



Geleneksel Havalandırma Bacası Terminolojisine Yönelik Bir Değerlendirme

Araştırma Makalesi
Research Article

Zeynep ÖRGEV¹, Neslihan TÜRKMEÑOĞLU BAYRAKTAR²,

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, 41100, İzmit/Kocaeli, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0006-3266-3564 e-posta: zeyneporgev@gmail.com

² Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, 41100, İzmit/Kocaeli, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0003-0059-5721, e-posta: nturkmenoglu@kocaeli.edu.tr

ÖZ

Soğutma ihtiyacının fazla olduğu sıcak-kuru iklim bölgelerinde tercih edilen ve bazı bölgeler için geleneksel mimari kimliğin başat unsuru olarak öne çıkan yüksekliğe bağlı sıcaklık farkı ya da rüzgâr basınç kaynaklı dinamiklerin etkisiyle iç ortam soğutma, havalandırma ve nemlendirme amaçlı kurgulanmış, havalandırma bacalarının ulusal ve uluslararası literatürde farklı isimlerle tanımlandığı görülmektedir. Havalandırma bacaları, İran ve Mısır kaynaklı badgir (baudgeers) ve malkaf (malqaf), yapılan farklı çalışmalarda rüzgâr kulesi (wind tower), rüzgâr yakalayıcı (wind catcher), rüzgâr bacası (wind chimney), rüzgâr kepçesi (wind scoop) isimlerini almaktadır. Bölgesel farklılıklar ve çalışma prensiplerinin çeşitlenmesi nedeniyle türetilmiş olması muhtemel bu tanımlamaların karşılık geldiği havalandırma baca sisteminin belirlenmesi ve çalışma prensiplerinin değerlendirilmesi literatürde bu çerçevedeki kavram karışıklığını önlemek adına katkı sunabilecektir. Bu çalışma kapsamında ulusal ve uluslararası literatür çalışmaları üzerinden havalandırma bacalarının geçmişten günümüze form, çalışma prensibi değişimi ve isim farklılaşmasının dayandığı ilkelerin değerlendirilmesi ve bu bağlamda bir sınıflandırma oluşturulması hedeflenmiştir.

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 23 / 04 / 2023

Kabul 05 / 08 / 2023

ANAHTAR KELİMELEK

Doğal Havalandırma
Rüzgâr Kulesi
Rüzgâr Yakalayıcı
Badgir
Malkaf

An Evaluation of Traditional Ventilation Chimney Terminology

ABSTRACT

Ventilation chimneys, the primary factor of traditional architectural identity, and designed for cooling, ventilation, and moistening indoors by heat difference depending on height or dynamics resulting from wind pressure in hot-dry climates required for cooling are mentioned with various names in the literature. In different studies, ventilation chimneys, named badgir (baudgeers) and malkaf (malqaf) originating from Iran and Egypt have been named wind towers, windcatchers, wind chimneys, and wind scoops. Determining the ventilation chimney system corresponding to these definitions, which are likely to be derived due to regional differences and the diversification of working principles, and evaluating their working principles will contribute to preventing conceptual confusion in this framework in the literature. This study aims to evaluate the principles of the form, working principles change, and name differentiation of ventilation chimneys from past to present through national and international literature studies and to create a classification in this context.

ARTICLE HISTORY

Received 23 / 04 / 2023

Accepted 05 / 08 / 2023

KEYWORDS

Natural Ventilation
Wind Tower
Wind Catcher
Baudgeer
Malqaf

GİRİŞ

Enerji konusunun güncel hale geldiği günümüz koşullarında, enerji tüketiminin büyük kısmı yapılarda ısıtma, soğutma, havalandırma ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gerçekleşmektedir. Yaşamsal faaliyetlerin neden olduğu küresel ısınma, iklim değişikliği gibi sorunlar günümüzde yapılarda ısıtmadan çok soğutma ihtiyacını artırmaktadır. Buna bağlı olarak

soğutma yüklerini, enerji tüketimini azaltıp maliyetleri de düşürmek amacıyla sağlık açısından da olumsuz etkileri bulunmayan pasif soğutma yaklaşımlarının kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır (Abdallah Ali, 2021).

En temel ve etkin pasif soğutma yaklaşımlarından biri olan doğal havalandırma, mekanik bir sisteme ihtiyaç duyulmadan yapının açıklıkları vasıtasıyla sağlık ve konfor amaçlı iç mekân havasının sirkülasyonunu

sağlayarak optimal iç ortam mikro iklimsel konfor koşullarının oluşturulmasına imkân sunmaktadır (Küçükler, 2019 ve Kumar ve diğ., 2021). Doğal havalandırmada, hava sirkülasyonu rüzgâr basınç farkı ve/veya sıcaklık farkı etkisiyle gerçekleşmektedir. Rüzgâr etkisiyle oluşan basınç farkı, rüzgâr yönündeki artı basınç bölgesinden alınan taze havanın yapı içerisinde dolaşarak rüzgârın etkili olmadığı yöndeki açıklıklardan oluşan eksi basınç bölgesinden tahliye edilmesi prensibine dayanmaktadır. Sıcaklık farkına dayanan doğal taşınım etkisi ile havalandırmada ise yapı içerisindeki ısınmış havanın yükselerek üst kotta bulunan açıklıklardan dışarı çıkarılması ve onun yerine alt kottaki açıklıklardan serin ve temiz havanın mekâna alınması prensibi etkili olmaktadır (Habibzadeh, 2018, Çakmanus, 2005, Tsai, 2002 ve Lechner, 2015). Doğal havalandırmada, dış ortam sıcaklığına sahip hava akım kütleleri iç ortama girmektedir. Bu nedenle soğutma ihtiyacının fazla olduğu sıcak-kuru iklim bölgelerinde üst kotlarda bulunan yüksek hızlı dış ortam havasının iç mekâna alınmasını sağlayan havalandırma bacaları tercih edilmektedir. Havalandırma bacaları, farklı isimlere ve çalışma prensiplerine sahiptir. Adlandırılmadığı bu çeşitlilik, havalandırma bacalarının bölgesel adlandırmalarından ve farklı dillerden çevrilirken oluşan karışıklıklardan kaynaklanabilmektedir. Çalışmalarda ele alınan çalışma prensibi farklılıkları ise bu yapı bileşenlerinin günün farklı saatlerinde farklı prensiplerle çalışıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Farklı çalışma prensipleri, aynı zaman diliminde birbirini besleyerek de havalandırma ve soğutma ihtiyacını karşılayabilmektedir.

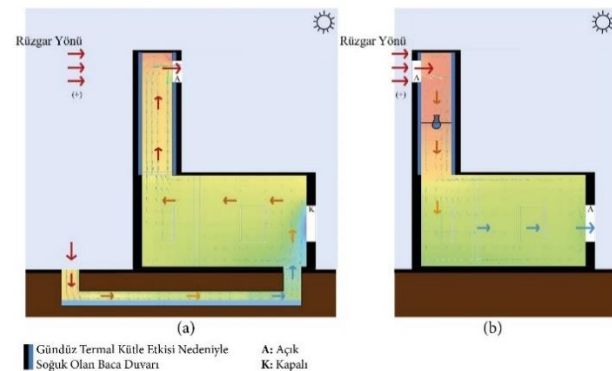
Bu çalışmada referans alınan havalandırma bacası ifadesi, basınç farkı ve sıcaklık farkı prensibi ile çalışan, tek yönlü, iki yönlü ve çok yönlü açıklıklara sahip olabilen, iklime ve boyuta göre farklılaşabilen tüm örneklerin birlikte ele alındığı genel bir tanımlama olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında, havalandırma bacalarının adlandırmalarındaki ve çalışma prensiplerindeki çeşitlilik literatür araştırmasından elde edilen veriler yoluyla değerlendirilmiştir. Literatür taraması, belirlenen anahtar kelimelerin Google Scholar, ScienceDirect, ProQuest platformlarında taranması ve kütüphane araştırmaları ile gerçekleştirilmiştir. Havalandırma bacalarının adlandırılmasına yönelik literatür araştırması üzerinden yapılan bu çalışmada havalandırma bacalarının geleneksel bir sistem olması ve özellikle eski kaynaklarda detaylı bilgilerin bulunması nedeniyle kaynakların yayın tarihiyle ilgili bir sınırlama yapılmamıştır. Buna ek olarak, güncel olarak ifade edebileceğimiz kaynaklarda da detaylı bilgiler olmakla birlikte bu bilgilerin önemli bir kısmı araştırma kapsamında ele alınan eski kaynaklardan (Michell, 1978, Al-Megren, 1987, Gut ve Ackerknecht, 1993 ve Mahyari, 1996) elde edilmiştir. Literatür araştırması kapsamında 57 kaynak ele alınmıştır. Bu çalışmalar üzerinden havalandırma bacalarının isim farklılaşması ihtiyacını doğuran etkenlerin ortaya konulması ve bu sistemlerin sınıflandırılmasına yönelik bir çalışma yapılması hedeflenmiştir.

MİMARİ KİMLİK UNSURU OLARAK HAVALANDIRMA BACALARI

Karakatsanis ve diğ. (1986), Bahadori (1994), Noble (2007), Roaf ve diğ. (2009) ve Afshin ve diğ. 'nin (2016) tanımına göre havalandırma bacaları (wind catcher), üst kotlarda bulunan daha hızlı ve daha az partikül içeren havanın mekân içerisine alınarak havalandırma ve soğutma ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Zarandi'nin (2009) tanımına göre ise havalandırma bacaları (wind catcher) kerpiç veya tuğladan yapılmış örnekleri ile öne çıkan ve sıcaklık farkı prensibinin etkili olduğu doğal konveksiyon ile havalandırma ve soğutma sağlayan doğal havalandırma sistemlerindedir. Genellikle sıcak-kuru iklime sahip bölgelerde tercih edilse de sıcak-nemli iklimde de kullanılabilir (Zarandi, 2009). Sıcak-kuru iklim bölgelerinde kullanılan havalandırma bacaları, özellikle gündüzleri soğutma etkisinin artırılması için buharlaşma yoluyla soğutma ile birlikte kullanılabilir (Bahadori, 1994, Hughes ve diğ., 2012, Suleiman, 2012, Lechner, 2015 ve Goudarzi ve Mostafaeipour, 2017).

Havalandırma Bacalarının Tarihsel Süreci ve Sınıflandırılması

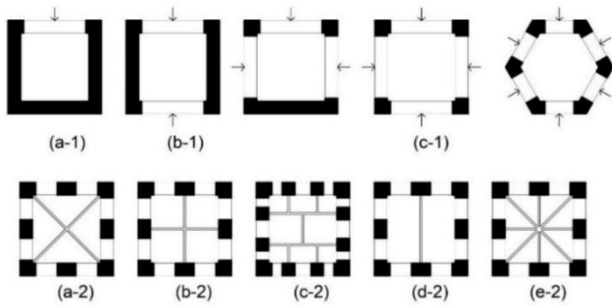
Havalandırma bacalarının tarihsel süreci incelendiğinde, Antik Dönem'den itibaren Ortadoğu başta olmak üzere birçok bölgede kullanıldığı yönünde buluntular olmakla beraber kökeninin İran ve Mısır'a ait olduğu ifade edilmektedir (Bahadori, 1978, Bahadori, 1979, Knauer, 1990, Bahadori, 1994, Mahyari 1996, Calautit 2013 ve Bahadori ve diğ., 2014). Genellikle konut yapılarında tercih edilen havalandırma bacalarının, birçoğunun "eyvan" olarak adlandırılan üç tarafı kapalı, bir tarafı avluya açık olan mekânların, bir kısmının ise yapıların yazlık bölümleri, bodrumları ve odaları gibi kapalı alanların havalandırma ve soğutma ihtiyacını sağlamak amacıyla kullanıldığı görülmektedir (Mahyari 1996). Havalandırma bacalarının, bazı örneklerinde hava sıcaklığını düşürmek ve kullanıcıyı daha fazla serinletmek amacıyla yeraltı su kanallarıyla bağlantılı yapıldığı görülmekle birlikte (Şekil 1-a) bazı örneklerinde de buharlaşma yolu ile soğutma için baca içerisine testi veya nem pedleri konulduğu uygulamalarla karşılaşılmaktadır (Şekil 1-b) (Ali ve Özer, 2012 ve Passe ve Battaglia, 2015).



Şekil 1. Rüzgâr bacası buharlaşmalı soğutma eklentileri: (a) Yeraltı su kanalları, (b) Baca içerisinde su testisi, Örgev ve Bayraktar'dan (2022) uyarlanmıştır.

Günümüzde, Calautit'in (2013) çalışmasında görülebileceği gibi geleneksel tipolojideki havalandırma bacalarına havalandırma ve buharlaşma etkinliğini artırma amaçlı mekanik sistem eklentileri yapılarak da bacaların iç mekân konfor koşullarına etkisi artırılabilir (Calautit,2013).

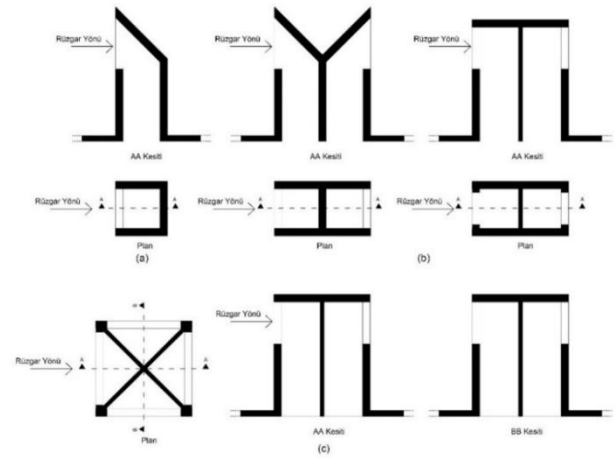
İran ve Mısır başta olmak üzere Orta Doğu için geleneksel mimari kimlik unsuru olarak öne çıkan havalandırma bacaları, literatürde tek yönlü, iki yönlü, çok yönlü olmak üzere açıklık yönleri bakımından; çok yönlü havalandırma bacaları ise +, X, I, H, K şeklinde olmak üzere plan düzenlerine göre sınıflandırılmaktadır (Mahyari, 1996, Zarandi, 2009 ve Ghadiri ve diğ., 2011) (Şekil 2).



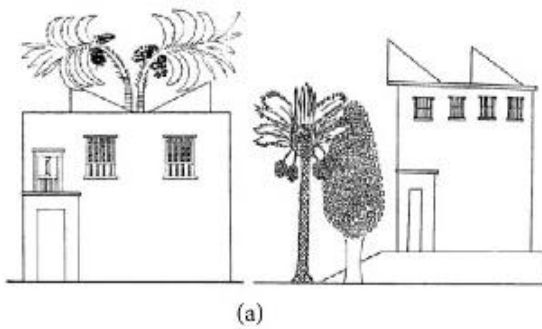
Şekil 2. Havalandırma bacalarının sınıflandırılması: Açıklık yönlerine göre, (a-1) Tek yönlü havalandırma bacası, (b-1) İki yönlü havalandırma bacası, (c-1) Çok yönlü havalandırma bacası. Plan düzenlerine göre, (a-2) 'X' şeklinde, (b-2) '+' şeklinde, (c-2) 'H' şeklinde, (d-2) 'T' şeklinde, (e-2) 'K' şeklinde, Habıbzadeh' den (2018) uyarlanmıştır.

Tek yönlü bacalar, hâkim rüzgâr yönünde konumlandırılan tek açıklığa ve eğimli çatıya sahiptir (Şekil 3-a). Tek yönlü havalandırma bacaları bir adet kullanılabildiği gibi birden fazla mekânda da kullanılabilmektedir (Bahadori ve diğ., 2014, Kleiven, 2003, Al-Megren, 1987, Fardeheb, 2007). Bazı kaynaklarda birbirine ters yönde veya aynı yönde konumlandırılan iki adet tek yönlü havalandırma bacasının kullanıldığı da görülmektedir (Rudofsky, 1964, Al-Megren, 1987, Mahyari, 1996, El-Shorbagy, 2010) (Şekil 4-a). Bunlardan farklı olarak Nejat ve diğ.'nin (2019) çalışmasında dört adet tek yönlü havalandırma bacasının

kullanıldığı bir görsel bulunmaktadır (Şekil 4-b). Havalandırma performansı açısından daha verimli olan iki yönlü bacalar karşılıklı konumlandırılan açıklıklar ile havalandırma ve soğutma sağlamaktadır (Şekil 3-b). Belirli bölgeler dışında çok tercih edilmeyen üç yönlü havalandırma bacaları, en az iki yerden rüzgârı alabilecek şekilde tasarlanmaktadır. En fazla tercih edilen dört yönlü havalandırma bacaları, dikey shaftlarla bölünmekte ve her yönden rüzgâr akışı sağlanmaktadır (Şekil 3-c). Genellikle konut yapılarında bir adet havalandırma bacası yer aldığı görülmektedir. Ancak Hughes ve diğ.'nin (2012) çalışmasında avlu ile entegre olan dört havalandırma bacasının kullanımı da görülmektedir (Şekil 4-c). Bu kullanımda, havalandırma bacaları tekil olarak değil birbirlerini tamamlayacak şekilde çalışmaktadır. Bir bacanın rüzgâr yönündeki baca üstü açıklığından içeri alınan hava diğer bacanın rüzgâr yönünde olmayan baca üstü açıklığından tahliye edilmektedir. Havalandırma bacalarının dikey iç bölücülerinin uzunlukları da bacaların birlikte çalışmasını destekleyecek ölçüdedir (Hughes ve diğ., 2012).



Şekil 3. Tüm Açıklıkların Açık Olduğu Durumda Havalandırma Bacalarının Plan ve Kesit Gösterimi: (a) Tek yönlü Havalandırma Bacası, (b) İki Yönlü Havalandırma Bacası, (c) Dört Yönlü Havalandırma Bacası.



Şekil 4. Farklı Açıklık Yön ve Sayıdaki Havalandırma Bacası Örnekleri: (a) Tek Yönlü İki Adet Havalandırma Bacası, (b) Tek Yönlü Dört Adet Havalandırma Bacası, (c) Dört Yönlü Dört Adet Havalandırma Bacası, (Rudofsky, 1964, Al-Megren, 1987, Nejat ve diğ. 2019, Hughes ve diğ. 2012).

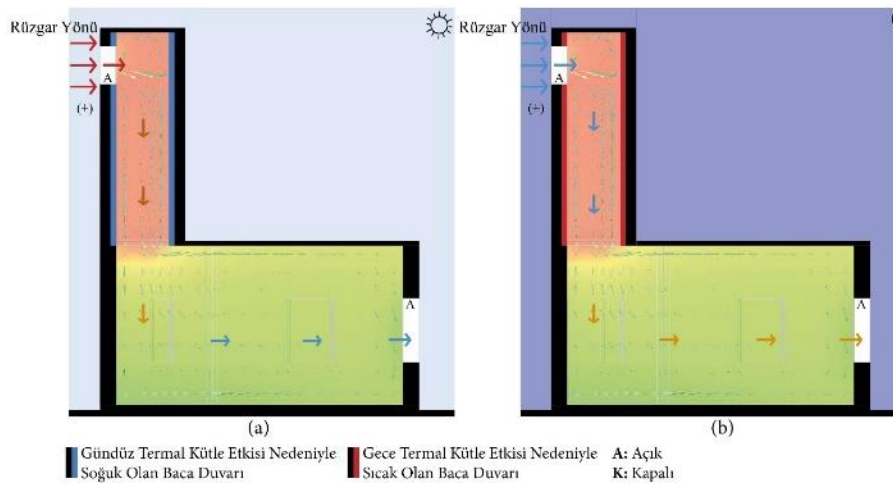
Çok yönlü havalandırma bacaları, altıgen ve sekizgen biçimlerde yapılan daha karmaşık bir sisteme sahiptir (Ghadiri ve diğ., 2011, Melikoğlu ve Bekleyen, 2021 ve Habıbzadeh, 2018). Konut yapılarının haricinde sarnıç, cami, kervansaray gibi kamusal yapılarda da havalandırma bacaları kullanılabilir (Khalaj, 2018, Mahyari, 1996, Noroozi, 2019, Abdallah Ali, 2021). Yapılan çalışmalar incelendiğinde sarnıç yapılarında genellikle çok yönlü ve dört havalandırma bacasının kullanıldığı görülmektedir (Mahyari, 1996, Abdallah Ali, 2021, Bahadori ve diğ., 2014, Maleki, 2011, Ghadiri ve diğ., 2011, Ghaemmaghami ve Mahmoudi, 2005, Bahadori, 1978, Bahadori, 1979).

Havalandırma Bacalarının Çalışma Prensipleri

Havalandırma bacalarıyla havalandırma ve soğutma ihtiyacının giderildiği tüm durumlarda rüzgâr basınç farkı ve/veya sıcaklık farkı prensibi etkin olmaktadır. Bu iki çalışma prensibi genellikle eşzamanlı etkinlik göstererek birbirini desteklemekle birlikte farklı zamanlarda tekil olarak da etkin olabilmektedir (Kleiven, 2003 ve Moghaddam, 2011). Literatürde, havalandırma bacalarının rüzgârın etkin olmadığı durumlarda sıcaklık farkı ile havalandırma ve soğutma ihtiyacını giderdiği belirtilmektedir (Bahadori, 1994, Kilci, 2005, Foruzanmehr, 2018, Habıbzadeh, 2018 ve Nejat ve diğ., 2019). Havalandırma bacalarının etkinliğinin ve havalandırma performansının, her iki prensipte de temel olarak açıklık durumlarıyla ilişkili olduğu ve rüzgâr etkisinin sürekli olduğu düşünülmektedir. Sıcak-kuru iklim için gece – gündüz farkı ve açıklık durumları değerlendirildiğinde oluşan iç hava hareketi dağılımında oluşabilecek alternatif durumlar Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmektedir.

Tek yönlü havalandırma bacalarının çalışma prensibi, farklı konumlarda ve yüksekliklerde bulunan iki açıklık söz konusu olması nedeniyle çapraz havalandırmaya benzemekte ve çapraz havalandırma olarak da değerlendirilebilmektedir (Kleiven, 2003). Tek yönlü

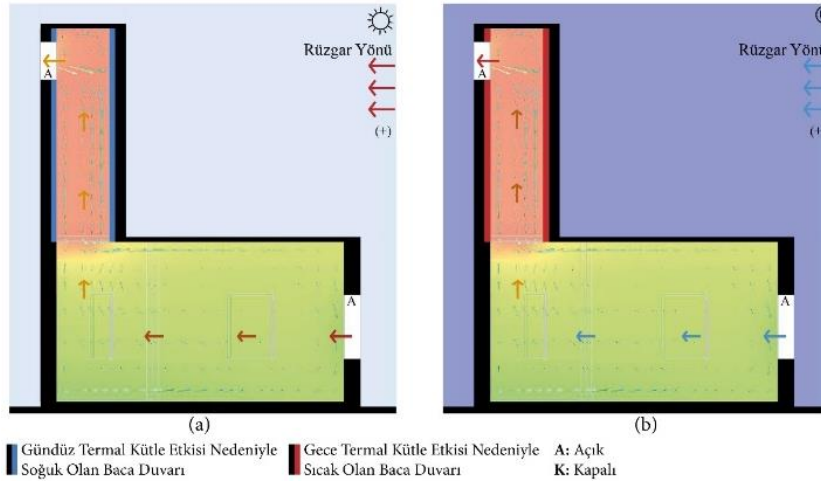
havalandırma bacalarındaki hava sirkülasyonu, rüzgâr yönüne bağlı olarak havanın baca üstü açıklıktan alınıp yapı alt kot cephe ve/veya çatı kotu açıklıklarından tahliye edilmesi ya da yapı alt kot cephe açıklıklarından alınıp baca üstü açıklıktan tahliye edilmesi ile gerçekleşebilir. Rüzgârın baca açıklığının olduğu yönden geldiği durumda, gündüz süresince tek yönlü havalandırma bacalarıyla, rüzgâr yönündeki artı basınç bölgesindeki temiz ve hızlı hava baca üstü açıklıktan içeri alınmaktadır. Masif elemanlarla inşa edilmiş baca konstrüksiyonunda termal kütlelerin zaman geciktirmesine bağlı olarak iç yüzey sıcaklıkları dış ortam havasına göre daha düşüktür. Böylece, bacadan içeri giren hava akımlarının sıcaklığı da nispeten daha düşük baca iç yüzey sıcaklıkları etkisiyle düşmektedir. Soğuyan havanın yoğunluğunun artarak çökmesi ve mekâna aktarılacak yapının rüzgâr etkisinde olmayan eksi basınç bölgesi açıklıklarından tahliye edilmesi ile havalandırma ihtiyacı giderilmektedir (Şekil 5-a). Gece saatlerinde ise sıcak kuru iklim bölgelerinin karakteristik özelliği olarak dış ortam sıcaklığı düşmektedir. Bu nedenle gece havalandırması, gün içerisinde yüksek sıcaklıklar etkisi ile ısı depolamış yapı kabuğunun soğutulması ve hava hareketi hızı ile iç mekân kullanıcılarının serinletilmesi için gerekli olmaktadır. Doğal havalandırma ve soğutma etkisi baca sistemleri ile daha etkin hale getirilebilmektedir. Gece süresince tek yönlü havalandırma bacalarıyla, rüzgâr yönündeki artı basınç bölgesindeki baca üstü açıklıktan alınan temiz ve hızlı havanın yapının alt kotlardaki rüzgâr etkisinde olmayan eksi basınç bölgesi açıklıklarından tahliye edilmesi ile hava sirkülasyonu sağlanmaktadır (Şekil 5-b). Geceleri baca duvarlarının termal kütle etkisi nedeniyle sıcak olmasının havanın üst kotlara çıkması yönünde bir etkisi olacaktır ancak rüzgâr etkisiyle oluşan basınç farkının baskın olması ve sıcaklık farkının ikincil itici güç olması nedeniyle hava akış yönünde bir değişiklik olmayacaktır.



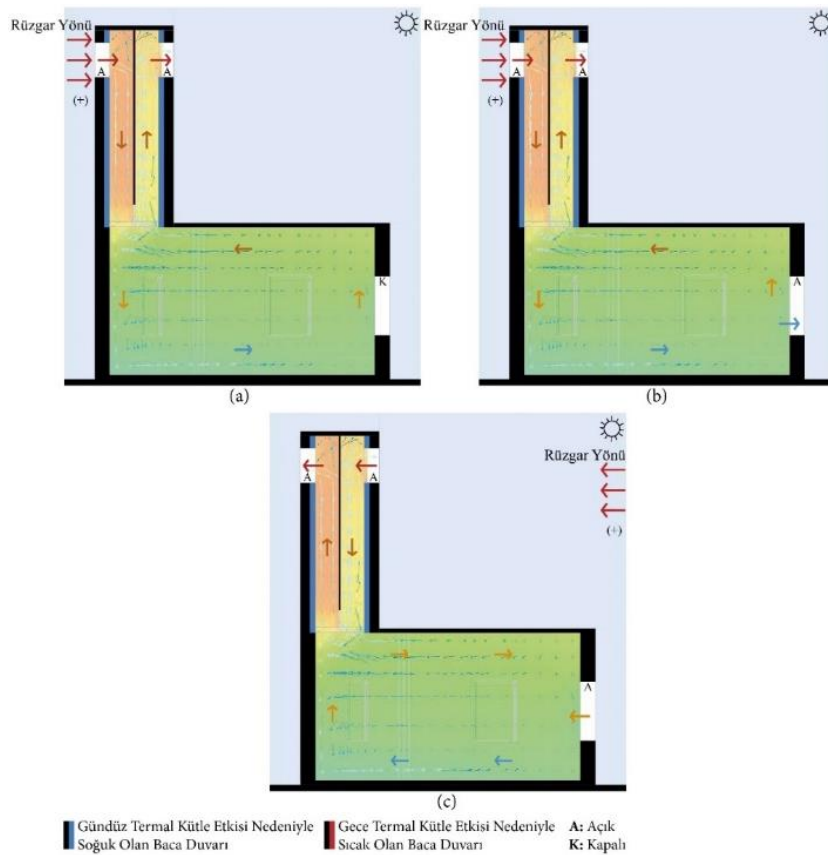
Şekil 5. Rüzgârın Baca Açıklığının Olduğu Yönden Geldiği Durumda Havalandırma Bacası Çalışma Prensipleri: (a) Gündüz Süresince Tek Yönlü Bacalardaki Doğal Havalandırma, (b) Gece Süresince Tek Yönlü Bacalardaki Doğal Havalandırma, Bahadori (1979), Hughes ve diğ. (2012) ve Kilci’den (2005) uyarlanmıştır.

Rüzgârın yapı açıklığının olduğu yönden geldiği durumda ise gündüz süresince tek yönlü havalandırma bacalarıyla, rüzgâr yönündeki artı basınç bölgesindeki dış ortam havası yapı açıklıklarından içeri alınması ve mekânda dağılarak yapının rüzgâr etkisinde olmayan eksi basınç bölgesi baca üstü açıklıktan tahliye edilmesi ile havalandırma sağlanmaktadır (Şekil 6-a). Gece süresince ise, rüzgâr

yönündeki artı basınç bölgesindeki yapı açıklıklarından alınan soğuk dış ortam havasının mekânda dolaşması, termal kütle etkisi nedeniyle ısı depolamış olan baca duvarları nedeniyle ısınarak yükselmesi ve rüzgâr etkisinde olmayan eksi basınç bölgesindeki baca üstü açıklıktan tahliye edilmesi ile havalandırma ihtiyacı giderilmektedir (Şekil 6-b).



Şekil 6. Rüzgârın Yapı Açıklığının Olduğu Yönden Geldiği Durumda Havalandırma Bacası Çalışma Prensipleri: (a) Gündüz Süresince Tek Yönlü Bacalardaki Doğal Havalandırma, (b) Gece Süresince Tek Yönlü Bacalardaki Doğal Havalandırma.



Şekil 7. Havalandırma bacası çalışma prensipleri: (a) Gündüz süresince yapı açıklığının kapalı olduğu durumda iki yönlü bacalardaki doğal havalandırma, (b) Gündüz süresince yapı açıklığının açık olduğu durumda iki yönlü bacalardaki doğal havalandırma, (c) Rüzgâr yönünde pencere açıkken iki yönlü bacayla doğal havalandırma, Bahadori (1979), Hughes ve diğ. (2012) ve Kilci'den (2005) uyarlanmıştır.

Ahşap elemanlar ile dikey olarak bölünen iki yönlü ve çok yönlü bacalarda, baca üstü rüzgâr yönündeki açıklıktan alınan dış havanın iç mekânda sirkülasyonunun ardından açıklık durumuna göre pencere boşluğu veya baca üstü açıklıktan tahliye edildiği konfigürasyonlar bulunmaktadır. İki ve çok yönlü havalandırma bacalarıyla, yapı açıklığının kapalı olduğu durumda rüzgâr yönündeki artı basınç bölgesindeki baca üstü açıklıklardan alınan temiz ve hızlı havanın mekân içerisinde dolaşımından sonra rüzgâr etkisinde olmayan eksi basınç bölgesindeki baca üstü açıklıklardan tahliye edilmesi ile havalandırma ve soğutma gereksinimi karşılanmaktadır (Şekil 7-a). Yapı açıklığının açık olması durumunda ise rüzgâr yönündeki artı basınç bölgesindeki baca üstü açıklıklardan alınan temiz ve hızlı havanın büyük çoğunluğu rüzgâr etkisinde olmayan eksi

basınç bölgesindeki yapı açıklığından, bir kısmı ise rüzgâr etkisinde olmayan eksi basınç bölgesindeki baca üstü açıklıklardan tahliye edilecektir (Şekil 7-b). İki ve çok yönlü havalandırma bacalarının farklı yönlerdeki rüzgârlara açık olması nedeniyle her zaman rüzgâr etkisinde olan bir baca üstü açıklık bulunmaktadır. Rüzgârın alt kottaki yapı açıklığının olduğu yönden etki etmesi durumunda da hem rüzgâr etkisindeki baca üstü açıklıktan hem de yapı açıklığından içeri hava akımları alınmaktadır. Mekân içerisine dağılan hava rüzgâr etkisinde olmayan baca üstü açıklıktan/açıklıklardan tahliye edilmektedir (Şekil 7-c). Gece – gündüz gerçekleşen hava akımı sirkülasyon biçimleri ve ikincil itici güç olan sıcaklık farkı, iki ve çok yönlü bacalarda da tek yönlü bacalarda olduğu gibi etki etmektedir.

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE GELENEKSEL HAVALANDIRMA BACALARININ ADLANDIRILMASI

Havalandırma bacalarının tarihi süreci ele alındığında farklı tanımlamalara sahip oldukları görülmektedir. Havalandırma bacaları, çalışma prensipleri ve yayıldığı bölgelerdeki özgün tasarımları nedeniyle çeşitlenmektedir. Bu çeşitlilik;

- Havalandırma bacalarının formlarına yönelik farklı adlandırmalardan,
- Aynı formun ülkeler arası ya da aynı ülke içerisindeki bölgesel değişiklikler nedeniyle farklı isimlerle tanımlanmasından,
- Havalandırma bacası ve yapı içerisindeki hava sirkülasyon biçimlerinin değişiminden,
- İklimsel koşullara uyum sağlamak üzere farklılaşmasından kaynaklanabilmektedir.

Örneğin, bölgesel olarak en eski örneklerinin görüldüğü İran'da badgir (baudgeers), Mısır'da malkaf (malqaf); yapılan farklı çalışmalarda rüzgâr kulesi (wind tower), rüzgâr yakalayıcı (wind catcher), rüzgâr bacası (wind chimney), rüzgâr kepçesi (wind scoop) olarak adlandırılmaktadır.

Yayın tarihiyle ilgili bir sınırlandırma yapılmadan gerçekleştirilen literatür araştırmasında havalandırma bacalarının adlandırılması, bulunduğu bölgeler, çalışma prensibi, iklim tipi ve teknik özellikleri gibi bilgilerin yer aldığı 57 kaynak incelenmiş (Çizelge 1) ve bu kaynaklar üzerinden çizelgeler oluşturulmuştur (Çizelge 2 ve Çizelge 3).

Çizelge 2'de, çalışmaların yayımlandıkları ülkelere, havalandırma bacalarının kullanıldığı iklime ve adlandırılmasına ilişkin bilgilere yer verilmiş ve bu bilgilere göre değerlendirme yapılmıştır. Çizelge 3'te ise kaynaklardaki bilgiler, detaylı olarak değerlendirilerek bu bilgiler doğrultusunda oluşturulan, havalandırma bacalarının adlandırılması, bulunduğu bölge, iklim tipi, geometrisi, açıklık yönü, açıklık sayısı, iç bölünmesi, baca içi hava akışı, kule konumu, sayısı, iniş noktası, bağlandığı mekanlar, entegre soğutma sistemi, hava giriş konumu, hava çıkış konumu, konumlandığı çatı formu, çalışma prensibi başlıkları altında ele alınmıştır. Çizelgelerin uzunluğu nedeniyle her iki çizelgenin de bir kısmı eklenmiştir.

Çizelge 1: Literatür Araştırması Kapsamında Ele Alınan Tüm Kaynaklar.

KAYNAKLAR			
Gut ve Ackerknecht, 1993	Kleiven, 2003	Montazeri ve Azizian, 2008	Montazeri ve diğ., 2010
Sayigh, 2014	Asfour, 2006	Soltani ve diğ., 2018	Rabeharivelo ve diğ., 2021
Lechner, 2015	Mahyari, 1996	Pirhayati ve diğ., 2013	Tolba, 2014
Allard ve Ghiaus, 2005	Al-Shaali, 2006	Maleki, 2013	Maleki, 2011
Bahadori ve diğ., 2014	Al-Megren, 1987	Jomehzadeh ve diğ., 2020	Foruzanmehr, 2012
Michell, 1978	Algburi, 2018	Moghaddam ve diğ., 2011	El-Shorbagy, 2010
Allard, 2002	Abdallah Ali, 2021	Mohamadabadi ve diğ., 2018	Mahdavejad ve diğ., 2013
Passe ve Battaglia, 2015	Jomehzadeh ve diğ., 2017	Grosso ve Ahmadi, 2016	Chenari ve diğ., 2016
Fathy, 1973	Bahadori, 1994	Ahmadikia ve diğ., 2013	Saadatian ve diğ., 2012
Foruzanmehr, 2018	Bekleyen ve Melikoğlu, 2019	Abdallah Ali ve Kurtay, 2021	Bahadori, 1978
Elzaidabi, 2008	Dehghani-sanij ve diğ., 2015	Dehnavi ve diğ., 2012	Nejat ve diğ., 2019
Noroozi, 2019	Zarandi, 2009	Melikoğlu ve Bekleyen, 2021	Kavraz, 2017
Calautit, 2013	Obeidat ve diğ., 2021	Ali ve diğ., 2012	Ghadiri ve diğ., 2011
Khalaj, 2018	Hosseini ve diğ., 2016	Kianersi ve Ahmadi, 2012	Ghaemmaghami ve Mahmoudi, 2005 Fardeheb, 2007

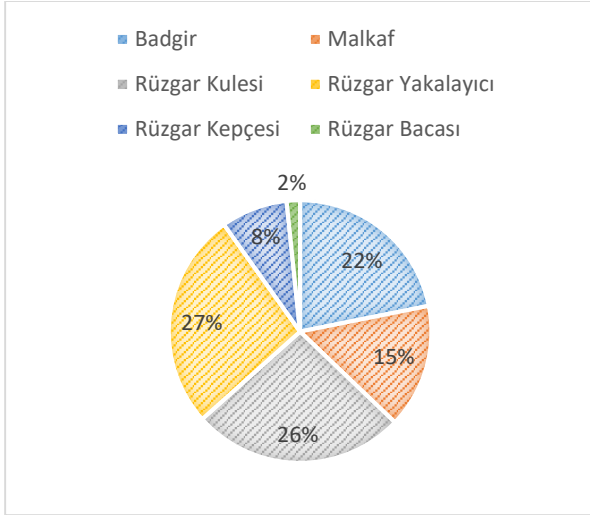
Çizelge 2: Literatürün Genel İncelemesi.

YAYIN TÜRÜ	REFERANS	YAYINLANAN ÜLKE	İKLİM	ADLANDIRMA					
				BADGİR (BAUDGEERS)	MALKAF (MALQAF)	RÜZGÂR KULESİ (WIND TOWER)	RÜZGÂR YAKALAYICI (WIND CATHER)	RÜZGÂR KEPÇESİ (WIND SCOOP)	RÜZGÂR BACASI (WIND CHIMNEY)
KİTAP	Gut ve Ackerknecht, 1993	İsviçre	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli	X	X	X	X		X
	Sayigh, 2014	İngiltere	Sıcak-Kuru	X		X	X		
	Lechner, 2015	Kanada	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli			X		X	
	Allard ve Ghiaus, 2005	İngiltere	Sıcak-Kuru	X	X	X	X		
	Bahadori ve diğ., 2014	İsviçre	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli	X	X	X	X	X	
	Michell, 1978	İngiltere	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli	X	X	X	X	X	
	Allard, 2002	İngiltere	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli	X	X	X	X		
	Passe ve Battaglia, 2015	İngiltere	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli	X		X	X		
	Fathy, 1973	ABD	Sıcak-Kuru		X		X		
	Foruzanmehr, 2018	İngiltere	Sıcak-Kuru	X	X	X	X	X	
TEZ	Elzaidabi, 2008	İngiltere	Sıcak-Kuru			X	X		
	Noroozi, 2019	Yunanistan	Sıcak-Kuru	X	X	X	X		
	Calautit, 2013	İngiltere	Sıcak-Kuru, Sıcak Nemli	X	X	X	X	X	
	Khalaj, 2018	Avusturya	Sıcak-Kuru	X	X		X		
	Kleiven, 2003	Norveç	Sıcak-Kuru	X		X		X	
	Asfour, 2006	İngiltere	Sıcak-Kuru	X	X	X	X		X

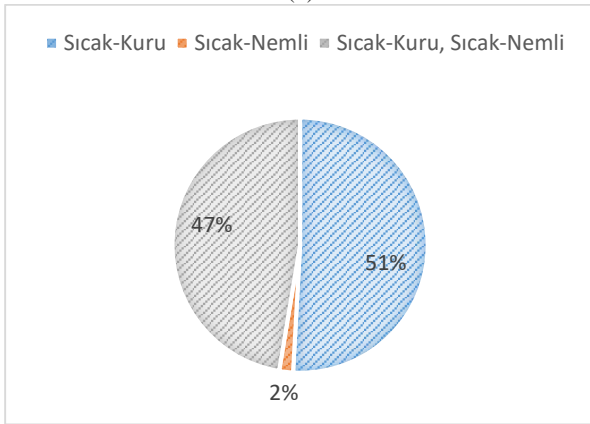
Çizelge 3: Literatürün Detaylı İncelemesi.

Referans	Adlandırma	Bulunduğu Bölge	İklim Tipi	Geometri	Açıklık Yönü	Açıklık Sayısı	Bacanın İç Bölünmesi	Baca İçi Hava Akışı	Baca Konumu	Baca Sayısı	Baca İniş Noktası	Bacanın Bağlandığı Mekanlar	Entegre Soğutma Sistemi	Hava Giriş Konumu	Hava Çıkış Konumu	Bacanın Konumlandığı Çatı Formu	Çalışma Prensibi	
Foruzanmehr, 2018	Badgîr	İran, Irak, Basra Körfezi		Kare, Dikdörtgen, Sekizgen	Hâkim Rüzgâr Yönü		Çok Sayıda Şaft					Yazlık Oda	Buharlaştırma Soğutma, Yeraltı Kanalları	Yapı Açıklığı, Avlu, Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası; Yapı Açıklığı; Avlu		Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Malkaf	Mısır																
	Rüzgâr Kulesi					Çok Yönlü	4 İç Şaft											
	Rüzgâr Yakalayıcı	İran, Afganistan, Pakistan, Basra Körfezi, Dubai			Hâkim Rüzgâr Yönü							Yazlık Oda	Buharlaştırma Soğutma, Yeraltı Kanalları	Yapı Açıklığı, Avlu, Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası; Yapı Açıklığı; Avlu		Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Rüzgâr Kepeçesi			Kare		Tek Yönlü	4 İç Şaft											
	Bating	Suriye																
Mungh	Pakistan																	
Calautit, 2013	Badgîr					Çok Yönlü		İki Yönlü										
	Malkaf				Hâkim Rüzgâr Yönü	Tek Yönlü								Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası; Yüksek Tavan Açıklığı		
	Rüzgâr Kulesi	İran, Ortadoğu	Sıcak-Kuru		Hâkim Rüzgâr Yönü	Çok Yönlü; Tek Yönlü	Tek; İki; Dört İç Şaft	Tek Yönlü; İki Yönlü					Buharlaştırma Soğutma	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası	Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Rüzgâr Yakalayıcı				Hâkim Rüzgâr Yönü	Tek Yönlü; İki Yönlü												
	Rüzgâr Kepeçesi		Sıcak-Kuru			Tek Yönlü												
Bahadori ve diğ., 2014	Badgîr	Ortadoğu, Mısır, İran, Irak	Sıcak-Kuru; Sıcak-Nemli	Dikdörtgen, Sekizgen		Çok Yönlü; Tek Yönlü	Farklı Bölümler Var						Buharlaştırma Soğutma, Yeraltı Kanalları	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası; Yapı Açıklığı		Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Malkaf	Mısır		Dikdörtgen	Kuzeybatı	Tek Yönlü								Havalandırma Bacası	Yüksek Tavan Açıklığı		Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Rüzgâr Kulesi	Ortadoğu, Mısır	Sıcak-Kuru														Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Rüzgâr Yakalayıcı	Mısır	Sıcak-Kuru		Hâkim Rüzgâr Yönü	Tek Yönlü			Her odada olabilir			Kapalı Mekân		Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı		Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Rüzgâr Kepeçesi	Afganistan, Pakistan			Kuzey	Tek Yönlü										Kubbe; Teras Çatı		
Khalaj, 2018	Badgîr	Irak, Arap Ülkeleri, Basra Körfezi	Sıcak-Kuru; Sıcak-Nemli	Kare, Dikdörtgen	Hâkim Rüzgâr Yönü	Tek Yönlü; Çok Yönlü	Tek Şaft, V Şeklinde Şaft	Tek Yönlü	Kuzey Cephesi		Bodrum Kat; Diğer Katlar	Kapalı Mekân; Eyvan; Rüzgâr Odası	Buharlaştırma Soğutma				Rüzgâr Basıncı	
	Malkaf	Mısır	Sıcak-Kuru	Kare, Dikdörtgen	Hâkim Rüzgâr Yönü veya Ters	Tek Yönlü	Tek Şaft	Tek Yönlü		Tek ya da İki Tane		Kapalı Mekân; Eyvan	Başka bir Malkaf, Buharlaştırma Soğutma	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası; Yüksek Tavan Açıklığı		Rüzgâr Basıncı	
	Rüzgâr Yakalayıcı	Ortadoğu, İran, Afganistan	Sıcak-Kuru; Sıcak-Nemli	Kare, Dikdörtgen	Hâkim Rüzgâr Yönü	Çok Yönlü; Tek Yönlü	Farklı Bölümler Var	Tek Yönlü; İki Yönlü		Her odada olabilir	Bodrum Kat; Diğer Katlar		Buharlaştırma Soğutma	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası; Avlu; Eyvan	Teras Çatı; Kubbe	Rüzgâr Basıncı ve Sıcaklık Farkı	
	Mangh	Pakistan		Kare	Güney; Güneybatı; Batı	Tek Yönlü			Mekân Köşe Noktası		Tüm Katlar	Kapalı Mekân; Eyvan		Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı			

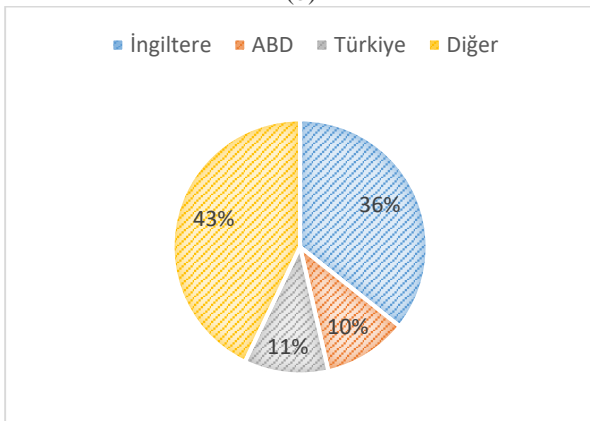
Çizelge 2'deki veriler referans alınarak badgir, malkaf, rüzgâr kulesi, rüzgâr yakalayıcı, rüzgâr kepeçesi ve rüzgâr bacası adlandırmalarının ele alınan kaynaklarda hangi oranlarda geçtiği, bu kaynaklarda rüzgâr kulelerinin hangi iklim türlerinde tercih edildiği ve çalışmaların hangi ülkelerde yayınlandığına dair bilgilerle grafikler oluşturulmuştur (Şekil 8).



(a)



(b)



(c)

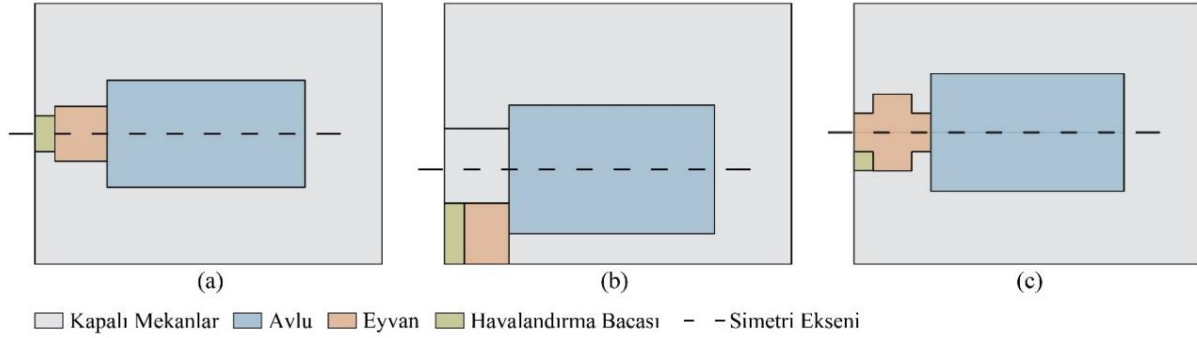
Şekil 8. (a) Havalandırma Bacalarının Literatürdeki İsimlerinin Kullanım Oranları, (b) Farklı İklim Bölgeleri İçin Literatürde Farklı Türde Havalandırma Bacalarının Yer Alma Oranı, (c) Farklı Ülkeler İçin Literatürde Havalandırma Bacalarının Yer Alma Oranı.

Bu veriler, havalandırma bacalarının genellikle sıcak – kuru iklimde (%51) kullanılsa da sıcak-kuru, sıcak – nemli iklimlerde de önemli bir oranda (%47) tercih edildiğini göstermektedir. Ayrıca havalandırma bacaları Ortadoğu'ya ait bir sistem olmasına karşın yapılan araştırmalar yayınlandıkları ülkeler üzerinden ele alındığında çalışmaların %36 oran ile en fazla İngiltere'de, %11 oran ile Türkiye'de ve %10 oran ile ABD'de yayınlandığı görülmektedir. Yayın yerleri Batı ülkeleri olsa da yayın sahiplerinin %70'inin Ortadoğu ülkelerinden araştırmacılar olduğu tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak, adlandırmada en fazla %27 oranıyla rüzgâr yakalayıcı, %22 oranıyla badgir ve %26 oranıyla rüzgâr kulesi ifadelerinin kullanıldığını görülmektedir.

Çizelge 3'te yer alan bilgiler doğrultusunda havalandırma bacalarının adlandırılması, bulunduğu bölge ve iklim tipi, baca içi hava sirkülasyon biçimi, baca biçimi ve teknik özellikleri şeklindeki alt başlıklara göre değerlendirilebilir. Bu başlıklar altında ele alınan adlandırmaların her biri birden fazla başlıkla ilişkili olduğundan başlıkların da birbirine bağlı oldukları ve birbirini destekledikleri söylenebilir. Bu durum, iklimin kültürel farklılıkların oluşmasında etkili olması ve bu farklılıkların biçimi etkilemesi, dolayısıyla da hava akışının farklı şekillerde oluşması şeklinde açıklanabilir. Havalandırma bacaları, Gut ve Ackerknecht (1993), Bahadori ve diğ. (2014), Allard (2002), Passe ve Battaglia (2015), Al-Megren (1987), Abdallah Ali ve Kurtay (2021) ve Abdallah Ali'nin (2021) yaptıkları çalışmalarda ifade ettikleri gibi genellikle sıcak – kuru iklimlerde tercih edilen ancak sıcak – nemli iklimlerde de kullanıldığı görülen bir yapı bileşenidir. Havalandırma bacalarının bazı tiplerinin sıcak – nemli iklimlerde, sıcak – kuru iklimlere kıyasla daha etkili olduğu ifade edilirken belirli bir tipoloji belirtmeksizin daha az etkili olduğunu belirten kaynaklar da bulunmaktadır (Allard, 2002 ve Mitchell, 1978). Ayrıca Ghaemmaghami ve Mahmoudi (2005), Maleki (2011), Dehnavi ve diğ. (2012), Maleki (2013), Sayigh (2014), Dehghani-sanij ve diğ. (2015) ve Lechner (2015), havalandırma bacalarına entegre edilen buharlaşma yolu ile soğutmanın (evaporatif soğutma) sıcak – kuru iklimler için tercih edildiğini belirtmiştir. Al-Megren (1987), yaptığı çalışmada sıcak – nemli iklim bölgelerinde İran'a özgü havalandırma bacasının uygulandığını ancak iklim dolayısıyla genellikle bodrum katın bulunmaması nedeniyle havalandırma bacalarının birinci veya ikinci kattaki odalar ile bağlantılı olduğunu ifade etmiştir. Buna ek olarak sıcak – nemli iklim özelliği gösteren bazı bölgelerde hâkim rüzgârı çapraz alacak şekilde konumlandırılan, tek açıklıklı ve eğimli üst örtüye sahip havalandırma bacalarının kullanıldığını belirtilmiştir (Al-Megren, 1987 ve Lechner, 2015). İklimsel koşulların değişimi havalandırma bacasının yapı malzemesini, tasarımını ve işleyişini farklılaştırmakta ancak bu değişimlerin birçoğu adlandırmaya net bir biçimde yansımamaktadır (Bahadori ve diğ., 2014). İklimsel farklılıklardan biri olan hâkim rüzgâr yönünün, miktarının ve hızının baca içerisindeki hava sirkülasyon biçimini etkilemesi ve buna bağlı olarak baca formunun değişmesi literatürdeki isim farklılıklarında önemli etkenlerdir.

Hâkim rüzgâr yönünün sabit olduğu bölgelerde tek açıklıklı havalandırma bacaları, değişken olduğu yerlerde ise iki veya çok yönlü havalandırma bacaları tercih edilmektedir (Lechner, 2015). Havalandırma bacaları Zarandi (2009) ve Khalaj'ın (2018) çalışmalarında dış cephe ile bağlantılı olarak simetri ekseninde bulunan eyvanın arka kısmında (Şekil 9-a), yapının köşe

noktasında bulunan eyvanın arka tarafında (Şekil 9-b) ve simetri ekseninde bulunan eyvanın köşe noktasında (Şekil 9-c) olmak üzere plan düzleminde üç farklı biçimde konumlandırılmaktadır. Ancak havalandırma bacalarının plan düzlemindeki konumu da adlandırmaya yansımayan değişkenlerden biridir.



Şekil 9. Havalandırma Bacalarının Plan Düzlemindeki Konumları, (a) Simetri Ekseninde ve Eyvanın Arka Tarafında Konumlandırılmış Havalandırma Bacası, (b) Yapının Köşe Noktasında Bulunan Eyvanın Arka Tarafında Konumlandırılmış Havalandırma Bacası, (c) Simetri Ekseninde ve Eyvanın Köşe Noktasında Konumlandırılmış Havalandırma Bacası, Zarandi'den (2009) uyarlanmıştır.

Havalandırma Bacalarının İsim Farklılıkları

Badgir, literatür araştırması kapsamında incelenen 57 çalışmanın 40'ında kullanılan bir adlandırmadır. Badgir ifadesi ele alındığı 40 çalışmanın 10'unda çok yönlü havalandırma bacaları olarak tanımlanmaktadır. Buna

karşın kaynakların 12'sinde ise tek yönlü/çok yönlü havalandırma bacaları için badgir adlandırması kullanılmıştır (Çizelge 4). Bunlara ek olarak Bahadori (1994), badgir olarak tanımladığı havalandırma bacalarının yıllar içerisinde farklı isimler ile ifade edildiğini belirtmiştir.

Çizelge 4: Badgir (Baudgeer) Adlandırmasının Literatür Kapsamında Değerlendirilmesi.

BADGİR (BAUDGEER)			
Çok Yönlü Havalandırma Bacaları		Tek Yönlü /Çok Yönlü Havalandırma Bacaları	
Michell (1978)	Asfour (2006)	Al-Megren (1987)	Khalaj (2018)
Mahyari (1996)	Al-Shaali (2006)	Montazeri ve Azizian (2008)	Noroozi (2019)
Allard (2002)	El-Shorbagy (2010)	Ghadiri ve diğ. (2011)	Jomehzadeh ve diğ. (2020)
Kleiven (2003)	Algburi (2018)	Maleki (2011)	Abdallah Ali ve Kurtay (2021)
Allard ve Ghiaus (2005)	Abdallah Ali (2021)	Saadatian ve diğ. (2012)	Melikoğlu ve Bekleyen (2021)
		Bahadori ve diğ. (2014)	Rabeharivelo ve diğ.'nin (2021)

Malkaf adlandırması incelenen 57 kaynağın 28'inde kullanılmaktadır. Malkaf ele alındığı 28 kaynağın 17'sinde tek yönlü, 3'ünde ise tek yönlü / çok yönlü havalandırma bacaları olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 5). Allard (2002), Al-Megren (1987), Calautit (2013), Khalaj (2018), Melikoğlu ve Bekleyen (2021), El-Shorbagy (2010) ve Abdallah Ali ve Kurtay (2021) yaptıkları çalışmalarda

malkaf teriminin tek yönlü, hâkim rüzgâr yönüne dönük havalandırma bacaları olduğunu belirtmektedir. Bahadori, Dehghani-sanij ve Sayigh (2014), Mahyari (1996), Al-Megren (1987) ve Abdallah Ali (2021) ise malkafın kuzeybatı rüzgarının etkisiyle havalandırma ve soğutma sağlayan tek yönlü havalandırma bacaları olduğunu ifade etmiştir.

Çizelge 5: Malkaf (Malqaf) Adlandırmasının Literatür Kapsamında Değerlendirilmesi.

MALKAF (MALQAF)		
Tek Yönlü Havalandırma Bacaları		Tek Yönlü /Çok Yönlü Havalandırma Bacaları
Bahadori ve diğ. (2014)	Abdallah Ali (2021)	Noroozi (2019)
Michell (1978)	Pirhayati ve diğ. (2013)	
Allard (2002)	Abdallah Ali ve Kurtay (2021)	
Calautit (2013)	Melikoğlu ve Bekleyen (2021)	Obeidat ve diğ. (2021)
Khalaj (2018)	Rabeharivelo ve diğ.'nin (2021)	
Asfour (2006)	El-Shorbagy (2010)	
Mahyari (1996)	Kavraz (2017)	Nejat ve diğ. (2019)
Al-Megren (1987)	Fardeheb (2007)	
Algburi (2018)		

Rüzgâr kulesi adlandırması Sayigh (2014), Al-Megren (1987), Obeidat ve diğ. (2021), Bahadori (1994), Mohamadabadi ve diğ. (2018), Dehnavi ve diğ. (2012), Kianersi ve Ahmadi (2012), Tolba (2014), Mahdavinejad ve diğ. (2013), Bahadori (1978), Soltani ve diğ. (2018), Grosso ve Ahmadi (2016), Dehghani-sanij ve diğ. (2015) ve Bahadori ve diğ. (2014) tarafından genel bir tanımlama

olarak kullanılmaktadır. Rüzgâr kulesi adlandırması, ele alınan 57 kaynağın 48'inde kullanılmaktadır. Bu 48 kaynağın 12'sinde tek yönlü/çok yönlü havalandırma bacalarını ifade etmektedir. Bunlardan farklı olarak, incelenen 48 kaynağın 5'inde sadece çok yönlü havalandırma bacaları için kullanılan bir terim olduğu belirtilmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6: Rüzgâr Kulesi (Wind Tower) Adlandırmasının Literatür Kapsamında Değerlendirilmesi.

RÜZGÂR KULESİ (WIND TOWER)		
Çok Yönlü Havalandırma Bacaları	Tek Yönlü /Çok Yönlü Havalandırma Bacaları	
Michell (1978)	Mahyari (1996)	Soltani ve diğ. (2018)
Kleiven (2003)	Ghaemmaghami ve Mahmoudi (2005)	Algburi (2018)
Allard ve Ghiaus (2005)	Calautit (2013)	Noroozi (2019)
Lechner (2015)	Dehghani-sanij ve diğ. (2015)	Abdallah Ali (2021)
Foruzanmehr (2018)	Grosso ve Ahmadi (2016)	Melikoğlu ve Bekleyen (2021)
	Kavraz (2017)	Rabeharivelo ve diğ. (2021)

Allard ve Ghiaus (2005), rüzgârdan yararlanan bacaları rüzgâr yakalayıcı olarak ifade etmektedir. Rüzgâr yakalayıcı ifadesi, incelenen 57 kaynağın 49'unda kullanılmaktadır. Rüzgâr yakalayıcı adlandırılması, 49 kaynağın 6'sında tek yönlü, 2'sinde çok yönlü, 13'ünde ise

tek yönlü/çok yönlü havalandırma bacaları olarak ele alınmaktadır (Çizelge 7). Farklı özellikler söz konusu olmasına karşın aynı adlandırmanın kullanılmasının nedeni rüzgâr yakalayıcının genel bir tanımlama olarak kullanılmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 7: Rüzgâr Yakalayıcı (Wind Catcher) Adlandırmasının Literatür Kapsamında Değerlendirilmesi.

RÜZGÂR YAKALAYICI (WIND CATCHER)			
Tek Yönlü Havalandırma Bacaları	Çok Yönlü Havalandırma Bacaları	Tek Yönlü /Çok Yönlü Havalandırma Bacaları	
Michell (1978)	Sayigh (2014)	Mahyari (1996)	Jomehzadeh ve diğ. (2017)
Al-Megren (1987)		Montazeri ve Azizian (2008)	Khalaj (2018)
Asfour (2006)		Moghaddam ve diğ. (2011)	Noroozi (2019)
El-Shorbagy (2010)	Passe ve Battaglia (2015)	Maleki (2013)	Bekleyen ve Melikoğlu (2019)
Bahadori ve diğ. (2014)		Pirhayati ve diğ. (2013)	Jomehzadeh ve diğ. (2020)
Algburi (2018)		Dehghani-sanij ve diğ. (2015)	Abdallah Ali (2021)
		Hosseini ve diğ. (2016)	

Michell (1978) ve Fardeheb (2007) çalışmalarında tek açıklıklı ve eğimli üst örtüye sahip havalandırma bacalarını rüzgâr kepçesi olarak adlandırmaktadır. Fardeheb (2007), Lenchner (2015) rüzgâr kepçesinin Mısır kökenli olduğunu belirtirken Michell (1978), Mahyari (1996) ve Bahadori ve diğ. (2014) Pakistan ve Afganistan'a ait olduğunu belirtmektedir. Chenari ve diğ. (2016) rüzgâr kepçesini Basra Körfezi'nde kullanılan tek yönlü havalandırma bacaları olarak tanımlarken, El-Shorbagy (2010) İran ve Basra Körfezi'nde kullanılan çok yönlü bacalar olduğunu belirtmektedir. Bunlara ek olarak Fardeheb (2007) rüzgâr kepçesinin malkaf, Fathy (1973), Michell (1978), Bahadori ve diğ. (2014) ve Algburi (2018) ise rüzgâr yakalayıcı olarak da adlandırıldığını ifade etmektedir.

Rüzgâr bacası, birçok kaynakta hiç geçmemekle birlikte Gut ve Ackerknecht (1993) tarafından çatıda yer alan rüzgâr yakalayıcı olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr bacası, Gut ve Ackerknecht (1993) ve Ali ve Özer'in (2012)

çalışmasında tek yönlü/çift yönlü bacalar olarak ele alınmaktadır. Asfour (2006) çalışmasında havalandırma bacalarının, yapı açıklıklarının olduğu yönden rüzgâr etki ettiği durumda rüzgâr bacası olarak çalışan tek yönlü bacalar olduğunu ifade etmektedir.

Bunlara ek olarak bazı kaynaklarda farklı adlandırmalar tamamen aynı özellikteki havalandırma bacaları için kullanılmaktadır. Örneğin, literatürde yapılan 57 çalışmanın 2'si badgir, malkaf, rüzgâr kulesi ve rüzgâr yakalayıcı adlandırmalarının aynı özellikteki havalandırma bacalarını tanımladığını ifade etmektedir. Yapılan çalışmaların 6'sı, badgir, rüzgâr kulesi ve rüzgâr yakalayıcı adlandırmalarının birbirine eş olduğunu belirtmektedir. Yapılan bir çalışmada, badgir, malkaf ve rüzgâr yakalayıcı adlandırmalarını eş anlamlı olarak kullanmaktadır. Ele alınan 3 çalışmada ise, rüzgâr kulesi ve rüzgâr yakalayıcı adlandırmalarının aynı özellikteki bacalar için kullanıldığı görülmektedir (Çizelge 8).

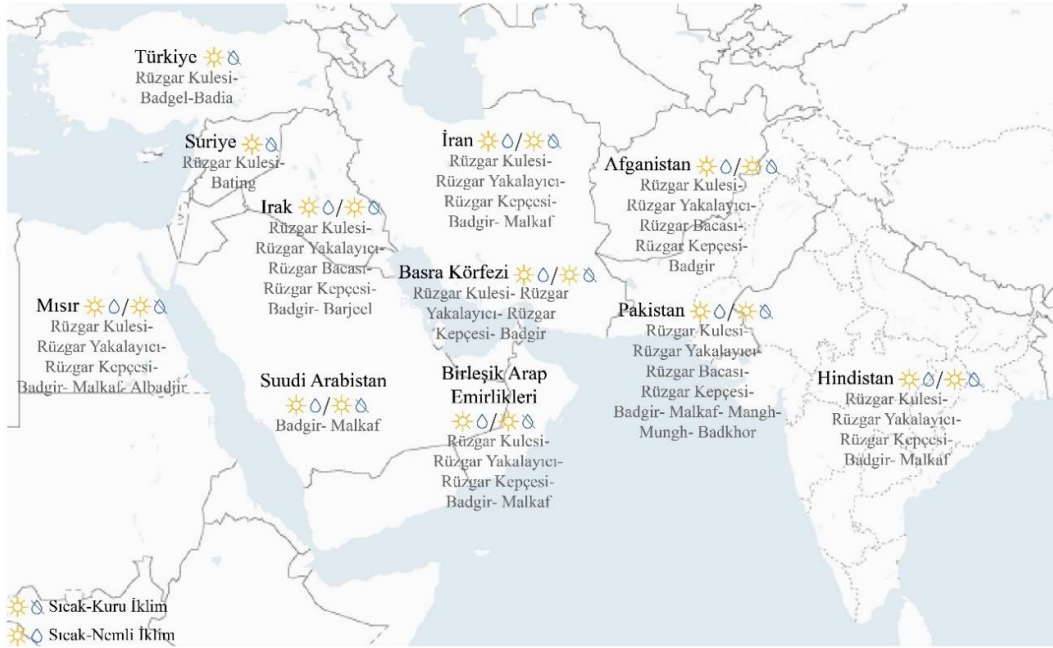
Çizelge 8: Aynı Özellikteki Havalandırma Bacaları İçin Kullanılan Farklı Adlandırmalar.

B = M = RK = RY	B = RK = RY	B = M = RY	RK = RY
Abdallah Ali ve Kurtay (2021)	Bahadori (1994)	Nejat ve diğ. (2019)	Dehnavi ve diğ. (2012)
Obeidat ve diğ. (2021)	Montazeri ve diğ. (2010)		Tolba (2014)
	Ghadiri ve diğ. (2011)		Rabeharivelo ve diğ. (2021)
	Ahmadikia ve diğ. (2013)		
	Sayigh (2014)		
	Passe ve Battaglia (2015)		
* B = Badgir (Baudgeer), M = Malkaf (Malqaf), RK = Rüzgâr Kulesi (Wind Tower), RY = Rüzgâr Yakalayıcı (Wind Catcher)			

Havalandırma Bacalarının Buldukları Bölgelerin Adlandırmaya Yansması

Havalandırma bacaları ve dış ortam – iç mekân arasında oluşan hava akımı sirkülasyon biçimleri, bacaların açıklık yönlerine göre değişiklik göstermektedir. Tek yönlü bacalarda hava akışı giriş veya çıkış doğrultusu olarak tek yönde gerçekleşmektedir. Çok yönlü havalandırma bacalarında ise baskın rüzgâr etkilerine bağlı olarak kule içinde hava sirkülasyonu eşzamanlı olarak farklı yönlerde olabilir. Bu durumda, baca havanın aynı zaman diliminde hem giriş hem de çıkış yaptığı bir sirkülasyonun parçasıdır. Havalandırma bacalarının biçimlerinin adlandırmaya yansması da bacanın açıklık yönü ve bulunduğu iklim ile ilişkili olduğu gibi kültürel ve mimari

birikimin bacaya yansıtılmasıyla da ilişkilidir. Biçimlerin ve süslemelerin hâkim rüzgâr yönüne ve kültüre göre değiştiği bilinmekle birlikte bacayı yapan kişiye, bacanın yapıldığı evin sahibine ve statüsüne göre de değişebildiği görülmektedir (Noroozi, 2019). Bu değişiklikler havalandırma bacalarının adlandırılmasına yansmakta ve farklı bölgeler ve farklı biçimler söz konusu olmasına rağmen aynı terimlerle adlandırma yapılabilmektedir. Bu duruma örnek olarak, açıklık sayısı ve bölge değişmesine karşın Mısır, İran ve Irak için badgir tanımlamalarının kullanılması gösterilebilir (Bahadori ve diğ., 2014). Havalandırma bacalarının farklı bölgelerdeki adlandırmaları ve iklim özellikleri Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Havalandırma Bacalarının Adlandırılmasına Yönelik Harita.

Havalandırma bacalarının adlandırılmasının ve biçimlerinin, ülkelerin iklimsel ve kültürel özelliklerine göre değiştiği de görülmekte ve bu değişiklikler Şekil 11’de gösterilmektedir.

	İRAN (a)	TÜRKİYE - İRAK (b)	MISIR (c)	AFGANİSTAN (d)	PAKİSTAN (e)	SURİYE (f)
Perspektif						
Plan						
Kesit						
Adlandırma	Rüzgar Kulesi, Rüzgar Yakalayıcı, Rüzgar Kepeçesi, Badgir, Malkaf	Türkiye: Rüzgar Kulesi, Badgel, Badia Irak: Rüzgar Kulesi, Rüzgar Yakalayıcı, Rüzgar Bacası, Rüzgar Kepeçesi, Badgir, Barjeel	Rüzgar Kulesi, Rüzgar Yakalayıcı, Rüzgar Kepeçesi, Badgir, Malkaf, Albadjir	Rüzgar Kulesi, Rüzgar Yakalayıcı, Rüzgar Bacası, Rüzgar Kepeçesi, Badgir	Rüzgar Kulesi, Rüzgar Yakalayıcı, Rüzgar Bacası, Rüzgar Kepeçesi, Badgir, Malkaf, Mangh, Badkhor	Rüzgar Kulesi, Bating
İklim Tipi	Sıcak-Kuru, Sıcak-Nemli	Türkiye: Sıcak-Kuru Irak: Sıcak-Kuru, Sıcak-Nemli	Sıcak-Kuru, Sıcak-Nemli	Sıcak-Kuru, Sıcak-Nemli	Sıcak-Kuru, Sıcak-Nemli	Sıcak-Kuru
Rüzgar Yönü	Her Yönden Rüzgara Açık	Türkiye: Hakim Rüzgar Yönü Irak: Hakim Rüzgar Yönü	Hakim Rüzgar Yönü	Hakim Rüzgar Yönü	Hakim Rüzgar Yönü	Hakim Rüzgar Yönü
Açıklık Yönü	Çok Yönlü (Genellikle) / Tek Yönlü	Türkiye: Tek Yönlü Irak: Tek Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü
Ek Soğutma Sistemi	Buharlaşmalı Soğutma, Yeraltı Kanalları	Türkiye: - Irak: Buharlaşmalı Soğutma	Buharlaşmalı Soğutma	-	-	-
Bağlandığı Mekan / Kat	Bodrum Kat, Kapalı Mekan, Eyvan	Türkiye: Eyvan Irak: Bodrum Kat, Kapalı Mekan, Eyvan	Kapalı Mekan	Kapalı Mekan, Rüzgar Odası	Kapalı Mekan	Kapalı Mekan

Şekil 11. Havalandırma Bacalarının Ülkelere Göre Adlandırılması ve Özellikleri, Mahyari (1996)’dan uyarlanmıştır.

Havalandırma bacaları, ortaya çıkış bölgesi olarak bilinen İran'da Farsça bir kelime olan badgir ile ifade edilmektedir (Mahyari, 1996, Allard ve Ghiaus, 2005, Sayigh, 2014, Bahadori ve diğ., 2014, Noroozi, 2019, Al-Megren, 1987). Kapalı mekânlara bağlı olabildiği gibi genellikle eyvana bağlanan badgirler çok yönlü havalandırma bacalarıdır ve iki yönlü akış gerçekleşmektedir (Mahyari, 1996, Allard, 2002). Bahadori ve diğ. (2014), İran havalandırma bacalarını tek açıklıklı, iki açıklıklı ve çok açıklıklı olarak sınıflandırmıştır (Şekil 11-a).

Irak havalandırma bacaları da badgir olarak adlandırılmaktadır (Bahadori ve diğ., 2014). Bahadori ve diğ. (2014) ve Al-Megren (1987), yeraltına kadar inen tek şafta sahip, tek yönlü ve 45° üst örtüsü olan bir havalandırma bacasını badgir olarak tanımlamıştır (Şekil 11-b).

Türkiye'deki havalandırma bacalarının varlığına oldukça az sayıda çalışmada değinilmektedir (Melikoğlu ve Bekleyen, 2021, Kianersi ve Ahmadi, 2012 ve Bekleyen ve Melikoğlu, 2019). Kianersi ve Ahmadi (2012) Türkiye'deki havalandırma bacalarının rüzgâr kulesi olarak, Melikoğlu ve Bekleyen (2021) ve Bekleyen ve Melikoğlu (2019) ise badgel veya badia olarak adlandırıldığını belirtmektedir. Melikoğlu ve Bekleyen (2021) ve Bekleyen ve Melikoğlu (2019) havalandırma bacalarını (badgel, badia) hâkim rüzgâr yönünde konumlandırılan, eyvan ile bağlantılı, tek yönlü havalandırma bacaları olarak tanımlamış ve Şanlıurfa ilinde kullanılan bir sistem olduğunu ifade etmiştir (Şekil 11-b). Şanlıurfa'da bulunan havalandırma bacası Şekil 12'de gösterilmektedir.



Şekil 12. Şanlıurfa Havalandırma Bacası Örneği (Bekleyen ve Melikoğlu, 2019).

Mısır'a ait havalandırma bacaları malkaf olarak adlandırılmakta ve tek açıklıklı hâkim rüzgâr yönüne dönük bacalar olarak tanımlanmaktadır (Allard, 2002, Al-Megren, 1987, Mahyari, 1996). Mahyari (1996) ve Al-Megren (1987), malkafın yüksek tavanlı bir salon ile desteklenen tek taraflı bir havalandırma bacası olarak açıklamaktadır. Noroozi (2019) ise diğerlerinden farklı olarak malkafın, 'sabsabil' olarak adlandırılan su

kaynağına bağlı, dalgalı bir mermer levha ile birleştirilmiş iki yönlü havalandırma bacası olduğunu belirtmektedir. Lenchner (2015), Mısır havalandırma bacalarını rüzgâr kepçesi olarak tanımlamıştır (Şekil 11-c). Bu tanımlamayı, tek yönlü havalandırma bacalarını rüzgâr kepçesi, çok yönlü havalandırma bacalarını rüzgâr kulesi olarak ele aldığı için yaptığı düşünülebilir.

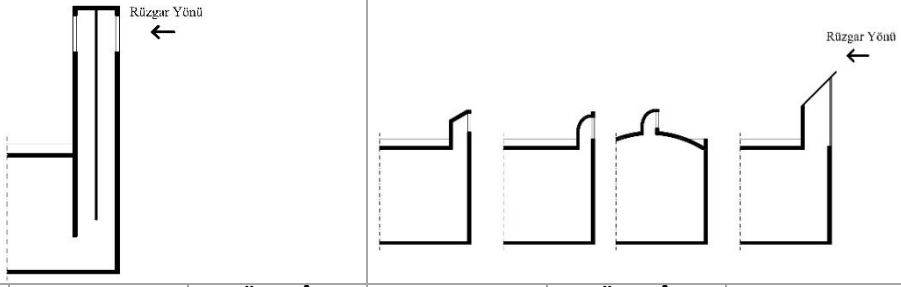
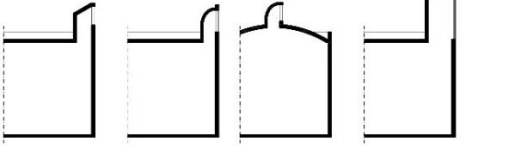
Afganistan havalandırma bacaları ise, hâkim rüzgâr yönüne uygun olarak hemen hemen her odaya yerleştirilen, kubbeli bir çatı üzerinde bulunan ve eğimli olması nedeniyle rüzgârı iç ortama doğru yönlendiren sistemlerdir. Bu sistemler rüzgâr kepçesi veya rüzgâr yakalayıcı olarak tanımlanmaktadır (Mahyari, 1997, Al-Megren, 1987, Michell, 1978, Bahadori ve diğ., 2014) (Şekil 11-d).

Pakistan havalandırma bacaları, ele alınan kaynaklarda rüzgâr kepçesi, rüzgâr yakalayıcı ve badgir olmak üzere farklı adlandırmalara sahiptir (Mahyari, 1996, Al-Megren, 1987, Bahadori ve diğ., 2014, Michell, 1978). Pakistan havalandırma bacaları, güçlü bir hâkim rüzgâr yönü olması nedeniyle hava akımlarını çapraz alacak şekilde konumlandırılan, tek açıklıklı ve eğimli bir üst örtüye sahip, rüzgâr etkisinde olmayan kısmında baca duvarının devam ettiği havalandırma bacalarıdır (Lenchner, 2015, Bahadori ve diğ., 2014, Mahyari, 1997) (Şekil 11-e).

Belirlenen Değişkenler Doğrultusunda Havalandırma Bacalarının Sınıflandırılması

Yapılan literatür araştırması, havalandırma bacalarının adlandırılmasındaki temel farklılığın bölgesel etkiler ve açıklık sayısı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu farklılıklar dikkate alınarak havalandırma bacalarının adlandırılmasına yönelik bir çizelge oluşturulmuştur (Çizelge 9). Çizelge 9'da açıklık sayısına göre tek yönlü ve çok yönlü olmak üzere iki ana grupta ele alınan havalandırma bacalarının bölgesel etkiler nedeniyle aynı özellikte olmasına karşın farklı adlandırmalarla ifade edildiği görülmektedir. Havalandırma bacalarının yüksekliği bulunduğu yapının ölçeğiyle ve yapı sahibinin statüsüyle ilişkilidir. Çok yönlü havalandırma bacaları 1m – 5m aralığında bir yüksekliğe sahiptir ancak yapı ölçeği ve statü etkisi nedeniyle 5m'yi geçebilmektedir. Tek yönlü havalandırma bacalarının genellikle 3m'den az yüksekliğe sahip olduğu görülmektedir. Pakistan havalandırma bacalarının 5m'ye kadar yüksek olması nedeniyle yükseklik ile ilgili net bir ayırım yapılamamaktadır. Ancak bir genelleme yapılacak olursa çok yönlü olan badgir ve rüzgâr kulesinin, tek yönlü olan malkaf, rüzgâr yakalayıcı ve rüzgâr kepçesine göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Rüzgâr bacası adlandırması birçok kaynaktan ele alınmaması ve ele alındığı kaynaklardan yeterli bilgi edinilememesi nedeniyle oluşturulan çizelgeye dahil edilmemiştir.

Çizelge 9: Havalandırma Bacalarının Farklı Parametreler Doğrultusunda Sınıflandırması.

HAVALANDIRMA BACALARI							
DEĞİŞKENLER	Kesit Görselleri						
		BADGİR (Baudgeers)	RÜZGÂR KULESİ (Wind Tower)	RÜZGÂR BACASI (Wind Chimney)	MALKAF (Malqaf)	RÜZGÂR YAKALAYICI (Wind Catcher)	RÜZGÂR KEPÇESİ (Wind Scoop)
Açıklık Sayısı	Çok Yönlü	Çok Yönlü	Tek Yönlü / Çok Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	
Bulunduğu Bölgeler	İran	İran, Irak, Dubai, Katar, Cezayir, Basra Körfezi	Ortadoğu, Mısır, Afganistan, Irak, İran, Pakistan	Mısır	Mısır, Irak, Afganistan, Hindistan	Pakistan	
Yüksekliği (Mahyari, 1996)	1m – 5m	1m – 5m	-	< 3m	1.5m - 3m	< 5m	
Geometrisi	Kare, Dikdörtgen, Altıgen, Sekizgen, Silindirik	Kare, Dikdörtgen, Altıgen, Sekizgen, Silindirik	Kare, Dikdörtgen, Altıgen, Sekizgen	Kare, Dikdörtgen	Kare, Dikdörtgen	Kare, Dikdörtgen	
İç Bölümleri	X, +, H, I, K	X, +, H, I, K	X, H, I	-	-	-	
İç Hava Akışı	İki Yönlü	İki Yönlü	Tek Yönlü/ İki Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	
Hava Giriş Açıklıkları	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası	Havalandırma Bacası, Yapı Açıklığı	Havalandırma Bacası, Yapı Açıklığı	Havalandırma Bacası, Yapı Açıklığı	Havalandırma Bacası, Yapı Açıklığı	
Hava Çıkış Açıklıkları	Yapı Açıklığı, Avlu, Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı, Avlu, Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı, Avlu, Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı, Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı, Havalandırma Bacası	Yapı Açıklığı, Havalandırma Bacası	

DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Bu çalışmada literatürde havalandırma bacalarına yönelik terminoloji farklılıklarının ve bunlara etki eden faktörlerin ortaya konulması ve elde edilen veriler ile bir sınıflandırma yapılması hedeflenmiştir. Havalandırma bacaları, doğal havalandırma ihtiyacına göre farklılaşabilmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda havalandırma bacalarının adlandırılmasındaki çeşitlilik benzerlikler ve farklılıklar üzerinden değerlendirilmiştir.

- Havalandırma bacalarının adlandırılmasındaki çeşitliliğin temel sebebinin bölge farklılıkları olduğu, bu farklılıkların beraberinde getirdiği açıklık sayısı ve hava

sirkülasyon biçimi değişimlerinin de adlandırmaya yansıyan iki önemli ve etkin özellik olduğu görülmektedir.

- Ele alınan kaynaklarda en çok kullanılan rüzgâr kulesi ve rüzgâr yakalayıcı tanımlamaları bazı kaynaklarda genel adlandırma olarak geçmektedir. Bazı kaynaklarda yüksek olanlar rüzgâr kulesi, alçak olanlar rüzgâr yakalayıcı olarak ele alınmaktadır.
- Badgirin İran'daki, malkafın ise Arap ülkelerindeki bölgesel havalandırma bacası isimleri olduğu söylenebilir. Farklı ülkelerde de badgir ismi kullanılmaktadır. Bu durum havalandırma bacasının İran'dan yayıldığı bilgisi değerlendirildiğinde olağan olarak düşünülebilir.

- Bazı kaynaklarda badgir, yüksek, çok açıklıklı havalandırma bacaları olarak tanımlanmakta ve rüzgâr kulesi ile eşleştirilmektedir. Malkaf da tek açıklıklı, alçak havalandırma bacaları olarak tanımlanmakta ve rüzgâr yakalayıcı ile eşleştirilmektedir. Bu bilgiler sonucunda badgir ve malkafın, bölgesel farklılıklardan kaynaklanan çalışma prensibi ve biçimsel değişiklikler ile birbirinden ayrıldığı söylenebilmektedir.
- Tek açıklıklı havalandırma bacaları hâkim rüzgâr yönüne uygun olarak konumlandırılmakta ve hâkim rüzgâr yönünün yıl boyu aynı yönden etki ettiği bölgelerde kullanılmaktadır. Ancak çok açıklıklı havalandırma bacaları her yönden rüzgâr etkisine açıktır ve hâkim rüzgâr yönünün değişken olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Bu nedenle yönüyle ilgili net bir ifade bulunmamaktadır.
- Tek açıklıklı havalandırma bacaları tek akış yönüne, iki ve daha fazla açıklıklı havalandırma bacaları farklı iki akış yönüne sahiptir. Rüzgâr kepçesi, malkaf ve rüzgâr yakalayıcı adlandırmalarının genellikle tek açıklığa sahip olan ve 1.5m – 5m yüksekliğine sahip bacalar için kullanıldığı; badgir ve rüzgâr kulesinin ise çok açıklığa sahip olan ve 1m – 5m yüksekliğindeki bacalar için kullanıldığı söylenebilir.
- İklimsel bir değerlendirme yapıldığında, buharlaşmalı soğutma entegrasyonunun genellikle sıcak – kuru iklimlerde kullanıldığı, sıcak-nemli iklimlerde ise tercih edilmediği görülmektedir. Bu kullanım farklılığının ve iklimsel değişikliğin havalandırma bacalarının adlandırılmasında etkili olmadığı görülmüştür.
- Havalandırma bacalarının konumlandığı çatı formu dikkate alındığında genellikle teras çatı olarak, bazı kaynaklarda teras çatı ve kubbe çatı olarak kullanıldığı görülmektedir. Ancak birçok kaynakta Afganistan’da kullanılan havalandırma bacalarının tek açıklıklı ve kubbe çatı üzerine konumlandığı görülmektedir. Afganistan havalandırma bacaları rüzgâr yakalayıcı veya rüzgâr kepçesi olarak ifade edilmektedir.

Literatür araştırmasından elde edilen veriler ile havalandırma bacalarının adlandırmalarında ve çalışma prensiplerinde çeşitliliğe sebep olan etkenler ortaya konulmuştur. Havalandırma bacalarının adlandırılmasını ve çalışma prensibini etkileyen temel faktör bölge farklılıkları olarak ifade edilebilir. Bölge farklılıklarının beraberinde getirdiği açıklık sayısı ve yükseklik de adlandırmaya yansıyan önemli etkenlerdendir. Havalandırma bacaları, bu etkenler ve bunlara bağlı oluşan iç hava akışı, iç bölümlenme gibi alt etkenler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tüm yazarlar aynı oranda katkıda bulunmuştur

KAYNAKÇA

- Abdallah Ali, A. A. (2021). *The impact of using the wind catcher as a sustainable passive cooling technique in traditional house (Sudan-Khartoum)*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Abdallah Ali, A.A. & Kurtay, C. (2021). Performance of the wind catcher in hot dry regions, Khartoum - Sudan. *Gazi University Journal of Science Part B: Art, Humanities, Design and Planning*, 9 (1), 29-41.
- Afshin, M., Sohankar, A., Dehghan Manshadi, M., Kazemi Esfeh, M. (2016). An experimental study on the evaluation of natural ventilation performance of a two-sided wind-catcher for various wind angles. *Renewable Energy*, 85, 1068-1078. doi: 10.1016/j.renene.2015.07.036
- Ahmadikia, H., Moradi, A. & Hojjati M. (2012). Performance analysis of a wind-catcher with water spray. *International Journal of Green Energy*, 9 (2), 160-173. doi: 10.1080/15435075.2011.622019
- Algburi, O.H.F. (2018). An energy simulation study: reducing cooling energy of residential buildings based on vernacular architecture and passive cooling techniques. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Allard, F. (2002). *Natural ventilation in building: a design handbook (2. Baskı)*. Londra: James & James (Science Publishers) Ltd.
- Allard, F., Ghiaus, C. (2005). *Natural ventilation in the urban environment (1. Baskı)*. Bath: Bath Press.
- Ali, C. & Özer, Y. S. (2012). Sıcak iklimlerde bina içi iklimlendirme için geleneksel bir sistem: Rüzgâr bacaları. *Tesisat Mühendisliği*, 127, 31-35.
- Al-Megren, K.A. (1987). *Wind towers for passive ventilation cooling in hot-arid regions*. Doktora Tezi, The University of Michigan, Michigan.
- Al-Shaali, R.K. (2006). *Tools for natural ventilation in architecture*. Doktora Tezi, University of California, California.
- Asfour, O.S.M. (2006). *Ventilation characteristics of buildings incorporating different configurations of curved roofs and wind catchers*. Doktora Tezi, University of Nottingham Institute of Architecture, Nottingham.
- Bahadori, M.N. (1978). Passive cooling systems in Iranian architecture. *Scientific American*, 238 (2), 144-154. doi: 10.1038/scientificamerican0278-144
- Bahadori, M.N. (1979). Natural cooling in hot arid regions. *Solar Energy Application in Buildings*, 195-225. doi: 10.1016/B978-0-12-620860-3.50015-1
- Bahadori, M. N. (1994). Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the Middle East. *Renewable Energy*, 5 (5-8), 879-892. doi: 10.1016/0960-1481(94)90108-2
- Bahadori, M.N., Dehghani-sanij, A., Sayigh, A. (2014). *Wind towers (1. Baskı)*. New York: Springer.
- Bekleyen, A. & Melikoğlu, Y. (2019). Antik rüzgâr yakalayıcıların Anadolu’daki örnekleri: Şanlıurfa’nın badgelleri. *Art-Sanat*, 12, 109-128. doi: 10.26650/artsanat.2019.12.0007

- Calautit, J. K. S. (2013). *Integration and application of passive cooling within a wind tower*. Doktora Tezi, The University of Leeds School of Civil Engineering, Leeds.
- Chenari, B., Carrilho, J.D. & Gameiro da Silva, M. (2016). Towards sustainable, energy-efficient and healthy ventilation strategies in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1426-1447. doi: 10.1016/j.rser.2016.01.074
- Çakmanus, İ., (2005), *Doğal Havalandırma Sistemleri ve Seçim Kriterleri*. 20 Nisan 2023 tarihinde Termodinamik: <https://www.termodinamik.info/teknik/dogal-havalandirma-sistemleri-ve-secim-kriterleri> adresinden alındı.
- Dehghani-sani, A.R., Soltani, M. & Raahemifar, K. (2015). A new design of wind tower for passive ventilation in buildings to reduce energy consumption in windy regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 182-195. doi: 10.1016/j.rser.2014.10.018
- Dehnavi, M., Hossein Ghadiri, M., Mohammadi, H. & Ghadiri, H. (2012). Study of wind catchers square plan: influence of physical parameters. *International Journal of Modern Engineering Research*, 2 (1), 559-564.
- El-Shorbagy, A. (2010). Design with nature: Windcatcher as a paradigm of natural ventilation device in buildings. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, 10, 21-26.
- Elzaidabi, A.A.M. (2008). *Low energy, wind catcher assisted indirect- evaporative cooling system for building applications*. Doktora Tezi, University of Nottingham, Nottingham.
- Fardeheb, F. (Eds). (2007). Examination and review of passive solar cooling strategies in MiddleEastern and North African vernacular architecture: Vol. 1-5. Proceedings of ISES World Congress 2007. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75997-3_508.
- Fathy, H. (1973). *Architecture for the poor an experiment in rural Egypt (1. Baskı)*. Londra: The University of Chicago Press Ltd.
- Foruzanmehr, A. (2012). The wind-catcher: Users' perception of a vernacular passive cooling system. *Architectural Science Review*, 55 (4), 250-258. doi: 10.1080/00038628.2012.722070
- Foruzanmehr, A. (2018). *Thermal comfort in hot dry climates traditional dwellings in Iran (1. Baskı)*. New York: Routledge.
- Ghadiri, M., Lukman, N., Nik Ibrahim, N.L. & Aayani, R. (2011). The effect of wind catcher geometry on the indoor thermal behavior. *45th Annual Conference of the Australian and New Zealand Architectural Science Association*, Sidney, Avustralya, 14-16 Kasım 2011, 1-11.
- Ghaemmaghami, P.S. & Mahmoudi, M. (2005). Wind Tower A natural cooling system in Iranian traditional architecture, *International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, Santorini, Yunanistan, 26-27-28 Mayıs 2005, 71-76.
- Goudarzi, H., Mostafaeipour, A. (2017). Energy saving evaluation of passive systems for residential buildings in hot and dry regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 432-446. doi: 10.1016/j.rser.2016.10.002
- Grosso, M. & Ahmadi, M. (2016). Potential cooling energy reduction by a one-channel wind tower: Case study modelling in South-Mediterranean climate. *International Journal of Ventilation*, 15, 267-287. doi: 10.1080/14733315.2016.1214397
- Gut, P., Ackerknecht, D. (1993). *Climate responsive building (1. Baskı)*. Gallen: Skat.
- Habıbzadeh, A. (2018). *Konut yapılarında doğal havalandırmanın önemi ve badgir bağlamında günümüz koşullarında değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hosseini, S.H., Shokry, E., Ahmadian Hosseini, A.J., Ahmadi, G. & J.K. (2016). Evaluation of airflow and thermal comfort in buildings ventilated with wind catchers: Simulation of conditions in Yazd city, Iran. *Energy for Sustainable Development*, 35, 7-24. doi: 10.1016/j.esd.2016.09.005
- Hughes, B.R., Calautit, J.K. & Ghani, S.A. (2012). The development of commercial wind towers for natural ventilation: A review. *Applied Energy*, 92, 606-627. doi:10.1016/j.apenergy.2011.11.066
- Jomehzadeh, F., Nejat, P., Calautit, J.K., Yusof, M.B.M., Zaki, S.A., Hughes, B.R. & Yazid, M.N.A.W.M. (2017). A review on windcatcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, part 1: indoor air quality and thermal comfort assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 736-756. doi: 10.1016/j.rser.2016.11.254
- Jomehzadeh, F., Hussen, H.M., Calautit, J.K., Nejat, P. & Ferwati, M.S. (2020). Natural ventilation by windcatcher (badgir): A review on the impacts of geometry, microclimate and macroclimate. *Energy & Buildings*, 226, 1-21. doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110396
- Karakatsanis, C., Bahadori, M.N., Vickery, B.J. (1986). Evaluation of pressure coefficients and estimation of air flow rates in buildings employing wind towers. *Solar Energy*, 37(5), 363-374. doi: 10.1016/0038-092x(86)90132-5
- Kavraz, M. (2017). Rüzgâr kulelerinin teknik ve estetik açıdan değerlendirilmesi: İran'da Yazd kenti örneği, III. *Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu*, Kahramanmaraş, Türkiye, 26-27-28 Ekim 2017, 25-39.
- Khalaj, R. (2018). *Use and re-use of wind catchers as a natural ventilation and cooling system for residential buildings*. Doktora Tezi, Vienna University of Technology Eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für Architektur und Raumplanung, Viyana.
- Kilci, M. (2005). *Güneş enerjisi kazanımlarına dayalı güneş bacalarının doğal havalandırma ve soğutma sistemine etkilerinin deneysel yolla incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Kianersi, M. & Ahmadi, F. (2012). Some tips of sustainable evidence conforming to traditional Iranian architecture (wind tower, watering place). *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 5, 41-46.
- Kleiven, T. (2003). *Natural ventilation in buildings-architectural concepts, consequences and possibilities*. Doktora Tezi, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art, Trondheim.
- Knauer, E. R. (1990). Wind towers in Roman wall paintings?. *Metropolitan Museum Journal*, 25, 5-20. doi: 10.2307/1512891

- Kumar, R., Farhan, H.A., Nayak, S., Paswan, M., Achintya. (2021). Building design on wind driven natural ventilation with different simulation air model. *Materials Today: Proceedings*, 46, 6770-6774. doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.336
- Küçükler, S. (2019). *Mimari tasarım sürecinde doğal havalandırma ilkeleri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lechner, N. (2015). *Heating, cooling, lighting sustainable design methods for architects (4. Baskı)*. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- Mahdavinnejad, M., Javanroodi, K., Ghasempoorabadi, M.H. & Bemanian, M. (2013). Evaluating the efficiency of Yazdi wind tower, an experimental study. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, 23, 17-22.
- Mahyari, A. (1996). *The wind catcher a passive cooling device for hot arid climate*. Doktora Tezi, The University Of Sydney Department Of Architectural And Design Science, Sidney.
- Maleki, B.A. (2011). Wind catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular architecture. *International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering"*, 8 (3), 130-137.
- Maleki, B.A. (2013). Improve ventilation by wind tower (badgir) modified in Iranian hot and arid region. *International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering"*, 17 (5), 124-129.
- Melikoğlu, Y. & Bekleyen, A. (2021). Şanlıurfa'nın geleneksel rüzgâr yakalayıcıları: Kaybolan bir geleneğin günümüze kadar gelen örnekleri. *El-Cezeri*, 8, 268-286. doi: 10.31202/cejse.835131
- Moghaddam, E. H., Amindeldar, S. & Besharatizadeh A. (2011). New approach to natural ventilation in public buildings inspired by Iranian's traditional windcatcher. *Procedia Engineering*, 21, 42-52. doi: 10.1016/j.proeng.2011.11.1985
- Mohamadabadi, H.D., Dehghan, A.A., Ghanbaran, A.H., Movahedi, A. & Mohamadabadi, A.D. (2018). Numerical and experimental performance analysis of a four-sided wind tower adjoining parlor and courtyard at different wind incident angles. *Energy & Buildings*, 172, 525-536. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.05.006
- Montazeri, H. & Azizian, R. (2008). Experimental study on natural ventilation performance of one-sided wind catcher. *Building and Environment*, 43, 2193-2202. doi: 10.1016/j.buildenv.2008.01.005
- Montazeri, H., Montazeri, F., Azizian, R. & Mostafavi, S. (2010). Two-sided wind catcher performance evaluation using experimental, numerical and analytical modeling. *Renewable Energy*, 35, 1424-1435. doi: 10.1016/j.renene.2009.12.003
- Nejat, P., Jomehzadeh, F., Majid, M. Z. B. A. & Yusof, M. B. M. (2019). Windcatcher as sustainable passive cooling solution for natural ventilation in hot humid climate of Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 620, 1-9. doi: 10.1088/1757-899X/620/1/012087
- Noble, A.G. (2007). *Traditional buildings a global survey of structural forms and cultural functions (1. Baskı)*. New York: I.B.Tauris & Co Ltd.
- Noroozi, A. (2019). *Augmenting traditional wind catcher with combined evaporative cooling system and solar chimney*. Doktora Tezi, National Technical University of Athens School of Architecture, Atina.
- Obeidat, B., Kamal, H. & Almalkawi, A. (2021). CFD analysis of an innovative wind tower design with wind-inducing natural ventilation technique for arid climatic conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 22 (2), 86-97. doi: 10.12911/22998993/130894
- Örgev, Z. & Bayraktar, N.T. (2022). Evaluation of wind tower effectiveness in rammed earth building, *Sixth Building Simulation and Optimisation Virtual Conference*, Bath, Birleşik Krallık, 13-14 Aralık 2022, 1-7.
- Passe, U., Battaglia, F. (2015). *Designing spaces for natural ventilation (1. Baskı)*. New York: Routledge.
- Petherbridge, G.T. (1978). *Vernacular Architecture: The House and Society*. Michell, G., (Ed.), Architecture of The Islamic World (1) içinde (s. 176-209). Londra: Thames&Hudson.
- Pirhayati, M., Ainechi, S., Torkjazi, M. & Ashrafi, E. (2013). Ancient Iran, the origin land of wind catcher in the world. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 5 (8), 433-439. doi: 10.19026/rjees.5.5671
- Rabeharivelo, R., Kavraz, M. & Aygün, C. (2021). Thermal comfort in classrooms considering a traditional wind tower in Trabzon through simulation. *Building Simulation*, 15, 1-18. doi: 10.1007/s12273-021-0804-9
- Roaf, S., Crichton, D., Nicol, F. (2009). *Adapting buildings and cities for climate change a 21st century survival guide (2. Baskı)*. Oxford: Architectural Press.
- Rudofsky, B. (1964). *Architecture without architects, an introduction to nonpedigreed architecture (1. Baskı)*. New York: The Museum of Modern Art.
- Saadatian, O., Haw, L.C., Sopian, K. & Sulaiman, M.Y. (2012). Review of windcatcher technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1477-1495. doi: 10.1016/j.rser.2011.11.037
- Sayigh, A. (2014). *Sustainability, energy and architecture case studies in realizing green buildings (1. Baskı)*. Oxford: Academic Press.
- Soltani, M., Dehghani-Sanij, A., Sayadnia, A., Kashkooli, F.M., Gharali, K., Mahbaz, S. & Dusseault, M.B. (2018). Investigation of airflow patterns in a new design of wind tower with a wetted surface. *Energies*, 11, 1-23. doi: 10.3390/en11051100
- Suleiman, S., Himmo, B. (2012). Direct comfort ventilation. Wisdom of the past and technology of the future (wind-catcher). *Sustainable Cities and Society*, 5, 8-15. doi: 10.1016/j.scs.2012.09.002
- Tolba, M.M. (2014). Wind towers "wind catchers" a perfect example of sustainable architecture in Egypt. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4, 1-16.
- Tsai, C.H. (2002). *Natural ventilation in the high rise buildings for Taipei*. Yüksek Lisans Tezi, University of Southern California Faculty of School of Architecture, California.
- Zarandi, M. M. (2009). Analysis on Iranian wind catcher and its effect on natural ventilation as a solution towards sustainable architecture (case study: Yazd). *Engineering and Technology*, 54, 574-579.