

EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARINDA ISI YALITIM KATMANI KONUMUNUN BİNA ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ

Kübra Sümer Haydaraslan 1¹

Sibel Maçka Kalfa 2²

Ersin Haydaraslan 3³

Yalçın Yaşar 4⁴

Konu Başlık No: 1 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Enerji verimliliğinin sağlanmasında binaların atmosferik koşullara açık bina kabuğu elemanlarından gerçekleşen ısı kayıp ve kazançları önemlidir. Bina kabuğu elemanı olan çatılarda alınacak önlemlerle binanın ısıtma ve soğutma yükünün azaltılması ve bina enerji performansının artırılması mümkündür. Çalışmada eğimli çatı konstrüksiyonlarında çatı aralarının kullanım durumuna göre; çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu, çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu, çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu olmak üzere üç tip eğimli çatı konstrüksiyonu ele alınmıştır. Her bir çatı konstrüksiyonunda ısı yalıtımının taşıyıcı ile konumsal ilişkisine göre senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryolar Trabzon'da olduğu düşünülen bir konut binası için bina enerji simülasyon programı yardımı ile simüle edilmiştir. Senaryoların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri elde edilmiş ve çıkan sonuçlar bina enerji performansı ve fiziki avantaj ve dezavantajlar açısından değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Eğimli çatı konstrüksiyonu, Çatı arası, Isı yalıtımı, Enerji performansı

ABSTRACT

One of the measures to be taken for energy efficiency is to reduce annual heating and cooling loads which consist of building envelope elements open to the atmospheric conditions of buildings. It is important to reduce the annual heat loss and gains in roofs, which have a significant role in heat loss and gains in building envelope, in order to increase building energy performance. In this study, three different pitched roof structures were investigated according to the use of attic: pitched roof structure in which attic is not used, pitched roof structure in which attic is used and pitched roof structure in which attic is partially used. Scenarios were created for each roof structure according to the positional relationship of thermal insulation. The scenarios were simulated by using building energy simulation software for a residential building which is thought to be situated in Trabzon province, Turkey. The annual heating and cooling load data of the created scenarios were obtained and the data were assessed in terms of both energy efficiency and physical advantages and disadvantages.

KEYWORDS: Pitched roof structure, Attic, Thermal insulation, Energy performance

¹ Kübra SÜMER HAYDARASLAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, kubrahaydaraslan@ktu.edu.tr

² Sibel MAÇKA KALFA, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, sibelmaçka@ktu.edu.tr

³ Ersin HAYDARASLAN, Recep Tayyip Erdoğan Üni., Elektrik ve Enerji Bölümü, ersin.haydaraslan@erdogan.edu.tr

⁴ Yalçın YAŞAR, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, yyasar@ktu.edu.tr

1.GİRİŞ

Binalarda enerji verimliliği günümüzün en önemli konularından biridir. Enerji verimli bina tasarlamak ve bu konuda gerekli önlemleri alabilmek için binaların enerji verimliliğine katkısı olan etmenlerin bilinmesi gereklidir. Bina kabuğu atmosferik koşullara açık olduğu için bina kabuğunu oluşturan opak ve saydam elemanlarda alınacak konstrüksiyonel önlemlerle binaların enerji verimlilik performansında iyileştirmeler sağlanabilmektedir [1-4]. Bu bağlamda binanın atmosferik koşullara açık elemanı olan çatılarda binaların enerji verimliliğini artırmak için alınabilecek önlemler birçok çalışmanın odak noktası olmaktadır [5-9]. Çatıların bina enerji performansına etkileri üzerine yapılan çalışmalarda farklı çatı konstrüksiyonlarını oluşturan katmanların tipi, boyutsal özellikleri ve konumu gibi parametreler değiştirilerek bu değişimlerin bina enerji performansına etkileri incelenmekte ve yapılan iyileştirmelerin binanın enerji verimliliğini ne oranda arttırdığı değerlendirilmektedir.

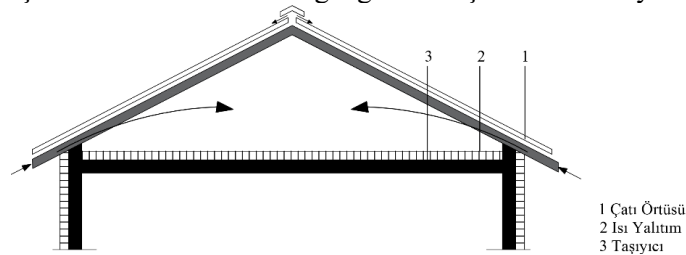
Binaların enerji performansının artırılmasında önemli etkiye sahip olan çatılar bir binayı üstten sınırlayan ve iç ortamı dış atmosfer koşullarından ayıran önemli bir bina kabuğu elemanıdır. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında katmanlaşma çatı arasının kullanım durumuna göre değişiklik göstermektedir. Bu konstrüksiyonlarda çatı arasının kullanım durumu, katmanların diziliş sırası ve konumları bina kabuğunda gerçekleşen ısı kayıp ve kazançlarında etkilidir. Özellikle ısı yalıtım katmanının konumu ve bu katmanın taşıyıcı eleman ile ilişkisinin özel olarak değerlendirilmesi gereklidir. Bu çalışmada; eğimli çatı konstrüksiyonları birbirine göre ve ısı yalıtımının konumuna göre yıllık ısıtma ve soğutma yükleri açısından karşılaştırılmışlardır.

2. ÇATI ARASININ KULLANIM DURUMUNA GÖRE EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARI

Eğimli çatı konstrüksiyonlarında çatı eğimi sayesinde ortaya çıkan çatı arası mekânı farklı işlevler için kullanılabilir. Ancak günümüzde binaların büyük bir çoğunluğunun çatı araları boş bir mekân olarak bırakılmakta ve kullanıma dâhil edilmemektedir. Çatı arası katmanlarının eğimli yüzeye ya da kısmen eğimli ve kısmen dikey yüzeye yerleştirilmesi ile çatı mekânının kullanıma kazandırılması mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda binaları bitiren eleman olan çatılar, çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu (soğuk çatı), çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu (sıcak çatı) ve çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonları (hibrid çatı) olmak üzere üç tip konstrüksiyon olarak incelenmektedir [10].

2.1. Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu (Soğuk Çatı)

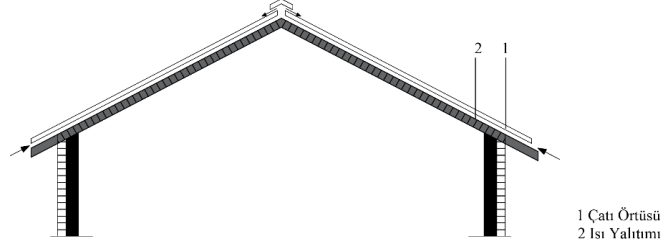
Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatılar (ÇA-kullanılmayan) soğuk çatı olarak adlandırılmaktadır. Soğuk çatılar yatay döşemenin üst seviyesinden yalıtılmış eğimli çatılardır. Çatı arasının ısıtılmayan bir hacim olmasından kaynaklı olarak soğuk çatılarda eğimli yüzeyde ısı yalıtımı kullanılmamaktadır [4,11]. Herhangi bir termal performans gereksinimini (örn. depolama) karşılamaya ihtiyaç duymayan binalar yalıtımsız eğimli çatı olarak inşa edilebilmektedir. Isıtılmayan termal bir hacim olmasından dolayı havalandırılabilen çatı araları, hem yazın hem de kışın bir tampon bölge olarak işlev görmektedir Şekil 1’de çatı arasının kullanılmadığı eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir [4].



Şekil 1. Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu [4].

2.2. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu (Sıcak Çatı)

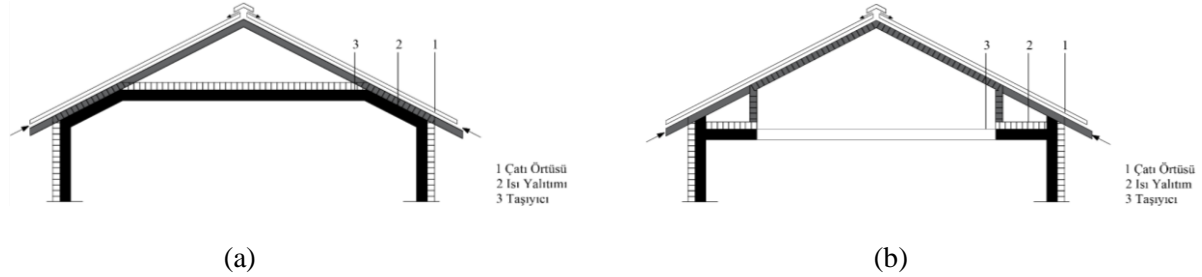
Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatılar (ÇA-kullanılan) sıcak çatı olarak adlandırılmaktadır. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında herhangi bir havalandırma katmanı düzenlenmemiştir. Genellikle ısı yalıtım katmanı, su sızdırmazlık katmanı ve koruyucu katmanlardan oluşmaktadır. Şekil 2’de çatı arasının kullanıldığı eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir [12,13].



Şekil 2. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu [4].

2.3. Çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu (Hibrid Çatı)

Çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatılar (ÇA-kısmi kullanılan) hibrid çatı olarak adlandırılmaktadır. Bu çatılar çatı arasının kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda farklı bir katmanlaşma düzeni gösterir. Şekil 3 a ve b’de hibrid çatı olarak adlandırılabilen çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonları görülmektedir [14].



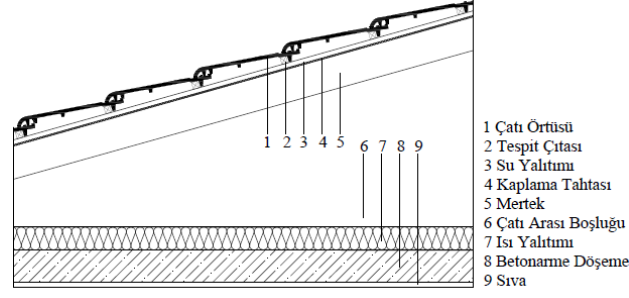
Şekil 3 a, b. Çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu [4].

3. ÇATI ARASININ KULLANIM DURUMUNA GÖRE EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARINDA ISI YALITIM KATMANININ KONUMU

Çatı arasının kullanım durumuna göre eğimli çatı konstrüksiyonları ısı yalıtım katmanının konumuna göre; ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman altında, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında ve altında olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır [15].

3.1. Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının konumu

Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında, ısı yalıtımı yaşama hacmi ile çatı arası hacmini birbirinden ayıran tavan döşemelerine uygulanmaktadır. Bu tip çatılarda ısı yalıtımı çatı örtüsüne uygulanmamaktadır. Şekil 4’de çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonları için tavan döşemesine uygulanan ısı yalıtımının detayı görülmektedir.

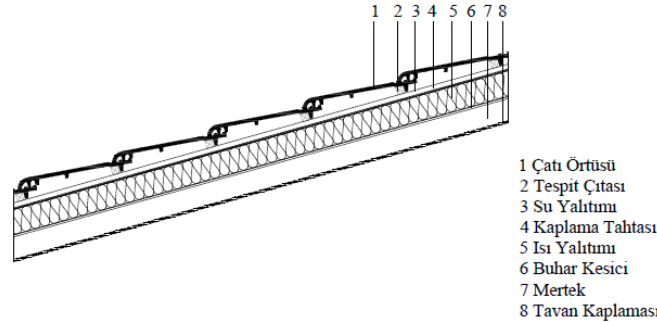


Şekil 4. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olan eğimli çatı ve döşeme konstrüksiyonu [16]

3.2. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının konumu

3.2.1. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olan eğimli çatı konstrüksiyonu

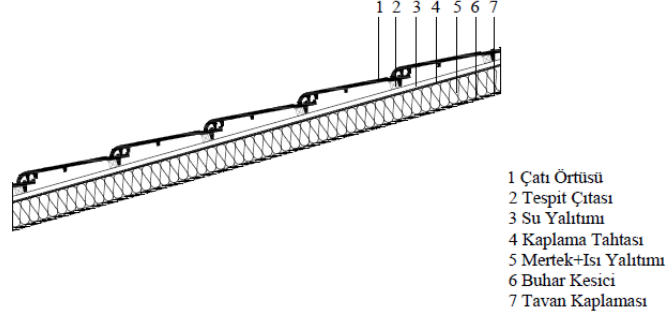
Çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtımının taşıyıcıların üzerinde olması durumunun avantaj ve dezavantajlarının birlikte değerlendirilerek uygulanması gereklidir. Eğimli çatılarda ısı yalıtımın kirişlerin üzerinde yerleştirilmesi hava sızıntılarını azaltarak ısı yalıtımının performansını artırmaktadır. Isı yalıtımının kirişler üzerine uygulanması çatı kirişlerinin sıcak ve kuru ortamda kalmasını sağlayarak yoğuşma riskini azaltmaktadır. Dezavantajları incelendiğinde ise; bu tip uygulamanın maliyeti diğer uygulamalara göre daha yüksektir. Yalıtımların uygulamasında büyük titizlik gösterilmeli ve sızdırmazlığın iyi derecede sağlanmasına dikkat edilmelidir. Isı yalıtımının taşıyıcılar üzerine uygulanması kirişlere daha fazla yük binmesine neden olmakta ve çatı konstrüksiyonunun güçlendirilmesini gerektirebilmektedir [15]. Şekil 5'te ısı yalıtımının taşıyıcı eleman üzerinde olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 5. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

3.2.2 Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında olan eğimli çatı konstrüksiyonu

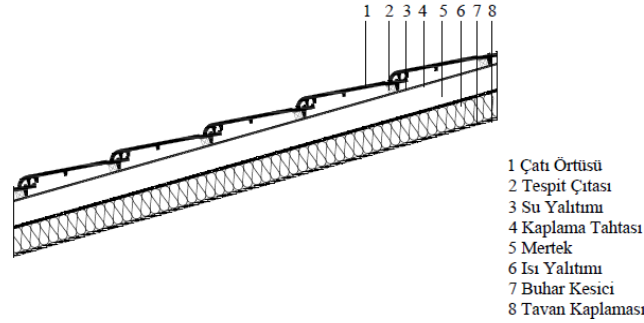
Çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının taşıyıcıların arasında olması durumu çatının kesitini artırmamasından dolayı başarılıdır. Bu uygulamanın maliyeti diğer uygulamalara göre daha azdır. Bu uygulamanın dezavantajlarına bakıldığında çatının taşıyıcı kalınlığının gerekli ısı yalıtım kalınlığını karşılayacak ölçülerde olması gerekli ve ısı yalıtım uygulaması sırasında taşıyıcılar ve yalıtım arasındaki boşlukların minimuma indirilmesi için iyi bir işçilik gerektirmektedir. Diğer bir dezavantajı ise taşıyıcılar arasına geçirgen bir ısı yalıtımı uygulanması su buharı girişine neden olmaktadır [15]. Şekil 6'te ısı yalıtımının taşıyıcı eleman arasında olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 6. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

3.2.3 Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu

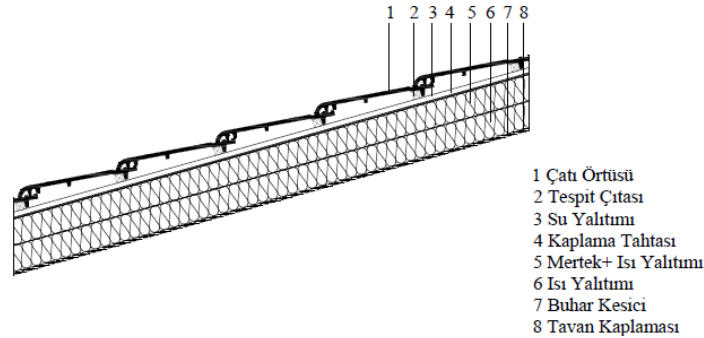
Kullanılan çatı araları için yapılan çözümlerden en optimum olanlarındandır. Bu uygulamada çatı konstrüksiyonunun kesitini artırmaya gerek yoktur. Çatı örtüsüne bağlantısız bir biçimde uygulaması yapılabilir. Isı yalıtımının kesintisiz uygulanması konusunda avantaj sağlamaktadır. Bu tür uygulamalarda kullanılabilir mekanda daralmalar meydana gelebilir. Isı yalıtımının kirişlere değmiş olduğu noktalarda boşlukların detaylandırılmasında zorluklar çıkabilmektedir [15]. Şekil 7’de ısı yalıtımının taşıyıcı eleman altında olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 7. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

3.2.4 Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında ve altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu

Bu konstrüksiyon ile farklı detaylar üretilebilmektedir. Maliyeti diğer konstrüksiyon alternatiflerine göre daha fazladır. Şekil 8’de ısı yalıtımının taşıyıcı eleman arasında ve altında olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 8. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında ve altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

4. YAPILAN ÇALIŞMA

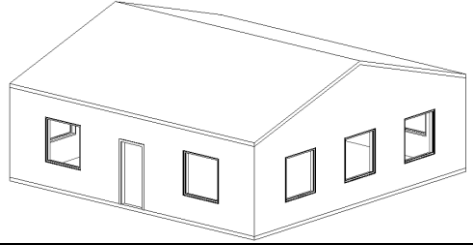
Çalışma için Trabzon’da olduğu düşünülen müstakil bir konut binası, DesignBuilder bina enerji simülasyon programı yardımıyla modellenmiştir. Modellenen konut binasının ısıtma ve soğutma yüklerine, mevcut eğimli çatı konstrüksiyonunun kullanım durumunun ve ısı yalıtım katmanı konumunun değiştirilmesinin etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Tablo 1’de verilen 13 senaryo oluşturulmuş ve her bir senaryonun yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

Tablo 1. Konut binası modelinin eğimli çatı konstrüksiyonunda kullanılan senaryolar

Isı yalıtım katmanının konumu	Kullanım durumuna göre çatılar			
	ÇA Kullanılmayan B1	ÇA Kullanılan B2	ÇA Kısmi Kullanılan B3	ÇA Kısmi Kullanılan B4
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde	•	•	•	•
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında	-	•	•	•
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altında	-	•	•	•
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman ara. ve alt.	-	•	•	•

İncelenen konut binası kare forma sahip, 10 x 10 m boyutlarında, tek katlı, kat yüksekliği 3 m ve toplam kullanım alanı 100 m²’dir. Binada ısıtma sistemi için yakıt olarak doğalgaz kullanan kombi, soğutma sistemi için elektrik ile çalışan klima kullanıldığı, mekanik havalandırma olmadığı, binayı 4 kişinin kullandığı varsayılmış ve bina kabuğu elemanlarının ısı geçirgenlik katsayı değerleri (U değeri-W/m²K) Trabzon için, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Türk Standardı’nda (TS 825) belirtilen U değerlerine göre belirlenmiştir [17] (Tablo 2).

Tablo 2. Bina modeli ve modelde kullanılan bina elemanlarının ısı geçirgenlik değeri (U) değerleri

	Duvar	Taban Döşemesi	Pencere	
U (W/m ² K)	0,60	0,53	2,36	

Oluşturulan senaryolarda kullanılan çatı konstrüksiyonları farklılık gösterdiği için çatılara ait toplam ısı geçirgenlik katsayıları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Çatı konstrüksiyonlarına ait toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerleri

	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında
U (W/m ² K)*	0,384	0,529	0,384	0,275

* Çatı konstrüksiyonlarında 7 cm’lik ısı yalıtım malzemesi kullanıldığı varsayılmıştır.

5. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada Trabzon’da olduğu düşünülen bir konut binasının 3 farklı tip çatı konstrüksiyonunda ve çatı konstrüksiyonuna eklenen yalıtım katmanının 4 farklı konumuna göre enerji performansına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda oluşturulan ÇA_Kullanılmayan_B1, ÇA_Kullanılan_B2, ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kısmi Kullanılan_B4 modellerinde uygulanacak ısı yalıtım malzemesinin konumu; taşıyıcılar üzerinde, taşıyıcılar arasında, taşıyıcılar altında ve taşıyıcılar arasında ve altında olmasına göre toplam 13 farklı senaryo oluşturulmuş ve bu senaryolar için yıllık ısıtma ve soğutma yükleri elde edilmiştir. Her bir bina ve her bir ısı yalıtım malzemesi konumuna göre oluşturulan senaryolardan elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı çatı konstrüksiyonları ve ısı yalıtımının konumuna göre oluşturulan senaryolar için elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri

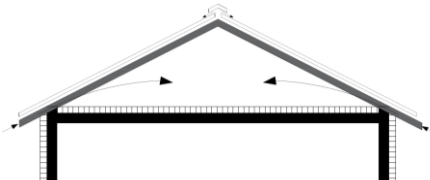
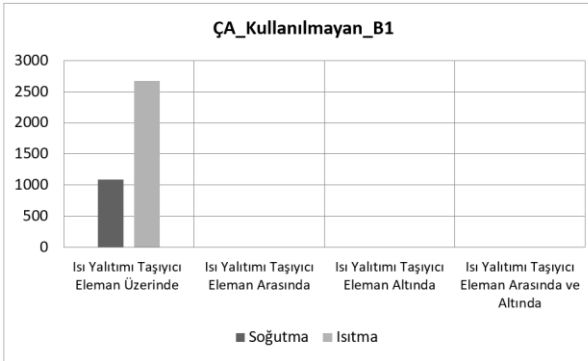

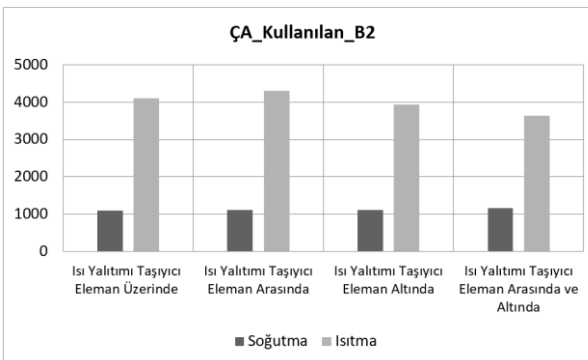
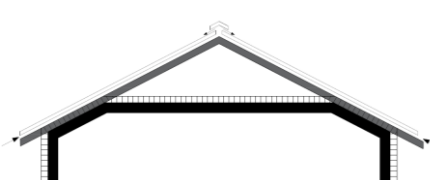
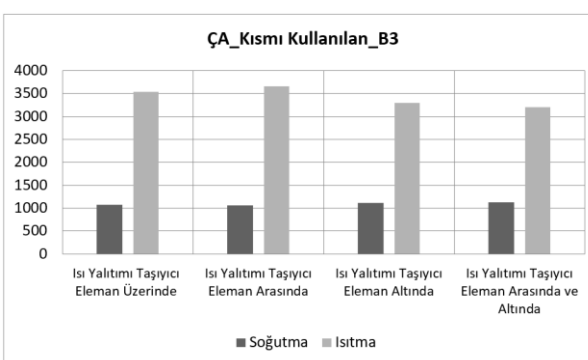

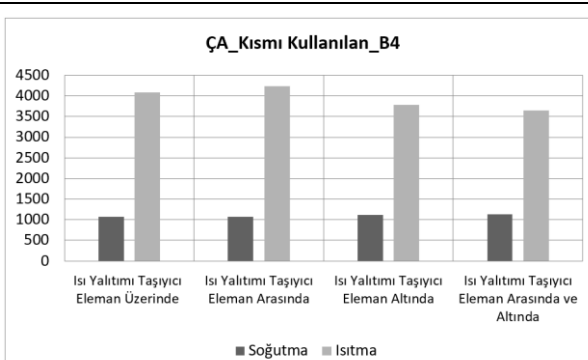
Isı Yalıtımının Konumu	Isıl Yükler (kWh)	ÇA Kullanılmayan B1	ÇA Kullanılan B2	ÇA Kısmi Kullanılan B3	ÇA Kısmi Kullanılan B4
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	Soğutma	1092	1093	1069	1071
	Isıtma	2672	4098	3545	4086
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	Soğutma	-	1104	1064	1070
	Isıtma	-	4310	3658	4239
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	Soğutma	-	1112	1109	1112
	Isıtma	-	3933	3293	3789
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Ara. ve Alt.	Soğutma	-	1159	1127	1136
	Isıtma	-	3640	3198	3643

ÇA_Kullanılmayan_B1 olarak adlandırılan senaryoda, yaşama hacmini çatı arası hacminden ayıran tavan döşemesinde, ısı yalıtım malzemesinin betonarme kirişler altında ve arasında kullanılamayacağı sebebiyle ısı yalıtımı taşıyıcı eleman altında, taşıyıcı eleman arasında ve taşıyıcı eleman arasında ve altında olması durumları için enerji hesapları yapılamamıştır.

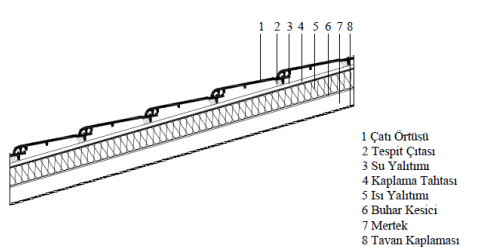
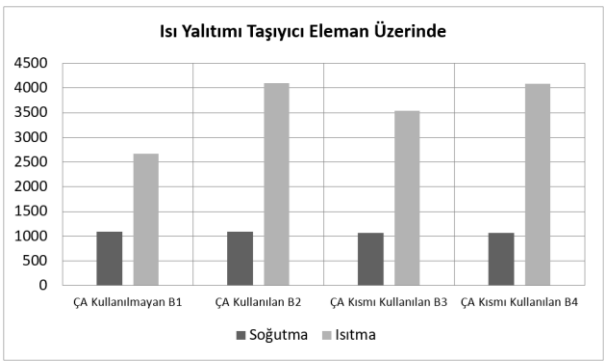
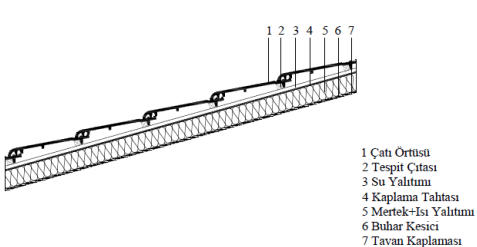
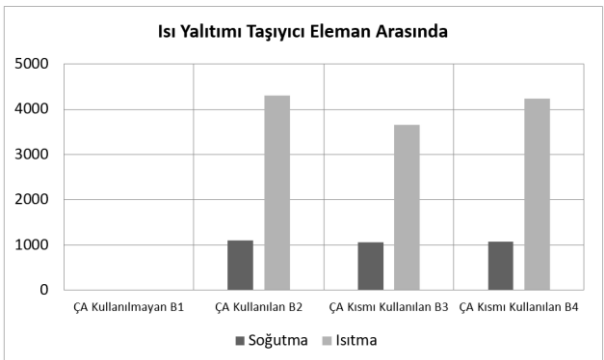
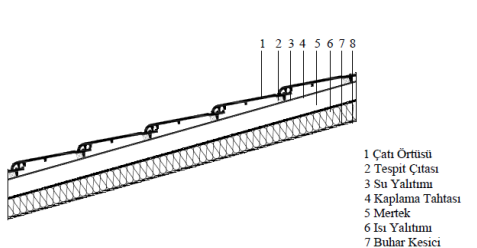
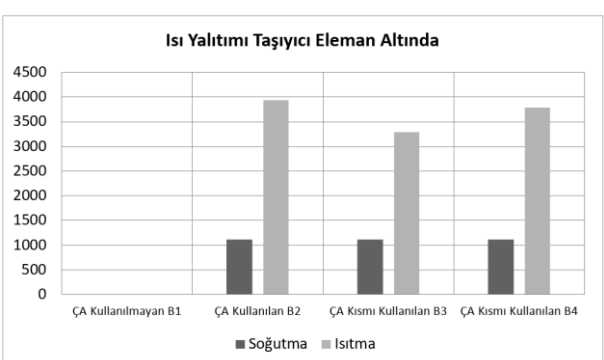
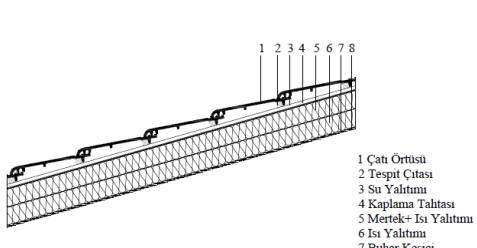
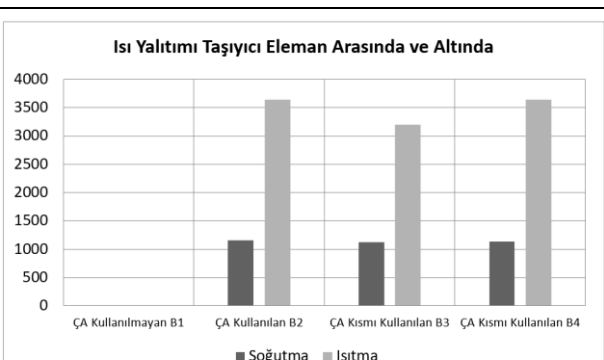
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olması durumu için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri ve ÇA_Kullanılan_B2, ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kısmi Kullanılan_B4 için hesaplanan ısı yalıtımının konumuna göre elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 5’te gösterilmiştir. ÇA_Kullanılmayan_B1 için, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde iken yıllık ısıtma yükü 2672 kWh, yıllık soğutma yükü 1092 kWh olarak elde edilmiştir. ÇA_Kullanılan_B2’de yıllık ısıtma yükü, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde iken 4098 kWh, yıllık soğutma yükü ise 1093 kWh olarak elde edilmiştir. ÇA_Kullanılan_B2’de ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinden arasına alındığında yıllık ısıtma yükü yaklaşık % 5,2 artmış ve 4310 kWh olarak elde edilmiştir. Isı yalıtımının taşıyıcı eleman arasında olması çatı kesitini artırmaması, montaj kolaylığı vb. avantajlarına rağmen yıllık ısıtma yükünü artırdığı görülmüştür. Isı yalıtımı taşıyıcı elemanın altına uygulandığında, taşıyıcı elemanın üzerinde olması durumuna göre yıllık ısıtma yükü yaklaşık % 4 azalmış ve 3933 kWh olarak hesaplanmıştır. Aynı kalınlıkla iki ısı yalıtım malzemesinin taşıyıcı eleman arasına ve altına uygulandığı durumda ise, ısı yalıtımının taşıyıcı eleman üzerinde uygulandığı duruma göre yıllık ısıtma yükü yaklaşık % 11,2 azalmış ve 3640 kWh olarak elde edilmiştir. Isı yalıtımının farklı konumları için yıllık soğutma yükleri incelendiğinde elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kısmi Kullanılan_B4’den elde edilen sonuçlar incelendiğinde de ÇA_Kullanılan_B2’den elde edilen değerlere paralel sonuçlar görülmektedir.

Çatı konstrüksiyonunda bulunan ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde bulunduğu her bir bina, yıllık ısıtma ve soğutma yükleri açısından değerlendirildiğinde; kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip ÇA_Kullanılmayan_B1'in yıllık ısıtma yükü 2672 kWh olarak elde edilmiştir. Bu değer referans olarak alındığında ÇA_Kullanılan_B2'nin yıllık ısıtma yükü yaklaşık %53,4 artmış ve 4098 kWh olarak hesaplanmıştır. Yıllık soğutma yükünün ise çok fazla değişmediği görülmüştür. ÇA_Kısmi Kullanılan_B3'ün yıllık ısıtma yükü ÇA_Kullanılmayan_B'ye göre yaklaşık %32,6 artmış, ÇA_Kullanılan_B2'ye göre yaklaşık %13,5 azalmış ve 3545 kWh olarak elde edilmiştir. ÇA_Kısmi Kullanılan_B4'de ise yıllık ısıtma yükü ÇA_Kısmi Kullanılan_B3'e göre yaklaşık %15,2 artmış ve 4086 kWh olarak hesaplanmıştır. Bütün senaryolar yıllık soğutma yükü açısından incelendiğinde her bir senaryo için hesaplanan değer birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Tablo 5 ve Tablo 6'da ısı yalıtımının konumuna göre farklı çatı konstrüksiyonuna sahip binalardan elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 5. Çatı konstrüksiyonlarına göre farklı ısı yalıtımı konumuna sahip binaların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri (kwh)

Çatı Konstrüksiyonu	Isıtma ve Soğutma Yükleri (kwh)															
ÇA_Kullanılmayan_B1 	ÇA_Kullanılmayan_B1  <table border="1"><thead><tr><th>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu</th><th>Soğutma (kwh)</th><th>Isıtma (kwh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1000</td><td>2600</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	2600	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	0	0	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	0	0	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	0	0
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	2600														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	0	0														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	0	0														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	0	0														
ÇA_Kullanılan_B2 	ÇA_Kullanılan_B2  <table border="1"><thead><tr><th>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu</th><th>Soğutma (kwh)</th><th>Isıtma (kwh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1000</td><td>4000</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>1000</td><td>4200</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>1000</td><td>3800</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>1000</td><td>3500</td></tr></tbody></table>	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	4000	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1000	4200	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1000	3800	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1000	3500
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	4000														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1000	4200														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1000	3800														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1000	3500														
ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 	ÇA_Kısmi Kullanılan_B3  <table border="1"><thead><tr><th>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu</th><th>Soğutma (kwh)</th><th>Isıtma (kwh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1000</td><td>3500</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>1000</td><td>3600</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>1000</td><td>3200</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>1000</td><td>3100</td></tr></tbody></table>	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	3500	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1000	3600	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1000	3200	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1000	3100
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	3500														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1000	3600														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1000	3200														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1000	3100														
ÇA_Kısmi Kullanılan_B4 	ÇA_Kısmi Kullanılan_B4  <table border="1"><thead><tr><th>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu</th><th>Soğutma (kwh)</th><th>Isıtma (kwh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1000</td><td>4000</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>1000</td><td>4200</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>1000</td><td>3800</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>1000</td><td>3500</td></tr></tbody></table>	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	4000	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1000	4200	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1000	3800	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1000	3500
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Konumu	Soğutma (kwh)	Isıtma (kwh)														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1000	4000														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1000	4200														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1000	3800														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1000	3500														

Tablo 6. Isı yalıtımının konumuna göre farklı çatı konstrüksiyonuna sahip binaların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde
 <p>1 Çatı Ortüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahtası 5 Isı Yalıtımı 6 Buhar Kesici 7 Mertek 8 Tavan Kaplaması</p>	 <p>Isıtma yükleri (grayscale bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~2600), ÇA Kullanılan B2 (~4100), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~3500), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~4100). Soğutma yükleri (black bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~1100), ÇA Kullanılan B2 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~1100).</p>
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında
 <p>1 Çatı Ortüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahtası 5 Mertek+Isı Yalıtımı 6 Buhar Kesici 7 Tavan Kaplaması</p>	 <p>Isıtma yükleri (grayscale bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~2600), ÇA Kullanılan B2 (~4300), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~3600), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~4200). Soğutma yükleri (black bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~1100), ÇA Kullanılan B2 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~1100).</p>
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında
 <p>1 Çatı Ortüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahtası 5 Mertek 6 Isı Yalıtımı 7 Buhar Kesici 8 Tavan Kaplaması</p>	 <p>Isıtma yükleri (grayscale bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~2600), ÇA Kullanılan B2 (~3900), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~3300), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~3800). Soğutma yükleri (black bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~1100), ÇA Kullanılan B2 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~1100).</p>
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında
 <p>1 Çatı Ortüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahtası 5 Mertek+ Isı Yalıtımı 6 Buhar Kesici 7 Buhar Kesici 8 Tavan Kaplaması</p>	 <p>Isıtma yükleri (grayscale bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~2600), ÇA Kullanılan B2 (~3600), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~3200), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~3600). Soğutma yükleri (black bars): ÇA Kullanılmayan B1 (~1100), ÇA Kullanılan B2 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B3 (~1100), ÇA Kısmi Kullanılan B4 (~1100).</p>

5.SONUÇ

Çalışma kapsamında modellenen 3 farklı çatı konstrüksiyonun ve çatı konstrüksiyonundaki ısı yalıtım katmanının 4 farklı konumunun enerji performansına etkisinin incelenmesi amacıyla oluşturulan senaryoların yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri elde edilmiştir. Ilıman iklim tipine sahip Trabzon ilinin yıllık iklim şartları ve güneşlenme süreleri göz önünde bulundurulduğunda, ısıtma döneminde soğutma sezonuna göre daha önemli olduğu düşünülebilir. Bu durumda soğutma yüklerinde çok fazla değişiklik olmaması beklenen bir durumdur. Trabzon ve benzeri iklimdeki illerde, kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binalarda yaşama hacmini çatı arası hacminden ayıran tavan döşemesinde, ısı yalıtımının taşıyıcı eleman üzerine olduğu durum için yıllık ısıtma ve soğutma yükü elde edilmiştir. Çatı arası kullanılan ve kısmi kullanılan modellerde, ısı yalıtım malzemesinin her dört durumu için yıllık ısıtma yükü değerleri incelendiğinde; ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olması referans alınarak, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman arasına alındığında yıllık ısıtma ve soğutma yükünün arttığı belirlenmiştir. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altına alındığında yıllık ısıtma yükünün azaldığı ve taşıyıcı eleman arasına ve altına alındığında daha da azalarak yıllık ısıtma yükü açısından en avantajlı durum olduğu görülmüştür. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasına ve altına uygulandığında maliyetin artmasına rağmen diğer konumlardaki dezavantajların birçoğunun ortadan kalktığı ve yalıtımdan maksimum verimin alındığı bilinmektedir [15,18,19]

Bütün senaryolara ait yıllık ısıtma yükleri incelendiğinde kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binaların kullanılan ve kısmi kullanılan çatı konstrüksiyonlarına göre Trabzon ve benzeri iklime sahip bölgelerde avantajlı olduğu söylenebilir. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında, altında, üstünde ve arasında olması durumlarında elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükleri binalara göre incelendiğinde; ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olduğu duruma paralel sonuçlar elde edilmiştir. Kısmi kullanılan çatı konstrüksiyonuna ait ÇA_Kısmi Kullanılan_B4'ün en yüksek yıllık ısıtma yüküne sahip olduğu ve sırasıyla ÇA_Kullanılan_B2, ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kullanılmayan_B1'in daha az yıllık ısıtma yüküne sahip olduğu görülmüştür.

İncelenen tüm senaryolardan minimum ısıtma yükü, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olduğu ÇA_Kullanılmayan_B1'de elde edilmiştir. Yıllık soğutma yükünde ise Trabzon ve benzeri iklim tipine sahip bölgelerde güneşlenme süresinin az olmasından dolayı çatı konstrüksiyonlarına ve ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre belirli bir fark elde edilememiştir ancak kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binalarda yalıtımının taşıyıcı eleman üzerine uygulanması hem yağışın kontrolü, hem de yıllık ısıtma yükleri açısından avantajlı olmaktadır. Kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binalar, kullanılan ve kısmi kullanılan çatı konstrüksiyonuna sahip binalar ile kıyaslandığında, çatı arası hacminin yaşama hacmi ile dış ortam arasında fiziki bir tampon bölge oluşturmasından dolayı, Trabzon ve benzeri iklime sahip illerde yıllık ısıtma yükleri açısından avantajlı olurken yıllık soğutma yükleri açısından değişkenlik göstermemiştir. Bu çalışma ile binalara farklı çatı konstrüksiyonlarının ve çatı konstrüksiyonlarındaki ısı yalıtımı katmanının farklı konumlara uygulanmasıyla elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yüklerindeki iyileşmeler belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Fontanini, A. D., Pr'Out, K. M., Kosny, J., Ganapathysubramanian, B., 2016. Exploring future climate trends on the thermal performance of attics: Part 1 Standard roofs, *Energy and Buildings*, Sayı 129, s. 32–45.

[2] Staniaszek, D., 2013. A Guide to Developing Strategies for Building Energy Renovation, *Buildings Performance Institute Europe*, s. 36, Belçika.

[3] De Oliveira Neves, L., Marques, T. H. T. , 2017. Building Envelope Energy Performance of High-rise Office buildings in Sao Paulo City, Brazil, *Procedia Environmental Sciences*, Sayı 38, s. 821–829.

- [4] Kolb, J.,2008. Systems in Timber Engineering, *Springer Science & Business Media*, s. 319, Germany.
- [5] Ran, J., Tang, M., Jiang, L., Zheng, X., 2017. Effect of Building Roof Insulation Measures on Indoor Cooling and Energy Saving in Rural Areas in Chongqing, *Procedia Engineering*, Sayı 180, s. 669–675.
- [6] Al-Sallal, K. A., 2003. Comparison between polystyrene and fiberglass roof insulation in warm and cold climates, *Renewable Energy*, Sayı 28(4), s. 603–611.
- [7] Daouas, N., 2016. Impact of external longwave radiation on optimum insulation thickness in Tunisian building roofs based on a dynamic analytical model, *Applied Energy*, Sayı 177, 136–148.
- [8] Ozel, M., Pihtili, K., 2007. Investigation of the most suitable location of insulation applying on building roof from maximum load levelling point of view, *Building and Environment*, Sayı 42(6), s. 2360–2368.
- [9] Sisman, N., Kahya, E., Aras, N., Aras, H., 2007. Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey’s different degree-day regions, *Energy Policy*, Sayı 35(10), s. 5151–5155.
- [10] Maçka, S., Yaşar, Y., Pehlevan,A., 2014. Eğimli Çatı Konstrüksiyonlarında Havalandırma ve Yoğuşma Kontrolü, 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 3–4 Ekim 2014, YTÜ Mimarlık Fakültesi, Beşiktaş, İstanbul.
- [11] Oster, S., Kießl, B., 2003. Roof Construction Manual: Pitched Roofs, *Edition Detail*, s. 448, Germany.
- [12] Auchschwelk,H., Rosenkranz, F., 2005. Baustoff Atlas, *Edition Detail*, s. 280, Berlin.
- [13] Pehlevan,A., Yaşar, Y., Maçka, S., 2008. Çatılarda İkincil Su Sızdırmazlık Tabakası Kullanımı, 4. *Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdas Malzeme ve Teknolojileri Sempozyumu*, 13–14 Ekim 2008, İTÜ Mimarlık Fakültesi,Taşkışla, İstanbul.
- [14] Condensation Control In Energy Efficient Cold and Warm Pitched Roofs, 2016. Erişim Tarihi: 01.02.2016. <http://www.surevent.org.uk>
- [15] Energy Efficiency and Historic Buildings: Insulating Pitched Roofs at Ceiling Level, 2012. Erişim Tarihi: 01.12.2017. <https://content.historicengland.org.uk>
- [16] Hugues, T., Greilich, K., Peter, C., 2004. Building with Large Clay Blocks, *Detail Practice*, s. 118, Almanya.
- [17] TS 825, 2008. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.
- [18] Deplazes, A., 2005. Constructing Architecture Materials Processes Structures A Handbook, *Birkhäuser*, s. 479, Almanya.
- [19] Yaşar, Y., Pehlevan,A., Maçka, S., 2008. Eğimli Çatılarda Havalandırma, 4. *Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdas Malzeme ve Teknolojileri Sempozyumu*, 13–14 Ekim 2008, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla, İstanbul.