

# Bir Binanın Değişken Cam ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi

Tansel Koyun<sup>1</sup>

Ersin Koç<sup>2</sup>

## ÖZ

Binaların opak ve saydam yüzeyleri enerji kayıp ve kazançları açısından önemli bir role sahiptir. Binalarda, pencerelerden kaynaklanan ısı kayıp miktarları; pencere/duvar alanı oranı, cam tipi ve çerçeve gibi özelliklere bağlıdır. Bu çalışmada, sıcak-nemli iklim koşullarına sahip Antalya ilinde bulunan bir ayırık nizam konut binası incelenmiştir. Farklı cam türleri için farklı yönlerdeki pencere/duvar alanı oranı değişiminin ısı kaybına olan etkisi, mekanik tesisat hesapları programı kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, binalarda pencere/duvar alanı oranı (%30, %40) ve cam tipinin (çift cam, tek cam ve kaplamalı cam/low-e) enerji tüketimi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Farklı yönlerdeki pencere/duvar alanı oranının %30'dan %40'a artırılması durumunda bütün binanın toplam ısı kaybı değerinin arttığı görülmüştür. Bu artışı minimize etmek için tek cam yerine çift cam ve kaplamalı reflekte cam kullanılarak ısı kaybı hesapları tekrarlanmıştır. Sonuçlar içinde uygulanabilirlik ve ekonomiklik açısından optimum değer bulunması amaçlanmıştır. Bina enerji performansına da etkisi olan bu parametrelerin mimari tasarım aşamasında veya mevcut binaların enerji iyileştirmelerinde katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Pencere/duvar alanı oranı, cam tipi, ısı kaybı, sıcak-nemli iklim.

## Effect of Window/Wall Area Rates on Building Heat Losses According to Variable Glass and Outer Wall Types of a Building

### ABSTRACT

The opaque and transparent surfaces of buildings have an important role in terms of energy loss and gains. In buildings, the amount of heat loss from the windows depends on window/wall area ratio, glass type and frame. In this study, discrete residential building located in the province of Antalya with hot-humid climatic conditions has been examined. Effect of change of window/wall area ratio in different directions on heat loss for different glass type is calculated using the mechanical installation calculations program. According to the results obtained, window/wall area ratio (% 30, % 40) and glass type (double glazing, single glazing and coating glazing/low-e) has been found to be effective on energy consumption. The heat loss calculations were repeated using double glazing instead of single glazing and coated reflective glazing to minimize this increase. Within the results, it is aimed to find optimum value in terms of applicability and economy. These parameters which are also influential on the energy performance of the building, are thought to contribute to the architectural design phase or the energy improvements of existing buildings.

**Keywords:** Window/external wall ratio, glazing type, heat loss, hot-humid climate

\* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 30.11.2016

Kabul/Accepted : 13.04.2017

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta - tanselkoyun@sdu.edu.tr

<sup>2</sup> Ermak Mekanik Tesisat Tasarım Proje ve Uygulama Ltd. Şti., Antalya - ersin13@hotmail.com

## 1. GİRİŞ

Dünya enerji tüketiminin 2010-2030 yılları arasında %50'den fazla artacağı, bu artışın sanayileşmiş ülkelerde %25 civarında olurken, özellikle Asya, Orta ve Güney Amerika olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde iki kat olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir[1]. Özellikle yaşam alanlarımızı oluşturan apartmanlar, toplu konutlar, müstakil evler; sanayi ve endüstri tesislerinden sonra enerji tüketiminin yüksek oranda gerçekleştiği alanlardır. Ayrıca enerji tüketimi; farklı iklimsel bölgelere, cephe koşullarına ve arazi kot farklılıklarına göre de değişim gösterebilir. En yüksek tüketim, ısınma koşullarını sağlayabilmek için gerçekleşmektedir. Bundan dolayı konutlarda ısı yalıtımı yapılması ile enerji korunumu artırılmış olacaktır.

Isı yalıtım sistemlerindeki değerler; yalıtım malzemesi ve kalınlıkları, duvar tipleri, cam ve çerçeve tipleri, binaların mimari şekilleri ile doğrudan ilgilidir. Isı yalıtım uygulamalarının standartlara uygun yapılması amacıyla, “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standartlarına uygun ısı yalıtım projeleri ruhsatlandırma aşamasında belediyelerin İmar Müdürlükleri'ne sunularak yetkililer tarafından onaylanmaktadır. İnşaatın yapımı sürerken yapı denetim firmalarının daimi kontrolleriyle inşaat, iş bitime hazırlanmaktadır. TS 825 standardının amacı; enerji tasarrufu sağlamak, özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını belirlemek, en az C enerji sınıfında binaların inşa edilmesini sağlamaktır. Standartlara uygun olmayan malzeme kullanımı ve standart dışı uygulamalar ülke enerji tüketimi bazında büyük kayıplara yol açmaktadır.

Koçu ve Dereli [2], binalarda ısı kayıplarının her ne kadar binanın mimari projesine ve durumuna göre değişse de genel olarak, çok katlı bir konut için toplam ısının %40'ı dış duvarlardan,%30'u pencerelerden,%7'si çatılardan,%6'sı bodrum döşemesinden ve %17'si hava kaçaklarından oluştuğunu ve tek katlı bir konutta ise ısı kayıplarının dış duvarlardan %25, çatıdan %22, pencerelerden %20, bodrumdan %20 ve hava kaçaklarından %13 olduğunu ifade etmişlerdir.

Sayın vd. [3], binalarda dış duvarlar, tavanlar, merdivenler, pencereler, ısıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler, zemine oturan döşemeler ve açık geçitler üzerindeki döşemelerden ısı kaybedildiğini ve bu yüzden binaların yakıt tüketiminin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.Yapılardaki toplam ısı kayıplarının %10-15'i döşemelerde (temeller), %10-15'i pencerelerde, %25'i tavanlarda, %15-25'i dolgu duvarlarda, %20-50'si ısı köprülerinde oluştuğunu ifade etmişlerdir.

İlhan ve Aygün [4], “Çerçeve ve cam ikilisinden oluşan pencere sistemlerinde en büyük ısı kayıp ve kazançları cam kısmında meydana gelmektedir. Isı kayıp ve kazançlarının en uygun seviyede olması için çeşitli cam yapılarının ve türlerinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar sürekli devam etmektedir. Günümüzde tek camlı pencerelere



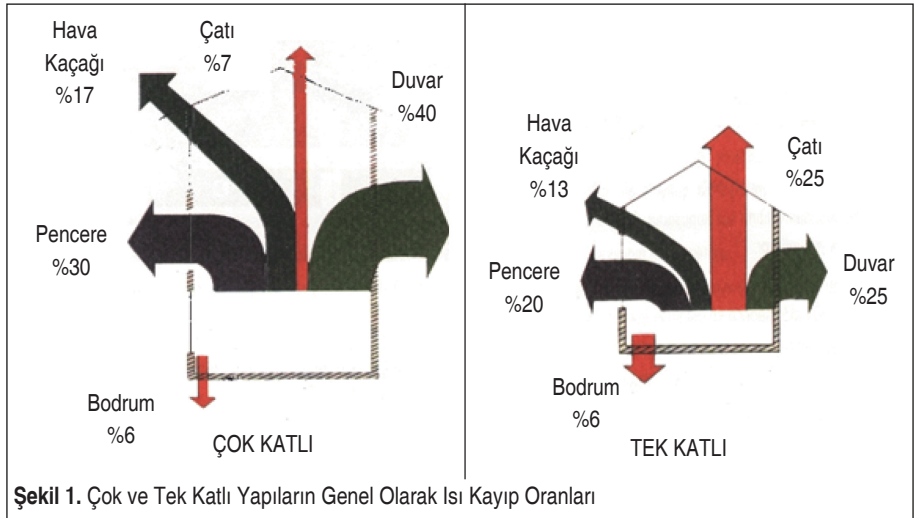
alternatif olarak en fazla çift camlı pencereler kullanılmaktadır. Çift camlı pencerelerde, kenarları boyunca metal bir ara boşluk çerçeveyle ayrılmış iki veya daha fazla cam plakanın aralarında hava boşluğu bırakılarak birleştirilmesiyle yalıtım camları elde edilmiştir (Şekil 2). Hava boşluğu kısmında nemi alınmış hava ve soygaz bulunmaktadır. Oluşturulan bu boşluk ısı tamponu görevi görmektedir.” şeklinde açıklama yapmışlardır.

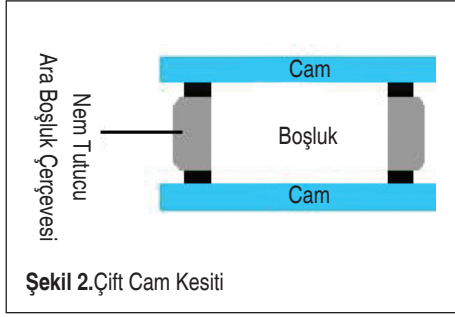
Kontoleon ve Bikas [5] tarafından yapılan çalışmada ise aşırı ısınma ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin azaltılmasının optimum pencere/duvar alanı oranı, uygun cam türü seçimi ve döşemede yalıtım uygulanmasına bağlı olduğu bulunmuştur.

Singh ve diğerleri [6] yaptıkları çalışmada, 15 farklı cam tipinin ısı konfor şartlarına etkisini araştırmışlardır. Değerlendirme kriteri olarak ise Predicted Mean Vote (PMV) ve Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, karma iklim kış koşullarında güneş kontrol camları dışında kalan cam türleri, yaz koşullarında ise yansıtıcı kaplamalı camların uygun olduğu saptanmıştır. Çöl ikliminde ise yansıtıcı kaplamalı güneş kontrollü çift cam kullanımının uygun, ılıman iklimde oda sıcaklığının 25°C istendiği koşullarda yansıtıcı ve emici kaplamalı güneş kontrol camları kullanımı ile ısı konfor koşullarının sağlanabildiği ortaya konmuştur.

Bektaş ve Aksoy [7] tarafından yapılan bir çalışmada, konutlarda pencere yönleri ile farklı cam ünitelerinin ısıtma enerjisi gereksinimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiş olup, soğuk iklim bölgesi için %20-30 arasında ısıtma enerjisi tasarrufu sağlanabileceği belirtilmiştir.

Şekil 1’de, yapıların genel olarak ısı kaybettikleri alanların oranları gösterilmiştir[8].





Bu çalışmada, nemli-sıcak iklim bölgesine sahip Antalya’da bulunan zemin+5 kattan oluşan bir bina incelenmiştir. Farklı yönlere göre pencere/duvar alanı oranlarının %30’dan %40’a artırılması durumunda ısıtma amaçlı enerji tüketiminin artışının tespiti yapılmıştır. Böylece, optimum sonucu sağlayacak şekilde cam tipi, pencere kasası ve dış duvar tipi belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Antalya ilinde bulunan ayrıık nizam zemin+5 kattan oluşan konut binası incelenmiştir. Binayı oluşturan dış duvar, taban ve tavan bileşen detayları güncel uygulamalarda kullanılan ve belediyelerin imar işleri biriminde onay verilen içeriklerden oluşmuştur. Binaya ait özellikler ve kullanılan materyaller aşağıda belirtilmiştir.

- Her normal katta 4 daire olmak üzere toplam 20 daire, zemin katta 2 adet dükkan bulunmaktadır.
- Son kat, üzeri kullanılmayan çelik konstrüksiyon çatı olarak detaylandırılmıştır.
- Açık geçit üzeri alan bulunmamaktadır. Taban alanı normal kat alanına eşittir.
- Bina, toprak temaslı döşemeden oluşmaktadır. Isıtılmayan iç ortamla bitişik döşeme bulunmamaktadır.
- Konum itibarıyla serbest (ayrık) pozisyonundadır.
- Isı kaybı hesaplamalarında mekanik tesisat hesaplamaları yazılımı kullanılmıştır [10].
- Isı yalıtımı hesabında Gazbeton Üreticileri Birliği’ne ait yazılım kullanılmıştır [9].
- Dış cephede farklı duvar, cam ve doğrama tipleri ile hesaplama yapılmıştır. Opak ve saydam bileşen detayları aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 1’de, binayı oluşturan ve hesaplamalarda kullanılan bileşenlerin U (W/m<sup>2</sup>K) ısı geçirgenlik katsayıları ve bileşen tipleri belirtilmiştir.

Tablo 2, 3 ve 4’te ise dış duvar çeşitlerine ait malzeme detayları verilmiştir. Malzemelere ait kalınlık değerleri güncel uygulamalara dayanılarak belirlenen değerlerdir (Tablo 5, 6).

Pencereyi oluşturan cam-çerçeve tipleriyle bunlara ait kod ve açıklamalar Tablo 1’de verilmiştir. Alüminyum ve plastik çerçeve ile 3 farklı cam tipi kombinasyon yapılarak ısı kaybı hesaplamaları tekrarlanmıştır.

**Tablo 1.** Binayı Oluşturan Bileşenler ve U Değerleri [11]

Bileşen adı	Kod	Bileşen Tipi	U (W/m <sup>2</sup> K)
Dış Duvar	İZO	İzo tuğla duvar	0,758
	GB	Gaz beton tuğla duvar	0,566
	MNT	Mantolama duvar	0,597
Pencere	Al.Ç12	Alüminyum çerçeve + çift cam 4-12-4 mm	3,700
	Al.Çl12	Alüminyum çerçeve + kaplamalı cam 4-12-4 mm	3,000
	Al.T	Alüminyum çerçeve + tek cam	5,900
	P.Ç12	Plastik çerçeve + çift cam 4-12-4 mm	3,000
	P.Çl12	Plastik çerçeve + kaplamalı cam 4-12-4 mm	2,300
	P.T	Plastik çerçeve + tek cam	5,200
Döşeme	TTD	Toprak temaslı döşeme	0,554
Tavan	KÇ	Kullanılmayan çatı	0,436

**Tablo 2.** İzotuğla Duvarı Oluşturan Malzeme Detayları [11]

	Kalınlık	Isıl İletkenlik Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
Yapı Elemanları	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0.13	
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03	
Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,24	0,22	1,09	
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,00	0,03	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04	
			<b>1,32</b>	<b>0,758</b>

Isı kaybı çizelgesi, mahallerin ısı kaybı listesi ve dizayn bilgileri listesi çıktıları mekanik tesisat hesapları programından alınmıştır [10]. Programda Türkiye'nin şehir ve yörelerine göre TS 2164 standardında dış hava dizayn değerleri kütüphanesi bulunmaktadır. DIN 4703 standardında hesap yapar. Gazbeton üreticileri birliğine ait binalarda ısı yalıtımı yazılım programında da özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yoğunlaşma çizelgeleri ve grafikleri hazırlanıp otomatik raporlar oluşturulabilmektedir [9].

**Tablo 3.** Gaz Beton Tuğla Duvarı Oluşturan Malzeme Detayları [11]

	Kalınlık	Isıl İletkenlik Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
Yapı Elemanları	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03	
TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 altında harç kullanılarak veya özel yapııştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğu ≥ 500 mm) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar	0,20	0,13	1,54	
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,00	0,03	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04	
			<b>1,77</b>	<b>0,566</b>

**Tablo 4.** Mantolama Duvarı Oluşturan Malzeme Detayları [11]

	Kalınlık	Isıl İletkenlik Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
Yapı Elemanları	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03	
Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,32	0,59	
Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥ 16; ısı iletkenlik grubu 035	0,03	0,035	0,86	
Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,008	0,30	0,03	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04	
			<b>1,68</b>	<b>0,597</b>

**Tablo 5.** Toprak Temaslı Döşemeyi Oluşturan Malzeme Detayları [11]

	Kalınlık	Isıl İletkenlik Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
Yapı Elemanları	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17	
Kayın, meşe, dişbudak	0,008	0,20	0,04	
Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04	
Poliüretan sert köpük - TS 2193, TS 10981, TS EN 13165'e uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
Mastik asfalt kaplama $\geq 7$ mm	0,01	0,70	0,01	
Donatılı - Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04	
Kum, kum - çakıl	0,15	2,0	0,08	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0	
			<b>1,80</b>	<b>0,554</b>

**Tablo 6.** Kullanılmayan Çatıyı Oluşturan Malzeme Detayları [11]

	Kalınlık	Isıl İletkenlik Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
Yapı Elemanları	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08	
Donatılı - Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,07	2,5	0,03	
Bims Asmolen	0,25	0,46	0,54	
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,0	0,03	
Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04	
Mastik asfalt kaplama $\geq 7$ mm	0,01	0,70	0,01	
Poliüretan sert köpük - TS 2193, TS 10981, TS EN 13165'e uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
			<b>2,291</b>	<b>0,436</b>

Çalışmada ele alınan binanın kuzey, güney, doğu ve batı cephelerindeki pencere/duvar alanı oranı %30 ve %40 olacak şekilde yukarıda belirtilen programlar ile hesaplama yapılmıştır. Sonuçların alternatif cam tiplerine göre karşılaştırılması için farklı çerçeve ve farklı duvar tipleriyle simülasyon tekrarlanmıştır. Yukarıdaki tabloda kullanılan opak ve saydam bileşenlerin U (ısı geçirgenlik katsayısı) değerleri belirtilmiştir. Her mahalin yönüne göre ısı kaybı hesabı yapılırken kat artırımı zammı ve yön zammı değerleri de göz önünde bulundurularak tüm binanın toplam ısı kaybı değeri hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir. Cam alanları belirlenirken her odanın dış cepheye bakan duvarının alanı hesaplanmıştır ve %30, %40 oranlarında ölçülandırılmıştır. Asmolen döşeme olarak düşünülen binada temiz yükseklik 2,7 m alınmıştır. Hava sızıntılarından kaynaklanan sızıntı (infiltrasyon) hesabı, pencere ve kapıların açılabilen kısımlarından sızma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (fuga infiltrasyonu) ve doğal havalandırma imkanı olmayan tam kapalı mahallerde hava değişimi yoluyla gerçekleşen ısı kaybı olarak iki şekilde hesaplanır. Mahal durumuna göre mekanik tesisat hesapları programı üzerinden seçilir [10]. Binanın tabanı toprak temaslı döşeme, tavanı ise kullanılmayan çatı olarak seçilmiştir. Bu iki tabliye detayı sabit tutulmuştur. Böylece, hesaplarda belirli kısıtlamalar oluşturulmuştur.

Tablo 7’de, %30 pencere/dış duvar oranında 3 çeşit dış duvar ele alınarak bu duvarlarda kullanılan alüminyum ve plastik kasalarla birleştirilmiş 3 farklı cam tipinin hesaplama sonucunda ortaya çıkardığı ısı kaybı değerleri verilmiştir. Gaz beton tuğlada plastik çerçeve ile birleştirilen kaplamalı 4-12-4 mm cam kombinasyonu en düşük ısı kaybı değerini vermiştir.

**Tablo 7.** %30 Pencere/Dış Duvar Toplam Isı Kaybı Değerleri (watt)

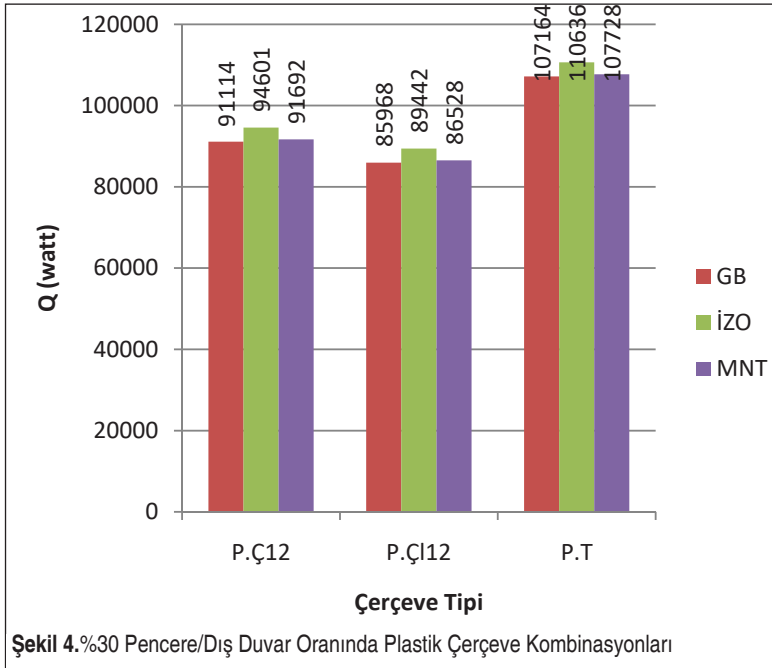
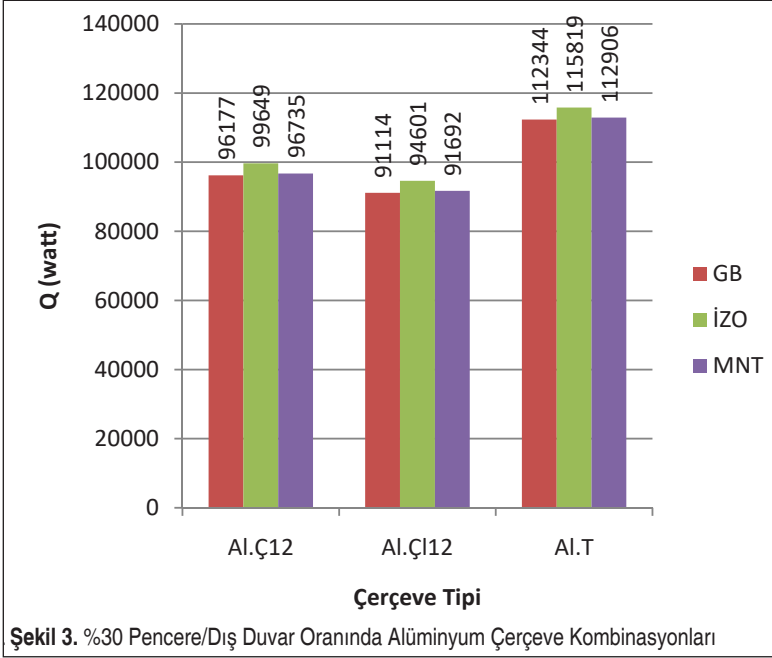
	Al.Ç12	Al.Ç12	Al.T	P.Ç12	P.Ç12	P.T
GB	96177	91114	112344	91114	85968	107164
İZO	99649	94601	115819	94601	89442	110636
MNT	96735	91692	112906	91692	86528	107728

Şekil 3’te, %30 dış duvar/pencere alanı oranında alüminyum çerçeve içerisinde kullanılan cam tiplerinin grafik gösterimi yapılmıştır.

Şekil 4’te, %30 dış duvar/pencere alanı oranında plastik çerçeve içerisinde kullanılan cam tiplerinin grafik gösterimi yapılmıştır.

Şekil 3’te, izo tuğla dış duvar içerisinde alüminyum çerçeve ve tek cam kombinasyonu ile en yüksek ısı kayıp değerinin 115819 watt olduğu görülmektedir. Şekil 4’te, izo tuğla dış duvar içerisinde plastik çerçeve ve tek cam kombinasyonu ile en yüksek ısı kayıp değerinin 110636 watt olduğu görülmektedir.





Tablo 8’de, %40 pencere/dış duvar alanı oranında 3 çeşit dış duvar çeşiti ele alınarak bu duvarlarda kullanılan alüminyum ve plastik çerçevelerle birleştirilmiş 3 farklı cam tipinin hesaplama sonucundaki ısı kaybı değerleri verilmiştir. Gaz beton tuğlada plastik çerçeve ile birleştirilen kaplamalı 4-12-4 mm cam kombinasyonu en düşük ısı kaybı değerini vermiştir.

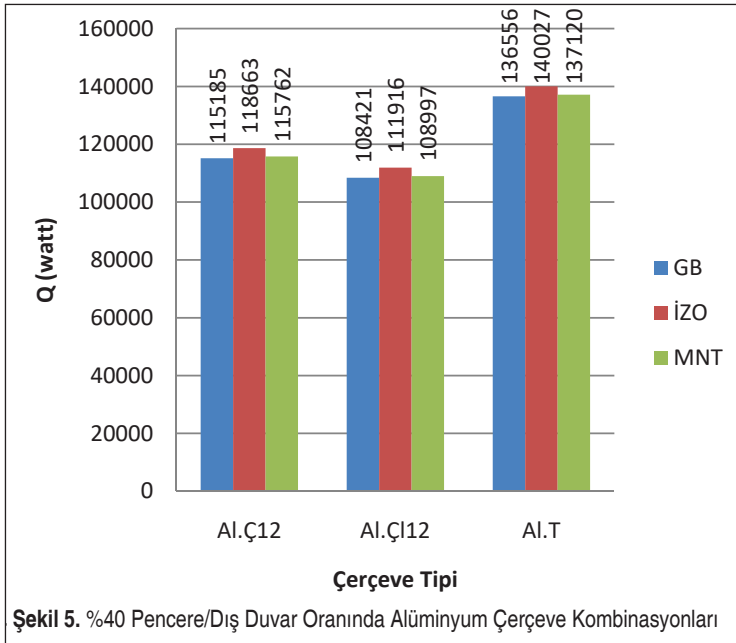
**Tablo 8.** %40 Pencere/Dış Duvar Toplam Isı Kaybı Değerleri (watt)

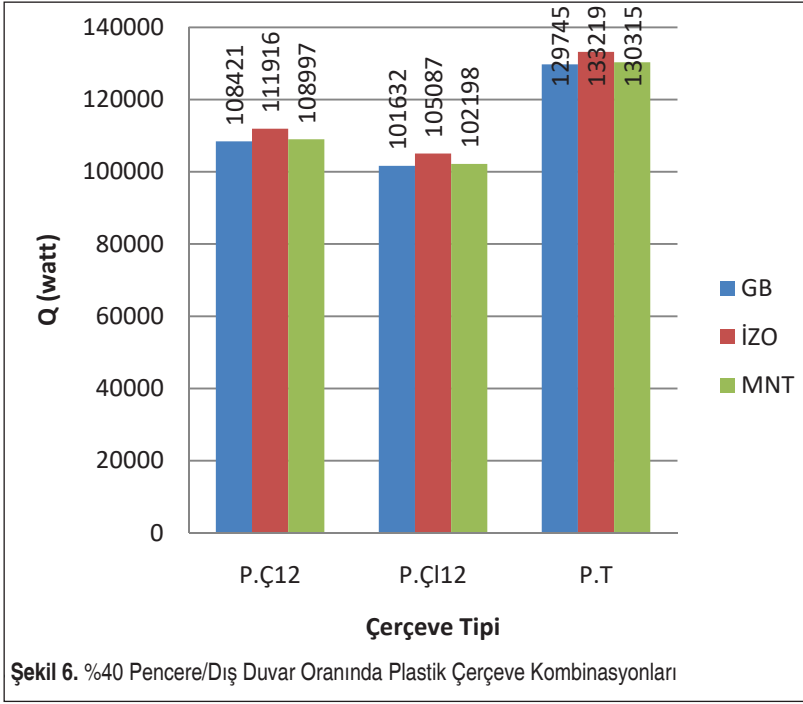
	Al.Ç12	Al.Ç12	Al.T	P.Ç12	P.Ç12	P.T
GB	115185	108421	136556	108421	101632	129745
İZO	118663	111916	140027	111916	105087	133219
MNT	115762	108997	137120	108997	102198	130315

Şekil 5’te, %40 dış duvar/pencere alanı oranında alüminyum çerçeve içerisinde kullanılan cam tiplerinin grafik gösterimi yapılmıştır.

Şekil 6’da, %40 dış duvar/pencere alanı oranında plastik çerçeve içerisinde kullanılan cam tiplerinin grafik gösterimi yapılmıştır.

Şekil 5’te, izo tuğla dış duvar içerisinde alüminyum çerçeve ve tek cam kombinasyonu ile en yüksek ısı kayıp değerinin 140027 watt olduğu görülmektedir. Şekil 6’da, izo





Şekil 6. %40 Pencere/Dış Duvar Oranında Plastik Çerçeve Kombinasyonları

tuğla dış duvar içerisinde alüminyum çerçeve ve tek cam kombinasyonu ile en yüksek ısı kayıp değerinin 133219 watt olduğu görülmektedir.

Her iki pencere/dış duvar alanı oranında da (%30 ve %40) optimum değeri sağlayan sistem gaz beton tuğla duvar içerisinde alüminyum çerçeve ile birleştirilmiş kaplamalı 4-12-4 cam sistemidir. Tablo 7 ve Tablo 8'deki aynı sistemlerin ısı kaybı değerlerinin artış oranları da sırasıyla Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9'da, gaz beton tuğla duvarda alüminyum kasa ile birleştirilen tek cam sistemi pencere/dış duvar alanı oran artırımında (%30'dan %40'a) %22 ile en yüksek ısı kaybı değerini veren sistem olurken, ızo tuğla duvarda plastik çerçeve ile birleştirilen 4-12-4 kaplamalı cam sistemi %17 ile en düşük ısı kaybı değerini veren sistem olmuştur.

Çalışmada elde edeceğimiz bir diğer sonuçta sistem bileşenlerini değiştirmeden sa-

Tablo 9. Toplam Isı Kaybı Değerlerinin %30'dan %40'a Oransal Değişimleri

	Al.Ç12	Al.ÇI12	Al.T	P.Ç12	P.ÇI12	P.T
GB	1,20	1,19	1,22	1,19	1,18	1,21
İZO	1,19	1,18	1,21	1,18	1,17	1,20
MNT	1,20	1,19	1,21	1,19	1,18	1,21

**Tablo 10.** %30 Oranında Isı Kaybı Değerlerinin Birbirine Oranları

	AI.T/AI.Ç12	AI.Ç12/AI.Ç112	AI.T/AI.Ç112	P.T/P.Ç12	P.Ç12/P.Ç112	P.T/P.Ç112
<b>GB</b>	1,168	1,056	1,233	1,176	1,060	1,247
<b>İZO</b>	1,162	1,053	1,224	1,170	1,058	1,237
<b>MNT</b>	1,167	1,055	1,231	1,175	1,060	1,245

**Tablo 11.** %40 Oranında Isı Kaybı Değerlerinin Birbirine Oranları

	AI.T/AI.Ç12	AI.Ç12/AI.Ç112	AI.T/AI.Ç112	P.T/P.Ç12	P.Ç12/P.Ç112	P.T/P.Ç112
<b>GB</b>	1,186	1,062	1,259	1,197	1,067	1,277
<b>İZO</b>	1,180	1,060	1,251	1,190	1,065	1,268
<b>MNT</b>	1,184	1,062	1,258	1,196	1,067	1,275

dece cam tipini değiştirerek ısı kaybı değerlerinin birbirine oranlarıdır. Tablo 10'da, %30 oranındaki ve Tablo 11'de %40 oranındaki sistemlerin kendi içinde cam tiplerinin değişimiyle ortaya çıkan ısı kaybı değerlerinin birbirine oranları verilmiştir.

Her iki oranda da (%30 ve %40) izo tuğla dış duvar ve alüminyum çerçeve kullanıldığında AI.Ç12/AI.Ç112 oranının diğer sonuçlara göre en düşük değer olduğu görülmüştür. Hesaplanan sonuçlara göre bu değer, en düşük ısı transferini veren değerdir.

### 3. TARTIŞMA

Sonuç olarak, seçilen dış duvar, cam ve çerçeve tiplerine göre en optimum değer %30 pencere/dış duvar oranında gerçekleşmiştir. En düşük ısı güç ihtiyacının, gaz beton tuğla duvar ve plastik çerçeve kullanılarak kaplamalı 4-12-4 mm aralığındaki camda gerçekleştiği görülmüştür.

Tüm cephelerdeki cam oranının %30'dan %40'a çıkarılması ile meydana gelen ısı kaybı artış yüzdesi bütün bileşenler (dış duvar, cam, çerçeve) için ortalama %20 değerindedir (Tablo 9).

Piyasa şartlarında izo tuğla duvar ve mantolama duvar imalatına göre gaz beton tuğla duvarın malzeme maliyetinin ve işçiliğinin yüksek olmasına karşın Tablo 9'da belirtildiği üzere, izo tuğla duvar sisteminin ısı kaybı artış oranının minimum seviyede kalması ve Tablo 10, Tablo 11'deki cam tiplerinin birbirine oranlamasında da minimum ısı kaybı artışını izotuğla duvarlı sistemlerin ortaya koyması izotuğla ile bina inşasını tercih edilebilir kılmaktadır.

Tablo 9, 10 ve 11 üzerinden yorum yapılırsa, mantolama duvara ait çıkan değerler izotuğla duvarın üzerinde kalmaktadır. İzo tuğla gibi piyasa değerlerine göre daha uygun



fiyatlı tuğla kullanılarak sadece cam tipinin değişimi ısı kaybı değerini mantolamanın da altına çekmektedir. Burdan hareketle günlük hayatta sürekli karşılaştığımız mantolama yaptırma düşüncesi mevcut binaların dışında yeni inşa edilecek binalar için çok avantajlı görülmemektedir. Mantolamanın yerine gaz beton tuğla duvar kullanmak daha ekonomik görünse de detaylı maliyet analizi yapılmalıdır. Gaz beton tuğlanın uygulama güçlüğü ve kalifiye usta ihtiyacı göz önünde bulundurulmalıdır. Tuğla maliyetleri ile ilgili 2016 yılına ait birim değerler Tablo 12’de verilmiştir.

**Tablo 12.** Piyasa Şartlarında Tuğlalarda 2016 Yılına ait Birim Fiyatlar

Tuğla Çeşitleri	2016 Yılı KDV Dahil Birim Fiyatı	Kaynak No
Gaz beton tuğla 20 cm	6,20 TL	13
İzo tuğla 24 cm	1,88 TL	14
AB sınıfı düşey delikli tuğla 19 cm + 3 cm EPS16	10,50 TL	12
AB sınıfı düşey delikli tuğla 19 cm + 4 cm EPS16	12,00 TL	12
AB sınıfı düşey delikli tuğla 19 cm + 5 cm EPS16	13,50 TL	12

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, binanın özelliklerine bağlı olarak ısı kaybı hesabı ve ısı yalıtım hesabı yapılmıştır. Bina nın farklı yönlerdeki cephelerinde pencere/dış duvar alanı oranı %30 ve %40 olarak hesaplanmıştır. Binaların enerji tüketimi üzerindeki etkinliği belirlenerek mimari tasarım aşamasında veya mevcut binaların enerji yenilenmesinde destek olabilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Elde edilen hesaplamalara göre en uygun simülasyon değeri %30 pencere/dış duvar oranı, gaz beton tuğla duvar, plastik çerçeve ve kaplamalı 4-12-4 mm cam tipi görülmüştür.
- Pencere/Dış duvar alanı oranının artmasıyla tek camdan çift cama geçiş yapılarak değiştirilen simülasyonlarda ısı kayıp değerinin ortalama olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç diğer farklı cam tiplerine göre de benzerlik göstermektedir. U (ısıl geçirgenlik katsayısı) değerlerinin azaltılarak deneme yapıldığı yalıtımlı cam ürünlerinde ısı kaybındaki artış azalarak devam etmiştir.
- Kaplamalı ısıya dayanıklı cam kullanılarak pencere/dış duvar oranının arttırıldığı binalarda ısı kaybı değerinin artışının azaldığı görülmüştür.
- Isı kaybının en fazla olduğu cam yüzeylerinin kaplamalı cam seçilmesi, binaların dış cephesine mantolama yapılmasına karşılık daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

- Mantolama duvar detayında yalıtım kalınlığının artırılması ile de ısı kaybının minimum seviyeye çekilmesi mümkündür; fakat yalıtım maliyeti açısından ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, güncel olarak uygulanan asgari seviyedeki (3cm EPS strafor ilaveli) mantolama detayı üzerinden hareket edilmiştir ve daha önceki maddede belirtilen sonuca varılmıştır.

## KAYNAKÇA

1. TMMOB. 2006. Enerji Raporu, ISBN: 9944-89-172-X, TMMOB Yayını, Ankara.
2. **Koçu, N., Dereli, M.** 2010. “Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı ile Enerji Tasarrufu Sağlanması ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar (Konya Kentinden Örnekler),” 5.Ulusal Çatı Cephe Sempozyumu, 15-16 Nisan 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İzmir.
3. **Sayın, B., Şengül, D., Kaplan, A. S.** 2005. “Isı Yalıtımının Yapılarda Uygulanmasının Gerekliliği ve Yalıtımdaki Uygulamaların Emniyet ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi,” MBGAK 2005: Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 17-19 Kasım 2005, İstanbul, s. 457-466.
4. **İlhan, Y., Aygün, M.** 2005. “Cephe Sistemlerinde Kullanılan Yalıtım Camı Kombinasyonları,” Çatı Cephe Fuarı, 25 -26 Mart 2005, İstanbul.
5. **Kontoleon, K. J., Bikas, D. K.** 2002. “Modeling the Influence of Glazed Openings Percentage and Type of Glazing on the Thermal Zone Behavior,” Energy and Buildings, vol. 34, p. 389-399.
6. **Singh, M. C., Garg, S. N., Jha, R.** 2008. “Different Glazing Systems and Their Impact on Human Thermal Comfort- Indian Scenario,” Building and Environment, vol. 43, p. 1596-602.
7. **Bektaş, B., Aksoy, T. U.** 2005. “Soğuk İklimlerdeki Binalarda Pencere Sistemlerinin Enerji Performansı,” Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, sayı 17 (3), s. 499-508.
8. **Dağsöz, A. K.** 1999. Türkiye’de Yapıların Yalıtımı ve Yalıtım Sanayisinin Durumu, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
9. **TGÜB** (Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği). TS825 Binalarda Isı Yalıtımı Programı.
10. Mekanik Tesisat Hesapları Programı (MTH), Dipro Yazılım, www.antmekanik.com, son erişim tarihi: 08.07.2017.
11. TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı.
12. <http://www.mantolamapaketleri.com/gri-strafor-mantolama-paketi>, son erişim tarihi: 01.07.2017.
13. [http://www.seban.com.tr/eticaret/urun/57/ytong\\_20lik.html](http://www.seban.com.tr/eticaret/urun/57/ytong_20lik.html), son erişim tarihi: 12.07.2017.
14. <http://www.tuncpazarlama.com/s71-tugla-fiyatlari.html>, son erişim tarihi: 08.06.2017.