki etkilerini içermemektedir. Gelecek çalışmalarda, bina tasarımında mekanik sistemlerin entegrasyonu ve bu sistemlerin enerji performansına etkisi incelenebilir.

Bu sınırlamaların ele alınması, çalışmanın kapsamını genişleterek enerji verimliliği odaklı bina tasarımı konusunda daha bütüncül ve etkili yaklaşımlar geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Öğrencilerimin 2022 bahar döneminde AR483 tasarım stüdyosu dersi boyunca gösterdikleri olağanüstü özveri ve coşku için içten takdirlerimi sunmak isterim. Onların çabaları ve pozitif enerjileri, stüdyo çalışmalarımızın başarısına büyük katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Akin, Ö., Lin, C., 1995. Design protocol data and novel design decisions. *Design Studies*, 16(2), 211-236.
- Anderson, B. 1990. *Solar building architecture*: Massachusetts Inst. of Tech., Cambridge, MA (USA).
- Battles, S., 1995. Defining Energy Efficiency and Its Measurement. Retrieved from URL: http://www.eia.gov/emeu/efficiency/ee_report_html.htm
- Campbell, W., 2013. Learning through making in Architectural education: developing the curriculum at Northumbria University. *Built and Natural Environment Research Papers*, 52.
- Dabaieh, M., El Mahdy, D., Maguid, D., 2018. Living labs as a pedagogical teaching tool for green building design and construction in hot arid regions. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 12(1), 338-355.
- Darwish, M., Kamel, S., Assem, A., 2023. Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102104.
- DCC, D., C.C., 2018. The Seventh National Communication of Turkey Uder The UNFCCC. Retrieved from https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/496715_Turkey-NC7-1-7th%20National%20Communication%20of%20Turkey.pdf
- Delbin, S., 2007. *Teaching for integration of building energy simulation in the design process*. Paper presented at the Proceedings of 28th AIVC Conference.
- Edward J, W., 2004. Problem-based learning: Exploiting knowledge of how people learn to promote effective learning. *Bioscience education*, 3(1), 192-194.
- EIIMD, E. I. a. I. M. D. 2018. Environmental Indicators 2016. Retrieved from <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/env-romental-ind-cators-2016-20180618144837.pdf>
- EU Commission, 2011. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. [COM(2011) 112 final]. *EU Printing Office*, COM(2011)(112 final), 1-15.
- EU Commission, 2014. Nearly Zero-Energy Buildings.
- EU Council, 2014. European Council (23 and 24 October 2014) "Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework". *EU Printing Office*, SN 79(14), 1-10.
- European Union, E., 2003. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*, 32002L0091(L 1), 65-71.
- European Union, E., 2010. DIRECTIVE 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*, 32010L0031(L 153), 13-35.

- European Union, E., 2012. Directive 2012/27/Eu of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. *Official Journal of the European Communities*, 32012L0027(L 315), 1-56.
- Gan, V.J.L., Wong, H.K., Tse, K.T., Cheng, J.C.P., Lo, I.M.C., Chan, C. M., 2019. Simulation-based evolutionary optimization for energy-efficient layout plan design of high-rise residential buildings. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1375-1388. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.324>
- Geng, Y., 2019. A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Energy and Buildings*, 183, 500-514.
- Harnish, C., Chung, D., 2014. *Methods for Developing Flexible Technical Knowledge in Architectural Education*. Paper presented at the ARCC Conference Repository.
- IEA, I.E.A., 2020. Key energy statistics, 2018. Retrieved from <https://www.iea.org/countries/turkey>
- Jankovic, L., 2012. *Designing zero carbon buildings using dynamic simulation methods*. London and New York: Routledge.
- Kalamas Hedden, M., 2017. Teaching sustainability using an active learning constructivist approach: Discipline-specific case studies in higher education. *Sustainability*, 9(8), 1320.
- Kevin, W., 2003. Deep learning and education for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 4(1), 44.
- La Roche, P. M. 2017. *Carbon-neutral architectural design*: CRC Press.
- Mazria, E. 2003. It's the architecture, stupid! *WORLD AND I*, 18(10), 138-145.
- O'Brien, W., & Sarkis, J. 2014. The potential of community-based sustainability projects for deep learning initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 62, 48-61. doi:10.1016/j.jclepro.2013.07.001
- Powers, M. 2001. *Applying a constructivist pedagogy to design studio education*. Paper presented at the ARCC Conference Repository.
- Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources. (2023). National energy balance tables. Retrieved from <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>
- Romm, J. J., Ervin, C.A., 1996. How energy policies affect public health. *Public Health Reports*, 111(5), 390.
- Rooij, R., Klaassen, R., Cavallo, R., Arts, J.A., 2020. Architecture and built environment design education: disciplinary and pedagogical developments. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(5), 837-848. doi:10.1007/s10798-019-09535-3
- Saghafi, M.R., 2020. Teaching strategies for linking knowledge acquisition and application in the architectural design studio. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*.

- Shi, X., 2010. Performance-based and performance-driven architectural design and optimization. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*, 4(4), 512-518.
- TSI, T.S.I.T., 2008. *Thermal insulation requirements for buildings*. Ankara: Turkish Standards Institute TSI Retrieved from https://sayfam.btu.edu.tr/upload/dosyalar/1458664642TS-825_Standard.pdf.
- Umoh, A. A., Adefemi, A., Ibewe, K. I., Etukudoh, E. A., Ilojiana, V. I., Nwokediegwu, Z.Q.S., 2024. Green architecture and energy efficiency: a review of innovative design and construction techniques. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(1), 185-200.
- UNEP, 2023. Building Materials And The Climate: Constructing A New Future. Retrieved from <https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future#:~:text=The%20buildings%20and%20construction%20sector,stagging%2037%25%20of%20global%20emissions>.
- United Nations, U., 1998. Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change (pp. 21). NY, USA: UNITED NATIONS.
- United Nations, U., 2020. Working Group III Mitigation of Climate Change "Technological and Economic Potential of Greenhouse Gas Emissions Reduction". Retrieved from <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=93>
- Zakharova, G.B., 2020. Energy-efficient technologies in the educational programs of the architectural higher education schools.
- Zheng, X., Liang, Y., 2024. Collaborative Optimized Design of Glazing Parameters and PCM Utilization for Energy-Efficient Glass Curtain Wall Buildings. *Buildings*, 14(1), 256.