

TARİHİ BİNALARIN ENERJİ VERİMLİ İYİLEŞTİRİLMESİ: SİNOP İLİ ÖRNEK ÇALIŞMASI

ENERGY EFFICIENT IMPROVEMENT OF HISTORIC BUILDINGS: A CASE STUDY IN SINOP

Gökhan GENÇ 

Araştırma Görevlisi, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye

Figen BEYHAN 

Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 07.09.2021
Kabul Tarihi / Accepted: 15.11.2021

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.730

ÖZET

Tarihi yapılar yapım sistemleri ve malzemeleri ile her ne kadar ekolojik olsalar da, günümüz konfor şartlarında gerekli performansı sağlayamamakta ve bu sebeple terk edilmekte harap veya işlevsiz durumda kalmaktadırlar. Bu problemi konu alan, tarihi yapıların günümüz şartlarına getirilerek, yeniden işlevlendirilip sürdürülebilirliklerinin sağlanması amacıyla tarihi binalarda enerji verimli iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Ancak bu çalışmalarda tarihi yapıların miras özellikleri sebebi ile birçok kısıtlılıklar bulunmaktadır. Bu kısıtlılıklarla birlikte yapılacak çalışmalar tarihi yapıların miras değerlerine zarar vermeden en az müdahale ile gerçekleştirilmelidir. Bu sebeple tarihi yapılarda enerji verimlilik kapsamında gerçekleştirilecek uygulamaların özel olarak seçilmesi ve uygulamaların birbirlerine göre fiziksel etkilerinin ölçeklendirilmesi, tarihi yapıya en az fiziksel müdahale ile uygulamaların yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada tarihi yapılarda özgün nitelikler korunarak tarihi dokuya uygun tekniklerle, en az fiziksel müdahale ile en fazla enerji verimliliğe ulaşabilmek için uygun iyileştirme yöntemlerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu çerçevede geliştirilen Historic England müdahale değerlendirme ölçeği esas alınarak örnek bir tarihi konut binası üzerinden küçükten büyük etkiye doğru müdahaleler içeren mevcut durum ve 4 ayrı tasarım senaryosu olmak üzere 5 senaryo oluşturulmuş ve her bir senaryonun enerji tüketimi bağlamında verilerine ulaşılmıştır. Senaryolar çerçevesinde oluşturulan modeller Design Builder simulasyon programı ile değerlendirilmiş, yıllık ısıtma ve soğutma yükleri, toplam m² başına tüketilen enerji miktarı verileri elde edilmiştir. Bu veriler ışığında hazırlanan grafikler ve tablolar ile farklı derecelerde uygulamaların enerji verimlilikleri kıyaslanarak değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuç olarak yapılan değerlendirmeler ile enerji verimlilik bağlamında müdahale etki büyüklüklerine göre tarihi binalara yapılacak müdahaleler hususunda öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, Tarihi binalar, Yenileme, Yeniden işlevlendirme

ABSTRACT

Although historical buildings are ecological with their construction systems and materials, they cannot provide necessary performance in today's comfort conditions and therefore they are abandoned and remain in a damaged or dysfunctional state. Energy efficient improvement works are carried out in historical buildings in order to bring the historical buildings today's conditions, re-use and ensure their sustainability. However, there are many limitations in these studies due to the heritage characteristics of historical buildings. With these limitations, the works to be done should be carried out with the least intervention without damaging the heritage values of the historical buildings. For this reason, it is necessary to specially select the applications to be realized within the scope of energy efficiency in historical buildings and scaling the physical effects of the applications relative to each other. In this context, in this study, it is aimed to reveal the appropriate improvement methods in order

to reach the maximum energy efficiency with the least physical intervention, with the techniques suitable for the historical texture by preserving the original qualities in the historical buildings. Based on the Historic England intervention evaluation scale developed in this framework, 5 scenarios, including the current situation and 4 different design scenarios, including interventions from small to large impacts, were created on a sample historical residential building, and the data of each scenario in terms of energy consumption were obtained. Models created within the framework of the scenarios were evaluated with the Design Builder simulation program, and annual heating and cooling loads and the amount of energy consumed per total m² were obtained. Evaluations were made by comparing the energy efficiency of applications at different degrees with the graphics and tables prepared in the light of these data. As a result, suggestions have been developed regarding the interventions to be made to historical buildings according to the intervention effect sizes in the context of energy efficiency with the evaluations made.

Keywords: Energy efficiency, Historical buildings, Renovation, Re-use

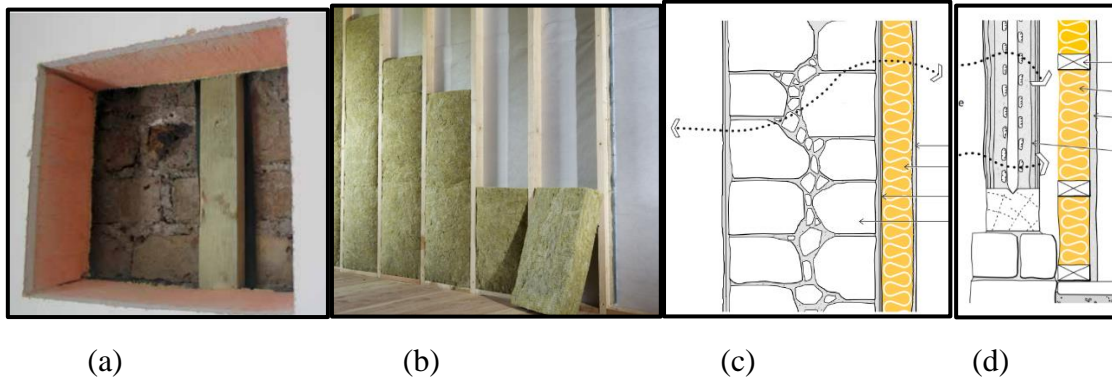
1. GİRİŞ

Dünyada sürekli artmakta olan enerji tüketiminin sebep olduğu çevresel ve ekonomik problemler, bu konudaki kaygıların yükselmesine neden olmuş ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu çerçevede enerji tüketiminin önemli bir bölümünün yapıları çevrede ve binalarda gerçekleşmesi nedeniyle, mevcut yapı stokunun enerji kullanımını yönünden iyileştirilmesi, birçok ülkenin ana hedefleri arasında yer almış ve bu kapsamda uluslararası düzeyde birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Sağlam, 2017,1-10). Mevcut yapı stokunun içerisinde yer alan ve tarihi kültürel sürdürülebilirlik kapsamında son derece önemli olan tarihi yapılar, enerji verimliliği hususunda ciddi problemlere sahiptirler. Bu yapılar her ne kadar yerin getirdiği bağlamdan esas alınarak yerel malzeme ve yapım teknikleri ile inşa edilmiş olsalar da, konfor koşullarının sağlanmasına dair gerekli performans değerlerine ulaşamadıkları için işlev dışı kalmakta ve bu atıl durumları nedeniyle de tarihi özgün değerlerini koruyamayarak zamanla yok olmaktadır. Bu yapıların özgün değerlerini koruyarak gelecek nesillere aktarılması amacıyla ulusal ve uluslararası düzeyde genel kabul gören anlayışlar, yapılan anlaşmalar, hazırlanan mevzuatlar gereği, tarihi yapıların yeniden işlevlendirilerek, miras özelliklerini devam ettirmesi son derece önem arz etmekte ve bu hususta pek çok çalışma yürütülmektedir. Yeniden işlevlendirme aşamasında enerji verimliliğine öncelik vererek yenileme/iyileştirme çalışmalarının yürütülmesinde ise özgün değerleri bağlamında birçok kısıtlılıklar bulunmaktadır. Bu kısıtlılıklarla birlikte tarihi yapılara yapılacak uygulamaların minimum müdahale ile en etkili çözümlerin bulunmasına yönelik gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Buda tarihi yapılarda gerçekleştirilen uygulamaları küçük etkiden büyük etkiye doğru kendi içerisinde derecelendirmeye zorlamaktadır. Bu derecelendirmeler ile yapılan her uygulamanın bir etki oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu etkilerin tarihi yapıların enerji verimliliği amacı yerine getirilir iken binada yapmış oldukları etki düzeyi açısından mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle etki düzeyleride işin içine katılarak enerji verimliliğinin optimumda sağlanması hedefi ile yapılacak her bir müdahalenin hem enerji verimliliğine sağlayacak olduğu katkı hem de yapının özgün halini etkileme düzeyi açısından derecesi mutlaka dikkate alınmalıdır. Bunu yapabilmek için Avrupa Birliği çerçevesinde kabul görmüş uluslararası kuruluşlar kendi çalışmalarında bir takım derecelendirmeleri içeren ölçekler oluşturmuşlardır. Bu kuruluşlardan en önde gelenlerinden bir tanesi de devlet tarafından da kabul gören ve yetkilendirilmiş görevliler ile bu alanda çalışmalarını yürüten Historic England'tır. Bu kuruluşun kullanmış olduğu dört dereceli ölçek bu makale çalışmasına esas oluşturmaktadır. Bu dört dereceli ölçek çerçevesinde derecelerde yer alan uygulama adımlarının enerji verimliliğine nasıl katkılarının bulunduğu ve bu uygulamanın Türkiye'de de tarihi yapılar için yaygın kullanılma amacı ile bu çalışmada kullanılma potansiyelinin olup olmayacağını değerlendirmek amacıyla örnek bir tarihi yapı tercih edilmiş ve bu ölçek çerçevesinde senaryolar oluşturularak bunun sınanması yapılmıştır. Bu amaçla Türkiye'de sivil mimari yapılar içerisinde en fazla örneği bulunan ahşap karkas sistemli bir yapı örneği tercih edilmiştir. Historic England ölçeği baz alınarak küçük müdahalelerden, daha büyük etkili müdahalelere doğru

senaryolar oluşturulmuştur. Senaryolar çerçevesinde oluşturulan modeller Design Builder simülasyon programı ile değerlendirilmiş, yıllık ısıtma yükleri, toplam metrekare başına tüketilen enerji miktarı ve karbon salınım oranlarını içeren veriler elde edilmiştir. Bu veriler ışığında hazırlanan grafikler ve tablolar ile farklı yaklaşımların enerji verimliliği kıyaslanarak değerlendirmeler yapılmış, optimum sonuçlar bulunmuş ve tarihi binalarda enerji verimliliği sağlamak amacı ile yapılacak müdahaleler hususunda öneriler geliştirilmiştir.

2. TARİHİ YAPILARIN ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Tarihi yapılarda enerji verimliliğinin sağlanması kapsamında yapı kabuğu ve elemanları üzerinde değişen nitelikte, çeşitli uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir(Manzan vd., 2015) (Manni., 2017) (Walker vd., 2015)(Zagorskas vd., 2014). Yapılan bu müdahalelerin her birisi tarihi yapılarda farklı ölçek ve büyüklükte etkiye sebep olmaktadır. Bu uygulamalar içerisinde teknolojik sistemlerin önerildiği aktif sistemler(Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri vb.) olduğu gibi, daha çok yapı kabuğu müdahalelerinin önerildiği pasif sistemlerde bulunmaktadır. Bu çalışmada mimari yaklaşımlarla enerji verimliliğinin artırılması amaçlandığı için pasif sistemlere yönelik uygulamalara yer verilmiştir. Tarihi yapılarda pasif sistemlerin uygulanması duvarlarda, döşemelerde ve çatılarda gerçekleştirilmektedir. Duvarlar opak ve saydam yüzeyler olmak üzere iki kısımda ele alınmaktadır. Opak sistemlere yönelik uygulamalarda yapı kabuğunda dıştan ve içten yalıtımların uygulandığı sistemler bulunmaktadır. Dıştan yalıtım uygulamaları yapı üzerinde bölgesel bağlamda dış görünüşü olumsuz etkilediği için yapıda etki düzeyini artırmakta bu sebeple sıklıkla tercih edilmemekte, bunun yerine içten yalıtım uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu yalıtımlarda ek yalıtım malzemeleri ile uygulamalar olduğu gibi yalıtım sıvaları da kullanılmaktadır(Url 1). Ek yalıtım malzemelerinin kullanıldığı iç duvar yalıtımında, duvara sabitlenen ahşap karkas iskelet sisteminin arasına veya üzerine yalıtım malzemeleri monte edilmek suretiyle uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Bu yalıtım malzemelerinde su buharı geçirimli nefes alan özelliklerde olması özgün yapı malzemelerinin bozulmaması açısından gerekmektedir. Bu teknik özelliklerde iç duvar yalıtımı için önerilen malzemeler taş yünü, ahşap elyaflı levha, koyun yünü yalıtım malzemesi, kenevir elyaflı yalıtım levhaları, keten lifli keçeler, selüloz lifli yalıtım malzemeleridir(Url 2), (Url 3). Bu uygulamalara yönelik resim ve detaylar Resim 1 ve Şekil 1'de ifade edilmiştir(Resim 1), (Şekil 1).



Resim 1. Tarihi yapılarda duvara zarar vermeden iç duvar yalıtım uygulamaları(a)(Url 3), (b) (Url 10), **Şekil 1.** Yığma Duvar yalıtım detayı (c), ahşap karkas sistem yalıtım detayı (d) (Url 3), (Url 2)

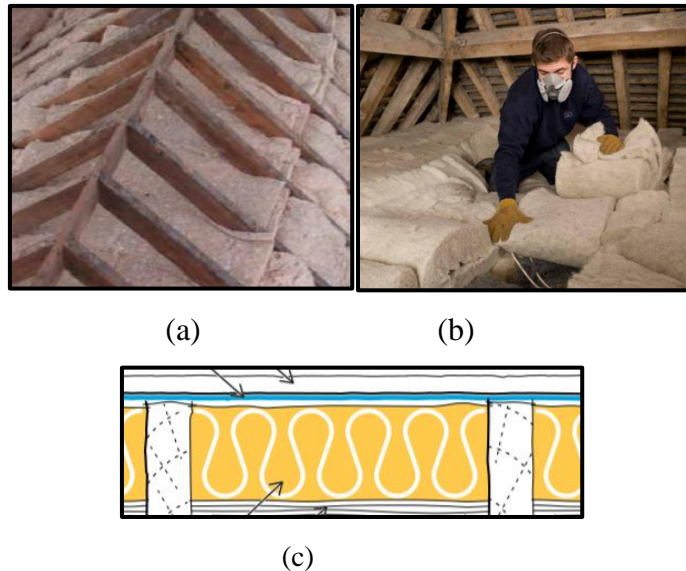
Yapı kabuğunda saydam sistemlere yönelik uygulamalarda ise pencerelere yönelik uygulamalar bulunmaktadır. Çoğu tarihi yapıda bu pencereler tek cam özelliği göstermekte ve bu camın oturduğu kasadaki tahribatlar sebebiyle enerji kayıpları oluşmaktadır. Pencere müdahalelerinde özgün özellikler korunarak tek pencerelerin daha performanslı tek cam kullanılarak veya uygun şartlarda çift camlı bir vaziyete getirildiği uygulamalar literatürde bulunmaktadır. Ayrıca pencerelerde iç kısımda ayrı pir pencere kasası eklenmesi ile ikincil pencere uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

Pencerelere low-e bant uygulamaları ile performansının artırılmasında yapılan çalışmalar arasındadır(Resim 2).



Resim 2. İkincil pencere uygulaması (a) (Url 6), Low-e film uygulaması ile camın performansının artırılması(b) (Url 1)

Döşemelere yönelik uygulamalarda ise çatı döşemelerinde yalıtım uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalarda çatı döşemesinin yapısal özellikleri ve çatının ısıtılan veya ısıtılmayan şekilde kullanım biçimi önemlidir. Ahşap kiriş sitemli çatı döşemelerinde, döşemelerin yalıtımı döşeme kirişlerinin arası ve üzerinin yalıtımı şeklinde ikiye ayrılır. Buralarda kullanılacak malzemeler yoğuşma problemi yaşanmaması için su buharı geçirimli olmalıdır. Döşeme üzeri yalıtımda koyunyünü, ahşap ve kenevir elyaf yalıtım malzemeleri nemi tutup serbest bırakma, nemli olsa bile yalıtım özelliklerini kaybetmeme gibi özellikleri sebebiyle kullanılabilir(Url 4), (Url 5). Kirişler arası yalıtımda ise bu kısımların dar bölgeler olması sebebiyle esnek yalıtım malzemelerinin kullanılması uygundur (Resim 3), (Şekil 2).



Resim 3. Çatı seviyesinde yalıtım detayı (a)(Url 5), çatı döşeme yalıtımı (b) (Url 5), Şekil 2. Döşeme yalıtımı detayı (c)(Url 4)

Tüm bu çalışmalardan da görüldüğü gibi tarihi yapılarda miras değerlerine zarar vermeden enerji verimlilik bağlamında uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalarda özellikle kültürel mirasımızda

çok sayıda bulunan ahşap karkas sitemli tarihi yapılara yönelik çözümlerde bulunduğu görülmektedir. İncelenen bu çalışmalar göz önünde bulundurularak bu makale kapsamında alan çalışması olarak seçilen tarihi yapıda bu uygulamalar test edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Tarihi yapıların kültürel miras özellikleri korunarak düşük etkilerde enerji verimliliğinin sağlandığı optimum çözümlere ulaşılanın amaçlandığı bu çalışmada uygulamalar İngiltere’de koruma kuruluşu olan Historic England ölçeğine göre gerçekleştirilmiştir. Resmi olarak İngiltere için Tarihi Yapılar ve Anıtlar Komisyonu olarak bilinen Historic England, İngiltere’de Kültür, Medya ve Spor Departmanı tarafından desteklenen, bakanlık dışı bir kamu kuruluşudur. İngiltere'nin tarihi çevresini korumakla görevlendirilmiştir. Yetki ve sorumlulukları esas olarak 1983 tarihli Ulusal Miras Yasasında belirtilmiştir(Url 11). Bu kuruluşun tarihi yapıların enerji verimli iyileştirilmesi amacıyla yayınlamış olduğu detaylı birçok rehber bulunmaktadır. Bu kuruluşun minimum müdahale ile optimum çözümlere ulaşma hedefi ile maliyet/teknik risk etkenleri göz önünde bulundurularak oluşturduğu 4 dereceli ölçek aşağıda tablo 1’de açıklanmıştır(Tablo 1) (Url 12). Bu ölçekler kendi içerisinde farklı renklerle tariflenmiş her tariflenen renk ölçekteki bir dereceyi belirtmektedir. Sıfır dereceden, dördüncü dereceye doğru müdahale büyüklüğü artmaktadır.

Tablo 1. Tarihi yapı uygulama etki değerlendirmesi/sınıflandırılmasında kullanılan ölçekler, kriterler, uygulamalar(Url 12)

DERECELER	Historic England Etki Değerlendirme Ölçeği
0 DERECE	Mevcut durumun analizi (Yapıya hiçbir müdahale yapılmaksızın enerji verimliliği açısından tespit edilmesi)
1.DERECE: Yeşil eylemler (Termal performansı iyileştirme uygulamaları/ düşük maliyetli ve düşük riskli seçenekler.)	Doğal ve yapay aydınlatma kullanımının optimize edilmesi Eğimli çatıların tavan seviyesinde yalıtımı Tavan seviyesinde düz veya düşük eğimli çatıların yalıtımı Duvarların Onarımı Perde ve panjur ekleme Kayıp panjurların yenilenmesi veya değiştirilmesi
2. DERECE: KEHRİBAR eylemler (Termal performansı iyileştirme uygulamaları/ Bazı riskler veya bazı maliyetler içeren seçenekler.)	Eğimli çatıların çatı seviyesinde mertek arası, altı ve üzeri yalıtımı Düz veya düşük eğimli çatıların yalıtımı Sıva, boya, badana İç duvarları asma veya panellerle kaplama İkincil pencere ekleme Güneş filmi ekleme Zemine oturan döşemelerin yalıtımı Asma ahşap döşemelerin yalıtımı (taslak sızdırmazlık)
3. DERECE: KIRMIZI eylemler (Termal performansı iyileştirme uygulamaları/Yüksek riskli veya yüksek maliyetli seçenekler: dikkatli bir şekilde düşünülmelidir.)	Yalıtım duvarları (İçten, Dıştan yalıtım duvarları) Boşluklu duvarların yalıtımı Çerçeve sistemli yapıların yalıtımı Camı Değiştirme, Pencereleri Değiştirme Kati zemine oturan döşemelerin yalıtımı Asma ahşap zeminlerin yalıtımı
*Örnek bina çalışmasında sınıranması için seçilen uygulamalar tablo içerisinde koyu renkle gösterilmiştir.	

Historic England’ın teknik risk etkenleri göz önünde bulundurularak geliştirdiği bu ölçek bu çalışmada uygulamaların küçük etkiden büyük etkiye doğru sıralanmasında kullanılmıştır. Bu ölçek derecelerinde bulunan uygulamalar derecelere göre küçük etki derecesinden büyük etki derecesine doğru seçilerek, iklim özellikleride göz önünde bulundurularak senaryolar oluşturulmuştur. Bu iklim

özelliklerine göre Ts 825 standardında belirlenen yapı kabuğu değerleri baz alınarak senaryolar belirlenmiştir. Ts 825 standardına göre Sinop 2. bölgede yer almaktadır. Sinop iline ait yapı kabuğu ısı geçirgenlik katsayı 'U' değerleri tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Ts 825'e göre 2. bölgede yapı kabuklarında belirlenen minimum U değerleri(Ur1 7)

	$U_D (W/m^2 K)$	$U_T (W/m^2 K)$	$U_i (W/m^2 K)$	$U_P (W/m^2 K)$
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı, U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı, U_i : Zemin döşemesi ısı geçirgenlik katsayısı U_P : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı

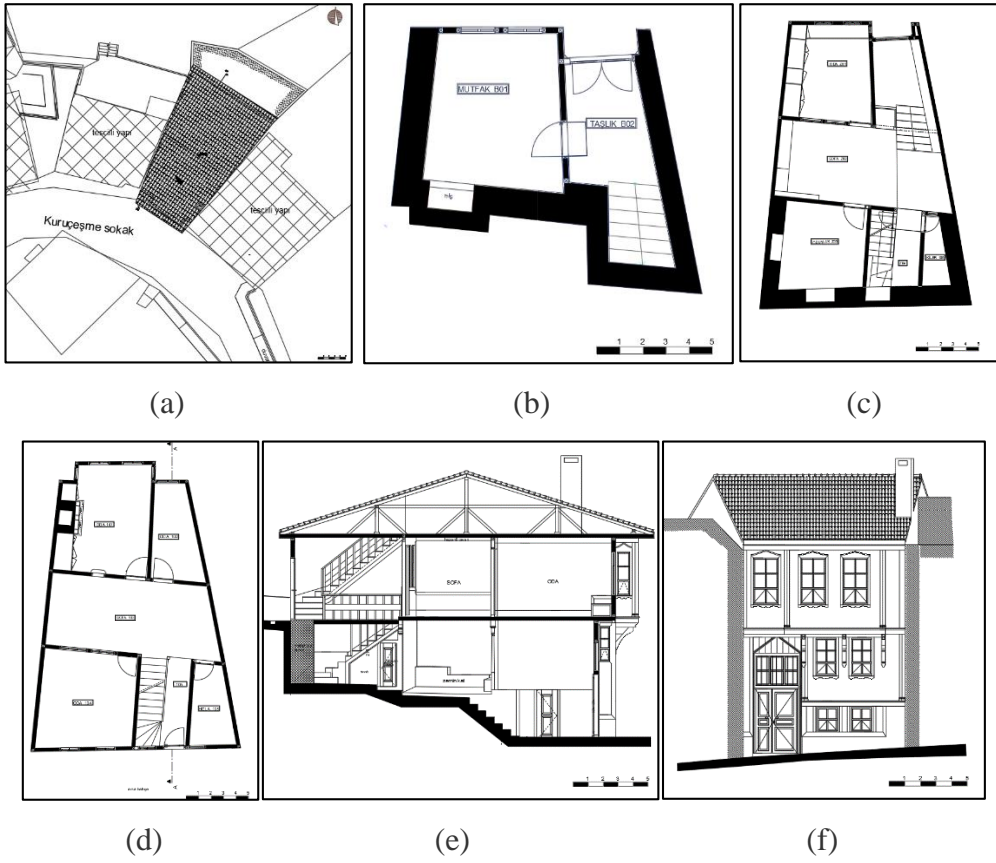
Bu verilerle oluşturulan senaryolar Design Builder programı ile sınanmıştır. Design Builder programı ile yapıların 3 boyutlu görsel olarak geometrik modellenmesi yapılabilmekte ve programa girilen teknik verilerle, sabit iç ortam sıcaklığını baz alarak, kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını saatlik verilere bağlı kalarak analiz edilebilmektedir. Bu analizler sonucunda yapının toplam veya metrekareye enerji yükleri ve karbon salınım miktarları bulunabilmektedir. Bu kapsamda senaryolar çerçevesinde oluşturulan modeller Design Builder simülasyon programı ile değerlendirilmiş, yıllık ısıtma yükleri, toplam metrekare başına tüketilen enerji miktarı ve karbon salınım oranlarını içeren veriler elde edilmiştir. Isıtma yükü olarak programın 'analyses' bölümünde yer alan programda ısıtma yükü olarak tanımlanan 'Zone sensible heating' datası kullanılmıştır. Toplam enerji tüketim verilerinde ise yine programda toplam enerji tüketim verisi olarak tanımlanan 'cite energy' başlığındaki veriler kullanılmıştır. Bu veriler ışığında hazırlanan grafikler ve tablolar ile farklı yaklaşımların enerji verimliliği ve karbon salınım verileri kıyaslanarak değerlendirmeler yapılmıştır.

4. ÖRNEK BİNA ÇALIŞMASI: SİNOP İLİ KEFEV MAHALLESİ 151 ADA 187 PARSELDE KONUT

Tarihi yapıların enerji verimliliği bağlamında, müdahale büyüklüklerine göre daha küçük müdahalelerle, enerji tüketimlerinin azaltılması potansiyellerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada Türkiye'de diğer tarihi yapılara göre sayıca fazla miktarda bulunan ahşap karkas sistemli sivil mimari bir yapı seçilmiştir. Bu yapıya ait veriler aşağıda açıklanmıştır.

4.1 Bina Bilgilendirme

Sinop ili Kefev mahallesinde konumlanan yapı, plan olarak dörtgen yamuk şeklindedir. Ayrıca iki uzun kenarından bitişik nizam özellikte olan bina, bodrum katı ile birlikte iki katlı olarak inşa edilmiştir. Yapıya çift kanatlı ahşap bir kapı ile Kuruçeşme Sokaktan girilmektedir. Yapının ön cephesinde bu sokağa bakmaktadır. Yapı arka cephesinde ise 1. kat seviyesine kadar kota denk gelmekte olup sadece ikinci katında arka bahçeye açılmaktadır(Şekil 3).



Şekil 3. Vaziyet planı (a), zemin kat planı (b), birinci kat planı (c), ikinci kat planı (d), kesit (e), ön görünüş(f)(Mimar Sevim Yalçın Sarabil arşivi)

Yapının üst katları ahşap karkas sistemle inşa edilmiş iken zemin katı yığma sistemle inşa edilmiştir. Yapının bodrum katı su basman seviyesine kadar moloz taş örgülü olup üzeri kireç sıvalıdır. Birinci ve ikinci katları ise ahşap karkas arası taş(Url 8) malzemeli üzeri kireç sıvalıdır. Ara kat döşemeleri ahşap karkas sistemde inşa edilmiş üzerleri ahşap kaplama malzemesi ile kaplıdır. Yapının güneybatı cephesinde iki adet giyotin pencerenin üzerinde bulunduğu, ahşap desteklerin üzerine oturan bir çıkma bulunmaktadır. Yapının üzeri pişmiş toprak kiremitli ahşap kırma çatı ile örtülüdür(Resim 4).



Resim 4. 151 ada 187 parseldeki yapının resimleri(Sevim Yalçın Sarabil Arşivi)

4.2 Enerji Verimliliği Odaklı İyileştirme Senaryoları

Tarihi yapıların, enerji verimli bir hale getirilip, sürdürülebilirliklerinin sağlanması amacı ile minimum müdahale ile en optimum çözümlerin bulunması için yapılan bu çalışmada müdahalelerin derecelendirilmesi büyük önem arzeder. Bu kapsamda örnek alınan Historic England ölçeğindeki derecelere göre senaryolar küçük etkiden büyük etkiye doğru önceki senaryolarıda içine alacak şekilde maximum etki düzeyine göre oluşturulmuştur. Ancak enerji verimlilik bağlamında uygulamaların etkisini anlamak için yapının ilk olarak mevcut durumun enerji verimliliği bağlamında analizinin yapılması gerekmektedir. Bunun için birinci senaryo olarak mevcut durum aynen kabul edilerek sınanmıştır. Senaryo 2’de ise Historic England ölçeğine göre en küçük etki derecesinde 1. derecede uygulamalar tercih edilmiştir. Birinci derecede pasif sistem önerisi olarak sınanabilecek uygulama olarak çatı döşemesinde yalıtım uygulaması seçilerek bu uygulama ile senaryo oluşturulup sınanmıştır. Senaryo 3’de Historic England ölçeğine göre 2. Derece pasif sistem uygulamalarından pencerelerde low-e bant uygulaması, çatı döşemesinde yalıtım ve dış duvarda dış duvarı kalınlaştırmadan yalıtım özelliği sağlayan iç ve dış yalıtımlı sıva uygulaması seçilerek senaryo oluşturulmuştur. Senaryo 4 ve 5 te ise Historic England ölçeğine göre 3. Dereceye kadar uygulamalar iki farklı varyant şeklinde belirlenmiştir. Senaryo 4’te çatı döşemesinde yalıtım uygulaması, ahşap karkas sistemli iç yalıtım uygulaması ve çift cam uygulaması ile senaryo oluşturulmuştur. Senaryo 5’te ise senaryo 4 uygulamalarına ek olarak iç yalıtım ile yalıtım sıvası kullanılarak senaryo belirlenmiştir. Senaryoların içeriği tablo 3’de açıklanmıştır.

Tablo 3. Senaryoların Historic England ölçeğine göre içerdiği uygulamalar

Senaryolar	Historic England Etki Değerlendirme Ölçeğine Göre Seçilen Uygulamalar	Maximum etki derecesi
Senaryo 1	Mevcut durum	
Senaryo 2	Çatı döşemesi yalıtımı	1
Senaryo 3	Çatı döşemesi yalıtımı İç ve dış duvarda yalıtımlı sıva uygulaması Güneş filmi ekleme	2
Senaryo 4	Çatı döşemesi yalıtımı İç yalıtımlı duvar ekleme Pencere Değişimi(Çift cam uygulaması)	3
Senaryo 5	Çatı döşemesi yalıtımı İç ve dış duvarda yalıtımlı sıva uygulaması İç yalıtımlı duvar ekleme Pencere Değişimi(Çift cam uygulaması)	3

Tüm bu senaryolara ait seçilen malzemelerin termofiziksel özellikleri aşağıda tablo 4’de detaylı bir şekilde açıklanmıştır(Harputlugil, 2005)(Ecevit, 1996)(Url-9)(Ulu, 2018).

Tablo 4. Senaryolara ait yapı kabuğu termofiziksel özellikleri(Harputlugil, 2005)(Ecevit, 1996)(Url-9)(Ulu, 2018).

	Malzemeler ve kalınlıkları	Isı iletkenlik katsayısı (λh) (m ² K/W)	Yoğunluk (kg/m ³)	Özgül ısı (j/kg K)	Malzemeler	U değeri*	Malzemeler	U değeri*	Malzemeler	U değeri*	Malzemeler	U değeri*	Malzemeler	U değeri*	Ts 825 için gerekli U değeri (W/ m ² K)
Zemin Kat Dış (Dv 1)	Kireç esash Sıva(2 cm) (Dış)	1	1800	840	+	1,01	+	1,01	+	0,59	+	0,52	+	0,31	0,57
	Yalıtımlı perlit sıva(2cm)	0,08	400	837	-		-		+		-		+		
	Taş (62 cm)	0,81	1600	840	+		+		+		+		+		
	Kireç esash Sıva(2 cm)	1	1800	840	+		+		+		+		+		
	Yalıtımlı perlit sıva(2cm)	0,08	400	837	-		-		+		-		+		
	Taş yünü yalıtım (İç) (5 cm)	0,03 3	710	100	-		-		-		+		+		
Birinci ve İkinci Kat dış duvarlar	Kireç esash Sıva(2 cm)	1	1800	840	+	2,54	+	2,54	+	0,91	+	0,4	+	0,38	0,57
	Yalıtımlı perlit sıva(3cm)	0,08	400	837	-		-		+		-		+		
	Ahşap Kaplama tahtası(2 cm)	0,7	1650	900					+				+		
	Taş(14 cm)	0,81	1600	840	+		+		+		+		+		
	Ahşap Kaplama tahtası(2 cm)	0,7	1650	900					+				+		
	Kireç esash Sıva(2cm)	1	1800	840	+		+		-		+		-		
	Yalıtımlı perlit sıva(3cm)	0,08	400	837	-		-		+		-		+		
	Ahşap karkas sistemli taş yünü yalıtım (5 cm)	0,03 3	710	100	-		-		-		+		+		
Kireç esash Sıva(2cm)	1	1800	840	+	+	-	+	+							
Zemine O. Döşeme	Doğal taş (3cm)	0,81	1600	840	+	2,51	+	2,51	+	2,51	+	2,51	0,57		
	Toprak ve Çakıl (30 cm)	2	1045	1950	+		+		+		+			+	
Tavan döşemesi	Ahşap kaplama(2 cm)	0,7	1650	900	+	1,42	+	0,38	+	0,38	+	0,38	0,38		
	Taş yünü yalıtım(10 cm)	0,03 3	710	100	-		+		+		+				
	Hava boşluğu (10 cm)				+		-		-		-				
	Ahşap kaplama(2 cm)	0,7	1650	900	+		+		+		+				
Giriş	Single clear glass(6mm)				+	5,7								1,8	
	Single clear low-e glass(6mm)				-		3,7								
	Low-e Double Generic Low-e clear class 6mm-13mm-argon)				-			3,77		1,76		1,76			

*U değeri: Toplam ısı iletim katsayısı değeri

**Renkler Historic England ölçeğine göre dereceleri ifade eder.

4.3 Modelleme Ve Design Builder İle Enerji Simülasyonu

Bu çalışmada Enerji simülasyonları, EnergyPlus hesaplama motorunun grafik arayüzü olan DesignBuilder (Url 9) yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Binanın geometrisi bu programda modellenmiş ve yapı kabuğu bileşenlerinin özellikleri tayin edilmiştir. Yapının enlem, boylam ve

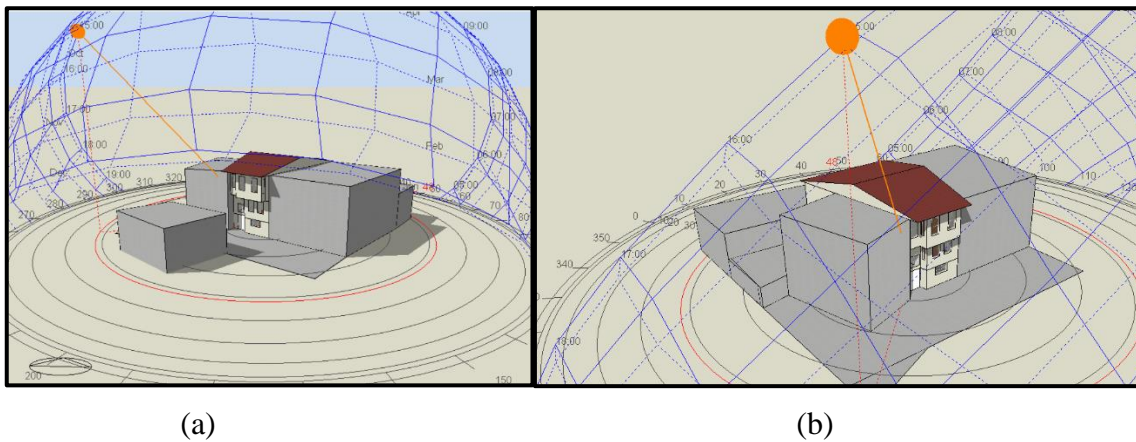
iklim verileri bulunduğu Sinop ilinin verileri baz alınarak Design Builder kütüphanesinden kullanılmıştır. Programda Türkiye’den İstanbul, İzmir, Ankara illerinin iklim verileri bulunmaktadır. Bu sebeple Sinop ili ile aynı iklim bölgesinde bulunan (2. İklim bölgesi) ve benzer iklim özelliklerine sahip İstanbul iklim verileri baz alınarak analizler yapılmıştır.

Program, enerji akışı verilerini yapının bulunduğu ve programa tanımlandığı koşullara göre ve belirtilen sabit iç ortam sıcaklığını baz alarak, kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını saatlik verilere bağlı kalarak analiz etmektedir. Bu şekilde, yıla ait saatlik veriler kullanarak enerji akışı analizi yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında amaç sadece pasif bağlamda tarihi yapılara yapılacak uygulamalarda enerji yükünün değişip değişmeyeceğini tespit etmek olduğu için bu çerçevede yapının ısıtma yükü ile alakalı olan insan yoğunluk özellikleri çalışma planındaki aydınlatma elemanlarının özellikleri yapının kullanım biçimi ve iklimlendirme sistemlerinin özellikleri tüm senaryolarda sabit kabul edilmiş ve programın kendi verileri kullanılmıştır (Tablo 5). Tüm senaryolarda ısıtma sistemi olarak radyatörlü ısıtma seçilmiştir.

Tablo 5. Simulasyon programında tüm senaryolarda sabit kabul edilen veriler

Mekânlar	İnsan yoğunluk özellikleri (person/ m ²)	Isıtma sıcaklığı (°C)	Isıtma ayar sıcaklığı (°C)	Soğutma sıcaklığı (°C)	Soğutma ayar sıcaklığı (°C)	Çalışma planındaki aydınlatma (Lux)
Salon	0,018	21	12	25	28	100
Yatak odası	0,0229	21	12	25	28	100
Mutfak	0,0237	18	12	25	28	100
Hol	0,0196	18	12	25	28	100

Senaryolar çerçevesinde oluşturulan modeller Design Builder simülasyon programı ile değerlendirilmiş, yıllık ısıtma yükleri, toplam metrekare başına tüketilen enerji miktarı ve karbon salınım oranlarını içeren veriler elde edilmiştir. Isıtma yükü olarak programın özet bölümünde yer alan programda ısıtma yükü olarak tanımlanan ‘Zone sensible heating’ datası kullanılmıştır. Enerji tüketim verilerinde ise yine programda toplam ve net enerji tüketim verisi olarak tanımlanan ‘cite energy’ kısımları kullanılmıştır. Bu veriler ışığında hazırlanan grafikler ve tablolar ile farklı yaklaşımların enerji verimliliği kıyaslanarak değerlendirmeler yapılmıştır. Simulasyona ait görseller şekil 5’de ifade edilmiştir.



Şekil 5. Tarihi yapının simulasyon görüntüsü (a), (b)

4.4. Bulgular ve Değerlendirme

Bu bölümde Sinop ilinde bulunan tarihi konut yapısının enerji verimli hale getirilmesi amaçlı oluşturulan senaryolarda enerji simülasyon çalışmasından elde edilen veriler açıklanmış ve senaryoların birbirlerine göre durumları tartışılmıştır. Bu verilerde senaryolara göre toplam enerji tüketimi, ısıtma yükü ve karbon salınımı değerleri metrekareye denk gelecek şekilde kullanılmıştır. Bu veriler Tablo 6’da ifade edilmiştir.

Tablo 6. Enerji ve karbon salınımı bağlamında bulgular

Bulgular	Senaryo 1 (Mevcut durum)	Senaryo 2 (1.Derece müdahaleler)	Senaryo 3 (2.Derece müdahaleler)	Senaryo 4 (3.Derece müdahaleler)	Senaryo 5 (3.Derece müdahaleler)
Toplam Enerji tüketimi(kWh/ m ² -yıl)	108	105	77	66	63
Isıtma yükü (kWh/ m ² -yıl)	91	89	61	49	46
Karbon Salınımı(kg/m ²)	30.296	29.685	23.501	21.013	20.362

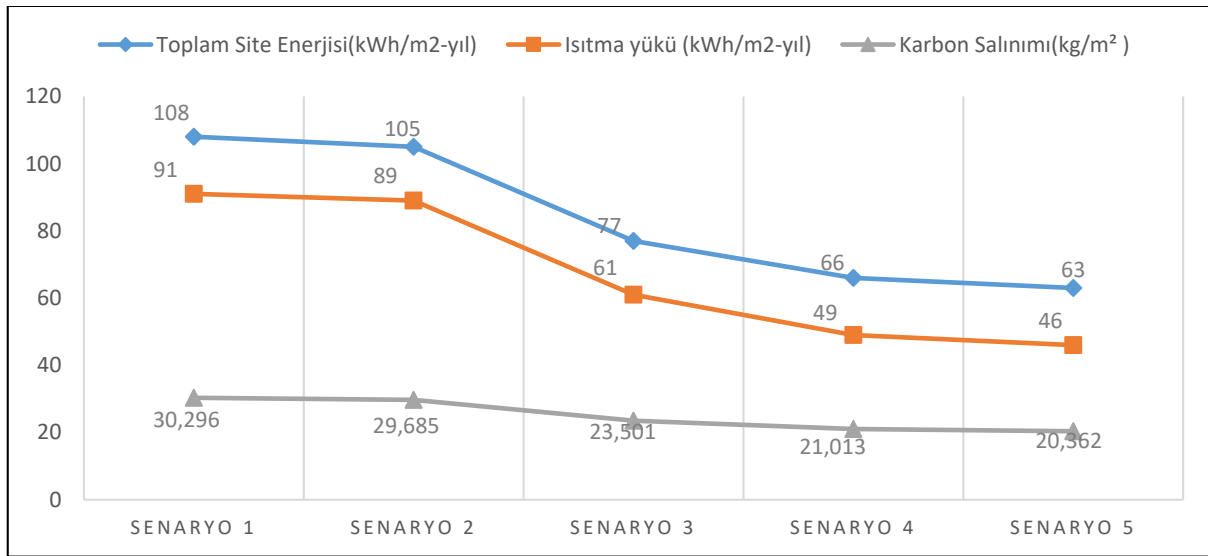
Tablo 6’da da görüldüğü gibi yapının mevcut durumunu baz alarak oluşturulan Senaryo 1’de m² başına tüketilen toplam enerji 108 kWh/ m² olarak tespit edilmiştir. Yapı konumu gereği iki taraftan yan parseldeki yapılara bitişik olması ve arka tarafında iki katının kota gelmesi sebebiyle ısıtma enerjisi yükünde tasarruf açısından büyük avantajlı bir konumdadır. Ancak bu durumda dahi toplam enerjinin yüzde 84’ünü 91 kWh/ m² enerji yükü ile ısıtma enerjisi oluşturmaktadır. Bu nedenle ısıtma enerjisi tüm senaryolarda olduğu gibi toplam enerji tüketiminin azaltılması açısından büyük bir tasarruf potansiyeli ortaya çıkarmaktadır.

Mevcut durumda sadece çatı döşemesinde yalıtım uygulaması ile tasarlanan senaryo 2’de m² başına tüketilen toplam enerji 105 kWh/ m² şeklindedir. Bu senaryoda toplam metrekareye tüketilen enerjide senaryo 1’e göre 3 kwh lik bir azalma gerçekleşmektedir. Isıtma enerjisi yükünde ise senaryo 1’de enerji yükü 91 kWh/ m² iken senaryo 2’de 89 kWh/ m² olarak tespit edilmiştir. Burada ise 2 kWh miktarında metrekareye ısıtma enerjisi yükünde azalma gözlemlenmektedir. Bu oran metrekareye küçük bir enerji yükü tasarrufu rakamına denk gelmesine rağmen, birinci derecede küçük bir etki ile yıllık toplam enerji yükünde 278 kwh azalmaya neden olmaktadır.

Historic England ölçeğine göre 2. Derece müdahalelerin önerildiği pencerelerin çift cam ve dış duvarların iç ve dış kısımlarında 3 cm kalınlığında yalıtım özelliği gösteren perlit sıva uygulaması ile kurgulanan senaryo 3’te ise tüketilen m² başına toplam enerji 77 kWh/ m² şeklinde tespit edilmiştir. Buda senaryo 1’e göre toplam enerjide 31 kWh/ m² bir azalmaya denk gelmektedir. Bu senaryoda ısıtma enerjisi yükünde ise senaryo 1’e göre 61 kWh lik enerji yükü ile %33 lük bir enerji tasarrufu sağlamaktadır. Burada 2. Derecede bir müdahale ile perlitli dış duvar yalıtımlarının enerji tasarrufunda önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmekte ve ısıtma yükünde büyük tasarruf potansiyeli ortaya çıkmaktadır.

Historic England ölçeğine göre 3. Derece müdahalelerin olduğu dış duvarlarda yalıtımlı perlit sıva yerine geleneksel kireç esaslı sıvaların kullanıldığı ve taş yünü ile iç yalıtım uygulaması gerçekleştirilen senaryo 4’te ise m² başına tüketilen toplam enerji 66 kWh/ m² şeklindedir. Metrekareye ısıtma enerjisi yükü ise 49 kWh / m² olarak tespit edilmiştir. Bu ısıtma enerjisi tüketimi senaryo 1 ile karşılaştırıldığında %46’lık bir azalma ortaya koymaktadır. Buda sadece 5 cm’lik iç yalıtım ile iç ve dış sıva yalıtımına göre daha başarılı bir sonucu ortaya koymaktadır. Dış duvarlarda

yalıtlımlı perlit sıvanın uygulandığı ve ahşap karkas sistemli iç yalıtım uygulamasının gerçekleştirildiği senaryo 5'te ise tüketilen toplam enerji m² başına 63 kWh/ m² olarak gerçekleşmiştir. Bu durum senaryo 1'e göre toplam enerjide 45 kWh/ m² bir azalma gerçekleştirmektedir. Isıtma enerjisi tüketiminde is senaryo 5, senaryo 1 e göre % 49 luk bir azalma sağlar iken senaryo 4'e göre % 6 lık bir azalmaya sebep olmaktadır. Bu oran dış duvarlarda sadece iç yalıtımın gerçekleştiği senaryo 4'e göre perlit sıva ve iç yalıtım uygulaması beraber uygulanmasına rağmen bu uygulamaların ayrı ayrı kullanıldığı senaryo 4 ve senaryo 3'e nazaran senaryo 5'de ciddi bir azalmanın olmadığını ortaya koymaktadır. Tarihi yapıları koruma kapsamında minimum müdahalede düşünöldüğünde bu konu önem arz etmektedir. Ancak diğer senaryolarla karşılaştırıldığında Senaryo 5'in metrekare başına toplam enerji tüketiminde en başarılı senaryo olduğu görölmüştür(Grafik 1).



Grafik 1. Enerji ve karbon salınımı bağlamında bulgular

Yapılan karşılaştırmalar var olan yapı kabuğunun yalıtlımlı olarak kullanıldığı ve pencerelerin çift cam olduğu durumun en enerji verimli senaryo olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca grafik 1'de göröldüğu üzere Historic England ölçeğinde 2. derece uygulamalarda büyük düşüş ile enerji tasarruf potansiyeli ortaya çıkmaktadır. Bu da 3. dereceye geçmeden daha az müdahale ile enerji tasarrufu potansiyelini ortaya koymakta, daha az müdahale ile yalıtlımlı sıva ve boya gibi uygulamaların enerji tasarrufu açısından önemini göstermektedir.

Enerji bağlamında incelenen senaryoların karbon salınım değerlerine baktığımızda ise enerji tüketim değerlerine paralel olarak dış duvarda yalıtım uygulamalarının gerçekleştirildiği 2. ve 3. derecede uygulamalarla senaryo 3,4 ve 5'te ciddi azalmaya sebep olduğu görölmektedir. En enerji tasarruflu senaryonun olduğu senaryo 5'te senaryo 1'e göre metrekareye 9.934 kg karbon salınımında azalma olduğu görölmektedir.

Elde edilen tüm bu bulgular tarihi yapılarda daha küçük müdahalelerle enerji ve karbon salınımının azaltılması açısından büyük potansiyelin olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ

Tarihi yapıların çağımızın konfor seviyesinde az enerji tüketen enerji verimli yapılar haline getirilmesi bu yapıların sürdürölerek gelecek nesillere aktarılması açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak tarihi yapılara yapılacak müdahalelerin tarihi yapının özgün özelliklerini

koruyarak, uluslararası koruma anlayışına göre en az müdahale ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda enerji verimliliğin sağlanması amacıyla tarihi yapılara uygulanacak müdahalelerin yapıya fiziksel etkilerinin belirlenerek, derecelendirilmesi için ölçüklere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışma da da fiziksel olarak tarihi yapıya etki edecek uygulamaların küçük etkiden büyük etkiye doğru sıralandığı örnek bir ölçük çalışması test edilmiş ve Türkiye’deki sivil mimari yapılar da da küçük müdahalelerle önemli oranda enerji tasarrufunun sağlanabileceği ortaya konmuştur. Bununla birlikte tarihi yapıya en küçük etki derecesinde sadece çatı döşemesinde ahşap kirişler arasına yalıtım uygulaması ile enerji tüketiminde yıllık olarak önemli bir azalmanın sağlanabileceği görülmüştür. Ancak sivil mimari örneği tarihi bir yapıda asıl enerji tasarrufunun dış duvar yalıtım uygulamaları ile sağlanabileceği saptanmıştır. Yalıtım uygulamalarında ise yapıya fazlaca yük bindirmeyen iç ve dış yüzeylerde kullanılacak etki derecesi ek yalıtımlara göre daha az olan, sıva uygulamalarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yalıtımlı sıva uygulamaları ile az bir etki ile önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür. Ancak en fazla enerji tasarrufu potansiyeli etki derecesi en yüksek olan ek yalıtım malzemesi uygulamalarında görülmektedir. Burada bölgesel olarak etkiye sahip olduğu için dış duvarların dış yüzeyleri yerine iç yüzeylerinde yalıtım uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Yapılacak uygulamalar geri alınabilir olmalı ve görsel ve yapısal tarihi yapıya zarar vermemelidir. Bu kapsamda Türkiye’de de yoğun biçimde bulunan su buharı geçirimli taş yünü gibi ek bir yalıtım duvarı uygulaması gerçekleştirilebilir.

Tüm bu tespitlere rağmen tarihi yapılarda enerji verimliliği kapsamında daha detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Gelecek çalışmalarda tarihi yapılarda enerji verimlilik bağlamında hangi uygulamaların tarihi yapının miras özellikleride düşünülerek hangi durumlarda gerçekleştirilebileceğine yönelik daha detaylı çalışmalar yapılmalı, derecelendirme ölçükleri geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Arumagi E., Pihlak M., Kalamees T., Reliability of interior thermal insulation as a retrofit measure in historic wooden apartment buildings in cold climate, *Energy Procedia*, 78 (2015), pp. 871-876
- [2] Becchio C., Corgnati S.P., Vio M., Crespi G., Prendin L., Magagnini M., HVAC solutions for energy retrofitted hotel in Mediterranean area, *Energy Procedia*, 133 (2017), pp. 145-157
- [3] Bertolin, C.; Loli, A. Sustainable interventions in historic buildings: A developing decision making tool. *J. Cult. Herit.* 2018, 34, 291–302.
- [4] Bichlmair S., Raffler S., Kilian R., The temperierung heating systems as a retrofitting tool for the preventive conservation of historic museums buildings and exhibits, *Energy Buildings*, 95 (5) (2015), pp. 80-85
- [5] Close C.S. Polo López, F. Frontini, Energy efficiency and renewable solar energy integration in heritage historic buildings *Energy Procedia*, 48 (2014), pp. 1493-1502
- [6] Ecevit, A., Demirbilek, N., vd., Ankara Koşullarına Uygun Konut Tasarımı, TÜBİTAK Proje Raporu, Ankara, 1996.
- [7] Ferrari C., Libbra A., Cernuschi F.M., DeMaria L., Marchionna S., Barozzi M., Siligardi C., Muscio A., Acomposite cool colored tile for sloped roofs with high ‘equivalent’ solar reflectance, *Energy Build.*, 114 (2016), pp. 221-226.
- [8] Gagliano A., Nocera F., Patania F., Detomaso M., Sapienza V.. Deploy Energy-Efficient Technologies In The Restoration Of A Traditional Building In The Historical Center Of Catania (Italy). *Energy Procedia*, 62 (2014), pp. 62-71.
- [9] Ganobjak, Michal. Aerogel Based Insulation For Facade Renovation Of Historical Buildings. In. *Advanced Building Skins : Conference Proceedings of the 9th Energy Forum. Munich, Economic Forum, 2014. ISBN 978-3-98120537-4. p. 775 – 792*

- [10] Harputlugil, G. ve U., Çetintürk, N., 2005. Geleneksel Türk Evi'nde ısı konfor koşullarının analizi: Safranbolu Hacı Hüseyinler Evi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20, 77-84.
- [11] Henderson, G., Tillerson, K., Blaustein, E., 2001: Building Energy Labelling in Existing Buildings, European Council for an Energy- Efficient Economy, Summer Study Proceedings, p,p.97-106.
- [12] Johansson P., Geving S., Hagentoft C.-E. , Jelle B.P., Rognvik E. , Kalagasidis A.S. , et al. Interior insulation retrofit of a historical brick wall using vacuum insulation panels: hygrothermal numerical simulations and laboratory investigations, Build Environ, 79 (2014), pp. 31-45
- [13] K. Kompatscher, S. Seuren, R. Kramer, J. van Schijndel, H. Schellen Energy efficient HVAC control in historical buildings: a case study for the Amsterdam Museum, Energy Procedia, 132 (2017), pp. 891-896
- [14] Manzan M., Zandegiacomo De Zorzi E., W. Lorenzi, Experimental and numerical comparison of internal insulation systems for building refurbishment, Energy Proc., 82 (2015), pp. 493-498
- [15] Manni M. , R. Tecce, G. Cavalaglio, V. Coccia, Architectural and energy refurbishment of the headquarter of the University of Teramo Energy Procedia, 126 (2017), pp. 565-572
- [16] Walker R., Pavía S., Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings, Build Environ, 94 (Part 1) (2015), pp. 155-165.
- [17] Projeler Mimar Sevim Yalçın Sarabil (Mega-ş mimarlık inşaat ltd.şti) Arşivinden temin edilmiştir.
- [18] Sağlam, N.G.(2017).Mevcut Bina İyileştirmelerinde Ulaşılabilir Yaklaşık Sıfır Enerji Hedeflerinin Belirlenmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım(Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] Ulu, M. (2018). "Retrofit Strategies for Energy Efficiency in Historic Urban Fabric : A Case Study In Basmane District , İzmir." Master's Thesis, İzmir Institute of Technology.
- [20] Url1,http://www.fffesus.eu/wp-content/uploads/2016/06/FFFESUS_Booklet_Final-Version.pdf. Son erişim Tarihi: 17.12.2018.
- [21] Url2:Historic England(2015) Erişim adresi <https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-insulating-timber-framed-walls/heag071-insulating-timber-framed-walls.pdf/>.
- [22] Url3:Historic England(2016) Erişim adresi <https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-insulating-solid-walls/heag081-solid-walls.pdf/>.
- [23] Url4: Historic England(2016) Erişim adresi <https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-insulating-pitched-roofs-ceiling-level-cold-roofs/heag077-cold-roofs.pdf/>.
- [24] Url5:Historic England(2015) Erişim adresi <https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-insulating-pitched-roofs-rafter-level-warm-roofs/heag070-insulating-pitched-roof-rafter-warm-roofs.pdf/>.
- [25] Url 6 Erişim adresi:
http://www.3encult.eu/en/casestudies/Documents/3ENCULT_Case%20Study%202.pdf
- [26] Url 7:TS825-Thermal Insulation Requirements in Buildings (Recast), Turkish Standard, Turkish Standards Institute, May 2008, Available: <http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya-ekler/cf3e258fbdf3eb7-ek.pdf> (in Turkish), (Son erişim tarihi 11.08.2021)
- [27] Url 8: Erişim adresi: <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/sinop/kulturenvanteri/sivil-mimarlik-ornegi-konut-70> (Son erişim tarihi 11.08.2021)
- [28] Url 9: Design Builder, Version 6.1.0.06. Available: <http://www.designbuilder.co.uk/>, (accessed 14.08.2021).
- [29] Url 10: All The Facts About Wall Insulation - Pro Home Improvement (prohomemi.com), (Son erişim tarihi 14.08.2021)
- [30] Url 11: <https://historicengland.org.uk/>, (Son erişim tarihi 14.08.2021)

- [31] Url 12:<https://historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-how-to-improve-energy-efficiency/heag094-how-to-improve-energy-efficiency/>, (Son erişim tarihi 14.08.2021)
- [32] Zagorskas J., Paliulis G.M., Burinskienė M., Venckauskaitė J., Energetic Refurbishment of Historic Brick Buildings: Problems and Opportunities. Scientific Journal of Riga Technical University. Environmental and Climate Technologies 2014;12,1:20–7.