

---

## FARKLI SAÇAK TİPLERİNE SAHİP 45° EĞİMLİ BEŞİK ÇATILI BİNA MODELLERİ ÜZERİNDE RÜZGAR BASINÇLARI

*Yücel ÖZMEN\**  
*Ertan BAYDAR\**

---

Alınma: 15.01.2015; düzeltme: 24.07.2015; kabul: 30.10.2015

**Öz:** Bu çalışmada, bina çatılarını hasara uğratabilen rüzgar yüklerinin araştırılması amacıyla, farklı saçak tiplerine sahip 45° eğimli beşik çatılı bina modelleri yüzeylerindeki basınç dağılımları deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler rüzgar tüneline modellenen atmosferik sınır tabaka akışında gerçekleştirilmiştir. Akışın modellenmesinde bariyer, eliptik girdap üreticiler ve pürüzlülük elemanları kombinasyonu kullanılmış ve 15 m/s'lik serbest akış hızında, 150 mm yüksekliğinde bir sınır tabaka oluşturulmuştur. Yüzey basınçlarının ortalama ve çalkantı değerlerinin ölçümü, sınır tabaka içerisine yerleştirilmiş, saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı bina modelleri üzerinde farklı rüzgar geliş açılarına göre ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilerek emme etkilerinin kritik olduğu bölgeler belirlenmiştir. Saçakların çatı köşesindeki emme yükünü arttırdığı; yelkiran saçığın normal saçığa göre %30, saçaksız duruma göre %70 daha kritik pik basınçlar oluşturduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Atmosferik sınır tabaka, Beşik çatı, Normal saçak, Yelkiran saçak, Basınç katsayısı, Emme yükü

### The Effect of Eaves Types to Wind Pressures on 45° Pitched Gable Roofs

**Abstract:** In this study, flow field around a low-rise building model with 45° pitched gable roof having different eave types has been investigated experimentally in order to search the wind loads that can damage the building roofs. The experiments were carried out in an atmospheric boundary layer that is modeled in the wind tunnel. Atmospheric boundary layer was simulated with combination of barrier, elliptic vortex generators and elements of roughness and a 150 mm height boundary layer was formed at 15 m/s wind velocity. The mean and fluctuating surface pressures were measured on the roofs having different eave types in detail for various wind directions to observe critical suction zones on the roof surfaces. It is seen that eaves increase suction loads on the roof corners. Usage of a special eave causes more critical peak pressures on the roof corners compared with normal eave and without eave cases.

**Keywords:** Atmospheric boundary layer, Gable roof, Normal eave, Special eave, Pressure coefficient, Suction loads

---

\* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon  
İletişim Yazarı: Yücel Özmen (yozmen@ktu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

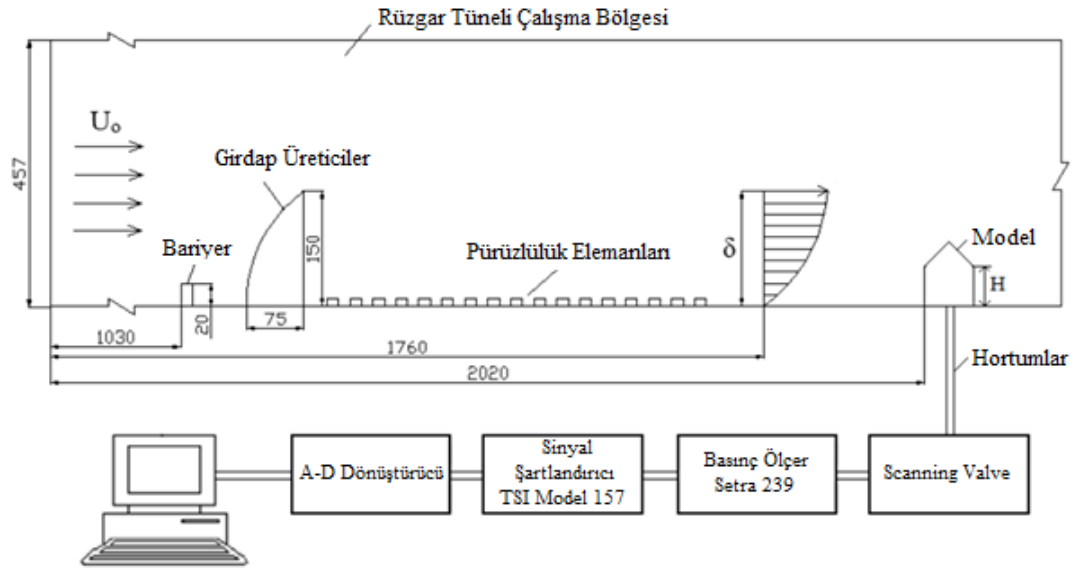
Rüzgarın bina çatıları üzerinde meydana getirdiği etkiler, bina çatı geometrileri ve saçak tipleriyle ilgili yakından ilgilidir. Bu etkilerin değerlendirilebilmesi ve kalıcı çözümlerin ortaya koyulabilmesi için, değişik saçak tiplerine sahip çatılar üzerindeki rüzgar yüklerinin ayrıntılı bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Rüzgar kaynaklı hasar raporlarına göre, beşik tipi çatıları olan alçak binalar rüzgar hasarlarına daha çok maruz kalmaktadır. Bu durum, bu tip çatılara sahip konut, sanayi ve ticari amaçlı binalar etrafındaki akış alanlarının son zamanlarda yaygın bir şekilde incelenmesine yol açmaktadır. Literatürde çatıların aerodinamiğine yönelik araştırmaların çoğu basınç dağılımları ile ilgilidir. Davenport ve Surry (1974), alçak bina çatıları üzerindeki basınç dağılımlarını inceleyerek, ortalama ve minimum basınç katsayılarının düz arazilerde, pürüzlü arazilerden daha küçük olduğunu göstermişlerdir. Çatı üzerindeki ortalama basınçların, rüzgarın çatı sırtına açılı gelmesi durumunda çatı sırtına dik veya paralel gelme duruma göre daha kritik olduğunu ortaya koymuşlardır. Stathopoulos (1984), dört farklı eğim açısına sahip beşik çatı modellerini incelediği çalışmada, eğim açısı değiştikçe çatı basınç dağılımlarında farklar oluştuğunu, çatı sırtında akış ayrılmasının meydana geldiğini ve çatı eğiminin bir fonksiyonu olarak basınç değişikliklerinin akış ayrılmasıyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Kind (1988), rüzgar tüneline gerçekleştirdiği bir çalışmada, en kritik emme değerlerinin alçak, orta ve yüksek bina durumları için çoğunlukla aynı olduğunu ve çatı kenarlarına çok yakın küçük bölgeler üzerinde oluştuğunu belirlemiştir. Meecham ve diğ. (1991), kırsal ve kentsel arazi şartlarında, kırma ve beşik çatılar üzerindeki rüzgar basınç dağılımlarını belirlemek üzere rüzgar tüneli deneyleri yapmışlardır. Ortalama ve çalkantı basıncı ölçümlerinden, yerel negatif basınçlar açısından aynı geometri ve aynı rüzgar hızında kırma çatıların beşik çatılardan %50 daha avantajlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Robertson (1991), endüstriyel bir binada rüzgar basınçları açısından saçak etkisini incelediği çalışmada, geleneksel keskin hatlara sahip saçaklarla modern eğrisel saçakları, rüzgar yükü etkileri açısından karşılaştırmıştır. Modern eğrisel saçakların, rüzgar tarafındaki saçak kısmında olumlu, çatı sırtında ise olumsuz etkiler gösterdiğini belirlemiştir. Yaptığı akış gözleme çalışmaları ve türbülans şiddeti ölçümleriyle, iki farklı saçak düzenlemesiyle oluşan akış alanları arasında farklar olduğunu göstermiştir. Savory ve diğ. (1992), Silsoe Structure Building (SSB) üzerindeki rüzgar yüklerini belirledikleri çalışmalarında, saçak geometrisini, model ölçeğini ve giriş akış şartlarını değiştirerek bu parametrelerin rüzgar yükü üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Kanda ve Maruta (1993), beşik çatıya sahip uzun alçak binalar üzerindeki ortalama ve pik rüzgar basınç karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Bina tasarım değerlerine karar vermek için, 0° lik rüzgar açısının geçerli olmadığını, ortalama ve pik basınçların kritik negatif değerlerinin 45° lik rüzgar açısında çatı arka yüzeyinde oluştuğunu ifade etmişlerdir. Stathopoulos ve Luchian (1994), yüksek çatı eğimine sahip beşik çatılı bina saçakları üzerindeki rüzgar etkisini deneysel olarak inceledikleri çalışmada, saçak yüzey bölgelerinin daha kritik emmelere maruz kaldığını belirlemiştir. Saçak ve duvar yüzeylerinde ölçtükleri basınçları karşılaştırmışlar ve saçak altındaki bazı pozitif pik bölgeler hariç, iyi bir uyum bulmuşlardır. Eğrisel saçakların çatı üzerindeki yük dağılımını değiştirdiğini belirten, gerçek-yapı ve rüzgar tüneli ölçümlerine dayanan bir çalışma, Richardson ve diğ. (1997) tarafından yapılmıştır. Hoxey ve diğ. (1998), eğrisel saçakların geleneksel keskin saçaklara göre akışın çatı üzerinde tutunmasında etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Case ve Isyumov (1998), eşit yükseklik ve genişliğe sahip farklı uzunluktaki beşik çatılı üç alçak bina modelini, 1:100 ölçekli olarak sınır tabaka rüzgar tüneline test etmişlerdir. Farklı rüzgar açıları ve farklı arazi şartları için anlık yüzey basınçlarını ölçerek, kentsel arazi koşullarında rüzgar yüklerinin açık kırsal arazi koşullarına göre daha düşük olduğunu belirlemiştir. Ham ve Bienkiewicz (1998), sınır tabaka rüzgar tüneline Texas Tech University (TTU) test binasının 1:50 geometrik ölçekli modeli üzerindeki rüzgar basınçlarını değişik rüzgar açıları için belirlemiştir. Düşük türbülanslı akış şartlarında, akış parametrelerini belirleyerek, model ve gerçek yapı üzerindeki

yerel basınç katsayıları arasında kritik köşe bölgeleri de dahil olmak üzere iyi bir uyum bulmuşlardır. Alçak binalar üzerindeki rüzgar basınçları ile ilgili bir literatür çalışması, Uematsu ve Isyumov (1999) tarafından sunulmuştur. Ginger ve diğ. (2000), tipik bir alçak bina çatısı üzerindeki ortalama ve pik basınç dağılımlarını, 1:50 ölçekli rüzgar tüneli model çalışması ile belirlemişlerdir. En kritik rüzgar yüklerinin rüzgar tarafındaki çatı kenarına yakın bölgede oluştuğunu bulmuşlardır. Ginger ve Holmes (2003), yüksek eğime sahip beşik çatılı bir bina modeli üzerindeki basınç dağılımlarını deneysel olarak belirlemişlerdir. Negatif basınç katsayılarının rüzgarın açılı olması durumunda daha kritik olduğunu ortaya koymuşlardır. Quan ve diğ. (2007),  $0^\circ \sim 45^\circ$  eğim açısı aralığına sahip beşik çatılı alçak bina modelleri üzerindeki basınç dağılımlarını kentsel arazi şartlarında elde etmişlerdir. Prasad ve diğ. (2009),  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  ve  $45^\circ$  eğim açılarına sahip beşik ve kırma çatılı alçak bina modelleri üzerindeki basınç dağılımlarını incelemişler ve kırma çatı yüzeylerindeki emme yüklerinin beşik çatılara göre %42 daha az olduğunu belirlemişlerdir. Gavanski ve diğ. (2013), çatı tipi, çatı eğimi, bina yüksekliği ve arazi tipi gibi parametrelerin alçak bir bina modeli üzerindeki basınç dağılımlarına etkisini deneysel olarak incelemişler, çatı tipinin ve arazi tipinin basınç dağılımlarını büyük ölçüde etkilediklerini belirlemişlerdir. Bitsuamlak ve diğ. (2013), beşik çatılı bir alçak bina modelinin çatı ve duvar köşelerindeki emme yükünü azaltmak için basit mimari elemanlar kullanmışlar ve çatı köşelerinde %65, saçaklarda ise %25 oranında iyileşme sağlamışlardır.

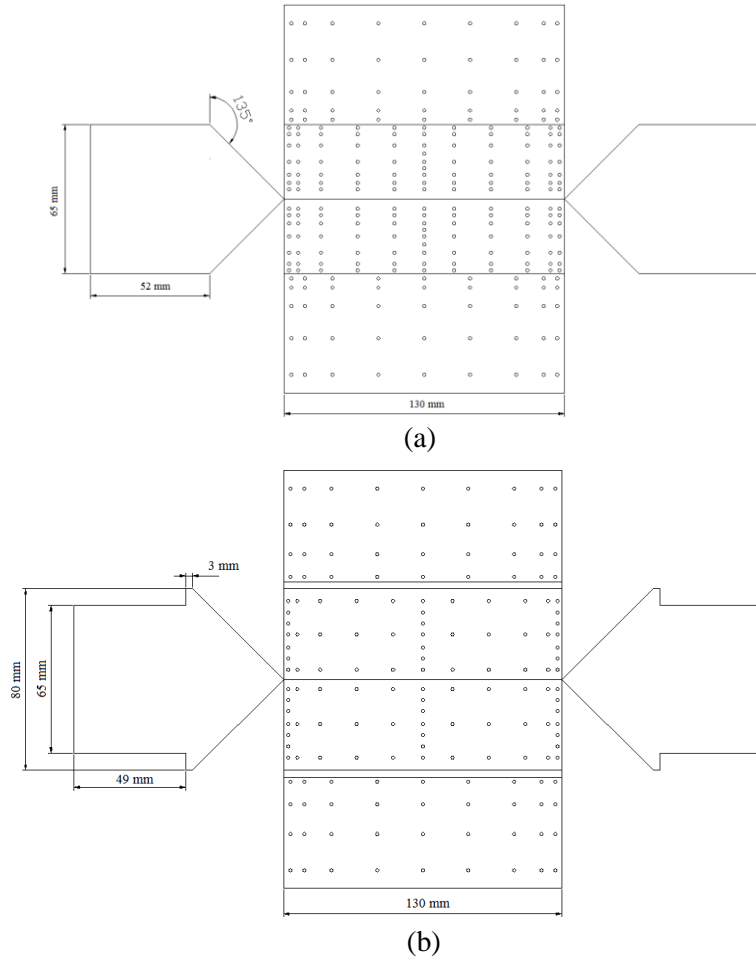
Bu çalışmada,  $45^\circ$  eğimli beşik çatıya sahip saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı bina modelleri yüzeylerindeki basınç dağılımlarının deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Saçak tipinin bina modelleri üzerindeki basınç dağılımına etkisini belirlemek amacıyla yerel yüzey basıncının ortalama ve çalkantı değerleri, farklı rüzgar geliş açılarında göre ayrıntılı bir şekilde elde edilmiştir. Özellikle literatürde daha önce incelenmemiş yelkiran saçak tipinin çalışmaya orijinallik katacağı değerlendirilmiştir. Basınç dağılımlarından, çatı yüzeylerinde basıncın negatif pik değerler aldığı kritik bölgeler belirlenmiştir.

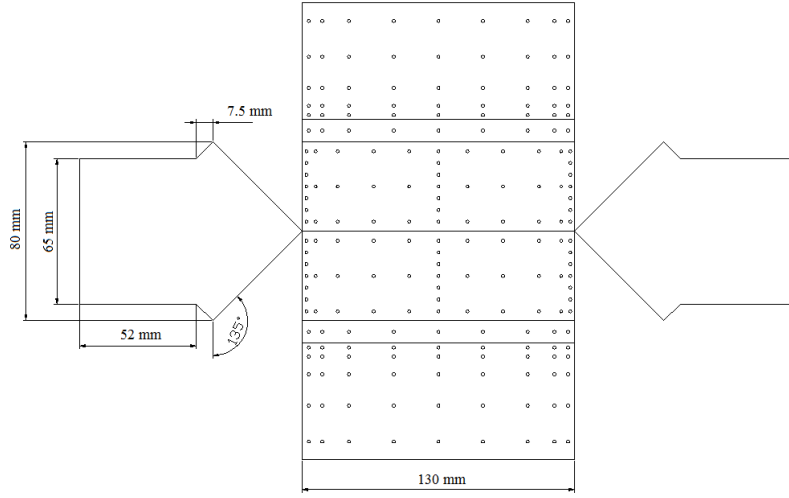
## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler için, KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Laboratuvarında bulunan üfleme, açık devreli rüzgar tüneli kullanılmıştır. Şekil 1'de görülen tünel test bölgesi boyunca bariyer, girdap üretici ve pürüzlülük elemanları kombinasyonu kullanılarak,  $\delta=150$  mm yüksekliğinde atmosferik bir sınır tabaka oluşturulmuştur. Çalışmada, yüksekliği  $H=52$  mm, genişliği  $W=65$  mm ve uzunluğu  $L=130$  mm olan  $\alpha=45^\circ$  çatı eğimine sahip saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı bina modelleri kullanılmıştır (Şekil 2). Model yüzeyindeki yerel basıncın ortalama ve çalkantı değerlerinin ölçülebilmesi için, model yüzeylerine açılan 1 mm çaplı deliklere basınç ölçüm prizleri yerleştirilmiştir. Özellikle çatı köşeleri ve çatı sırtı gibi kritik bölgelerde ölçüm noktaları yoğunlaştırılmıştır. Basınç prizlerinin basınç ölçere bağlantısı scanning valf ile sağlanmıştır. Ölçme sisteminde, TSI IFA-100 System Intelligent Flow Analyzer cihazının Sinyal Şartlandırıcı modülü, Setra 239 Model Basınç Ölçer, A/D dönüştürücü, veri analizi yapan bir paket program ve bilgisayar bulunmaktadır (Şekil 1). 1000 Hz'lik örnekleme oranında ve 16 s'lik ölçüm süresinde alınan basınç sinyalleri, 300 Hz'de filtrelenerek, TSI IFA-100 ThermoPro paket programı ile kaydedilmiştir. Yüzey basıncı ölçümleri, modellerin orta eksenleri boyunca,  $15^\circ$  lik aralıklarla değişen rüzgar açıları ( $\theta$ ) gerçekleştirilmiştir. Ortalama ve çalkantı basıncı ölçümlerindeki belirsizlikler sırasıyla,  $\pm\%3$  ve  $\pm\%4.5$  mertebelerindedir (Holman, 1994).



Şekil 1:  
Rüzgar tüneli çalışma bölgesi ve basınç ölçme sistemi





(c)

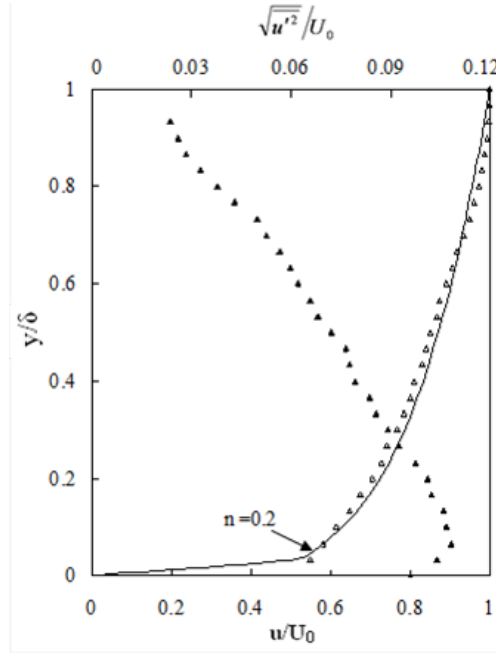
**Şekil 2:**

*Model boyutları ve basınç ölçüm deliklerinin konumları*

- a) 45° eğimli saçaksız beşik çatı b) 45° eğimli normal saçaklı beşik çatı  
c) 45° eğimli yelkaran saçaklı beşik çatı

**3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Atmosferik sınır tabaka akışında ölçülen referans ortalama hız ve türbülans hız profilleri, Şekil 3’de verilmiştir. Referans sınır tabaka ortalama hız dağılımının  $n=0.2$ ’lik üs kanunu ile oldukça iyi bir uyum içinde olduğu ve türbülans şiddetinin, serbest akış bölgesinde yaklaşık %2 değerinden, duvar yakınında %12’ye kadar ulaştığı görülmektedir. Çalışmada model yüksekliğine bağlı Reynolds sayısı 52000 değerindedir.



**Şekil 3:**

*Referans sınır tabaka hız ve türbülans profilleri*

Bina modelleri üzerindeki yüzey basınçları, boyutsuz basınç katsayıları şeklinde değerlendirilmiştir.

Boyutsuz ortalama basınç katsayısı,

$$\bar{C}_p = \frac{\bar{P} - P_s}{\rho U^2 / 2} \quad (1)$$

Çalkantı basınç katsayısı (rms)

$$\tilde{C}_p = \frac{\tilde{P} - P_s}{\rho U^2 / 2} \quad (2)$$

Maksimum pik basınç katsayısı,

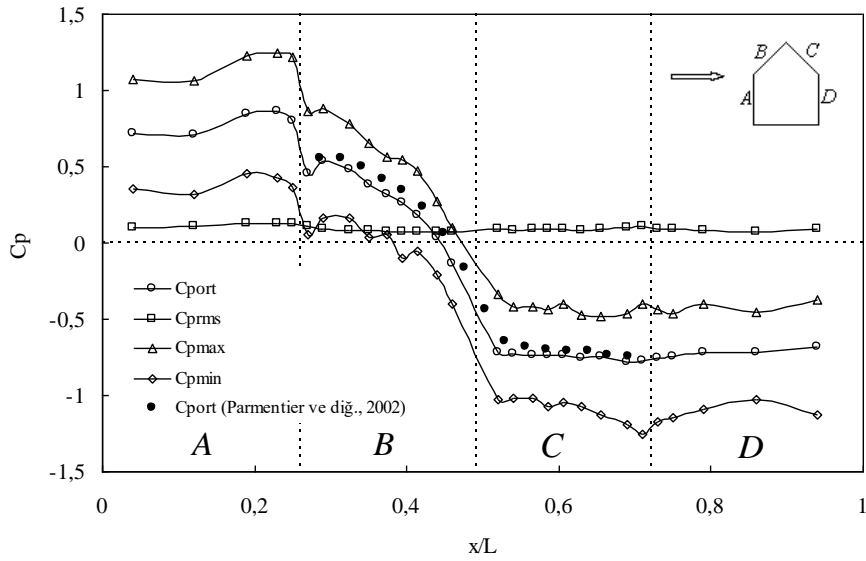
$$\hat{C}_p = \frac{\hat{P} - P_s}{\rho U^2 / 2} \quad (3)$$

Minimum pik basınç katsayısı,

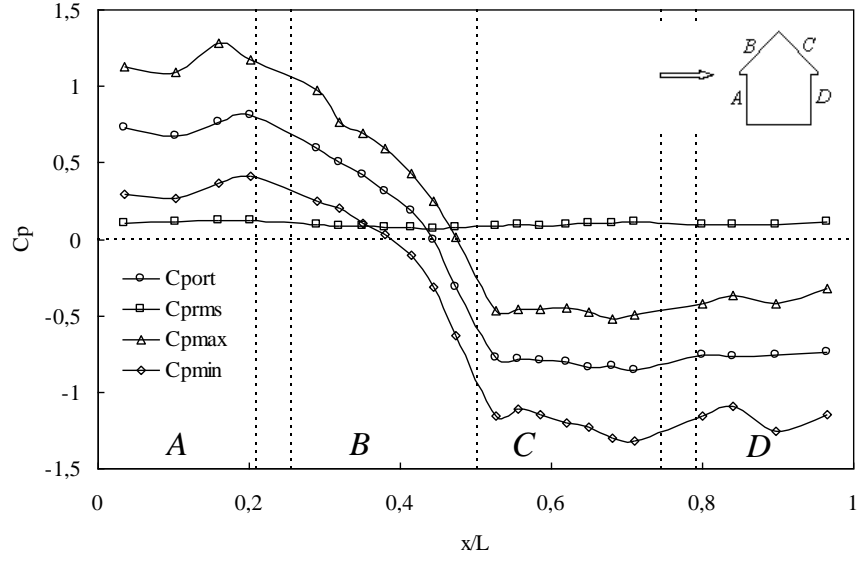
$$\check{C}_p = \frac{\check{P} - P_s}{\rho U^2 / 2} \quad (4)$$

bağıntılarıyla hesaplanmıştır. Bu bağıntılarda;  $\bar{P}$  yerel ortalama yüzey basıncını,  $\tilde{P}$  yüzey basıncının çalkantı bileşenini,  $\hat{P}$  maksimum pik basıncı,  $\check{P}$  minimum pik basıncı ve  $P_s$ , atmosferik basıncı ifade etmektedir.

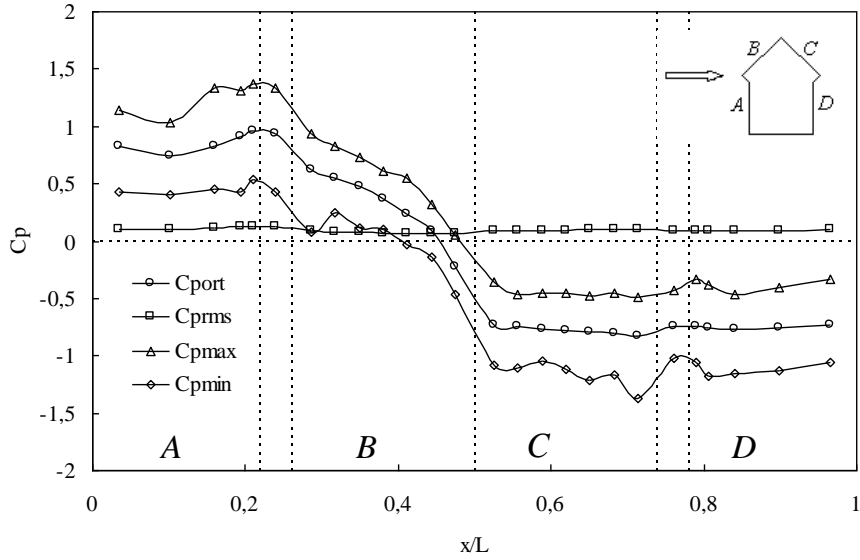
Saçaksız, normal saçaklı ve yelkırın saçaklı 45° eğimli beşik çatılı bina modellerin orta eksenleri boyunca yüzey basınçlarının ortalama, rms, maksimum ve minimum değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 4a-c'de görülmektedir. Rüzgara doğrudan maruz kalan model ön duvarlarında ve çatı ön yüzeylerinin büyük bölümünde basınç dağılımları pozitif olmaktadır. Çatı sırtından itibaren akış ayrılması nedeniyle, çatı arka yüzeylerinde ve arka duvarlarda negatif basınç alanları oluşmaktadır.



(a)



(b)

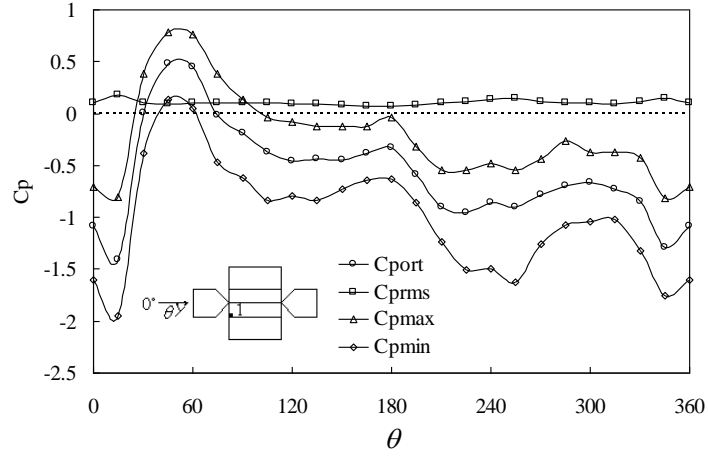


(c)

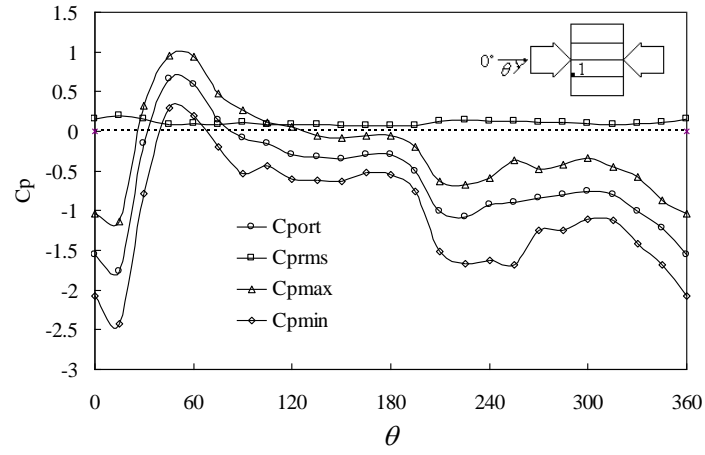
**Şekil 4:**

$\alpha = 45^\circ$  ve  $\theta = 90^\circ$  için orta eksen boyunca akış yönünde basınç katsayısı değişimi  
a) saçaksız beşik çatı b) normal saçaklı beşik çatı c) yelkırıran saçaklı beşik çatı

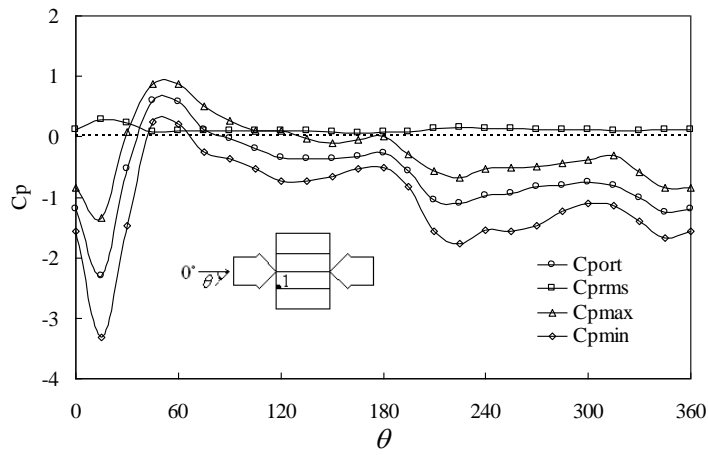
Saçaksız, normal saçaklı ve yelkırıran saçaklı bina modellerinin çatı köşelerinde açılmış 1 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama, rms, maksimum ve minimum basınçların rüzgar açısına göre değişimleri sırasıyla Şekil 5a-c'de verilmiştir. Her üç saçak durumunda da basınç dağılımları genel olarak benzerlik göstermektedir. Saçaksız bina durumunda, rüzgar tarafındaki ön çatı köşesi yakınında açılmış 1 numaralı basınç deliğinde  $15^\circ$  aralıklarla tüm rüzgar açılarında ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısının -1.95 değeriyle,  $15^\circ$ 'lik rüzgar açısında olduğu görülmektedir. Normal saçaklı bina durumunda 1 numaralı basınç deliğinde ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısının -2.42 değeriyle, yine  $15^\circ$ 'lik rüzgar açısında olduğu görülmektedir. Yelkırıran saçaklı bina durumunda ise aynı noktada ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısı -3.31 değeriyle, yine aynı rüzgar açısında oluşmaktadır.



(a)



(b)



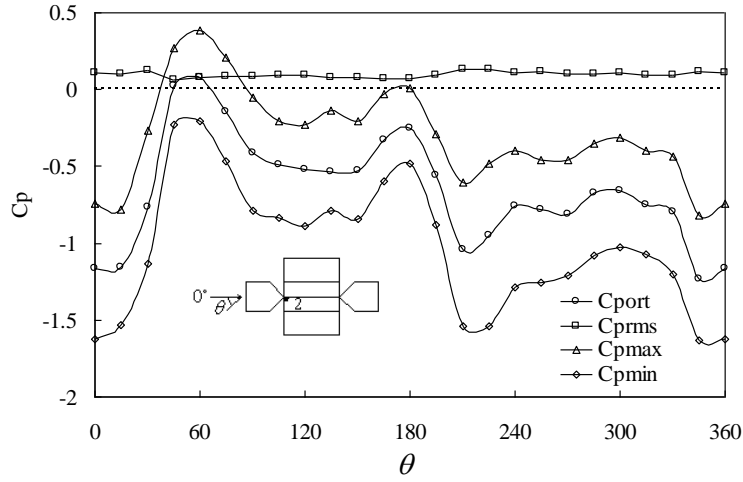
(c)

**Şekil 5:**

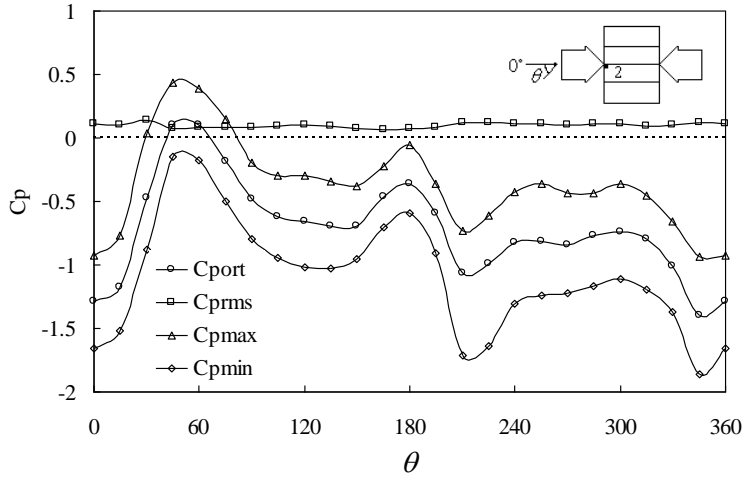
Çatı köşelerinde ölçülmüş yerel basınçların rüzgar geliş açılarına göre değişimleri  
a) saçaksız beşik çatı b) normal saçaklı beşik çatı c) yelkiran saçaklı beşik çatı



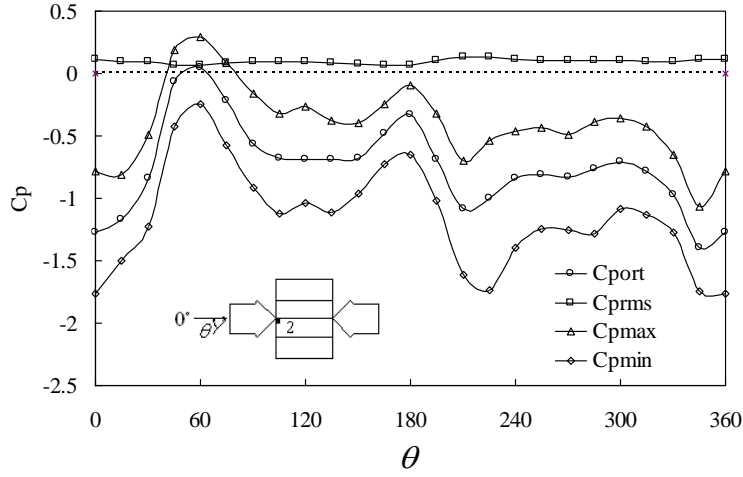
Şekil 6a-c'de, sırasıyla saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı bina modellerinin çatı sırt köşelerinde açılmış 2 numaralı basınç deliklerinden ölçülen ortalama, rms, maksimum ve minimum basınçların rüzgar açısına göre değişimleri verilmiştir. Her üç grafikteki basınç dağılımlarının yine genel olarak benzer olduğu görülmektedir. Saçaksız çatı durumunda, 2 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayıları -1.62 ve -1.54 değerleriyle sırasıyla  $0^\circ$  ve  $225^\circ$ 'lik rüzgar açılarında gerçekleşmiştir. Normal saçaklı çatı durumunda, 2 numaralı basınç deliğinde en kritik minimum basınç katsayıları -1.65, -1.71 ve -1.86 değerleriyle sırasıyla  $0^\circ$ ,  $210^\circ$  ve  $345^\circ$ 'lik rüzgar açılarında gerçekleşmiştir. Yelkiran saçaklı durumda ise, aynı noktadaki en kritik minimum basınç katsayıları -1.76 ve -1.73 değerleriyle sırasıyla  $0^\circ$  ve  $225^\circ$ 'lik rüzgar açılarında oluşmuştur.



(a)



(b)

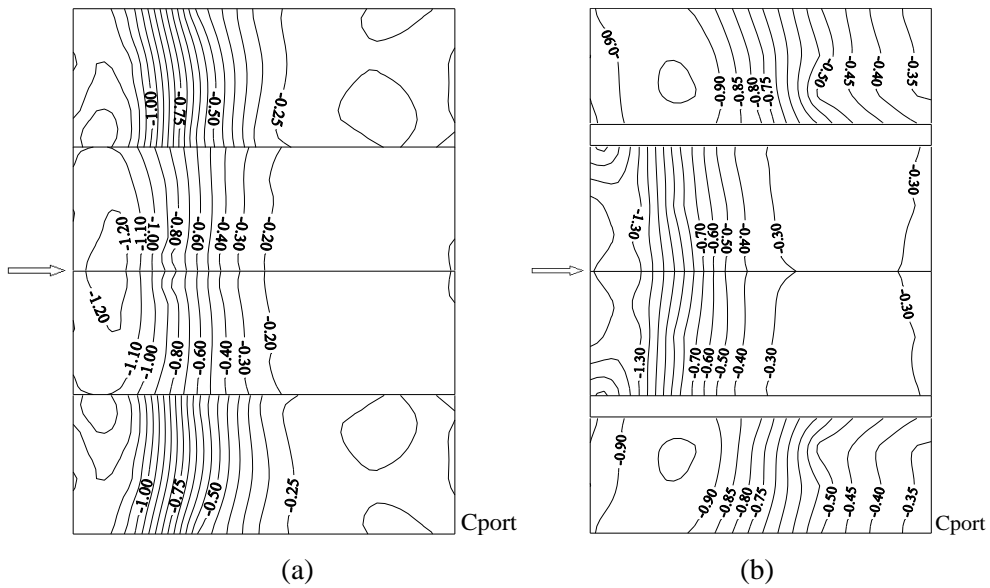


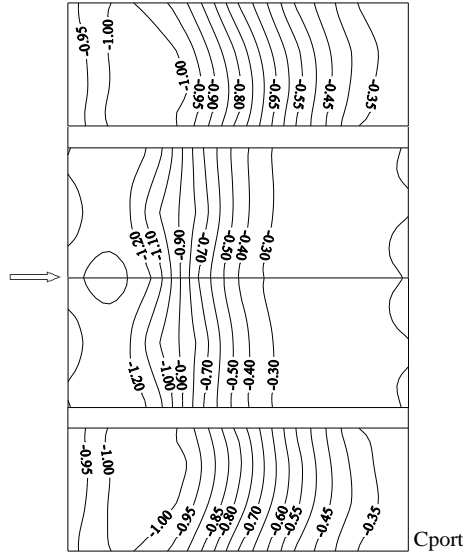
(c)

**Şekil 6:**

Çatı sırt köşelerinde ölçülmüş yerel basınçların rüzgar geliş açılarına göre değişimleri  
a) saçaksız beşik çatı b) normal saçaklı beşik çatı c) yelkırın saçaklı beşik çatı

Saçaksız, normal saçaklı ve yelkırın saçaklı bina modellerinin yüzeyleri üzerindeki ortalama basınç dağılımları,  $\theta=0^\circ$  rüzgar geliş açısı için eş basınç alanları şeklinde Şekil 7a-c’de verilmektedir. Her üç saçak tipi için de çatıların tümü üzerindeki basınç alanları negatif olmaktadır. Basınç katsayılarının ölçüm yapılan tüm noktalarda negatif değerler alması, çatılar üzerinde emme etkisinin olduğunu göstermektedir. Çatıların ön kenarlarında beşik boyunca kritik olan bu etki çatıların arka kenarlarına doğru ilerledikçe azalmaktadır. Modellerin yan duvarları çatılar üstündeki etkiye benzer şekilde, ön kenarlardan arka kenarlara doğru azalan emme etkisi altında kalmaktadırlar. En kritik ortalama basınç katsayısı değerlerinin saçaksız çatı durumunda, rüzgar tarafındaki çatı sırt köşesi yakınında -1.25, normal saçaklı çatı durumunda, rüzgar tarafındaki çatı köşesi yakınında -1.65 ve yelkırın saçaklı çatı durumunda rüzgar tarafındaki çatı sırt köşesi yakınında -1.37 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Yelkırın saçak boyunca saçak altı ve saçak üstü basınç dağılımları benzerlik göstermektedir.



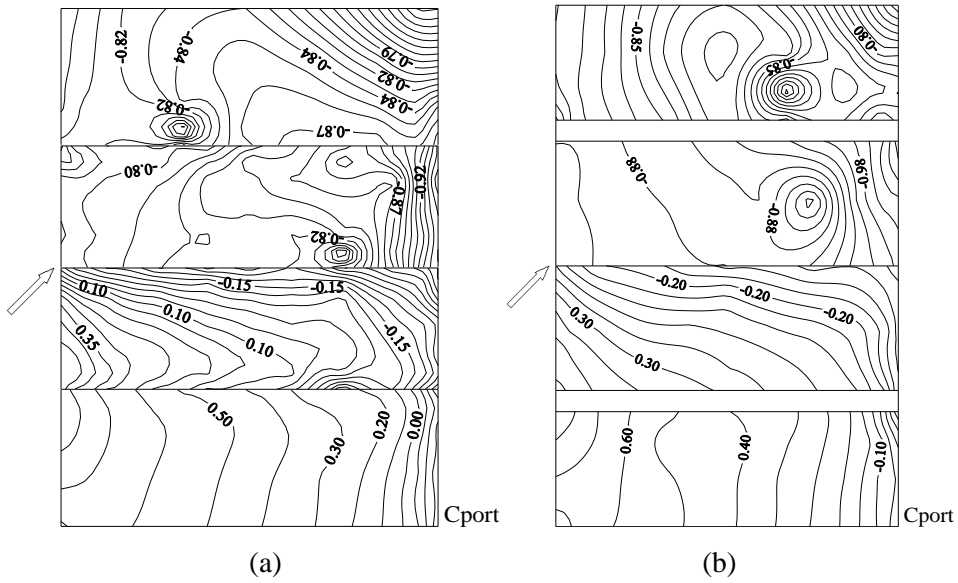


(c)

**Şekil 7:**

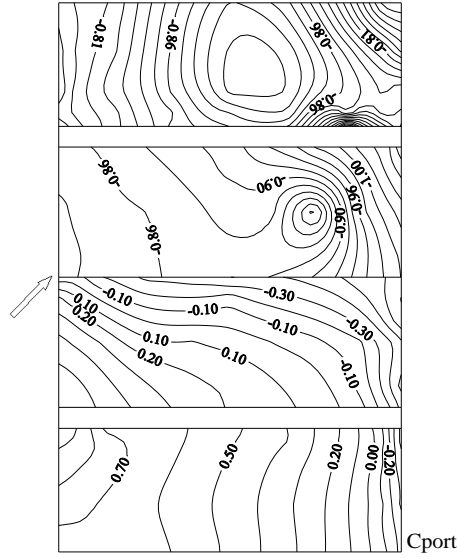
$\alpha = 45^\circ$  ve  $\theta = 0^\circ$  için farklı saçak tiplerine sahip çatı yüzeylerindeki eş basınç alanları  
a) saçaksız beşik çatı b) normal saçaklı beşik çatı c) yelkiran saçaklı beşik çatı

Saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı bina modellerinin yüzeyleri üzerindeki ortalama basınç dağılımları,  $\theta=45^\circ$  rüzgar geliş açısı için eş basınç alanları şeklinde Şekil 8a-c'de verilmektedir. Her üç saçak tipi için de çatıların rüzgara göre arka bölgeleri, kritik emme etkisi açısından daha riskli olmakta, kritik değerler çatı köşeleri ve sırt köşeleri yakınında oluşmaktadır. Rüzgar tarafındaki yan duvarlar üzerinde ölçülen basınç katsayıları yüzeylerin büyük bölümünde pozitif değerler alırken, arka taraftaki yan duvarlar üzerinde negatif değerler almaktadır. En kritik ortalama basınç katsayısı değerlerinin saçaksız çatı durumunda, rüzgar tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında -0.95, normal saçaklı çatı durumunda, rüzgar tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında -1.07 ve yelkiran saçaklı çatı durumunda rüzgar tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında -1.10 olarak gerçekleştiği görülmektedir.



(a)

(b)

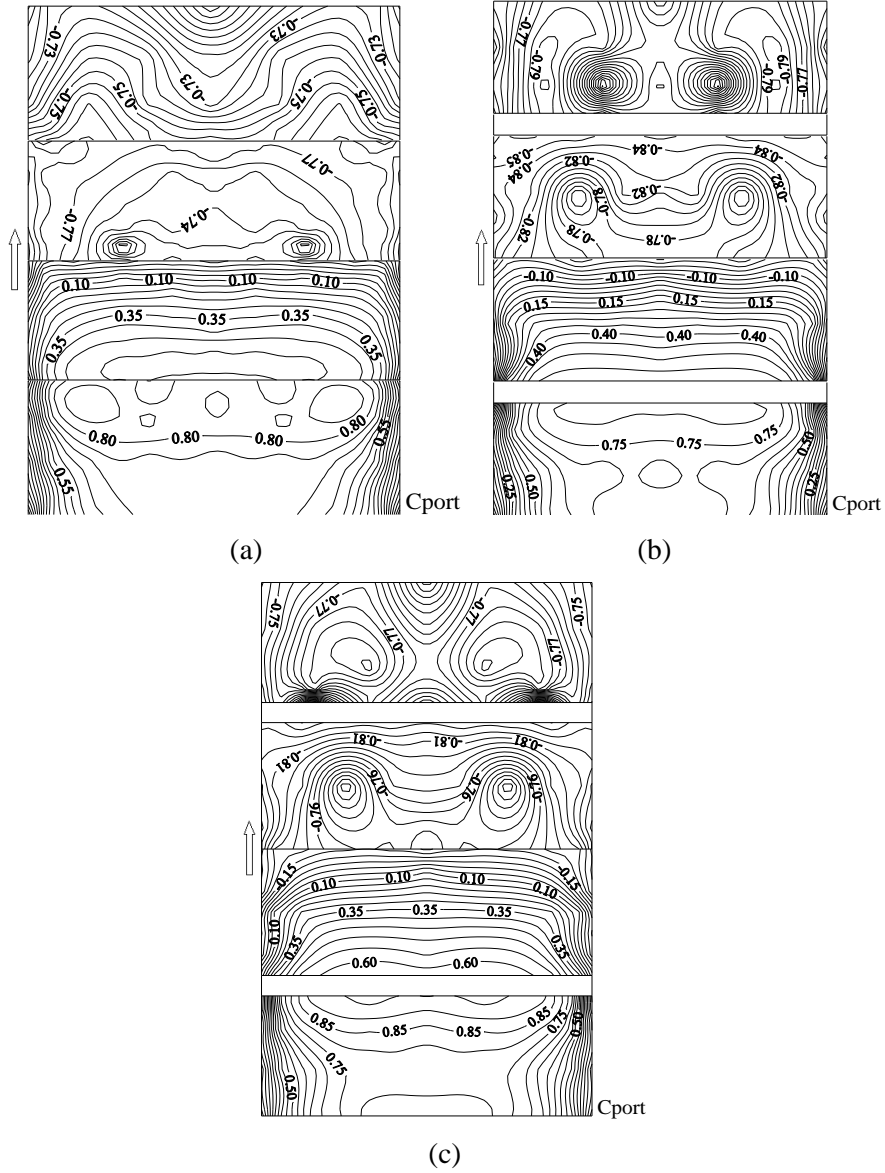


(c)

**Şekil 8:**

$\alpha = 45^\circ$  ve  $\theta = 45^\circ$  için farklı saçak tiplerine sahip çatı yüzeylerindeki eş basınç alanları  
a) saçaksız beşik çatı b) normal saçaklı beşik çatı c) yelkıran saçaklı beşik çatı

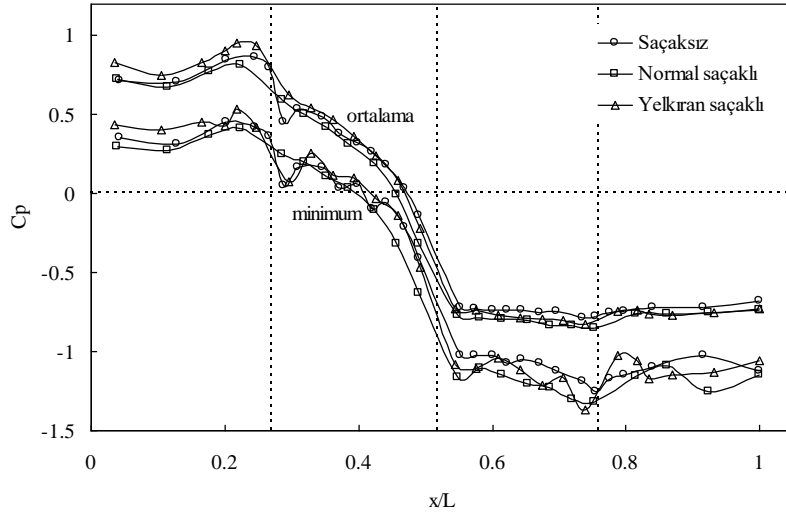
Saçaksız, normal saçaklı ve yelkıran saçaklı bina modellerinin yüzeyleri üzerindeki ortalama basınç dağılımları,  $\theta=90^\circ$  rüzgar geliş açısı için eş basınç alanları şeklinde Şekil 9a-c'de verilmektedir. Her üç saçak tipi için de, binaların ön duvarlarında ve çatıların ön yüzeylerinde rüzgarın itme etkisi nedeniyle pozitif basınç alanları oluşmaktadır. Binaların arka duvarları ise çatı yüzeyleri ile kıyaslandığında daha hafif olmakla birlikte emme etkisi göstermektedir. En kritik ortalama basınç katsayısı değerlerinin saçaksız çatı durumunda, rüzgar tarafında olmayan çatı arka sırt köşesi yakınında -0.82, normal saçaklı çatı durumunda, rüzgar tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında -0.86 ve yelkıran saçaklı çatı durumunda rüzgar tarafında olmayan çatı arka köşesi yakınında -0.85 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu değerler, Şekil 4'de üç farklı saçak tipi için bina modellerinin orta eksenleri boyunca verilen en kritik ortalama basınç katsayısı değerleriyle benzerlik göstermektedir. Şekil 7-9'da eş basınç alanları şeklinde verilen dağılımlar, Şekil 5 ve Şekil 6'da çatı köşesi ve çatı sırt köşesi için verilen dağılımlarla uyum içersindedir.



Şekil 9:

$\alpha = 45^\circ$  ve  $\theta = 90^\circ$  için farklı saçak tiplerine sahip çatı yüzeylerindeki eş basınç alanları  
a) saçaksız beşik çatı b) normal saçaklı beşik çatı c) yelkiran saçaklı beşik çatı

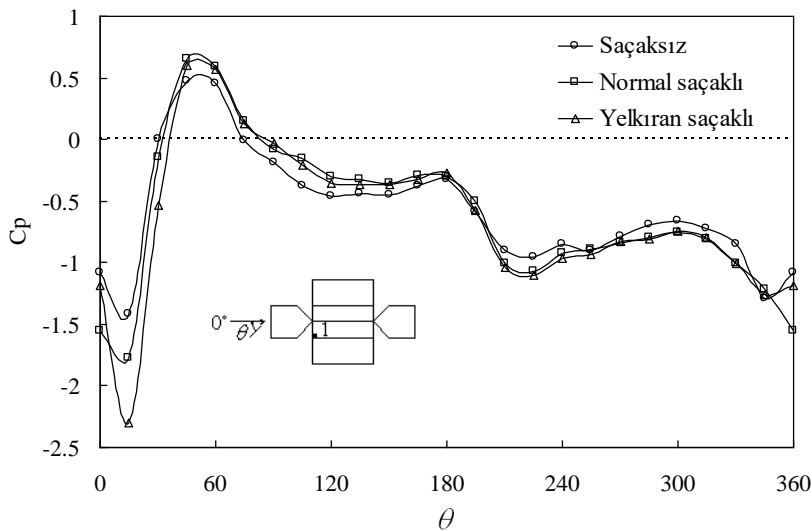
Şekil 10'da,  $45^\circ$  eğimli beşik çatılı bina modeli için, saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı çatı durumlarında ölçülen yüzey basınçlarının ortalama ve minimum değerlerinin orta eksen boyunca değişimi bir arada verilmiştir. Saçaklı ve saçaksız durumlardaki basınç dağılım davranışlarının aynı olduğu; yelkiran saçakın, modelin ön yüzünün çatıya yakın bölgesinde hafif bir basınç artışı oluşturduğu görülmektedir. Minimum pik basınçların değişimine göre, saçaklı çatılar durumunda, çatı arka yüzeyi üzerindeki emme yükü biraz artmaktadır. Çatı ön kenarında ise, saçaksız ve yelkiran saçak durumlarında yüzey basıncının azaldığı görülmektedir. Yelkiran saçaklı modelde, minimum basınç değerleri, çatı arka kenarına doğru normal saçaklı ve saçaksız durumlara göre çalkantılı bir seyir izlemektedir. Bu durum, bina arkasındaki ters akış bölgesinin, saçak geometrisi nedeniyle çatı kenarına doğru yayılmasından ileri gelmektedir.



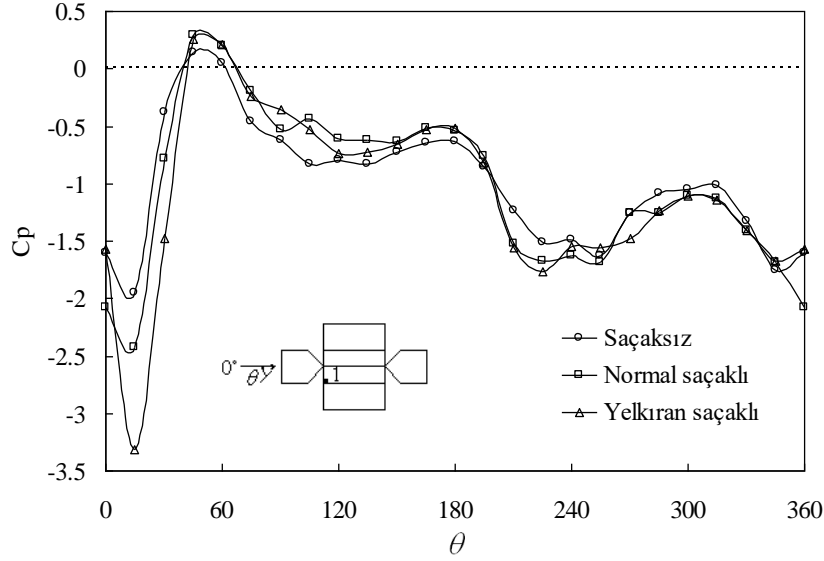
**Şekil 10:**

$\theta = 90^\circ$  rüzgar geliş açısında saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı  $45^\circ$  eğimli beşik çatılı modellerinin yüzeylerinde ölçülen ortalama ve minimum basıncın orta eksen boyunca değişimi

Saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı  $45^\circ$  eğime sahip beşik çatılı bina modellerinin çatı köşesi ve çatı sırtı köşesindeki yerel basınçlarının rüzgar açısına göre değişimleri sırasıyla, Şekil 11 ve 12'da verilmiştir. Üç saçak durumu, 1 numaralı çatı köşesinde ölçülen basınç dağılımlarının benzer ve en kritik rüzgar açısının  $15^\circ$  olduğu görülmektedir. Saçaklı durumda emme yükü artmakta ve yelkiran saçak normal saçağa göre % 30 civarında daha düşük bir basınç alanı oluşturmaktadır.  $45^\circ$  ve  $60^\circ$ lik rüzgar açıları ise her saçak tipi için çatı köşesi üzerinde pozitif bir basınç alanı oluşturmaktadır (Şekil 11a). Minimum basınçların, ortalama basınçlardan yaklaşık % 45 daha düşük olduğu,  $15^\circ$ lik rüzgar açısında özellikle yelkiran saçak köşesi üzerinde oldukça büyük bir emme yükünün meydana geldiği görülmektedir (Şekil 11b). Richardson ve diğ. (1997), saçaklardaki küçük mimari değişikliklerin rüzgar yükü dağılımı üzerinde önemli etkileri olduğunu ifade etmişlerdir.



(a)

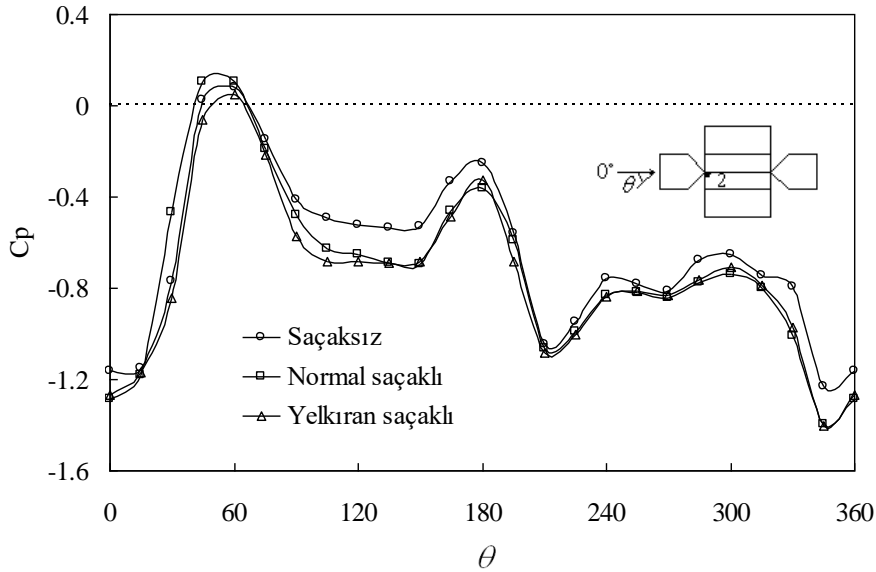


(b)

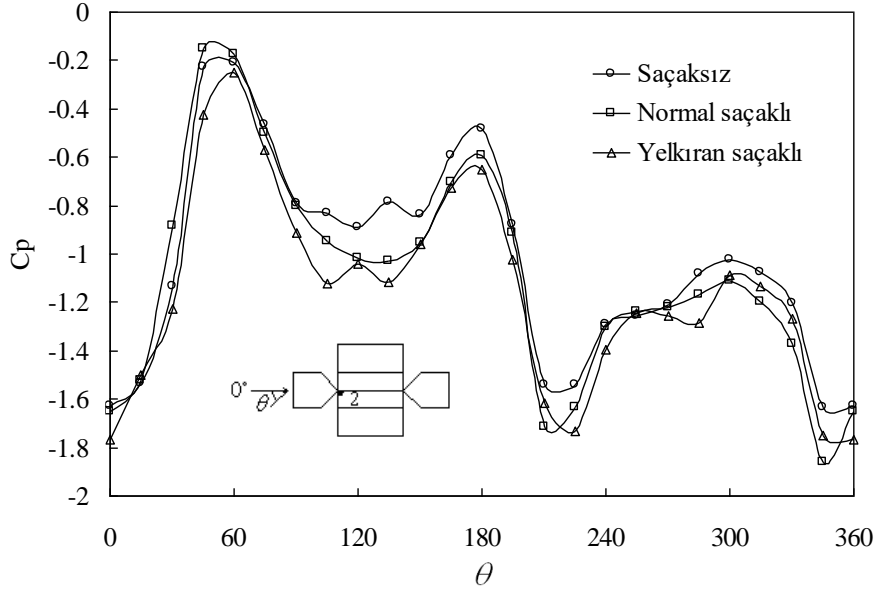
**Şekil 11:**

$\alpha = 45^\circ$  eğimli saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı beşik çatılı modellerin çatı köşesindeki yerel basınçların rüzgar geliş açısına göre değişimleri  
a) ortalama b) minimum

Çatı sırt köşesindeki ortalama ve minimum basınçların rüzgar yönüne göre değişimleri Şekil 12a ve b'de verilmiştir. Kritik rüzgar açılarının  $0^\circ$ ,  $210^\circ$  ve  $345^\circ$ 'ler olduğu, minimum basınçların ise, ortalama değerlerden yaklaşık % 30 daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan, çatı köşeleri çatı sırt köşelerine göre, emme yükü açısından daha kritik durumda olmaktadır. Çatı köşelerindeki akış ayrılmaları sonucu oluşan konik girdaplar nedeniyle, bu bölgelerdeki emme yükü daha fazla artmaktadır.



(a)



(b)

**Şekil 12:**

*$\alpha = 45^\circ$  eğimli saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı beşik çatılı modellerin çatı sırt köşesindeki yerel basınçların rüzgar geliş açısına göre değişimleri  
a) ortalama b) minimum*

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı saçak tiplerine sahip  $45^\circ$  eğimli beşik çatılı bina modellerinin çatıları üzerinde oluşan rüzgar yükleri deneysel olarak incelenmiştir. Saçaksız, normal saçaklı ve yelkiran saçaklı modellerin çatı yüzeylerinde ortalama ve çalkantı basıncı ölçümleri yapılmıştır. Her üç saçak durumunda da çatı köşeleri için en kritik rüzgar geliş açısı,  $15^\circ$  olarak bulunmuştur. Yelkiran saçaklı bina durumunda çatı köşesinde ölçülmüş en kritik minimum basınç katsayısı  $-3.31$  değerine ulaşmaktadır. Çatı köşelerindeki minimum pik basınçlar, ortalama basınçlardan yaklaşık %45 daha düşük olmaktadır. Çatı sırt köşeleri için kritik rüzgar geliş açıları,  $0^\circ$ ,  $225^\circ$  ve  $345^\circ$  olmaktadır. Bu bölgedeki minimum pik basınçlar, ortalama basınçlardan %30 civarında daha düşük olmaktadır. En büyük sırt minimum pik basınç, normal saçaklı çatı durumu için  $345^\circ$  rüzgar geliş açısında  $-1.86$  değeriyle oluşmaktadır.  $\theta=0^\circ$  rüzgar geliş açısı durumunda, her üç saçak tipi için de çatıların tümü üzerindeki basınç alanları negatif olmaktadır. Çatıların ön kenarlarında beşik boyunca kritik olan bu etki çatıların arka kenarlarına doğru ilerledikçe azalmaktadır. En kritik basınç katsayısı değerleri çatı köşeleri ve çatı sırtı köşeleri yakınında oluşmaktadır. Yelkiran saçak boyunca saçak altı ve saçak üstü basınç dağılımları benzerlik göstermektedir.  $\theta=45^\circ$  rüzgar geliş açısı durumunda, her üç saçak tipi için de çatıların rüzgara göre arka bölgeleri, kritik emme etkisi açısından daha riskli olmakta, kritik değerler çatı köşeleri ve sırt köşeleri yakınında oluşmaktadır.  $\theta=90^\circ$  rüzgar geliş açısı durumunda, rüzgara doğrudan maruz kalan model ön duvarlarında ve çatı ön yüzeylerinin büyük bölümünde itme etkisi nedeniyle basınç dağılımları pozitif olmaktadır. Çatı sırtından itibaren akış ayrılması nedeniyle, çatı arka yüzeylerinde ve arka duvarlarda negatif basınç alanları oluşmaktadır. Saçaklar, çatı köşelerindeki emme yükünü arttırmakta; yelkiran saçığın normal saçağa göre %30, saçaksız duruma göre %70 daha kritik pik basınçlar oluşturduğu görülmektedir.



## 5. SEMBOLLER

$C_p$	Yüzey basınç katsayısı,
$C_{port}$	Ortalama yüzey basınç katsayısı
$C_{prms}$	RMS yüzey basınç katsayısı
$C_{pmax}$	Maksimum yüzey basınç katsayısı
$C_{pmin}$	Minimum yüzey basınç katsayısı
$H$	Model yüksekliği
$L$	Model uzunluğu
$P$	Yüzey basıncı
$P_s$	Atmosfer basıncı
$Re$	Reynolds sayısı
$U_\infty$	Serbest akış hızı
$W$	Model genişliği
$u$	Yatay doğrultudaki hız bileşeni
$\sqrt{u^2}$	Yatay doğrultuda türbülans hızı
$v$	Düşey doğrultuda hız bileşeni
$x$	Yatay koordinat
$y$	Düşey koordinat
$\delta$	Sınır tabaka kalınlığı
$\alpha$	Çatı eğimi
$\theta$	Rüzgar geliş açısı

## KAYNAKLAR

1. Bitsuamlak, G.T., Warsido, W., Ledesma, E., Chowdhury, A.G. (2013) Aerodynamic Mitigation of Roof and Wall Corner Suctions Using Simple Architectural Elements, *Journal of Engineering Mechanics*, 139, 396-408. doi: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000505
2. Case, P.C., Isyumov, N. (1998) Wind Loads on Low Buildings with 4:12 Gable Roofs in Open Country and Suburban Exposures, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 77-78, 107-118. doi: 10.1016/S0167-6105(98)00136-6
3. Davenport, A.G., Surry, D.J. (1974) The Pressures on Low Rise Structures in Turbulent Wind, *Canadian Structural Engineering Conference*, Ottawa, 1-39.
4. Ham, H.J., Bienkiewicz, B. (1998) Wind Tunnel Simulation of TTU Flow and Building Roof Pressure, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 77-78, 119-133. doi: 10.1016/S0167-6105(98)00137-8
5. Holman, J.P. (1994) *Experimental Methods for Engineers*, McGraw-Hill Book Company, NewYork.
6. Hoxey, R.P., Reynolds, A.M., Richardson, G.M., Robertson, A.P., Short, J.L. (1998) Observations of Reynolds Number Sensitivity in the Separated Flow Region on a Bluff Body, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 73, 231-249. doi: 10.1016/S0167-6105(97)00287-0
7. Gavanski, E., Kordi, B., Kopp, G.A., Vickery, P.J. (2013) Wind Loads on Roof Sheathing of Houses, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 114, 106–121. doi: 10.1016/j.jweia.2012.12.011

8. Ginger, J.D., Reardon, G.F., Whitbread, B.J. (2000) Wind Load Effects and Equivalent Pressures on Low-Rise House Roofs, *Engineering Structures*, 22, 638-646. doi: 10.1016/S0141-0296(99)00015-2
9. Ginger, J.D., Holmes J.D. (2003) Effect of Building Length on Wind Loads on Low-Rise Buildings with a Steep Roof Pitch, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91, 1377–1400. doi: 10.1016/j.weia.2003.08.003
10. Kanda, M., Maruta, E. (1993) Characteristics of Fluctuating Wind Pressure on Long Low-Rise Buildings with Gable Roofs, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 50, 173-182. doi: 10.1016/0167-6105(93)90072-V.
11. Kind, R.J. (1988) Worst Suctions Near Edges of Flat Rooftops with Parapets, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 31, 251-264. doi: 10.1016/0167-6105(88)90007-4
12. Meecham, D., Surry, D., Davenport, A.G. (1991) The Magnitude and Distribution of Wind-Induced Pressures on Hip and Gable Roofs, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 38, 257-272. doi: 10.1016/0167-6105(91)90046-Y
13. Parmentier, B., Hoxey, R., Buchlin, J. M., Corieri, P. (2002) The Assessment of Full-Scale Experimental Methods for Measuring Wind Effects on Low-Rise Buildings, COST Action C14, *Impact of Wind and Storm on City Life and Built Environment*, June 3-4, 2002, Nantes, France.
14. Prasad, D., Uliate, T., Ahmed, M.R. (2009) Wind Loads on Low-Rise Building Models with Different Roof Configurations, *Fluid Mechanics Research*, 36(3), 231-243.
15. Richardson, G.M., Hoxey, R.P., Robertson, A.P. Short, J.L. (1997) The Silsoe Structures Building: Comparisons of Pressures Measured at Full Scale and in two Wind Tunnels, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 72, 187-197. doi: 10.1016/S0167-6105(97)00274-2
16. Robertson, A.P. (1991) Effect of Eaves Detail on Wind Pressures over an Industrial Building, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 38, 325-333. doi: 10.1016/0167-6105(91)90051-W
17. Savory, E., Dalley, S., Toy, N. (1992) The Effects of Eaves Geometry, Model Scale and Approach Flow Conditions on Portal Frame Building Wind Loads, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 41-44, 1665-1676.
18. Stathopoulos, T. (1984) Wind Loads on Low-Rise Buildings with Various-Sloped Roofs, *Engineering Structures*, 23, 813-824.
19. Stathopoulos, T., Luchian, H. (1994) Wind-Induced Forces on Eaves of Low Buildings, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 52, 249-261. doi: 10.1016/0167-6105(94)90051-5
20. Uematsu, Y., Isyumov, N. (1999) Wind Pressures Acting on Low-Rise Buildings, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 82, 1-25. doi: 10.1016/S0167-6105(99)00036-7
21. Quan, Y., Tamura, Y., Matsui, M. (2007) Mean Wind Pressure Coefficients on Surfaces of Gable-Roofed Low-Rise Buildings, *Advances in Structural Engineering*, 10(3), 259-272. doi: 10.1260/136943307781422253