



## Çift Cidarlı Cepheler Üzerine Bir Araştırma

### A General Evaluation on Double Skin Facades

Tuğba İNAN, Tahsin BASARAN

#### ÖZET

Bu çalışmada, literatürde çift cidarlı cephe sistemleri ile ilgili son on yılda yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve bu sistemlerin vurgulanan olumlu ve olumsuz yönleri tablo ve grafikler yardımıyla irdelenmiştir. Ayrıca çift cidarlı cephe türleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, çift cidarlı cephe sistemleri ile ilgili avantajların en başında %95 oranla bu sistemlerin doğal havalandırmaya imkan sağlaması gelmektedir. Diğer vurgulanan avantajlar ise yüzdelere göre sırasıyla; şeffaflık oranının yüksek olması sayesinde kullanıcı ile çevre arasındaki etkileşimi arttırması, ısı ve ses yalıtımını desteklemesi, ısı iletimi ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürmesi, ısı konforu arttırması ve iki cephe arasındaki boşluğa güneş kırıcı elemanların yerleşimine olanak sağlaması ile bu elemanları dış ortamın olumsuz koşullarından korumasıdır. Öte yandan hemfikir olunan dezavantajların başında %72 oranla iki cephe arasında kalan hava boşluğundaki aşırı ısınma problemi gelmektedir. Diğer vurgulanan önemli dezavantajların ise binaya giren gün ışığı miktarının azalması ile ilgili problemler, yüksek yatırım maliyetleri, ek bakım onarım maliyetleri, yangın ve akustiğe ilişkin problemler olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde bu sistemlerin uygulanabilirliği ve enerji performansına olumlu katkı sağlanabilmesi için aşırı ısınma problemini göz önünde bulunduran mimari tasarım kararlarının alınması gerekmektedir.

#### ABSTRACT

*This study examines the literature of double-skin facade systems over the last decade, and, with the help of tables and graphics, investigates their advantages and disadvantages. Moreover, a detailed comparison is made between double skin facade systems. The results of the study show that the greatest advantage (95%) of double skin facade systems is their provision of natural ventilation. Other advantages are highlighted according to their percentage as follows: An increase in interaction between user and environment because of the high proportion of transparency, support of heat and sound insulation, reduction in heat transmission and solar heat gain coefficient, an increase in thermal comfort, allowance of solar control elements between the two facade spaces, and protection of these elements from external environment conditions. The most commonly accepted disadvantage (72%) is overheating in the air space of the two facades. Other disadvantages are highlighted according to their percentage as follows: Problems related to a decrease in the amount of daylight entering the building, high investment costs, additional maintenance and repair costs, fire, and acoustic problems. In our country, architectural design decisions related to overheating must be taken so as to provide a positive contribution to energy performance and the applicability of these systems.*

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, İzmir.  
Department of Architecture, Izmir Institute of Technology, Izmir, Turkey.

**Başvuru tarihi: 28 Mayıs 2013 (Article arrival date: May 28, 2013) - Kabul tarihi: 26 Şubat 2014 (Accepted for publication: February 26, 2014)**

**İletişim (Correspondence):** Tuğba İNAN. **e-posta (e-mail):** tugbainan85@gmail.com

© 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2014 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

XI. yüzyılın başlarında kendini iyice gösteren, sera gazı etkisinin neden olduğu küresel ısınma ve iklimsel değişikliklerle ilgili problemler, enerjinin verimli kullanılmasının gerekliliğini gözler önüne sermiştir. İklim değişiklikleri birçok sektörü etkilediği gibi inşaat sektörünü de ciddi derecede etkilemektedir. Bina endüstrisi enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Türkiye’de yaklaşık olarak toplam enerjinin %20’si ulaşım, %43’ü endüstri ve %37’si binalarda kullanılmaktadır.<sup>[1]</sup>

Dünya üzerinde giderek artmakta olan enerji ihtiyacına rağmen tüketilebilir enerji kaynaklarının yeryüzünde hızla azalması, tasarımcıları enerji tüketiminde büyük öneme sahip olan bina sektöründe birtakım yeni “çevre dostu”, “enerji etkin”, “ekolojik”, “sürdürülebilir” olarak adlandırılan bina tasarımlarına yönlendirmektedir.<sup>[2]</sup> Binalardaki cephe sistemleri, enerji tüketiminde oldukça yüksek bir yüzdeye sahiptir. Yapının cephe sistemi, dış çevrenin iklim koşullarına karşı bina içinde uygun fiziki ortam koşullarının sağlanmasında aktif rol oynar. Bu nedenle enerji etkin cephe sistemlerinin tasarımı oldukça önemlidir. Bu doğrultuda enerji kayıplarını an azı indirmeyi ve kullanılan enerjiden en üst düzeyde faydalanmayı hedefleyen yeni yapı kabuğu sistem arayışı üzerine yapılan araştırmalar giderek önem kazanmıştır. Bu bina kabuklarının, başka bir deyişle cephe sistemlerinin yeni bir örneği de özellikle Amerika ve Kuzey Avrupa’da geniş uygulama alanı bulan çift cidarlı cephe sistemleridir. Bu sistemler birbirinden 20 ile 200 cm arasında değişen bir hava boşluğu ile ayrılan, genellikle tümüyle camdan oluşan iki yapı kabuğundan oluşan cephe sistemleridir. İki yapı kabuğu arasında bulunan hava boşluğu tampon bir role sahiptir. Bu sayede çift cidarlı cephe sistemleri, iklimsel değişikliklere karşı binanın iç ve dış ortam koşullarında dengeyi sağlayarak, enerji kullanımını azaltma iddiasında olabilmektedir.<sup>[3]</sup>

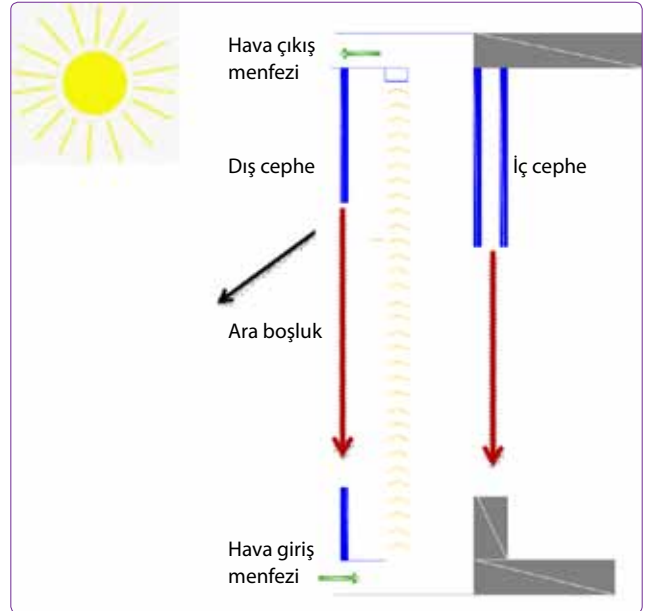
Gerek yapı kabuklarının enerji tüketimindeki önemli rolü, gerekse çift cidarlı cephe sistemlerinin değişen iklim koşullarına karşı adaptasyon sağlayarak enerji performansına olumlu katkı sağlama iddiası, küresel ölçekte yaygın olarak araştırılan ve uygulanan çift cidarlı cephe sistemlerinin ülkemiz koşulları için de araştırılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada bu amaç doğrultusunda, binanın enerji performansını arttırdığı birçok çalışma tarafından belirtilen, küresel ölçekte yaygın olarak araştırılan ve uygulanan çift cidarlı cephe sistemlerinin genel çalışma mekanizması incelenerek; literatürde son on yılda yapılmış olan çalışmalar doğrultusunda, bu sistemlerin avantaj ve dezavantajları tablo ve grafikler yardımıyla vurgulanacaktır. Çift

cidarlı cephe türleri de doğal havalandırma, akustik, yalıtım, ısı yalıtım, yangın korunumu ve şeffaflık gibi temel fiziksel özellikleri bakımından sorgulanacaktır.

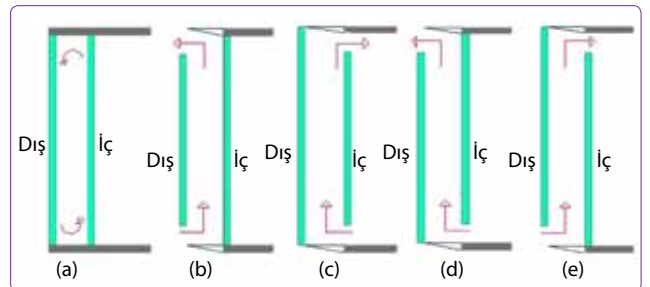
### Çift Cidarlı Cephe Sistemleri

Çift cidarlı cephe sistemleri, literatürde “çift cidarlı cepheler”, “çift cam cepheler”, “aktif cepheler”, “enerji etkin cepheler”, “havalandırılmış çift cidarlı cepheler”, “havalandırılmalı cepheler”, vb. çeşitli isimlerle adlandırılmaktadır. Çift cidarlı cephe sistemleri, binanın birincil yani ana cephesinin önüne ikincil bir cam cephenin entegre edilmesi ile oluşur. Genellikle dış cephe tek bir saydam camdan oluşurken, iç cephe kısmen veya tamamen çift camdır ve bu cam çoğunlukla low-e veya güneş kontrollü camlardan oluşur (Şekil 1).

Güneş ışınlarının çok fazla ve dik geldiği zaman aralığında, özellikle yaz döneminde aşırı ısınmayı önlemek için bu iki cephe arasında kalan boşluktaki havalandırmanın çok iyi yapılması gerekmektedir. Çift cidarlı cephede binanın dış ve iç ortamı arasında tampon rol



Şekil 1. Çift cidarlı cephe sistemi.



Şekil 2. Çift cidarlı cephelerde hava akış modları.

**Tablo 1.** Çift cidarlı cephe sınıfları

Kat yüksekliği boyunca	Bina yüksekliği boyunca
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kutu pencereler</li> <li>• Şaft-kutu cepheler</li> <li>• Koridor cepheler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çok katlı ÇCC</li> <li>• Çok katlı panjurlu ÇCC</li> </ul>

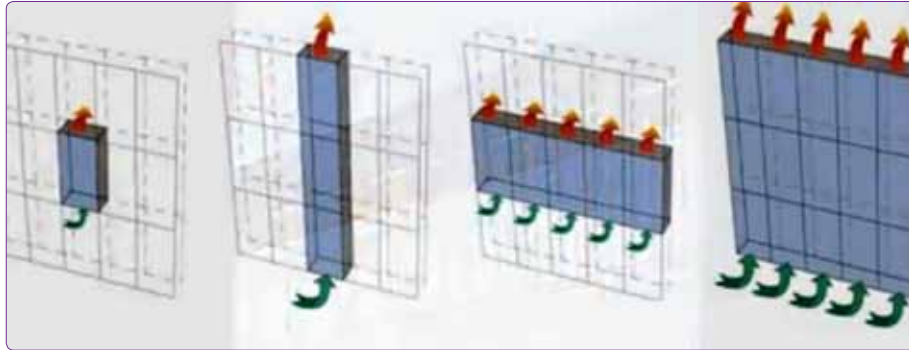
oynayan, iki yapı kabuğu arasında kalan bu boşlukta farklı akış modları uygulanabilmektedir. Yaz ve kış dönemlerinde enerji performansını arttırmak için farklı akış modları kullanılabilir. Bu hava boşluğunda yaygın olarak kullanılan akış modları Şekil 2’de gösterilmiştir. Akış modlarından tampon bölge ve iç hava perdesi özellikle kışın kullanılırken, dış hava perdesi ise yazın tercih edilen bir hava akış modudur.

Çift cidarlı cephelerde yapı kabukları birbirinden boyları 20cm ile 2 m arasında değişen, binanın içi ile dış ortam arasında tampon rol oynayan hava kanalı olarak adlandırabileceğimiz bir boşluk ile ayrılır. Bu boşluk literatürde “hava koridoru” ve hava kanalı gibi isimlerle

anılmaktadır. Bu hava boşluğu bina yüksekliği boyunca devam edebileceği gibi kat yüksekliği boyunca da devam edebilir. Kat yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cepheleri, kutu pencereler, şaft-kutu cepheler ve koridor cepheler olarak üç ana başlıkta toplarken; bina yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cepheleri; çok katlı çift cidarlı cepheler ve çok katlı panjurlu çift cidarlı cepheler olarak iki ana başlıkta toplamak mümkündür (Tablo 1). Bu farklı türdeki çift cidarlı cephe (ÇCC) sistemleri Şekil 3’te gösterilmiştir.

Kutu pencereler her kat düzeyinde yatay elemanlarla ve her pencerede düşey elemanlara bölmelere ayrılmaktadır. Yani iç ve dış cidar arasında bırakılan boşluk her bir pencere modülünde devam eder. Londra’da bulunan Watling Konutunda kutu pencere sistemini görmek mümkündür (Şekil 4). Bina 7 katlıdır ve her bir pencere modülünde ara hava boşluğu bırakılarak kutu pencere türündeki çift cidarlı cephe sistemi uygulanmıştır. Kutu pencerelerde dış cephedeki her bir pencere modülünde, doğal havalandırmaya olanak sağlayan hava giriş ve çıkış menfezleri bulunabilmektedir.

Şaft kutu pencere sistemi kutu pencere türündeki

**Şekil 3.** Çift cidarlı cephe türleri.<sup>[4]</sup>**Şekil 4.** Kutu pencere, Watling Konutu.<sup>[5]</sup>





Şekil 5. Şaft- kutu pencere, ARAG 2000 kulesi.<sup>[6]</sup>

çift cıdarlı cephe sistemi ile benzerlik gösterir. Cepheye yerleştirilmiş bir dizi pencere modülünden oluşur. Kutu pencere sisteminden farklı olarak cephe boyunca devam eden ve her kat seviyesinde kutu pencerelere bağlanan şaft sisteminden oluşur. Temiz hava, dış cam cephenin alt yüzeyindeki menfezden içeri alınır ve ısınarak yükseldikten sonra kutu pencerelerin üst seviyesindeki açıklıklardan şaftta aktarılır ve şaftta yükselerek binadan dışarı atılır. Almanya'nın Düsseldorf şehrinde

inşa edilmiş olan ARAG 2000 kulesi şaft-kutu pencere sistemine örnek olarak verilebilir (Şekil 5). 33 katlı ve toplam 120 metre yüksekliğinde olan bina şaft-kutu pencere türünde tasarlanmıştır ve cıdarlar arasında kalan hava boşluğu 70 cm derinliğindedir. Binada doğal havalandırma yılın %50-60'lık bir zaman diliminde mümkün olabilmektedir. Aşırı sıcak ve soğuk hava koşullarında mekanik havalandırmadan destek alınmaktadır. Her kutu pencerenin 15 cm yüksekliğinde kapatılabilir kapağa sahip hava giriş açıklığı bulunmaktadır. Her üç açıklıkta bir şaft bulunmaktadır. Hava giriş açıklıklarından alınan hava, üst açıklıklardan şaftta aktarılır, şaftta giren ısınan hava yükselerek şaft aracılığı ile binadan tahliye edilmektedir.<sup>[6]</sup>

Koridor türündeki çift cıdarlı cepheler, her kat düzeyinde yatay elemanlarla ayrılarak koridorlar oluşturulur. Her katın hava boşluğu birbirinden ayrılmıştır. Dış cephede, her katın kendi alt seviyesinde bulunan açıklığından çift cıdar arasındaki koridora alınan hava, yine her katın kendi üst seviyesinde bulunan açıklığından dışarı tahliye edilmektedir. Almanya'nın Düsseldorf şehrinde inşa edilmiş olan Düsseldorf Stadttor binası koridor türündeki çift cıdarlı cephe sistemine örnek olarak verilebilir (Şekil 6). Ofis binası olarak kullanılan bina, merkezinde bir atriumu barındıran 16 katlı iki eşkenar dörtgen cam kule ve 3 kat çatı katı olan, 56 metre yüksekliğinde bir binadır. Binada 90 ve 140 cm derinliğinde 20 metre uzunluğunda kat boyunca devam eden koridorlar bulunmaktadır. İç cephe kabuğu ahşap çerçeveli low-e çift camdan oluşurken, dış cephe 12 mm kalınlıkta sabit güvenli camdan oluşmaktadır.

Çok katlı çift cıdarlı cephelerde hava kanalı yatay ve dikey bölücü elemanlarla bölümlendirilmemiştir. Hava boşluğu bina yüksekliği boyunca tek bir hava kanalı olarak devam eder. Tüm bina yüksekliği boyunca, dış cam cephe yüzeyinde tek bir hava giriş menfezi ve tek



Şekil 6. Koridor cephe.<sup>[6]</sup>

bir hava çıkış menfezi bulunmaktadır. Kat hizalarında temizlik, bakım onarım gibi gereksinimleri gidermek için havalandırmaya engel olmayan yürüyüş yolları bulunmaktadır. Londra'da bulunan 51 katlı 180 m yüksekliğinde olan Beetham kulesi, çok katlı çift cidarlı cephe sistemine örnek olarak verilebilir (Şekil 7).

Çok katlı panjurlu çift cidarlı cephelerde, dış cephede cam giydirme cephe yerine hareketli panjurlar bulunmaktadır. Bu cephelerde güneş ışınlarının çok olduğu durumlarda panjurlar kapalı duruma getirilebilmekte veya dış çevre ile kontağı sağlamak için açılabilir. Almanya'nın Berlin şehrinde inşa edilmiş olan GSW



Şekil 7. Çok katlı çift cidarlı cephe.<sup>[5]</sup>



Şekil 8. Çok katlı çift cidarlı panjurlu cephe.<sup>[7]</sup>

binası, bina yüksekliği boyunca devam eden ve yürüme yolları barındıran çok katlı çift cidarlı panjurlu cephe türündedir. İki cephe arasında kalan boşluk 0.9 metre derinliğindedir. Çift cidarlı cephe batı cephesinde tasarlanmıştır. Temel olarak doğal havalandırma kullanılmaktadır. Ancak sıcaklığın ve soğüğün zirvede olduğu yaz ve kış zaman dilimlerinde mekanik havalandırma da yararlanılmaktadır. Yılın %70'lik periyodunda doğal havalandırmadan yararlanmak mümkündür.<sup>[6]</sup>

### Çift Cidarlı Cephe Çalışmaları

Çift cidarlı cephe sistemleri ile ilgili birçok araştırmacı tarafından çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu sistemlerin enerji performansları irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda da bu sistemlerin olumlu ve olumsuz yönleri hakkında birçok bulgu elde edilmiştir.

### Çift cidarlı cephelerin avantajları

Çalışmada son on yılda literatürde yapılmış olan

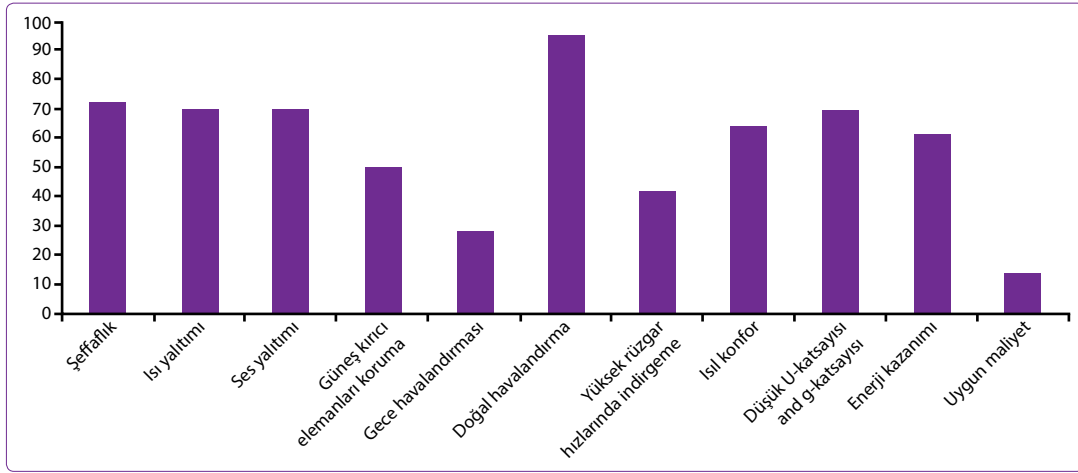
**Tablo 2.** Çift cidarlı cephelerin avantajları (2001-2008)

Avantajlar	Oesterle vd., (2001) <sup>[8]</sup>	Li, (2001) <sup>[9]</sup>	Hendriksen vd., (2002) <sup>[10]</sup>	Zöllner vd., (2002) <sup>[11]</sup>	Saelens vd., (2003) <sup>[12]</sup>	Jager vd., (2003) <sup>[13]</sup>	Loncour vd., (2005) <sup>[14]</sup>	Yılmaz ve Çetintaş, (2005) <sup>[15]</sup>	Safer, vd., (2005) <sup>[16]</sup>	Ding vd., (2005) <sup>[17]</sup>	Faggembau (2006) <sup>[18]</sup>	Poizaris (2006) <sup>[19]</sup>	Bestfacade (WPS), (2007) <sup>[20]</sup>	Gratia and Herde, (2007) <sup>[21]</sup>	Haase vd., (2007) <sup>[22]</sup>	Asdrubali ve Baldinelli, (2007) <sup>[23]</sup>	Gavan vd., <sup>[24]</sup>	HÇseggen vd., (2008) <sup>[25]</sup>
Şeffaflık	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Isı yalıtımı	√	√	√	-	√	-	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√
Ses yalıtımı	√	√	√	-	-	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	-
Güneş kırıcı elemanları koruma	√	-	√	-	√	√	-	-	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√
Gece havalandırması	√	-	√	-	-	-	√	-	-	-	√	√	√	√	-	√	-	-
Doğal havalandırma	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüksek rüzgar hızlarında indirgem	√	-	√	√	-	√	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	-	√
Isıl konfor	√	√	√	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√
Düşük U-katsayısı ahd g-katsayısı	-	-	√	√	√	-	√	√	-	-	√	√	√	√	√	√	-	√
Enerji kazanımı	-	√	√	-	√	-	√	-	√	-	-	√	√	√	√	√	√	-
Uygun maliyet	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-

**Tablo 3.** Çift cidarlı cephelerin avantajları (2009-2012)

Avantajlar	Haase vd., (2009) <sup>[26]</sup>	Tanaka vd., (2009) <sup>[27]</sup>	Chou vd., (2009) <sup>[28]</sup>	Chan vd., (2009) <sup>[29]</sup>	Guardo vd., (2009) <sup>[30]</sup>	Haase ve Amato, (2009) <sup>[31]</sup>	Gavan vd., (2010) <sup>[32]</sup>	Serra vd., (2010) <sup>[33]</sup>	Zhou ve Chen, (2010) <sup>[34]</sup>	Azərbayani ve Anderson <sup>[35]</sup>	Jiru vd., (2011) <sup>[36]</sup>	Annex 44, (2011) <sup>[37]</sup>	Mingotti vd., (2011) <sup>[38]</sup>	Zang ve Altan, (2011) <sup>[39]</sup>	Shameri vd., (2011) <sup>[40]</sup>	He vd., (2012) <sup>[41]</sup>	Chow., (2012) <sup>[42]</sup>	Zhou ve Xue, (2012) <sup>[43]</sup>
Şeffaflık	√	-	-	-	√	-	-	√	√	√	-	√	-	√	√	-	√	√
Isı yalıtımı	√	-	-	√	√	-	√	-	√	-	√	√	√	√	√	√	-	-
Ses yalıtımı	√	-	-	√	√	-	√	-	√	-	√	√	√	√	√	-	√	√
Güneş kırıcı elemanları koruma	√	-	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-
Gece havalandırması	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	√	-	-
Doğal havalandırma	√	√	-	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüksek rüzgar hızlarında indirgem	-	-	-	-	√	-	-	√	-	√	-	√	-	-	-	-	-	√
Isıl konfor	√	-	-	-	√	-	-	√	√	√	-	√	√	√	√	√	-	√
Düşük U-katsayısı ahd g-katsayısı	√	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√	√	-	√	-	√	-
Enerji kazanımı	√	-	√	√	-	√	-	√	-	√	√	√	√	-	√	-	-	√
Uygun maliyet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	√	-	-	-





Şekil 9. Çift cidarlı cephelerin avantaj yüzdeleri.

araştırmalar doğrultusunda, çift cidarlı cephe sistemlerinin avantajları Tablo 2 ile 3’de ve Şekil 9’da kapsamlı bir şekilde aktarılmıştır.

Yapılan literatür çalışmasının sonucunda çift cidarlı cephe sistemlerinin en çok vurgulanan başlıca avantajları sırasıyla; doğal havalandırmaya imkan sağlaması, şeffaflık oranı yüksek olan cephe sayesinde bina ile çevre etkileşiminin artmasına olanak sağlaması, yapının ısı yalıtımını desteklemesi, aşırı gürültülü bölgelerde ses yalıtımına katkı sağlaması, ısı iletim katsayısı ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürmesi, iç mekanın ısıl konforunu arttırması, enerji tasarrufu sağlaması, güneş kırıcı elemanların hava kanalında tasarlanmasına olanak sağlayarak, güneş kırıcı elemanları rüzgar ve olumsuz hava koşullarından koruması, yapıyı yüksek rüzgar hızlarından ve hava koşullarına karşı koruma sağlaması,

ve gece havalandırması yaparak yazın gün içerisinde yapı kütlelerinin depoladığı ısı enerjisinin azaltılmasını sağlaması olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9).

#### Çift cidarlı cephelerin dezavantajları

Çift cidarlı cephe sistemlerinin dezavantajlarının bilincinde olmak enerji performansının etkinliği bakımından büyük öneme sahiptir. Bu dezavantajlardan haberdar olmak mimari tasarım evresinde bu sistemleri etkileyen tasarım parametrelerinin algılanmasını ve problem odaklı çözümlerin üretilmesini kolaylaştıracaktır. Son on yılda literatürde yapılmış olan araştırmalar doğrultusunda, çift cidarlı cephe sistemlerinin dezavantajları Tablo 4 ile 5’de ve Şekil 10’da kapsamlı bir şekilde aktarılmıştır.

Son on yılda yapılmış olan çalışmaların incelenmesi

Tablo 4. Çift cidarlı cephelerin dezavantajları (2001-2008)

Dezavantajlar	Oesterle vd., (2001) <sup>[5]</sup>	Li, (2001) <sup>[6]</sup>	Hendriksen vd., (2002) <sup>[7]</sup>	Zöllner vd., (2002) <sup>[8]</sup>	Saelens vd., (2003) <sup>[9]</sup>	Jager (2003) <sup>[10]</sup>	Loncour vd., (2005) <sup>[11]</sup>	Yılmaz ve Çetintaş., (2005) <sup>[12]</sup>	Safer, vd., (2005) <sup>[13]</sup>	Ding vd., (2005) <sup>[14]</sup>	Faggembau (2006) <sup>[15]</sup>	Poizaris (2006) <sup>[16]</sup>	Bestfacade (WP5), 2007 <sup>[17]</sup>	Gratia and Herde, (2007) <sup>[18]</sup>	Haase vd., (2007) <sup>[19]</sup>	Asdrubali ve Baldinelli. <sup>[20]</sup>	Gavan vd. <sup>[21]</sup>	Hçseggen vd., (2008) <sup>[22]</sup>
Aşırı ısınma problemleri	√	-	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√
Güneşiği problemleri	√	-	√	-	-	-	√	-	-	-	-	√	√	√	-	-	√	√
Ses yalıtımı problemleri	√	√	√	-	-	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-
Yüksek yapı maliyetleri	√	-	-	-	-	√	-	-	-	-	√	√	√	√	-	-	√	√
Ek bakım onarım maliyetleri	√	-	-	-	-	√	-	-	-	-	√	√	√	-	-	√	-	√
Yangın problemleri	√	-	√	-	-	√	√	-	-	-	-	√	√	-	-	√	-	-
Kullanıcı mekanının azalması	√	-	-	-	-	√	-	-	-	-	√	√	√	-	√	√	-	-
Hava kanalındaki akış hızında artış	-	-	√	-	-	-	√	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-
Binanın ağırlığında artış	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-

**Tablo 5.** Çift cidarlı cephelerin dezavantajları (2009-2012)

Dezavantajlar	Haase vd., (2009) <sup>[23]</sup>	Tanaka vd., (2009) <sup>[24]</sup>	Chou vd., (2009) <sup>[25]</sup>	Chan vd., (2009) <sup>[26]</sup>	Guardo vd., (2009) <sup>[27]</sup>	Haase ve Amato, (2009) <sup>[28]</sup>	Gavan vd., (2010) <sup>[29]</sup>	Serra vd., (2010) <sup>[30]</sup>	Zhou ve Chen, (2010) <sup>[31]</sup>	Azarbayjani ve Anderson <sup>[32]</sup>	Jiru vd., (2011) <sup>[33]</sup>	Annex 44, (2011) <sup>[34]</sup>	Mingotti vd., (2011) <sup>[35]</sup>	Zang ve Altan, (2011) <sup>[36]</sup>	Shameri vd., (2011) <sup>[37]</sup>	He vd., (2012) <sup>[38]</sup>	Chow.,(2012) <sup>[39]</sup>	Zhou ve Xue, (2012) <sup>[40]</sup>
Aşırı ısınma problemleri	√	√	-	√	√	-	√	√	√	-	√	√	√	-	√	-	√	-
Güneş ışığı problemleri	√	-	-	-	-	√	-	√	-	-	√	-	√	-	√	√	√	-
Ses yalıtımı problemleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	√	-	-	-	-
Yüksek yapı maliyetleri	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	√	-	-	√	-	-	-
Ek bakım onarım maliyetleri	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
Yangın problemleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	√	-	√	-
Kullanıcı mekanının azalması	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-
Hava kanalındaki akış hızında artış	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	√	√	-	-	-	-	-
Binanın ağırlığında artış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

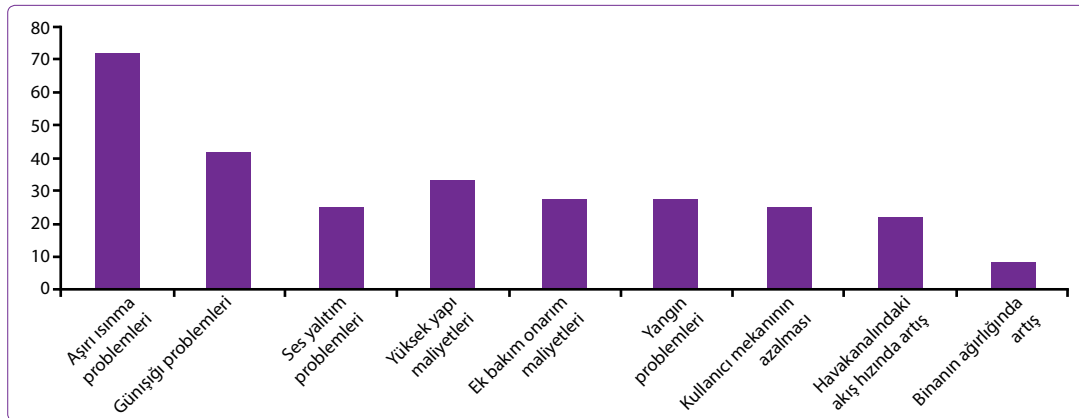
sonunda çift cidarlı cephe sistemlerinin en çok vurgulanan başlıca dezavantajları sırasıyla; çift cidarlı cephe arasındaki hava kanalında aşırı ısınma problemlerinin oluşabilmesi, yapının dış cam cephelerinden geçip binaya giren gün ışığı miktarını azaltması, yüksek yatırım maliyetlerinin olması, yapıda ekstra bakım, onarım, işletme ve temizlik maliyetlerine neden olması, yangın dayanımı bakımından olumsuzluklar oluşturabilmesi, akustik sorunlara neden olabilmesi, kullanıcı mekanını azaltması olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10).

#### Çift cidarlı cephe türlerinin değerlendirilmesi

Çalışmada çift cidarlı cepheler, kat yüksekliği boyunca ve bina yüksekliği boyunca devam eden cepheler olarak iki ana başlıkta toplanmıştır. Kat yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cepheler kutu pencereler, şaft-kutu cepheler, koridor cepheler olarak üç ana başlıkta toplanırken, bina yüksekliği boyunca devam

eden çift cidarlı cepheler; çok katlı çift cidarlı cepheler ve çok katlı panjurlu çift cidarlı cepheler olarak iki ana başlıkta toplanmıştır. Bu bölümde farklı çift cidarlı cephe türleri; doğal havalandırma performansı, akustik yalıtım, ısı yalıtım, yangın korunumu ve şeffaflık bakımından kapsamlı irdelenmiştir.

Yapılan analiz sonucunda; bu sistemlerin baz alınan değerlendirme ölçütleri bakımından olumlu ve olumsuz yanlarının olduğu görülmüştür. Tüm çift cidarlı cephe türleri doğal havalandırmaya olanak sağlarken, doğru tasarlanmayan hava akış modunun kanalda aşırı ısınma problemlerine neden olabileceği aşikardır. Kutu ve şaft-kutu pencereler akustik yalıtım bakımından olumlu davranış sergilerken; koridor cephelerde aynı katta mekanlar arası gürültü kirliliği oluşmaktadır. Bina yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cepheler dış ortamın gürültüsüne karşı yapıyı gürültüden yalıtırken,

**Şekil 10.** Çift cidarlı cephelerin dezavantaj yüzdeleri.



**Tablo 6.** Çift cidarlı cephe türlerinin analizi

ÇCC türleri	Kutu pencereler	Şaft kutu cepheler	Koridor cepheler	Çok katlı çift cidarlı cepheler
Doğal havalandırma	√	√	√	√
	Cephe modülü tek katla sınırlandırılmış pencerelerden oluşur. Herbir pencerenin kendi hava giriş ve çıkış menfezi aracılığı ile doğal havalandırma yapılır.	Her kat seviyesinde kutu pencerelere bağlanan şafttan oluşur. Kutu pencereden farkı; her bir pencere modülünde alınan hava, hava çıkış menfezinden şafta aktarılarak, şaftta yükselerek binadan atılır. Baca etkisi ile oluşabilecek problemlerden dolayı şaft içindeki hava akışının kontrolü önemlidir.	Hava boşluğu her kat düzeyinde yatay elemanlarla ayrılmıştır. Her katın kendi hava giriş ve çıkış menfezleri bulunmaktadır. Bu cephelerde herhangi bir kattan tahliye edilen havanın, üst katın menfezinden içeri alınmasına dikkat edilmelidir. Menfezlerin diyagonal tasarımları bir çözüm olabilir.	Bina yüksekliği boyunca dış cam cephe yüzeyinde tek bir hava giriş ve hava çıkış menfezi bulunmaktadır.
Akustik yalıtım	√	√	√/-	√/-
	Dış ortamın fiziksel koşullarından kaynaklı gürültüyü önler. Ayrıca bitişik mekanlar arasındake ses yalıtımını sağlamada da etkindir.	Bu cephenin az katlı yapılarda ve gürültünün çok olduğu alanlarda kullanımı avantajlıdır.	Aynı katta yanyana dizilmiş olan odalar arasında ses yalıtım problemleri oluşabilmektedir.	Yapıyı dış ortamdan kaynaklı gürültüden yalıtırken, bina yüksekliği boyunca yekpare devam eden hava boşluğu binanın katları arasında gürültü kirliliği yaratabilir.
Isıl yalıtım	√	√	√	√
	Çift cidarlı cephe hava kanalında yapılan havalandırma ile yazın güneş ısı kazanımları azaltılabilmekte; kışın ise binaya entegre edilmiş bu ikincil cephenin ısı iletim direncini düşürmesi ile binanın ısı yalıtımına katkı sağlanabilmektedir. Ayrıca çift cidarlı cephe boşluğunda veya dışında kullanılan güneş kırıcı elemanlar ısı yalıtıma katkı sağlamaktadır. Fakat yazın güneş ışınımının etkisi ile bu elemanlarda oluşabilecek aşırı ısınmanın iç mekan ısı konforu önlemesine engel olunmalı özellikle güneş kırıcı elemanın kanal içinde konumlandırıldığı çift cidarlı cephelerde elemanlar üzerindeki güneş kazanımı doğru hava akış modu ile tahliye edilmelidir. Çift cidarlı cephe sisteminin, cepheleri arasında kalan boşluktaki hava akış modlarından tampon bölge ve iç hava perdesi akış modları özellikle kışın kullanılırken, dış hava perdesi yazın tercih edilen bir hava akış modudur. Bu akış modları ile hava boşluğunda yazın aşırı ısınma problemi ya da kışın dış ortamdaki olumsuz soğuk hava koşulları giderilerek kullanıcının mekan içindeki termal konforu artırılabilir. Dış ortamla çift cidarlı cephe hava boşluğu arasındaki sıcaklık farkı sistemin çalışması için önemlidir. Özellikle sıcak iklim bölgesindeki yerlerde güneş kazanımları kontrol altında tutulmalıdır. Çift cidarın iç cephesindeki yüzey sıcaklığı ile iç mekan sıcaklığı kullanıcı konforunu sağlayacak şekilde birbirine yakın değerlerde tutulmalıdır.			
Yangın korunumu	√	√	√/-	-
	Düşük risk faktörü taşır. Katlar ve katlardaki mekanlar birbirinden bağımsızdır.	Düşük risk faktörü taşır. Katlar havalandırma şaftıyla sadece birbirine bağlıdır.	Orta risk faktörü taşır. Her kat koridorunda birbirine bağlı olan mekanlar yangın riskini artırır.	Yüksek risk faktörü taşır. Hava boşluğu bina yüksekliği boyunca devam ettiği için olası bir yangında binanın tüm katları etkilenebilir.
Şeffaflık	√	√	√	√
	Bina cephesindeki şeffaflık oranının yüksek olması mimaride hep istenen bir tasarım ögesidir. Çift cidarlı cephe türleri de cephede sağladığı geniş cam oranı ile kullanıcı ile dış mekan arasındaki etkileşimi desteklemiştir. Şeffaflık oranının yüksek olması aydınlık düzeyini artırırken öte yandan kamaşma problemleri yaratabilmektedir.			

binanın katları arasında oluşabilecek gürültü kirlilikleri kullanıcı konforunu tehdit edebilmektedir. Yangın konusunda da bu cephe türü en olumsuz davranış sergilemekte, yüksek yangın risk faktörü taşımaktadır. Herhangi bir katta çıkan yangın, tüm yapıya ulaşabilme potansiyeline sahiptir (Tablo 6).

## Sonuçlar

Dünya üzerinde yaygın bir araştırma ve uygulama alanı bulan, enerji etkin bir çözüm olma iddiasında olan çift cidarlı cephe sistemleri, ülkemiz için henüz derinlemesine araştırılmamış yeni bir konudur. Bu sistemler sadece soğuk iklimlerde değil sıcak iklime sahip bölgelerde de yani her iklim koşulunda kullanılabilir. Önemli olan bu sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını özümsemek, bu sistemlerin farklı türlerini ve çalışma mekanizmasını kavrayarak bu doğrultuda problem odaklı çözümler üretebilmektir. Yapılan çalışma sonucunda araştırmacıların %95 gibi büyük bir yüzdeyle hemfikir olduğu en büyük avantaj, bu sistemlerin doğal havalandırmaya olanak sağlaması olmuştur. Diğer önemli avantajları ise yüzde sıralarına göre, şeffaflık oranının yüksek olması sayesinde kullanıcı ile çevre arasındaki etkileşimi arttırması, ısı ve ses yalıtımını desteklemesi, ısı iletimi ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürmesi, ısı konforu arttırması ve iki cephe arasındaki boşluğa güneş kırıcı elemanların yerleşimine olanak sağlaması ile bu elemanları dış ortamın olumsuz koşullarından korumasıdır. Bu sistemlerin en çok vurgulanan dezavantajlarının başında %72 oranla hava kanalındaki aşırı ısınma problemleri gelmektedir. Bu sorun tasarım aşamasında dikkate alınması gereken önemli bir dezavantajdır. Diğer başlıca dezavantajlar günışığı problemleri, yüksek ilk yatırım maliyetleri, yapıda oluşan ekstra bakım, onarım maliyetleri, ses yalıtım maliyetleridir. Şeffaflık oranının fazla olması ile kullanıcı ile dış ortam arasında etkileşimi arttıran bu sistemler özellikle yangın ve aşırı ısınma problemleri bakımından dikkatle ele alınmalıdır.

## Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı tarafından 112M170 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir. Vermiş oldukları destekten ötürü çok teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

1. Yılmaz, Z. (2006) Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 91, s.7-15.
2. İnan, T ve Başaran, T. (2012) "Enerji Etkin Çift Cam Cephe Sistemlerinin İncelenmesi", III. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, UGHEK, 14-15 Haziran, 2012.

3. Widdington, M. and Harris J. (2002) Intelligent Skins, Reed Educational and Professional Publishing.
4. Vaglio, J., Double Skin Facades, (2012) www.jeffvaglio.com.
5. Tascon, M.H. (2008) "Experimental and Computational Evaluation of Thermal Performance and Overheating in Double Skin Facades", Phd Thesis. University of Nottingham
6. Poirazis, H. (2004) "Double Skin Facades for Office Buildings", Report No EBD-R--04/3, Printed by KFS AB, Lund.
7. [http://www.betterbricks.com/graphics/assets/documents/GSW\\_r.pdf?link=graphics/assets/d%20%20ocuments/GSW\\_r.pdf](http://www.betterbricks.com/graphics/assets/documents/GSW_r.pdf?link=graphics/assets/d%20%20ocuments/GSW_r.pdf)
8. Oesterle, E., Lieb, R., Lutz, M., and Heusler. W. (2001) "Double-skin Façades – integrated planning", Munich, Prestel Verlag.
9. Shang-Shiou, Li. (2001) "A Protocol to Determine the Performance of South Facing Double Glass Façade System", Unpublished Master Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Architecture Department.
10. Hendriksen, O.J., Sørensen, H., Svensson, A., and Aaqvis, P. (2001) "Double Skin Facades – Fashion or a Step Towards Sustainable Buildings.
11. Zöllner, A., Winter, E.R.F., and Viskanta, R. (2002). "Experimental studies of combined heat transfer in turbulent mixed convection fluid flows in double skin facades", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 45, p. 4401-4408.
12. Saelens, D., Roels, S., and Hens, H. (2008) "Strategies to improve the energy performance of multiple-skin facades", Building and Environment, Vol. 43, No: 4, p.638-650.
13. Jager, W. (2003) "Double Skin Facades – Sustainable Concepts", Presentation of Hydro for Syd Bygg, Malmo, Sweden.
14. Loncour, X., Deneyer, A., Blasco, M., Flament, G., and Wouters, P. (2005) "Ventilated Double Skin Façades", Belgian Building Research Institute (BBRI). Contributed Report 03.
15. Yılmaz, Z., ve Çetintaş, F. (2005) "Double skin facade's effects on heat losses of office buildings in Istanbul", Energy and Buildings, Vol. 37, p.691-697.
16. Safer, N., Woloszyn, M., and Roux, J.J. (2005) "Tree-dimensional simulation with a CFD tool of the airflow phenomena in single floor double-skin facade equipped with a venetian blind", Solar Energy Vol. 79, p.193-203.
17. Ding, W., Hasemi, Y., and Yamada, T. (2005) "Natural ventilation performance of a double-skin facade with a solar chimney", Energy and Buildings, Vol. 37, p. 411-418.
18. Faggembauu, D. (2006) "Heat transfer and fluid-dynamics in double and single skin facades", Unpublished Doctoral Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya(UPC),
19. Poirazis, H. (2006) "Double skin façades", International Energy Agency(IEA) Solar Heating and Cooling (SHC) Task 34/IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems, ECBCS Annex 43.
20. BESTFACADE (2007) "Best Practice for Double Skin Façade

- des”, WP5 Best Practice Guidelines.
21. Gratia, E., and De Herde, A. (2007) “Guidelines for improving natural daytime ventilation in an office building with a double-skin facade”, *Solar Energy* Vol. 81, p. 435-448.
  22. Haase, M., Wong, F., and Amato, A. (2007) “Double-Skin Facades for Hong Kong. *Surveying & Built Environment*”, Vol. 18, No:2, p.17-32.
  23. Asdrubali, F., and Baldinelli, G. (2007) “A new double skin facade with integrated movable shading systems: numerical analysis and evaluation of energy performance”, *Energy, climate and indoor comfort in mediterranean countries*, Proceedings, Genova, Italy, 5-7 September, 2007.
  24. Gavan, V., Woloszyn, M., Roux, J.J., Muresan, C., and Safer, N. (2007) “An investigation into the effect of ventilated double-skin facade with venetian blinds: Global simulation and assessment of energy performance”, *Proceedings:Building simulation*.
  25. Hçseggen, R., Wachenfeldt, B.J., and Hanssen, S.O. (2008) “Building simulation as an assisting tool in decision making Case study: With or without a double-skin facade?”, *Energy and Buildings*, Vol. 40, p. 821-827.
  26. Haase, M., Marques da Silva F., and Amato, A. (2009) “A. Simulation of ventiated facades in hot and humid climates”, *Energy and Buildings* Vol. 41, p. 361-373.
  27. Tanaka, H., Okumiya, M., Tanaka, H., Yoon, G.Y., and Watanabe, K. (2009) “Thermal characteristics of a double-glazed external wall system with roll screen in cooling season”, *Building and Environment* Vol. 44, p. 1509-1516.
  28. Chou, S.K., Chua, K.J., and Ho, J.C. (2009) “A study on the effects of double skin facades on the energy management in buildings”, *Energy Conservation and Management*, Vol. 50, p. 2275-2281.
  29. Chan A.L.S, Chow T.T, Fong K.F., and Lin Z. (2009) “Investigation on energy performance of double skin facade in Hong Kong”, *Energy and Buildings*, Vol 41 p. 1135-42.
  30. Guardo, A., Coussirat, M., Egusquiza, E., Alavedra, P., and Castilla, R. (2009) “A CFD approach to evaluate the influence of construction and operation parameters on the performance of Active Transparent Facades in Mediterranean climates”, *Energy and Buildings*, Vol 41, p.534-542.
  31. Haase, M., and Amato, A. (2009) “A study of the effectiveness of different control strategies in double skin facades in warm and humid climates”, *Journal of Building Performance Simulation.*, Vol. 2, No:3, p. 179-187.
  32. Gavan, V., Woloszyn, M., Kuznik, F., and Roux, J.J. (2010) “Experimenatal study of a mechanically ventilated double-skin facade with venetian sun-shading device: A full-scale investigation in controlled environment”, *Solar Energy* Vol. 84, p. 183-195.
  33. Serra, V., Zanghirella, F., and Perino, M. (2010) “Experimental evaluation of a climate facade: Energy efficiency and thermal comfort performance”, *Energy and Buildings*, Vol. 42, p. 50-62.
  34. Zhou, J., and Chen, Y. (2010) “A review on applying ventilated double-skin facade to buildings in hot-summer and cold-winter zone in China”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, p. 1321-1328.
  35. Azarbayjani, M., and Anderson, J. (2010) “Beyond Arrows: CFD modeling of a new, naturally ventilated, double skin faacde configuration in a chicago high-rise office building”, *Simbuild, Fourth National Conference of IBP-SA-USA New York City, New York, August 11-13*.
  36. Jiru, T.E., Tao, Y.X., and Haghghat, F. (2011) “Airflow and heat transfer in double skin facades”, *Energy and Buildings*, Vol. 43, p. 2760-2766.
  37. Annex 44 (2011) *Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings*.
  38. Mingotti, N. Chenvidyakarn, T., and Woods, A.W. (2011) “The fluid mechanics of the natural ventilation of a narrow-cavity double-skin facade”, *Building and Environment*, Vol. 46, p. 807-823.
  39. Zhang, Y., and Altan, H. (2011) “A comparison of the occupant comfort in a conventional high-rise office block and a contemporary environmentally-concerned building”, *Building and Environment* Vol. 46 p. 535-545.
  40. Shameri, M.A., Alghoul, K., Sopian, M., Fauzi, M., and Zaina, O.E. (2011) “Perspectives of double skin facade systems in buildings and energy saving”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol.15, p. 1468-1475.
  41. He, Y., Chen, M., and Wang, X. (2012) “A Brief Discussion and Analysis on Methods of High Performance Architecture Facades Design”, *Advanced Materials Research* Vols. 368-373, p. 3757-3760.
  42. Chow, C.L. (2012) “Full-scale burning tests on double-skin facade fires”, *Fire and Materials*. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/fam.1127.
  43. Zhou, C. and Xue, N. (2012) The study of vent form of double-skin facade based on CFD, *Advanced Materials Research* Vols. 374-377, p. 440-444.

**Anahtar sözcükler:** Çift cidarlı cepheler; çift cidarlı cephelerin avantajları; çift cidarlı cephelerin dezavantajları; çift cidarlı cephe türleri.

**Key words:** *Double skin facades; advantages of double skin facades; disadvantages of double skin facades; double skin façade types.*