

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONUT YAPILARINDA DOĞAL HAVALANDIRMANIN ÖNEMİ VE BADGİR
BAĞLAMINDA GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ



AILAR HABIBZADEH

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ZAFER AKDEMİR

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONUT YAPILARINDA DOĞAL HAVALANDIRMANIN ÖNEMİ VE BADGİR
BAĞLAMINDA GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Aılar HABIBZADEH tarafından hazırlanan tez çalışması 20.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Zafer AKDEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Zafer AKDEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yasemen SAY ÖZER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül KURUÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanması sürecinde bilgi birikimi ve deneyimiyle beni yönlendiren değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Zafer AKDEMİR'e ve bu süreçte bana destek olan ailem ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2018

Ailar HABIBZADEH

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	xi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
DOĞAL HAVALANDIRMA	4
2.1 Doğal Havalandırma Kavramı	4
2.2 Konutlarda Doğal Havalandırmanın Önemi	7
2.3 Doğal Havalandırmada Temel İlkeler	7
2.3.1 Doğal Havalandırma-Doğal Çevre Etmenleri	7
2.3.2 Doğal Havalandırma-Yapay Çevre Etmenleri.....	10
2.3.2.1 Doğal Havalandırmayı Etkileyen Kent Planlaması ve Yakın Çevre	11
2.3.2.2 Doğal Havalandırmayı Etkileyen Bina Özellikleri	12
2.4 Doğal Havalandırma Yöntemleri	20
2.4.1 Konfor Havalandırma Yöntemi	21
2.4.2 Çapraz Havalandırma Yöntemi	22
2.4.3 Baca Havalandırma Yöntemi.....	23
2.4.4 Badgir (rüzgar kulesi) ile Havalandırma Yöntemi	23
2.4.5 Gece Havalandırma Yöntemi	24

2.5	Günümüz Yapılarında Doğal Havalandırma Örnekleri	25
-----	--	----

BÖLÜM 3

GELENEKSEL KONUT MİMARİSİNDE, DOĞAL HAVALANDIRMAYI SAĞLAYAN BADGİRLERİN İNCELENMESİ	30
---	----

3.1	Badgir'in (rüzgar kulesi) Tarihçesi	30
3.2	Badgirlerin (rüzgar kulesi) Çalışma İlkeleri	32
3.3	Badgirlerin (rüzgar kulesi) Mimarisi	33
3.3.1	Badgir (rüzgar kulesi) Elemanının Parçaları	34
3.3.2	Badgirlerde (rüzgar kulesi) Kullanılan Malzemeler ve Boyutlar	36
3.3.3	Badgirlerin (rüzgar kulesi) Tipolojisi	38
3.3.3.1	Yöne Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipleri	38
3.3.3.2	Plan Formuna Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipleri	41
3.3.3.3	Cephe Formuna Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipleri.....	43
3.4	Ortadoğu İklimine Göre Badgir (rüzgar kulesi) Türleri	44
3.4.1	Afganistan Badgirleri (rüzgar kulesi).....	45
3.4.2	Pakistan Badgirleri (rüzgar kulesi)	45
3.4.3	Mısır Badgirleri (rüzgar kulesi).....	46
3.4.4	Irak Badgirleri (rüzgar kulesi).....	47
3.4.5	İran Badgirleri (rüzgar kulesi).....	49
3.5	Ortadoğu İklimine Göre Badgir (rüzgar kulesi) Türlerinin Karşılaştırılması	50
3.6	Badgirlerin (rüzgar kulesi) Kullanım Alanı	52

Bölüm 4

İRAN'IN SICAK-KURU VE SICAK NEMLİ BÖLGELERİNDE GÖZLEMLENEN BADGİRLER (RÜZGAR KULELERİ)	54
--	----

4.1	İran'daki İklim Bölgeleri.....	54
4.2	İran'ın İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru Bölgesi) Geleneksel Yapıların İklim İle Kurdukları İlişkiler	56
4.2.1	İran'ın iç bölgesinin (sıcak-kuru) iklim özellikleri	56
4.2.2	İran'ın İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru) Kentsel Dokusu	57
4.2.3	İran'ın İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru) Bina Formu	59
4.3	İran'ın iç bölgesinin (sıcak-kuru) Badgirleri (rüzgar kulesi)	61
4.4	İran'ın İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru) Badgirlerinin (rüzgar kulesi) İşlevsel Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması (Yazd Kenti).....	62
4.5	İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli Bölgesi) Geleneksel Yapıların İklim İle Kurdukları İlişkiler	66
4.5.1	İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) iklim Özellikleri	66
4.5.2	İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) Kentsel Dokusu.....	67
4.5.3	İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) Bina Formu	67
4.6	İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) Badgirleri (rüzgar kulesi).....	70

4.7	İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) Badgirlerinin (rüzgar kulesi) İşlevsel Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması (Bandare Lengeh Kenti).....	71
4.8	İran'ın Körfez Çevresi (Sıcak-Nemli) ve İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru) Badgirlerinin (rüzgar kulesi) Karşılaştırma Analizi.....	73
4.9	Geleneksel ve Yeni Badgirlerin (rüzgar kulesi) Performansının Analitik Analizi	75
4.9.1	Geleneksel Badgirlerin (rüzgar kulesi) Performansının Analitik Analizi	75
4.9.1.1	Geneleksel Badgirlerin (rüzgar kulesi) Hava Akımını ve Hava Sıcaklığını Belirleyen Çevresel Faktörler	76
4.9.1.2	Geleneksel Badgirde (rüzgar kulesi) Hava Hızının Dağıtımı	78
4.9.2	Yeni Badgirlerin (rüzgar kulesi) Performansının Analitik Analizi	78
4.9.2.1	Badgirde (rüzgar kulesi) Kolonun Islanma İşlevinin İncelenmesi.	79
4.9.2.2	Islak Kolonlu Badgirde (rüzgar kulesi) Hava Hızının Dağıtımı.....	81
4.9.2.3	Kolonlu Badgirde (rüzgar kulesi) Bulunan Havanın Isı ve Nem Oranının Belirlenmesi	82
4.9.2.4	Badgirde (rüzgar kulesi) Yüzeylerin Islanma İşlevinin İncelenmesi	84
4.9.2.5	Islak Yüzeyle Badgirdeki (rüzgar kulesi) Havanın Dağılımı	86
4.9.2.6	Islak Yüzeyle Badgirin (rüzgar kulesi) İçinde Bulunan Hava Isısının Değişiklikleri	87
4.10	Yazd üniversitesinde Badgirin (rüzgar kulesi), Tasarım, yapım ve deneme sonuçları	87
4.11	Konut Yapılarında Farklı Coğrafyalardaki Badgirlerin (Rüzgar Bacası) Güncel Uygulamalarından Örnekler	90

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER	97
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMA LİSTESİ

ASHRAE American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
HVAC Heating Ventilating and Air Conditioning

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Doğal konveksiyon nedeniyle ve basınç farklılıkları nedeniyle hava hareketinin oluşumu	5
Şekil 2. 2	Sol:Dış hava hareketiyle yapıda oluşan basınç bölgeleri ve iç mekandaki hava devinimi. Sağ: hava sıcaklığıile yapıda oluşan basınç bölgeleri ve hava akış yönü	6
Şekil 2. 3	Hava akımlarının türleri	10
Şekil 2. 4	Kentsel alanla kırsal açık alan arasında hız profilindeki değişimi	11
Şekil 2. 5	Binaların yatay ve düşey düzlemde bir araya gelişinde rüzgar hızının arttırılması ve öteleme.....	12
Şekil 2. 6	Devinim doğrultusuyla dik ve 45° açı yapan konumlanış ve basınç dağılımı.....	13
Şekil 2. 7	Dış hava devinimi - yapı konumlanışı ilişkisi	14
Şekil 2. 8	Çatı eğimine göre yapı çevresinde oluşan rüzgâr basınç bölgeleri.....	15
Şekil 2. 9	Farklı biçimlerdeki yüksek yapıların çevresinde oluşan basınç bölgeleri.....	16
Şekil 2. 10	Farklı bina tiplerine etkileyen pozitif (+) ve negatif (-) rüzgar basınçları.....	17
Şekil 2. 11	Doğal havalandırmayı etkileyen değişik plan formları.....	18
Şekil 2. 12	Doğal havalandırmayı etkileyen peyzaj tasarımları	19
Şekil 2. 13	Doğal havalandırmayı etkileyen peyzaj tasarımları	19
Şekil 2. 14	Unite d'Habitation, Marsilya, Fransa, Le Corbusier tarafından tasarlanan her daire için çapraz havalandırma	22
Şekil 2. 15	Çapraz havalandırma için derinlik ve yükseklik oranı	23
Şekil 2. 16	Isınan havanın yükselmesi ilkesiyle, baca etkisi.....	23
Şekil 2. 17	Rüzgar kulesi örneği, plan ve kesit.....	24
Şekil 2. 18	Gece havalandırmasının işleyişi	25
Şekil 2. 19	BRE's Environmental Building	26
Şekil 2. 20	Güney cephedeki bölgede çapraz havalandırma ve baca etkisi, Kuzey cephedeki bölgede tek taraflı havalandırma kesiti.....	27
Şekil 2. 21	Dalgalı döşeme planı	27
Şekil 2. 22	Albert Camus lisesinin genel görünüşü.....	28
Şekil 2. 23	Binanın atrium ve doğal havalandırma şeması.....	29
Şekil 2. 24	Reichstag Binası	29
Şekil 3. 1	Sri Lanka Çadırları.....	31
Şekil 3. 2	Hassaniya Çadırları ve çadırlardaki hava hareketi	31

Şekil 3. 3	Mısır'daki Nebamun Mezarının rüzgar kulesi	32
Şekil 3. 4	Yüksek ve düşük basınç Bölgeleri arasındaki hava dolaşımı	33
Şekil 3. 5	Badgirlerin (rüzgar kulesi) gece ve gündüz fonksiyonu	33
Şekil 3. 6	Badgir (rüzgar kulesi) elemanının parçaları	34
Şekil 3. 7	Yazd'de yıkılmış bir Badgir (rüzgar kulesi) baca, ayak ve katgütü.....	34
Şekil 3. 8	Bir Badgirin (rüzgar kulesi) ana bölmeleri.....	35
Şekil 3. 9	Yazdaki bir Badgirin (rüzgar kulesi) Pervez cephesi.....	36
Şekil 3. 10	Yazdaki bir Badgirin (rüzgar kulesi) tepe kısmı	36
Şekil 3. 11	Badgirin (rüzgar kulesi) boyutsal örneği. Tüm ölçüler milimetredirler.....	37
Şekil 3. 12	Badgirin (rüzgar kulesi) boyutsal örneği	38
Şekil 3. 13	Ardekan ve Meybod bölgelerinde tek yönlü Badgir (rüzgar kulesi) örneği .	39
Şekil 3. 14	Yazd'in Dolat Abad sarnıcının iki yönlü Badgiri (rüzgar kulesi)	39
Şekil 3. 15	Dört yönlü Badgir (rüzgar kulesi) örneği	40
Şekil 3. 16	Yazd'in Baghe Dolat Abad Badgiri (rüzgar kulesi)	40
Şekil 3. 17	Abarkuh Şehrinde, Aghazade evinin iki katlı ve dört yönlü Badgir örneği...	41
Şekil 3. 18	Kare biçimli Badgir (rüzgar kulesi) cepheleri	43
Şekil 3. 19	Dikey dikdörtgen biçimli Badgir (rüzgar kulesi) cepheleri	43
Şekil 3. 20	Yatay dikdörtgen biçimli Badgir (rüzgar kulesi) cepheleri	44
Şekil 3. 21	Orta Doğu Badgirler (rüzgar kulesi)	44
Şekil 3. 22	Afganistan Badgiri (rüzgar kulesi) kesiti.....	45
Şekil 3. 23	Pakistan binalarının çatısında yer alan ahşap Badgirler (rüzgar kulesi) ve tipik kesiti	46
Şekil 3. 24	Mısır Badgiri (rüzgar kulesi)	47
Şekil 3. 25	Kahire'de "QAA" Malkafı.....	47
Şekil 3. 26	Irak'tan bir Badgir (rüzgar kulesi) örneği ve hava akımının dolaşımını gösteren ilkesel kesitleri	48
Şekil 3. 27	Irak Badgirlerinin (rüzgar kulesi) çeşitli üst kısımları	48
Şekil 3. 28	İran'ın Badgir (rüzgar kulesi) Örnekleri (soldan sağa: Bandar Lengeh, Meybod, Yazd).....	49
Şekil 3. 29	Evin yazlık kısmında yer alan Badgirlerden (rüzgar kulesi) bir kesit	52
Şekil 3. 30	Sarnıçtan bir kesit	53
Şekil 4. 1	İran'ın iklim bölgeleri	55
Şekil 4. 2	İran'ın iç bölgesinde yer alan örnek şehirler.....	58
Şekil 4. 3	Yazd'in Geleneksel Dokusu	58
Şekil 4. 4	Sıcak-kuru bölgelerde binanın yönlendiriliş durumu	59
Şekil 4. 5	Sıcak-kuru bölgelerin geleneksel dolu-boş planı ve görünümü.....	60
Şekil 4. 6	Borucerdi Evi	60
Şekil 4. 7	Yazd'aki Dolatabad Bahçesinin Badgiri (rüzgar kulesi)	62
Şekil 4. 8	Yazd Kenti.....	63
Şekil 4. 9	Yazd Badgirlerinden (rüzgar kulesi) örnekler.....	63
Şekil 4. 10	İran'ın Körfez çevresinde yer alan örnek şehirler	66
Şekil 4. 11	Sıcak-nemli bölgelerde binanın yönlendiriliş durumu	68
Şekil 4. 12	Sıcak-nemli bölgelerin geleneksel dolu boş planı ve görünümü	68
Şekil 4. 13	Sıcak ve nemli alanda yüksek tavanlı odalar, yüksek pencereler ve geniş eyvan	69
Şekil 4. 14	Fekri Evi (Bandar Lengeh)	71

Şekil 4. 15	Bandar Lengeh'nin kentsel dokusu	72
Şekil 4. 16	Geleneksel bir Badgirin (rüzgar kulesi) kesiti	75
Şekil 4. 17	Islak kolonlu tip Badgirlerden (rüzgar kulesi) bir kesiti.....	79
Şekil 4. 18	Badgirin (rüzgar kulesi) dış (kuzey ve güney) ve iç duvarlarının enine kesiti	83
Şekil 4. 19	Islak yüzeyli tip Badgirlerden (rüzgar kulesi) bir kesit.....	84
Şekil 4. 20	Islak Yüzeyli bir Badgirin (rüzgar kulesi) Ağızı, (Samanlar bir su pompası ile ıslatılmaktadır)	85
Şekil 4. 21	Badgirlerin altındaki zemin kat planı (Boyutlar santimetredir)	88
Şekil 4. 22	Badgirin Boyuna Kesit (Boyutlar metredir)	89
Şekil 4. 23	"Lighthouse Zero Energy" binasının çoğaltma şeması.....	90
Şekil 4. 24	Badgirin (rüzgar kulesi) çalışma şeması	91
Şekil 4. 25	Gece gündüz havalandırma işleyişi	91
Şekil 4. 26	Çatı planındaki badgirin konumu	92
Şekil 4. 27	Asma kat planı.....	92
Şekil 4. 28	"Lighthouse Zero Energy" binasından kesitler	93
Şekil 4. 29	"Windcatcher House" Badgirinin kesit ve plan sistem detayları	94
Şekil 4. 30	Yazın ve kışın çalışma şeması	95
Şekil 4. 31	"Windcatcher House" evinin planı ve badgir (rüzgar kulesi) konumu.....	95
Şekil 4. 32	"Windcatcher House" ile ilgili görseller	96

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Rüzgar çeşitleri	10
Çizelge 3.1 Plan formuna dayalı Badgir (rüzgar kulesi) tipleri	42
Çizelge 3.2 Orta doğu Badgir (rüzgar kulesi) türlerinin karşılaştırılması	51
Çizelge 4.1 Sıcak-kuru bölgelerin geleneksel mimarisinin iklime duyarlı tasarım stratejilerinin sınıflandırılması	57
Çizelge 4.2 Yazd Kentindeki seçilen 47 Badgirin (rüzgar kulesi) gruplanması	64
Çizelge 4.3 Yazd Badgirlerinin (rüzgar kulesi) tipik örnekleri	65
Çizelge 4.4 Bandar Lengeh Badgirinin (rüzgar kulesi) tipik örneği	73
Çizelge 4.5 Yazd ve Bandar Lengeh'de Badgirlerin (rüzgar kulesi) karşılaştırılması ..	74

KONUT YAPILARINDA DOĞAL HAVALANDIRMANIN ÖNEMİ VE BADGİR BAĞLAMINDA GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Ailar HABIBZADEH

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Zafer AKDEMİR

Yapılar insanların sağlığı için uygun ve konfor koşullarını sağlayan özellikleri barındırmalıdır. Yapının iç mekan sağlığı ve iç mekan hava kalitesi, bu koşulların en önemlilerden biridir. İyi bir iç hava kalitesinin oluşturulmasında, etkili bir havalandırmanın sağlanması önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle iç ortamlarda az enerji kullanarak uygun bir hava kalitesini sağlayan akılcı çözümler, tasarımcıların önde gelen sorumluluklarından biri olmaktadır. Ancak bu tasarımları bir çok etmene bağlı olmasını göz ardı etmeden, özellikle bulunduğu bölgenin iklim koşullarına göre, enerji kullanımı gerektirmeden, sadece yapının kendi elemanlarını kullanarak, sağlandığı doğal havalandırma yöntemleri içeren tasarımlar hedeflenmelidir. Doğal havalandırma, kapı, pencere, baca gibi açıklıklardan ve binalar kabuğuna bilinçli olarak açılan bölümlerden, rüzgar ve iç ve dış hava sıcaklıkları arasındaki farklardan kaynaklanan basınç farkı nedeni ile gerçekleşir ve bina içerisine temiz havanın girmesini sağlar. Doğal havalandırma, tarih boyunca en eski ve en yaygın kullanılan havalandırma türlerinden biridir.

Mimari tasarımda sürdürülebilir yaşamı sağlayabilmenin doğal koşullara dayalı çözümlerin üretilmesi önemlidir. Geleneksel dokuya sahip yerleşmeler, iklime, topografyaya, yerin bağlamına sağlıklı ve akılcı çözümler sunabilmektedir. Doğal enerji kaynaklarıyla iklimlendirme amaçlı çalışan ve temelde mimari çözüme dayalı bir sistem olan Badgirler (rüzgar kuleleri), bu araştırmanın konusudur. Badgirler (rüzgar kuleleri),

Orta Doğu coğrafyasında binalarda özellikle İran'da geleneksel doğal havalandırma elemanları arasında yer almakta ve ana fonksiyonları iklime bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu tez çalışmasında, doğal havalandırmanın önemli bir ögesi olan ve günümüz koşullarında mimari tasarımlarda değerlendirilebilecek Badgir (rüzgar kulesi) lerin çalışma prensipleri ve doğal havalandırmada Badgir (rüzgar kulesi) lerin performansını artıran yeni bir sistem tasarımı incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Çalışma altı bölümden meydana gelmektedir. Çalışmanın ilk bölümünde; çalışmayla ilgili bir giriş yapılmış ve araştırmanın amacı, literatür çalışması ve hipotezi ortaya konmaya çalışılmıştır.

İkinci bölümde; doğal havalandırma ile ilgili araştırmalar yapılmış ve genel olarak doğal havalandırmanın kavramı, ilkeleri, yöntemleri ve bu yöntemlerin mimari tasarım etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde; ortadoğu coğrafyasının geleneksel mimarisinde, önemli bir öge olan doğal havalandırmayı sağlayan Badgirlerin (rüzgar kulesi) tarihçesi, çalışma ilkeleri mimarisi ve türleri incelenmiştir.

Dördüncü bölümde; İran'ın sıcak-kuru ve sıcak-nemli bölgelerinin iklimsel, kentsel ve geleneksel yapılarının analizi yapılmıştır. Bu bölümün devamında sıcak-kuru iklim tipi için Yazd Kenti ve sıcak-nemli iklim tipi için Bandar Lengeh Kenti seçilmiş, iki bölgedeki Badgir (rüzgar kulesi) tipleri incelenmiş ve Badgirlerin (rüzgar kulesi) karşılaştırılması yapılarak farklılıklar ortaya konmuştur. Ayrıca mimari tasarımda kullanılacak geleneksel ve yeni yöntemlerle yapılan Badgirlerin (rüzgar kulesi) yapısı incelenmiş ve doğal havalandırmada Badgirlerin (rüzgar kulesi) performansını artıran yeni sistem tasarımları incelenmiştir.

Beşinci bölümde; araştırmanın sonucu yer almaktadır. Yapılan çalışmada genel olarak elde edilen bilgiler özetlenmiş ve yapılan incelemelerin sonucunda, yeni tasarlanan Badgirler (rüzgar kulesi) ile geleneksel Badgirlerin (rüzgar kulesi), havanın iklimlendirilmesi ve buharlaştırılması açısından, karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal havalandırma, iç hava kalitesi, rüzgar kulesi, geleneksel tasarım, Badgir (rüzgar kulesi).

**IMPORTANCE OF NATURAL VENTILATION IN RESIDENTIAL PROPERTIES
AND ITS EVALUATION IN RELATION TO WINDCATCHERS UNDER TODAY'S
CONDITIONS**

Ailar HABIBZADEH

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Dr. Zafer AKDEMİR

Structures have been playing important roles in different areas of people's lives such as community health aspects and their comfort needs since their creation in earlier times of man made building history. The quality of air circulation and conditioning is one of the most important factors in the context of designing healthy spaces for our daily life. This is why many architects concern about energy efficiency and air circulation/condition aspects as they generally tend to design sustainable structures in recent years. Today we have to take care of our energy resources as they are not renewable in the limited times and so their capabilities don't fulfill the speed of our consumption rate specially for last decades. So the tendency for designing energy efficient buildings and using of structural elements which are designed according to geographic and weather conditions of a building are important aspects of design which are being considered by many of designers. Generally the trend includes the use of opening elements of the structure such as doors, windows, funnels and any other specially designed opening elements to let the clean air passes through all of the essential areas. The air movement and circulation occurs as a natural result of temperature diversity between indoor and outdoor areas and the differentiating pressure of them which

pushes the clean air into the building. Natural air conditioning has been one of the oldest and most popular air circulating systems from centuries ago.

It is important to achieve nature based solutions to provide sustainable living conditions in architecture. Many of old patterned dwellings have been rationally designed in accordance with the local weather and topography of their locations in a genius way. Badgir or windcatcher, one of these structures which generally has been designed as an architectural element parallel to its functional role as an air conditioning element in the most of middle eastern countries and specially in Iran, is the main subject of this study. There are different types of Badgirs (wind catchers) within defined range of weather conditions according to their functions. In this thesis in the context of designing natural air conditioning systems as an essential need for sustainable architectural design, the structure of different types of Badgirs (windcatchers) and many analysis have been studied and an evaluation on a recent proposed system for improving the performance of Badgirs (wind catchers) has been made.

The study includes six chapters:

Chapter 1; Entrance, the purpose of the study, literature study and hypothesis.

Chapter 2; A glance into natural air conditioning systems, principles, methods and their effects in architecture.

Chapter 3; History of Badgirs (windcatchers) or windcatchers in the Middle Eastern countries.

Chapter 4; Reserching the dry/hot and wet/hot weather of two cities of Iran, analysing different types of Badgir (wind catchers) structures.

Analysing historical and modern systems through Bagdir samples and exploring a new improving method for thr performance of Badgirs (wind catchers).

Chapter 5; Includes the conclusion of this research. In this chapter the data through all the progress has been summarized and the contemporary windcatcher samples has been compared to the traditional ones in the context of their microclimatic aspects and evaporating effects.

Keywords: Natural air condition, indoor air quality, windcatcher, traditional design, Badgir (windcatcher).

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yapılan araştırmalardan anlaşılmaktadır ki doğal havalandırma yeni bir yöntem değildir belki yıllar öncesinde de insanlar tarafından kullanılan kapalı mekanlar doğal olarak havalandırılıyordu. İlk doğal havalandırma 19. Yüzyılın başlarında Miasma teorisiyle birlikte tıp dalında salgın hastalıkla mücadele eden bir hastanede geliştirilmiştir [1]. “Miasma” sözcüğü Antik Yunana göre, kötü hava, ölüm havası veya kara hava anlamlarına gelmektedir. Miasma teorisinde doğal havalandırma sistemi hastahanenin çatısında oluşturulan bacalar ile gerçekleştirilmiştir [2]. Böylece solunum yoluyla geçen salgın hastalık doğal havalandırma sayesinde hastanenin dışına taşınarak, hastalıkların insanlara bulaşma durumu en aza indirgemiiştir [1]. Diğer bir örnek ise, kapalı alanların belirli bir amaç (depo, yaşam alanı vb) doğrultusunda kullanılan havalandırma yöntemidir. Neolitik döneme ait Çin yapıları, 100 yıl öncesine ait Japon piriņ odaları ve Anadolu’da bulunan tarihi evler doğal olarak havalandırılıyordu [3]. Günümüz mimarisinde kullanıcıya ve gereksinimlerine odaklanan yaklaşımlardan biri, binaların iç ortamında temiz hava solumak ve hava kirleticilerinden uzak olmakla birlikte, havalandırma için yeterli düzeyde harcanan enerjinin en aza indirgenmesinin sağlanmasıdır. Yapılar tarafından kullanılan enerjinin büyük bir bölümü yenilenemeyen fosil kaynaklardan elde edilmektedir [4]. Bu kapsamda yapılarda havalandırma amacıyla enerji tüketimini azaltmanın en uygun yollarından biri; yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı havalandırma yöntemleridir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerjiyi yerel kaynaklardan kazanmak, çevre sorunlarının çözümüne de yardımcı olmaktadır [5]. Doğal havalandırmanın gerçekleşmesi için yapının dışında bulunan uygun nitelikteki havanın yapı içine, içerdeki kullanılmış havanın ise yapı dışına doğru

kendiliğinden devinimi gereğidir. Bu durumun gerçekleşebilmesi için bina tasarımında, yapının iç ve dış çevre özelliklerinin incelenmesini zorunlu kılmaktadır. İklimin ve koşulların olanak verdiği ölçüde, dış ortamdan iç ortama taze hava girişinin sağlanması doğrultusunda özel çözümler gerekmektedir [6].

1.1 Literatür Özeti

70'li yıllarda yaşanan enerji krizleri, insanoğlunun doğa üzerindeki yenilenemeyen enerji kaynaklarını hızla tükettiğinin ve çevreye olan olumsuz etkisinin farkına varılmasını sağlamış, çevre bilinci ve enerji korunumu toplumda artan bir bilinç olarak ortaya çıkmıştır [99]. Dünya üzerinde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak %40'lık bir kısmının yapılarla ilişkili etkinliklerde kullanılması belirlenmiştir. Yapılarda kullanılan bu enerjinin çoğu, iklimlendirme sistemlerine harcanmaktadır [20]. Dolayısıyla yapıları mümkün olduğunca doğal olarak havalandırmak enerji tasarrufu sağlanmasında önemli bir etkidir.

Son yıllarda, doğal havalandırma ile ilgili bilimsel çalışmaların gitgide arttığı gözlenmektedir. Yüzyıllardır varlığını sürdüren doğal havalandırma yöntemleri, yenilenebilir, geleneksel ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı gibi algılanır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda doğal havalandırma sistemleri arasında yer alan rüzgar bacaları (badgir), mekanik sistemlere gereksinimi azaltacak şekilde, akılcı bir çözüm olarak incelenmektedir. Bundan dolayı rüzgar kulelerinin (badgirlerin) geleneksel biçiminin araştırılması ile birlikte geleneksel binalarda yapılan uygulamalar gündeme gelmiş, eski ve yeni teknolojinin bağlanması ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma kapsamında; Türkiye'de bu konuyla ilgili kaynakların az olması nedeniyle İngilizce ve çoğunlukla Farsça dillerinde hazırlanmış tez, kitap, makale, bildiri vb. kaynaklardan yararlanarak ortadoğu coğrafyasının geleneksel mimarisinde, önemli bir öge olan ve doğal havalandırmayı sağlayan rüzgar kulelerin (badgirlerin) tarihçesi, sıcak-kuru ve sıcak-nemli bölgelerine göre çalışma ilkeleri, mimarisi ve türleri incelenmiş ve doğal havalandırmada badgirlerin performansını artıran yeni sistem tasarımları incelenmiştir. Yeni tasarlanan badgirlerin incelemesi doğrultusunda Bahadorinejad, Yaghubi, Dehghani, Pakzad ve Zarandy'nin çalıştığı İngilizce ve Farsça tezler, makaleler ve kitaplardan yararlanmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Günümüz dünyasında, enerji ve enerji korunumunun önemi, ortak bir paydadır. Bu bağlamda Badgirler (rüzgar kuleleri), yılın en sıcak aylarında, özellikle yoğun saatlerde termal konforu sağlayarak kullanılan enerji tüketimini koruyabilirler. Bu araştırmanın temel amacı sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde yapı içi hava niteliği doğrultusunda, binaların havalandırmasının fazla enerji tüketimine gereksinim duymadan sağlayabilmesidir. Aslında geleneksel mimaride, ilgili sorunun çözümüne dair önemli örneklerin varlığı araştırmacılara bu güne dair sorunlara çözüm üretmeleri açısından yol gösterici olabilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada, doğal havalandırmada geleneksel rüzgar kulelerinin çalışma ilkeleri ve bu doğrultuda yeni yapılacak rüzgar kulelerinde performansı artıracak çözümler öneren araştırmaların incelenmesi ve değerlendirmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

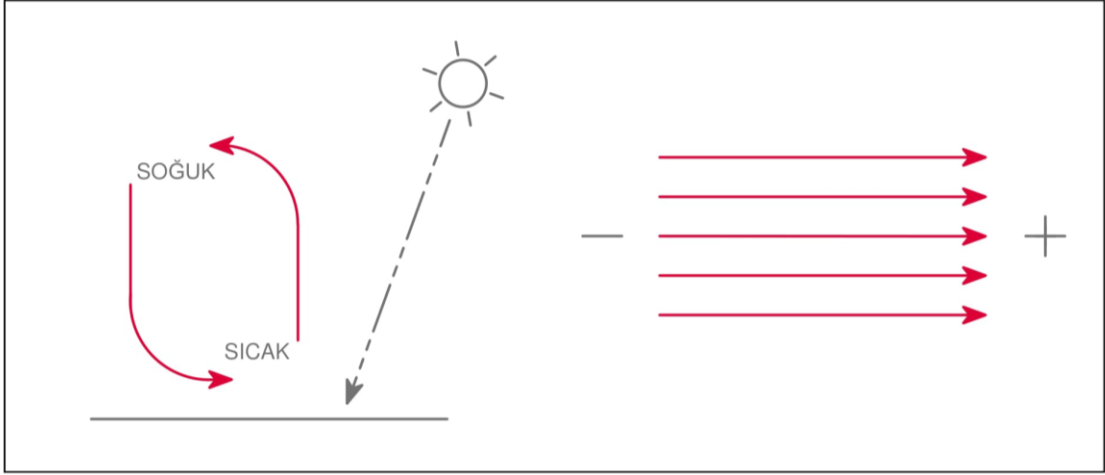
Geleneksel rüzgar kulelerinin en büyük avantajı, enerji gerektirmeyen pasif sistemler olmasıdır. Ayrıca, rüzgar kuleleri elektrik enerjisi tüketimini ve çevre kirliliğini azaltan bir öneme sahiptir. Sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde yeni yapılacak yapıların yapı içi hava niteliği, geleneksel Badgir (rüzgar kulesi) sistemine dayanarak fazla enerji gerektirmeyen yeni Badgir (rüzgar kulesi) çözümlerin tasarımı ile mümkün olabilmektedir.

DOĞAL HAVALANDIRMA

Bu bölümde genel olarak doğal havalandırmanın kavramı, doğal havalandırma ilkeleri, doğal havalandırma yöntemleri ve bu yöntemlerin mimari tasarımı nasıl etkilediğini incelenmiştir.

2.1 Doğal Havalandırma Kavramı

Doğal havalandırma, pasif soğutma yöntemlerinden en çok uygulananlardan biridir. Doğal havalandırma mekanik araçlar kullanılmadan hava hareketiyle kapalı mekanların temiz havasını sağlamaktadır [7]. Böylece kapalı bir mekândaki kullanılmış, kirli ve ısınmış hava, dış ortamdan gelen temiz, kirletici içermeyen hava ile yer değiştirir. Bu anlamda “Doğal havalandırma, atmosfer havasının mekanik sistemler kullanmadan yapı içine alınması ve yapı içindeki kullanılmış havanın yapı dışına çıkarılması olarak tanımlanır” [8]. Başka bir tanımlamaya göre, doğal havalandırma isteyerek açılmış olan bölümlerden rüzgar, iç ve dış hava sıcaklıkları arasındaki farklardan kaynaklanan basınç farkı dolayısı ile oluşan bir sistemdir [9].

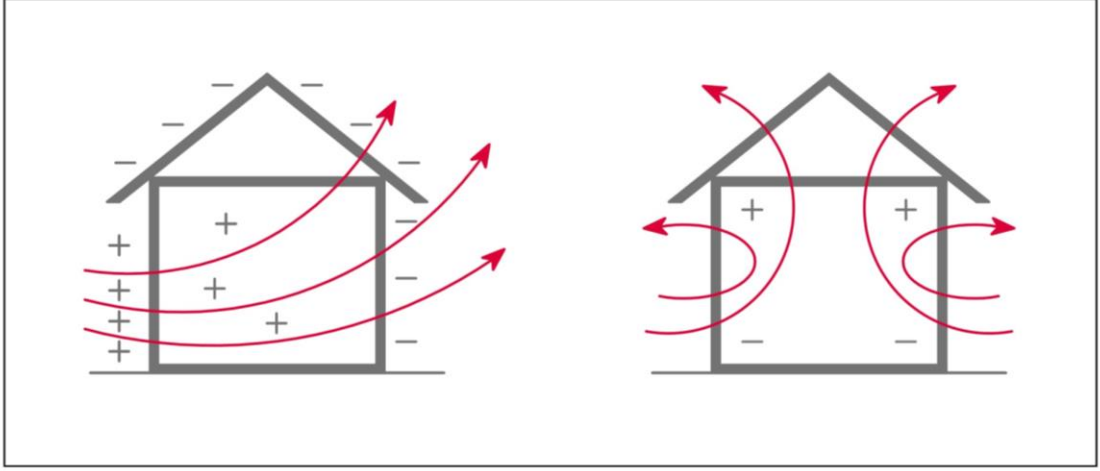


Şekil 2.1 Doğal konveksiyon ve basınç farklılıkları nedeniyle hava hareketinin oluşumu[10]

Havanın yer değiştirmesi, hava sıcaklığı ile ilişkili olan rüzgar basınç farklarından kaynaklanır. Böylece hava hareketinin kullanılması doğrultusunda doğal havalandırma ısı farkı ve basınç farkı olarak iki şekilde sağlanabilir [11]:

Isı farkı ile hava hareketinin kullanılması: İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıkları basınç farklılıklarına neden olan hava yoğunluğundaki değişimlere yol açmaktadır. İç ortam hava sıcaklığı dış ortamdaki yüksek olduğunda, içerdeki hava binanın en yüksek kotundan dışarı, daha serin dış hava ise, binanın alçak kotundan içeri girmektedir. Bu hareket sıcaklık dengeleri değiştiğinde tersine dönmektedir. Bu iki hava hareketi birbirlerini etkilemeyecek şekilde düşünülmelidir.

Basınç farkı ile hava hareketinin kullanılması: Binanın yüzeyinden giren rüzgar, karşılaştığı yüzeyde pozitif, arka yüzeylerde negatif basınç yaratmaktadır. Dolayısıyla hava pozitif basınç olan yüzeydeki açıklıklardan içeri girmek, negatif olan yüzeydeki açıklıklardan dışarı çıkmak isteyecektir [12].



Şekil 2.2 Sol: Dış hava hareketiyle yapıda oluşan basınç bölgeleri ve iç mekândaki hava devinimi. Sağ: Hava sıcaklığı ile yapıda oluşan basınç bölgeleri ve hava akış yönü [13]

Ken Yeang doğal havalandırmanın işlevini kullanıcı sağlığını koruma, ısıl konforun ve strüktürel soğutmanın sağlanması olarak tanımlamaktadır [14]. İyi bir iç hava kalitesinin oluşturulması, birçok etkene bağlıdır.

- Sıcak-nemli bölgelerde hava hızını maksimum tutarak tamamen soğutmaya yönelik, sıcak-kurak bölgelerde ise, hava akımını yapıya doğru arttırarak soğutma sağlamak,
- Binalarda rüzgardan maksimum düzeyde yararlanacak yüzeyler oluşturmak,
- Yapıların uzun cepheleri ve kapı, pencere açıklıklarını hakim yaz rüzgarlarına göre düzenlemek,
- Pencereleri ters basınç bölgelerine göre konumlandırmak (Yatayda devam eden pencereler daire ya da kare formlu pencerelere göre daha fazla hava akımı iletir),
- Topografya, peyzaj, çevre binalar gibi rüzgar hızını ve yönünü etkileyecek parametrelere dikkat etmek,
- Rüzgarı yapıya yönlendirecek rüzgar duvarları, parapet gibi mimari elemanlar kullanmak,
- Düşey hava şaftları ya da merdiven boşlukları ile emme etkisi yaratılarak doğal havalandırma sağlamak,
- Bina yüzeyini arttırmak gereklidir [15].

2.2 Konutlarda Doğal Havalandırmanın Önemi

Kapalı ortamlarda insanların sağlıklı bir şekilde nefes alabilmeleri için doğru iklimlendirme önemlidir. Bu doğrultuda sağlıklı bir yaşam, sağlıklı bir gelecek için konutlarda havalandırmanın önemi unutulmamalıdır. Konutlarda genellikle ısıtma ve soğutmanın üzerinde durulmaktadır. Oysa iç hava kalitesinin artırılabilmesi için mutlaka yeterli miktarda taze havanın ortama verilmesi gerekmektedir. “Son 100 yıllık süreçte artan çevre ve enerji bilinci sonucunda sızdırmaz hale getirilen bina kabukları bir termosu andırmakta; mekanik havalandırmanın yapılmaması durumunda oksijensizlik insanların ölümlerine bile neden olabilmektedir”. “Konutlarda ideal oksijen seviyesi yüzde 21, minimum oksijen seviyesi yüzde 19’un altına düşürülmemelidir. Oksijen seviyesi yüzde 15’in altına düştüğünde insanlar için hayati tehlike başlamakta beyin oksijensiz kalmasından kaynaklı olarak vücutta kalıcı hasarlar oluşabilmektedir. Bu nedenle insanlık için bu kadar önemli olan oksijenin, konutlardaki öneminin üzerinde durulmalıdır” [16].

Konutlarda taze hava ihtiyacını karşılamak ve enerji tüketimlerini azaltmak amacıyla çeşitli doğal havalandırma yöntemleri kullanılabilir. Konfor koşullarının doğal yöntemlerle sağlanması için doğal havalandırmanın temel ilkelerinin iki başlık altında belirlenmesi gerekmektedir.

2.3 Doğal Havalandırmada Temel İlkeler

Kapalı bir mekândaki kullanılmış olan kirlili havanın yerini temiz havanın alması, yani düşük kalitede olan, içinde kirleticiler bulunan havanın yüksek kalitede, kirletici içermeyen hava ile değiştirilmesi havalandırma olarak tanımlanır [29].

2.3.1 Doğal Havalandırma-Doğal Çevre Etkenleri

Bir yerin iklimi, topografyası, yönlenmesi, hakim rüzgarın yönü ve şiddeti gibi doğal çevre etmenleri doğal havalandırmayı etkiler.

İklim özellikleri: İklim, yerleşimi ve yapı tasarımını etkileyen fiziksel etkenlerin başında gelir. W.Gropius’a (1980) göre mimariye etki eden iklimsel koşullar dikkate alınır, birey aradığı ifade değişikliklerini yakalamış olur [18]. Geleneksel yapı tarzları çoğunlukla

iklimsel şartlardan optimum uyum sağlanmasıyla oluşturulmuştur. Zorlu iklim koşullarının etkisi, insanları tarih boyunca önlemler almaya ve çözümler üretmeye zorlayarak farklı karakteristikteki barınma tiplerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır [19].

İklim, bina performansı ve enerji harcamasında önemli etkiye sahiptir. Diğer anlamda bina dışı çevrenin iklimini oluşturan iklim elemanları, iklimsel konforu etkileyen ve enerji korunumu sürecinde etkili olan fiziksel çevresel etkenler olarak ele alınabilir. İklimi oluşturan öğeler; hava sıcaklığı, hava nemi, hava hareketleri, güneş ışınımları olarak sıralanabilir [20].

İklim tipleri genel olarak dört başlık altında yer almaktadır;

- Soğuk iklim bölgesi
- Ilıman iklim bölgesi
- Sıcak ve kurak iklim bölgesi
- Sıcak ve nemli iklim bölgesi [22].

Soğuk iklim bölgelerinde kış mevsimi uzun ve çok rüzgarlıdır. En soğuk dönemde ortalama sıcaklık -15°C 'nin altındayken, yıllık en düşük sıcaklık -40°C ve nem oranı ise soğuk dönemde yüksektir [22]. Bu iklim tipinde gerçekleştirilecek tasarımlarda hava hareketleri soğuk ve hızlı olduğu için ısı korunumunun ön plana çıkmasıyla birlikte havanın yapı içine alınmasında iç mekân hava sıcaklığının düşmemesine dikkat edilmelidir [23]. Soğuk iklim, ılıman soğuk iklim, Tundra iklimi ve kutup iklimi olarak üç alt iklim tipine ayrılır.

İlman iklim bölgelerinde kış ve yaz süreleri eşittir. İklimin aşırı sıcak veya soğuk olmayışı en önemli özelliğidir. En sıcak dönemde ortalama sıcaklık 25°C ve üstünde, en soğuk dönemde -15°C , bağıl nem oranı ise bazı dönemlerde %80'in üzerindedir [22]. Bu iklim tipinde gerçekleştirilecek tasarımlarda doğal havalandırma etkili olarak kullanılabilir. İlman-nemli iklim ve ılıman-kuru iklim, ılıman iklimin iki alt iklimidir.

Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde, ortalama sıcaklık en sıcak dönemde 22°C , en soğuk dönemde -10°C ve yıllık ise en yüksek sıcaklık 45°C dir [22]. Böylece günlük ve yıllık arasındaki sıcaklık değişimi farkı fazla olmaktadır. Bu doğrultuda sıcak kurak iklim

bölgelerine bağlı tasarımlarda buharlaşmayı artırmak ve sıcaklığı düşürmek gereklidir [24]. Ayrıca bu iklim tipi güçlü bir hava akımına sahiptir. Step ve çöl iklimi bu iklimin alt tipleridir.

Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde ise kısa bir süre için ortalama sıcaklık en sıcak dönemde 40° C'nin üzerinde ve en soğuk dönemde 18° C ve altındadır. Günlük-yıllık sıcaklık farkları oldukça azdır ve ortalama bağıl nem oranı %80'dir [22]. Nemin bunaltıcı etkisinden kurtulmak için doğal havalandırma etkili bir şekilde kullanılabilir. Böylece buharlaştırıcı soğutma yöntemi ile baca etkisi oluşturularak yapı içindeki hava emilir ve doğal havalandırma gerçekleşir. Sıcak ve tam nemli (yağmur ormanı), sıcak ve değişken nemli (muson) iklimleri sıcak ve nemli ikliminin alt tipleridir.

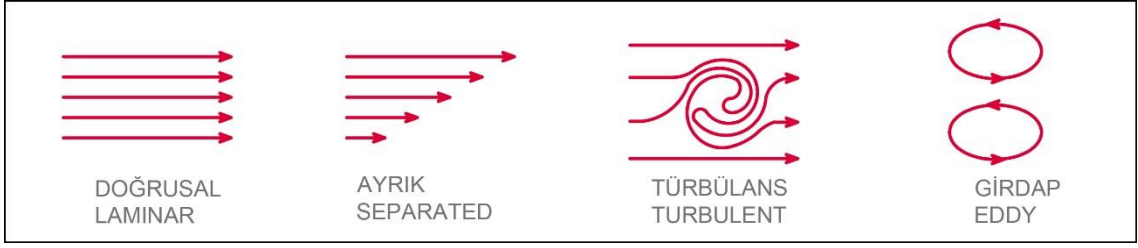
İç mekanlarda gereksinim duyulan havalandırmanın doğal yollarla sağlanması, yapıyı etkileyen dış iklim koşulları ile doğrudan ilişkilidir ve mevcut dış iklimsel koşulları yardımıyla istenen iç iklimsel koşulların (iklimsel konfor koşullarını) sağlanması yapı tasarımına bağlıdır.

Topografyanın özellikleri: Topografya verileri hava akımlarının oluşmasında önemlidir. Örneğin tepeler, sırtlar, basamaklı arazi yapısı, oluk, vadiler rüzgar üzerinde ilave bir etkiye sahiptir [25].

Yönlendirme: Güneş ışınımı ve rüzgar gibi dış iklim elemanları yöne göre değişim gösterirler [26]. Bu nedenle binaların ve iç mekanların yönlendirilmesi, güneş ışınımının ısıtıcı, rüzgarın serinletici ve benzer meteorolojik verilerin etkisi ile değişim gösterir. Bu parametreler dikkate alınarak mimari çözümlerle birlikte, iklimsel konfor optimize edilebilir ve istenmeyen ısı kazanç ve kayıpları engellenebilir. Böylece bina doğal olarak havalanabilir. Örneğin kuzey yarım kürede yaz güneşinin geliş açısı dik, kış güneşinin ise daha yatıktır. Bu nedenle güneye bakan yüzeyler kışın daha fazla güneş alır; yazın ise saçak veya güneş kırıcılar ile istenmeyen güneşten korunabilir. Dolayısıyla bu bölgede bina tasarımında güneye bakan cepheler önem kazanır.

Rüzgar ve hava hareketleri: Rüzgar, havanın sıcak ve yüksek basınç alanlarından, soğuk ve düşük basınçlı alanlara doğru akan hareketidir [5]. Atmosfer basıncı ve sıcaklık değişimleri nedeniyle hava akımları; doğrusal hava akımları, ayırık hava akımları, türbülanslı hava akımları ve girdaplı hava akımları olmak üzere dörde ayrılır [10]. Ayrıca

okyanus ve kıtaların düzensiz dağılımı, düzensiz arazi, günlük sıcaklık değişimleri ve mevsimsel değişiklikler de rüzgar oluşumunu etkilemektedir [27].



Şekil 2.3 Hava akımlarının türleri [10]

Rüzgarlar, sürekli, mevsimlik ve yerel rüzgarlar olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Çizelge 2.1 Rüzgar çeşitleri [25]



Yapılarda rüzgâr enerjisinin kullanımı pasif ve aktif sistemlerle sağlanmaktadır. Doğal havalandırma yoluyla rüzgârdan pasif ve elektrik üretiminde, pompaj sistemlerinde ve ısı enerji elde edilmesinde aktif olarak yararlanılabilir [5].

Rüzgar hızı, rüzgar yönü ve rüzgar esiş sıklığı rüzgar enerjisinin üç önemli özelliğidir. Rüzgar yönü günlük hava durumuna ve mevsimlere göre değişiklik göstererek rüzgar enerjisi sistemlerinin yönleri ve yerlerini belirler. Bir diğer faktör olan rüzgar hızı, enerji miktarı ile orantılıdır, yani rüzgar hızı ne kadar çok olursa o kadar enerji elde edilir. Rüzgarın esiş sıklığı ise enerji üretim potansiyeli ile doğru orantılıdır; rüzgar ne kadar sık eserse enerji üretim potansiyeli de o kadar artacaktır [28].

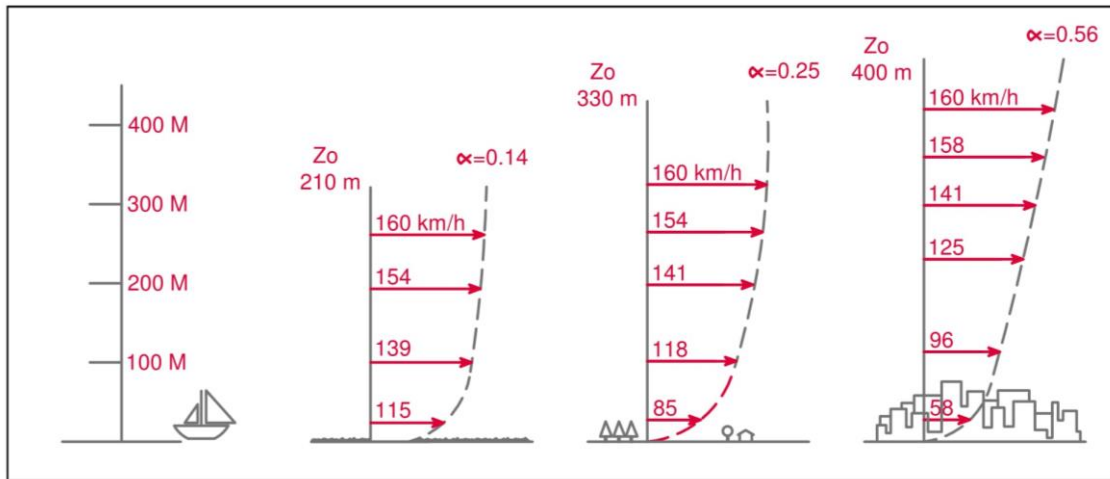
2.3.2 Doğal Havalandırma-Yapay Çevre Etmenleri

Yapay çevre doğanın bir bölümünün seçilmesi ve istenen koşulların sağlanmasıyla oluşturulmuştur. Yeni ve yapay bir ortam olan yapma çevre, insanlar tarafından üretilen

ve küçük bir yapıdan, kente ya da bölgeye dek ölçeklenebilen bir yaşam alanıdır. Yapma çevrenin asal kullanıcısı olan insanın temel gereksinmelerinden birisi temiz hava solumak ve hava kirleticilerinden uzak olmaktır [29]. Bu gereksinme, doğru doğal havalandırma eylemi ile karşılanabilir. Doğal havalandırmaya ilişkin yapay çevre çeşitli açılardan ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir.

2.3.2.1 Doğal Havalandırmayı Etkileyen Kent Planlaması ve Yakın Çevre

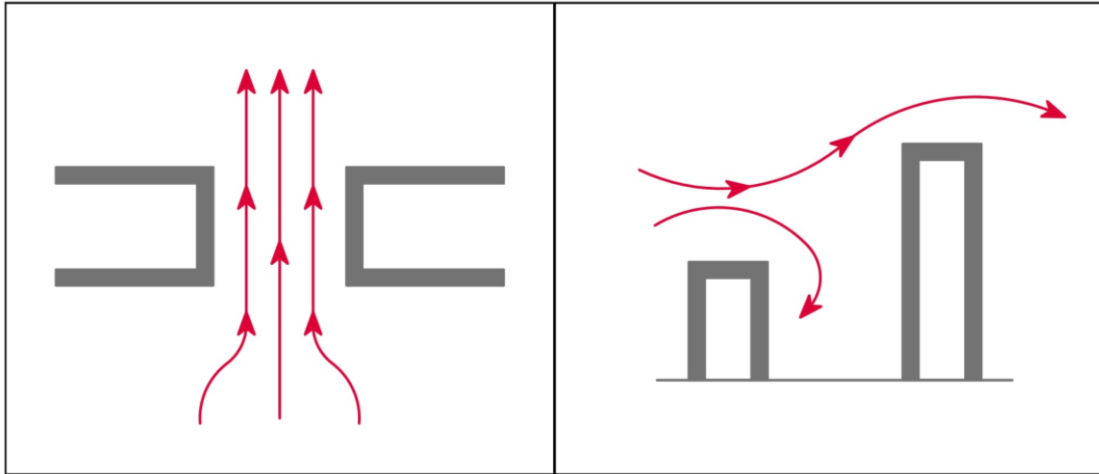
Kent içindeki yapılaşma doğal havalandırma açısından önemlidir. Kentsel bir alanda arazi kullanımı, topografya gibi doğal etkenlerin yanı sıra yapıların geometrisi ve boyutları, yapı yüksekliği arasındaki farklılıklar, yapılar arası boşluklar (cadde ve sokak dahil), cadde geometrisi ve yolların açıldığı kent meydanları, kısacası kent peyzajı rüzgar hızının ve yönünün değişmesinde önemli bir etkiye sahiptir [34]. Kentsel açık alanı oluşturan binalar, açık kırsal alandaki topografya gibidir. Açık kırsal alanda oluşan akım tipleri ile kentsel alandaki akım tipinde farklılaşma olmaktadır. Böylece kentsel açık mekan ölçeğinde hava hareketlerinin tipi yine geometrik özelliklerle bağıntılı olarak düzgün olmaktan çıkıp türbülanslı, girdaplı duruma geçmektedir [45] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Kentsel alan ile kırsal açık alan arasında hız profilindeki değişimi [45]

Yan yana iki bina arasında boşluk olduğunda, yapıların rüzgarı engellemesi nedeniyle hava engelsiz bölümden sıkışarak geçer; yapı aralıkları azaldıkça bu aralıktan geçen rüzgâr hızlanır. Bu olay hunileme olayıdır [25]. Yapıların uygun aralıklarla konumlandırılması hunileme olayının engellemesinde önemlidir. Rüzgâr bir engelle

karşılaştığı zaman bu engelin boyutları ile değişen bir uzaklıktan sonra eski durumuna geri döner ya da yön değiştirir. Bu nedenle rüzgârı kesen çevre yapılar, bu yapıların yükseklikleri, bu yapılar ile söz konusu yapı arasındaki uzaklık ve konumlanışları hava hareketlerini etkileyecektir [38]. Yapıların arasındaki sokaklar veya caddelerin yönelişi ve rüzgar doğrultusu ile yaptığı açı ise, gelen hava akımlarını yönlendirerek hava koridorları oluşturur.



Şekil 2.5 Binaların yatay ve düşey düzlemde bir araya gelişinde rüzgar hızının artırılması ve öteleme [45]

Binaların rüzgardan yararlanmaları için birbirine göre konumları ise, iklim özelliklerine bağlıdır. Örneğin soğuk iklim bölgelerinde istenmeyen rüzgardan korunarak, doğal havalandırma için gerekli hava akımlarını yapı içine almayı sağlayacak yoğun bir doku oluşturmalıdır. Buna karşın sıcak ve nemli iklim bölgelerinde yerleşme dokusu rüzgârın olabildiğince içeri alınmasını sağlayacak seyrek biçimde tasarlanmalıdır [31] ve [24].

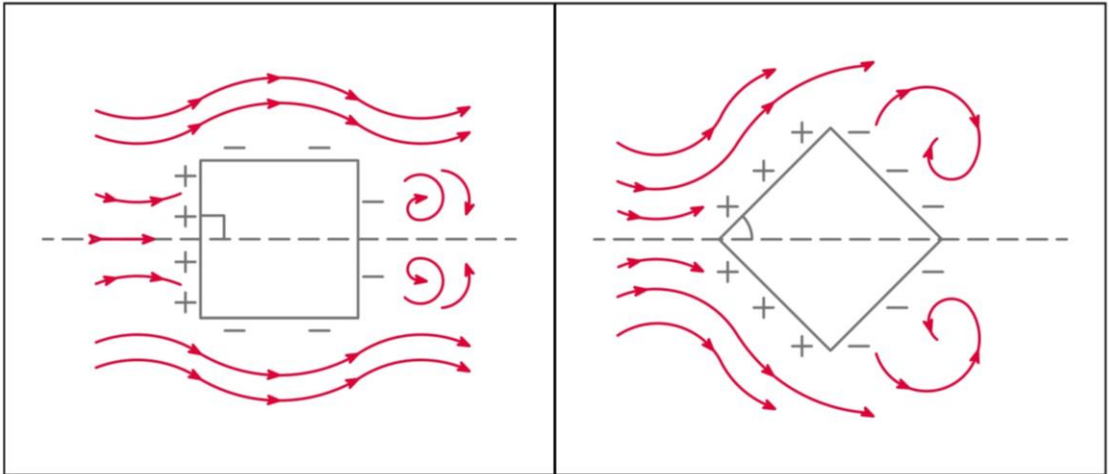
2.3.2.2 Doğal Havalandırmayı Etkileyen Bina Özellikleri

“İnsan bir iç mekanda ne tür eylem içinde olursa olsun, kendini saran bir yapı kabuğu içindedir. Bu kabuk, iç mekanla dış mekanı birbirinden ayırdığı gibi, iç mekanda uygun fizik ortamın oluşturulmasını olanaklı kılar” [32].

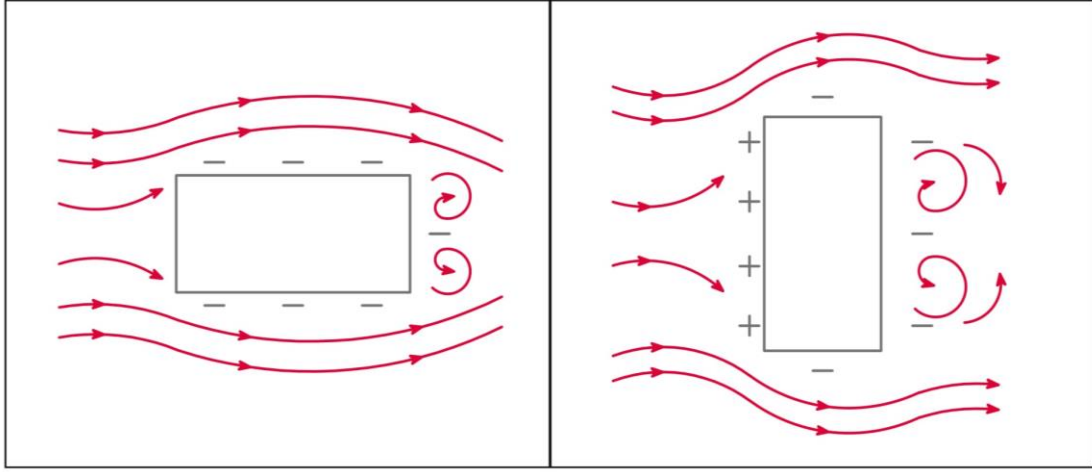
Bir binanın doğal havalandırmasında sadece yapının kendi elemanları kullanılmakta ve enerjiye gereksinim duyulmamaktadır. Böylece binanın mimarisinin ve açıklıklarının, doğal havalandırma şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanması önemlidir. Bu bağlamda, yapının

konumunun, biçiminin, planının (yapı birimlerinin yerleşimi) ve boşluklarının uygun düzenlenmesi doğal havalandırmayı daha etkili duruma getirir [33].

Doğal havalandırmayı etkileyen yapı konumu ve yönlendirilmesi: Yapının konumu, etkin doğal havalandırma için uygun dış hava deviniminden ve güneşin ısıtıcı etkisinden yararlanma açısından önemlidir. Devinen hava yapıyla karşılaşır ve yapının çevresinde farklı düzeylerde basınç bölgeleri oluşturur. Böylelikle pozitif basınç ile itme etkisi devinimi karşılayan yapı cephesinde ve negatif basınç ile emme etkisi diğer cephelerde ortaya çıkar [34]. “Yapının rüzgar ile etkileşiminde yapı grupları arasındaki yeri, rüzgarın geliş yönü ile arasındaki açı önemlidir” [35] ve hava basınç bölgeleri, yapının konumu ve devinim doğrultusu ile yaptığı açıya göre değişir [36] (şekil 2.6). En fazla basınç, rüzgarın yapı duvarına dik olarak estiğinde ve en az basınç 45 derecelik açıyla geldiğinde oluşur [25]. Böylece rüzgarın alınması istenen durumlarda yapılar; en küçük rüzgar gölgesi yapacak ve birbirlerinin gölgesinde olmayacak şekilde yerleştirilmelidir [37].

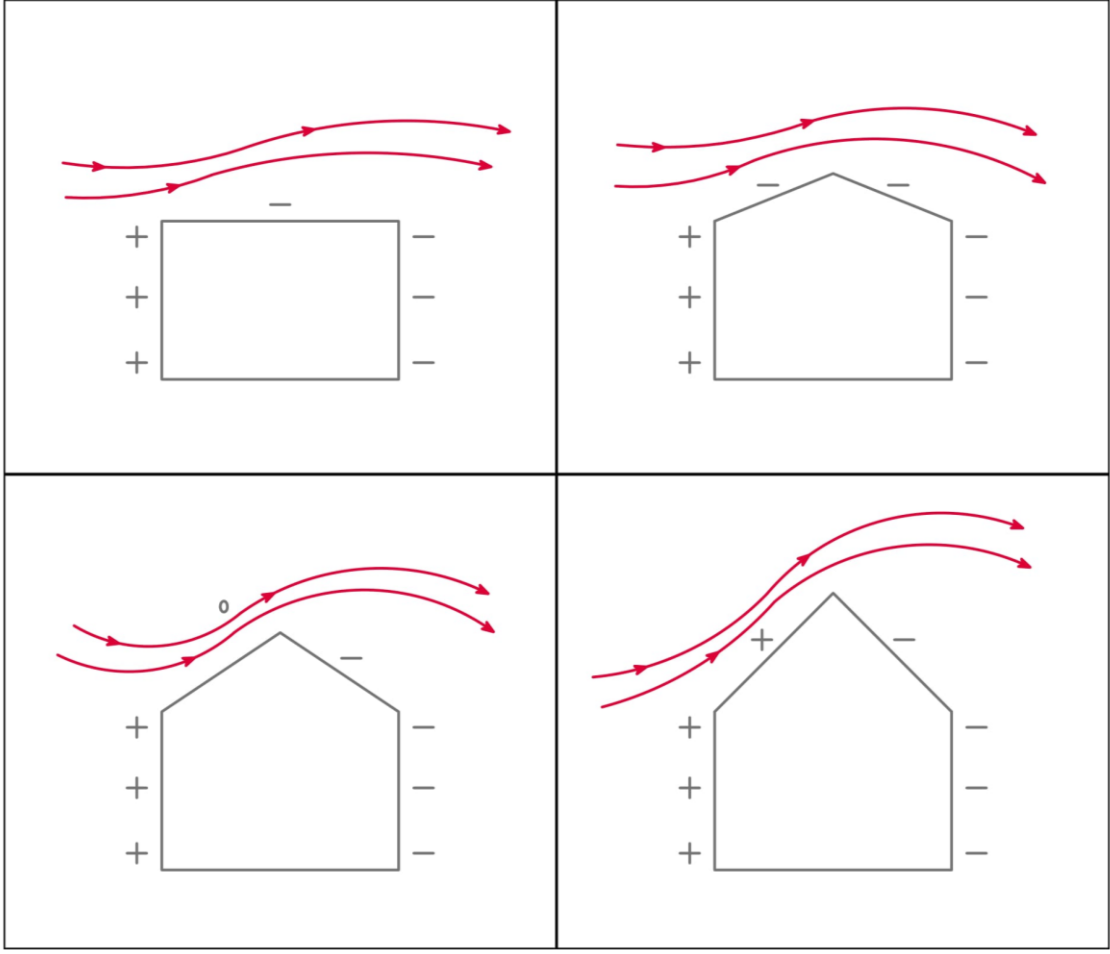


Şekil 2.6 Devinim doğrultusu ile dik ve 45° açı yapan konumlanış ve basınç dağılımı [3]



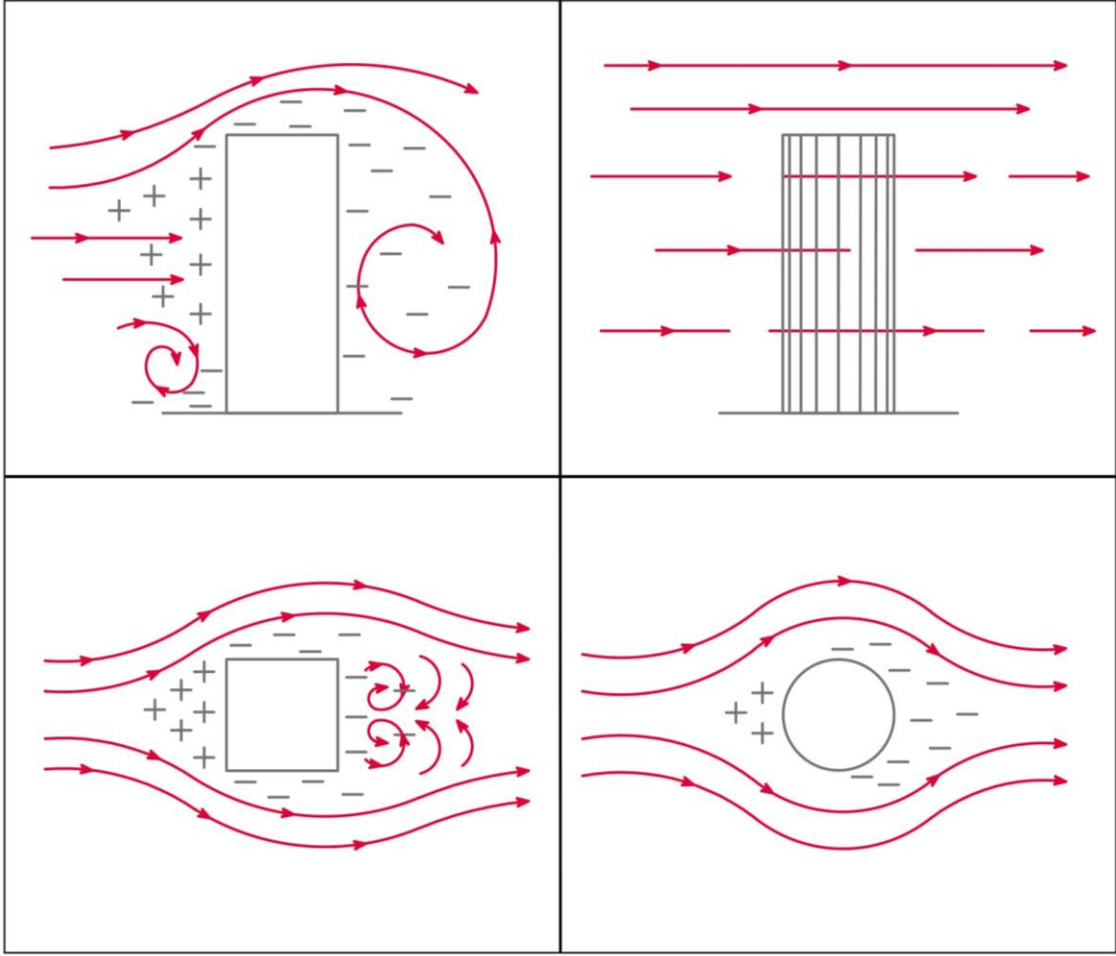
Şekil 2.7 Dış hava devinimi - yapı konumlanışı ilişkisi [3]

Doğal Havalandırmayı Etkileyen Yapı Biçiminin Tasarlanması: Yapının biçimi dış hava deviniminin yapı çevresinde oluşturduğu basınç bölgelerini ve düzeylerini etkilemektedir. Plandaki yapı uzunluğunun yapı derinliğine oranı, yapı yüksekliği, üst örtü türü, üst örtünün eğimi, cephelerin eğimi gibi yapıya ilişkin geometriler, yapı biçiminin özellikleri olarak doğal havalandırmının sağlanmasında önemlidir [21]. Yapı biçimini oluşturan bu özellikler yapı çevresinde etkili olan hava akımlarının hızını, oluşturduğu basınç bölgelerinin etki düzeyini ve dağılımını etkiler (Lencher, 2001). “Düzenli birbirine paralel lifler halinde gelen hava akımları binaların rüzgara açık yüzeylerinde pozitif ya da itme, yan ve rüzgar altı arka yüzeylerinde ise, negatif ya da emme kuvveti şeklinde basınç etkisi yapmaktadır” (Ok, 2008).



Şekil 2.8 Çatı eğimine göre yapı çevresinde oluşan rüzgâr basınç bölgeleri [10]

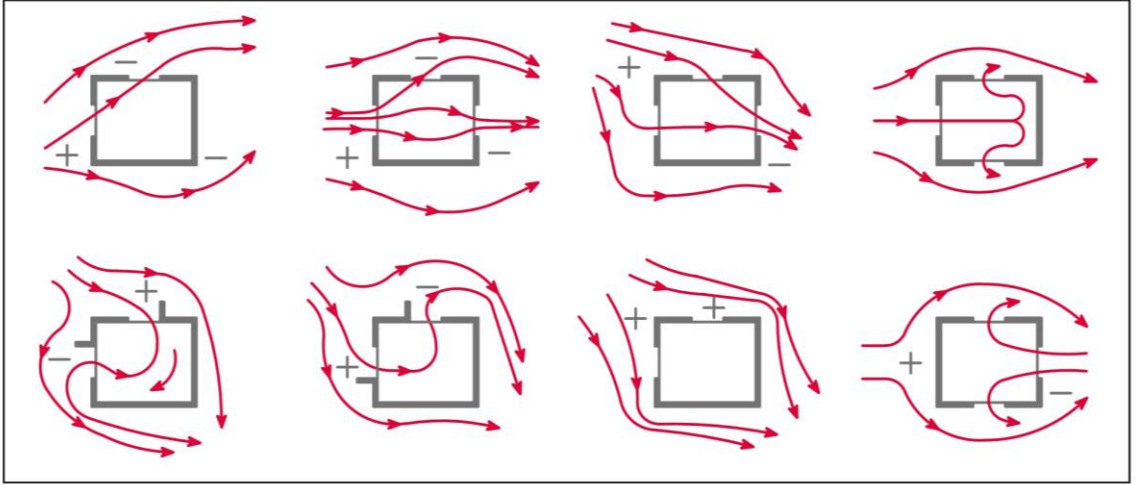
Basınç bölgelerin dağılımı ve etki düzeyleri yapının dış yüzeylerinin özelliklerine bağlıdır. Yüksek yapılara çarpan rüzgâr, yapı çevresinde farklı basınç bölgeleri oluşturur. Hava molekülleri yapının yüzüne çarptığı zaman birbirinden ayrılır ve zemine, çatıya ve yapının yan yüzlerine doğru hareket ederek arkadan gelen yeni moleküller ile sıkışır. Böylece hava akımı yukarıya doğru yükseldikçe hızlanıp, yapının rüzgâr üstü cephesinde birbirinden farklı basınç alanlarını oluşturur. Zemine doğru ilerleyen akımlar ise, yer yüzeyine ulaşmadan önce yapı cephesinden ayrılarak yüzeye yakın kısımlarda yüksek hızlı girdaplar oluşturup, yapının yan yüzeylerine doğru dönerek daha düşük düzeyde basınçlarla, yapı arkasına ilerler [39]. Dikdörtgen planlı yapılarda dikey akımlar ve dairesel ya da daireye yakın planlı yapılarda güçlü yanal akımlar oluşmaktadır [40].



Şekil 2.9 Farklı biçimlerdeki yüksek yapıların çevresinde oluşan basınç bölgeleri [33]

Doğal Havalandırmayı Etkileyen Yapının Boşlukları: Yapı kabuğu iç ve dış mekanı birbirinden ayıran yapı elemanlarının oluşturduğu bütündür [5]. Yapılarda havalandırmının yeterli ve etkin olması için, uygun nitelikteki hava akımının yapı kabuğu aracılığıyla yapı içine girmesi, iç çevrede dolaşması ve yapının iç ve dış çevresinde sürekli kirlenen havanın uzaklaştırılması gereklidir [29].

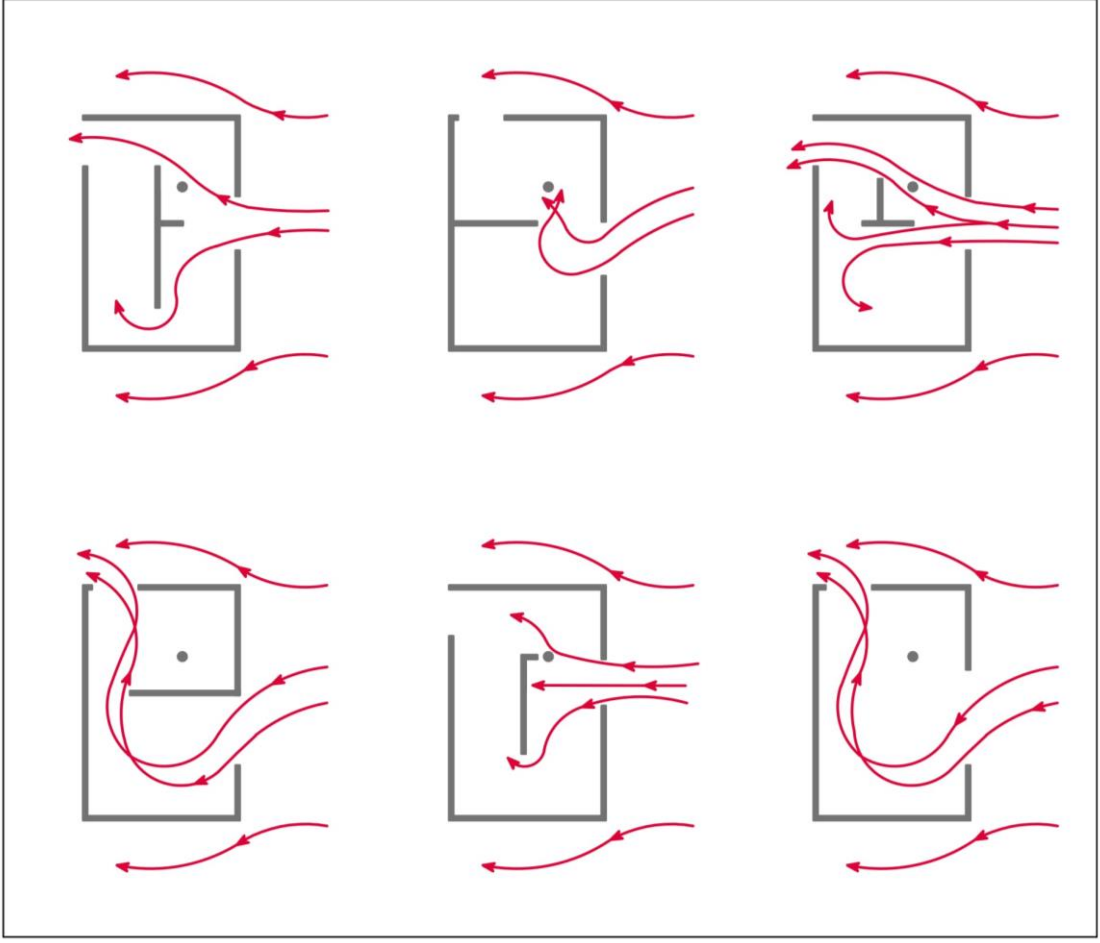
yapının kabuğunda yer alan pencere, kapı, baca ve kule boşlukları hava akımının yapı içine girmesini ve çıkmasını sağlayan temel öğeleridir. Bu boşluklardan sağlanan hava akımı ile iç ortamdaki sıcaklık değişir ve iç ortamdaki kirli hava uzaklaştırılır.



Şekil 2.10 Farklı bina tipleri ve açıklıkları etkileyen pozitif (+) ve negatif (-) rüzgar basınçları [41]

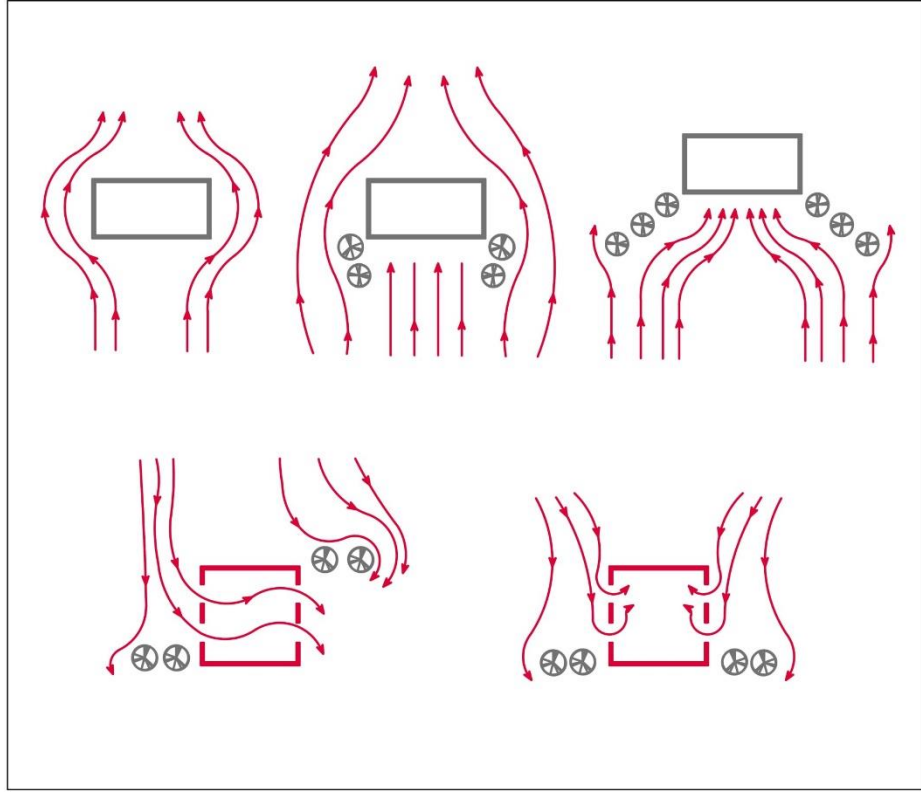
İç mekânda ortaya çıkan doğal havalandırmanın etkinliğinde duvar boşluklarının konumu, boyutları, sayısı ve düzenlenmesi önemlidir. İç mekândaki boşluklar uygun bir şekilde konumlandırılmazsa havalandırma etkinliğinin azalmasına neden olabilir.

Doğal Havalandırmayı Etkileyen Yapının Planı: Hava akımının basınç bölgelerini kullanmak için yapı cephesinde oluşturulacak çözümler ve devinimin yapıya girişinden sonra yapı içindeki dolaşımını etkileyen birimlerin yerleşimi ve iç düzenine göre şekillenmesi önemli bir etkiye sahiptir. İyi bir havalandırma sağlanması için mekânın planlaması da hava hareketini engellemeyecek bölümler ve donanımlar yerleştirilmelidir.

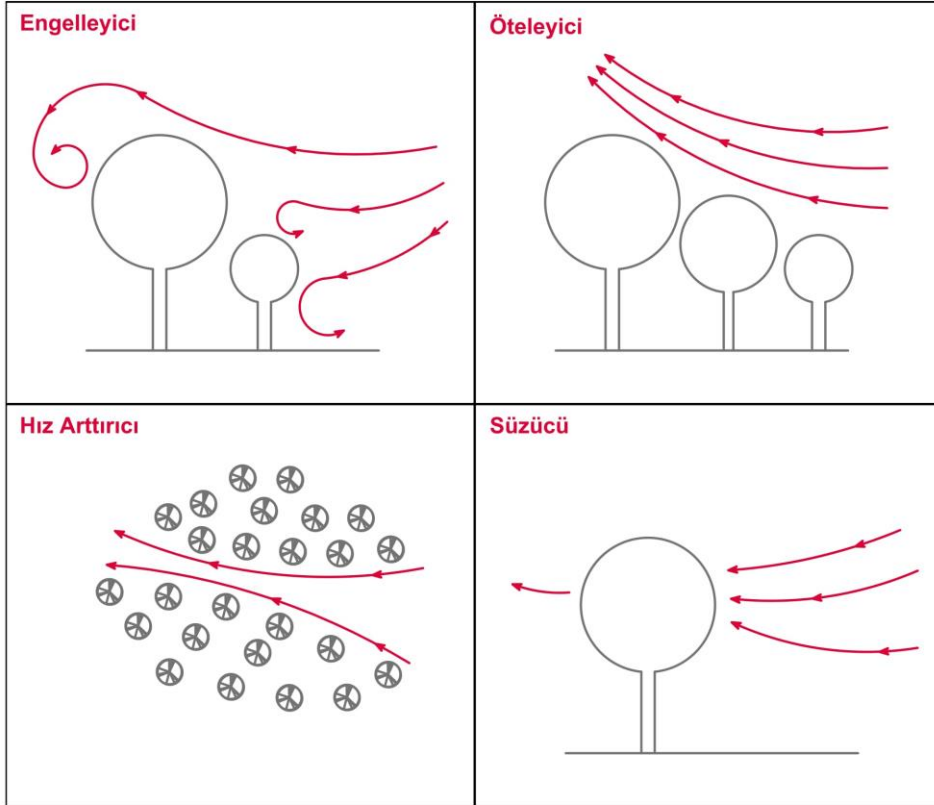


Şekil 2.11 Doğal havalandırmayı etkileyen değişik plan formları [77]

Doğal havalandırmayı etkileyen peyzaj tasarımları: Doğal havalandırmanın etkinliği açısından mimari ve peyzaj tasarımlarının birbirlerine uyum sağlaması önemlidir. Bitkiler gibi canlı peyzaj öğeleriyle bina dışı mekanlarda rüzgar engellenebilir, istendiğinde hızı arttırılabilir, ötelenebilir, binaya doğru yönlendirilebilir ve içindeki partiküllerden arındırmak için süzülebilir.



Şekil 2.12 Doğal havalandırmayı etkileyen peyzaj tasarımları [10]



2.13 Doğal havalandırmayı etkileyen peyzaj tasarımları [10]

Havalandırmanın amaçlarından birisi yeterli iç hava kalitesi sağlamaktır. Bir binanın doğal havalandırılması için seçilen mekanizmanın rüzgar olduğu durumda, bu kaynağın uygun kullanımı için birçok yöntem geliştirilmiştir.

2.4 Doğal Havalandırma Yöntemleri

Doğal havalandırma yöntemlerinin uygulaması, hava akımıyla ilgili temel bilgilerin bilinmesini gerektirir [10].

- **Hava akımının nedenleri:** Hava, ya doğal konveksiyon akımları nedeniyle ya da basınç farklılıkları nedeniyle akar.
- **Hava akımının tipleri:** Dört temel hava akımı türü vardır: tabakalı, ayrılmış, çalkantılı ve girdap şeklinde.
- **Atalet:** Hava bir miktar kütleyle sahip olduğundan, hareketli hava düz bir çizgide gitme eğilimindedir. Yönünü değiştirmeye zorlandığında hava akımları eğriyi takip eder ve asla dik açıda olmaz.
- **Hava korunumu:** Hava yapı alanında ne yaratılabilir ne de yok olabilir, bu nedenle bir binaya yaklaşan hava ile ayrılan hava eşittir. Böylece hava akımını gösteren çizgiler süreklilik göstermelidir.
- **Yüksek ve alçak basınç alanları:** Hava bir binanın rüzgâr yönündeki cephesine vurduğunda, sıkışır ve pozitif basınç oluşturur. Aynı zamanda, rüzgâr altı cephesinden emildiğinde, negatif basınç oluşturur.
- **Bernoulli etkisi:** Bir akışkanın hızının arttığı durumda statik basıncı azalır. Bu olgu nedeniyle venturi tüpünün daralmasında negatif basınç vardır. Bir uçak kanadının kesiti yarım ventüri tüp gibidir. Başka bir olgu işte burada bulunmaktadır. Zeminden yukarı doğru yükseldikçe havanın hızı hızla artar. Böylece çatı seviyesindeki basınç zemindeki pencere seviyesindeki basınçtan daha düşüktür. Sonuç olarak, ventüri tüpü geometrisinin yardımı bile olmadan Bernoulli etkisi ile çatı açıklıkları arasından hava dışarı verilir.
- **Baca etkisi:** Doğal konveksiyon hareketi nedeniyle havanın yapıdan çıkarılmasıdır (sıcaklık ve nem farklılıklarından dolayı havanın yoğunluğunun değişmesi ile meydana

gelir). Baca etkisi eğer iki dikey açıklık arasındaki iç sıcaklık farkının, aynı açıklıkların seviyesindeki dış sıcaklık farkından daha büyük olması durumunda havayı dışarı atar. Baca etkisinin avantajı Bernoulli etkisi gibi rüzgâra bağımlı olmamasıdır. Dezavantajı ise, zayıf bir kuvvet olması ve havanın çok hızlı hareket edememesidir. Pek çok sıcak yaz günlerinde, özellikle iyi bir dikey havalandırma yaratmak için, yukarıda bahsedilen bernoulli ve venturi etkisi kombine edilebilir [2] ve [42].

İç ortamda insan sağlığı için uygun ve konforlu bir havalandırma sistemi gereklidir. Mekanik veya doğal havalandırma sistemleri insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek temiz bir iç hava kalitesi ve uygun ısısal ortam yaratmalıdır

Mekanik havalandırmanın mimari avantajlarına rağmen, doğal havalandırma 1990'ların sonunda çok ilgi görmeye başlamış ve bu konuda yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler:

- Konfor havalandırma yöntemi,
- Çapraz havalandırma yöntemi,
- Baca havalandırma yöntemi,
- Rüzgar kulesi ile havalandırma yöntemi,
- Gece havalandırma yöntemi.

2.4.1 Konfor Havalandırma Yöntemi

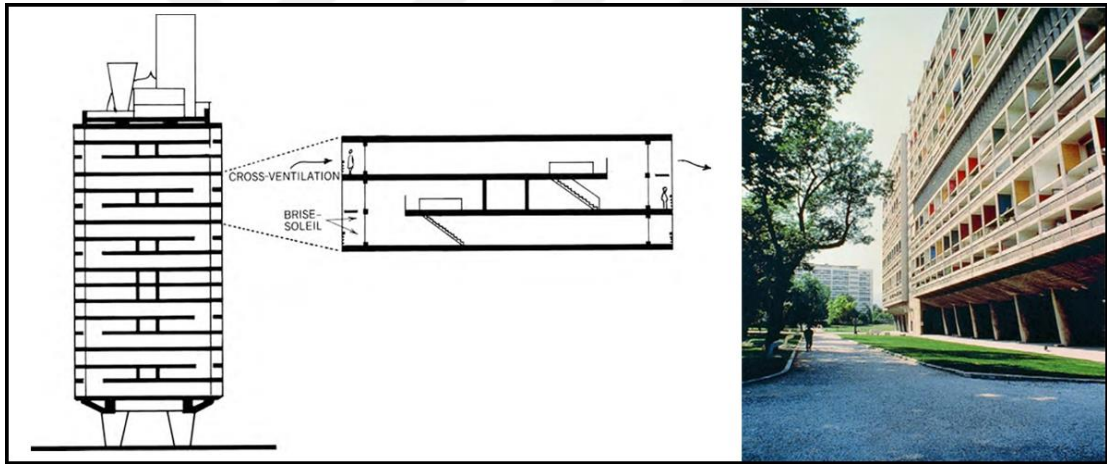
İç ortamda ısısal konfor oluşturmak ve insan vücudu üzerinde doğrudan soğutma etkisi yaratmak, konveksiyon veya buharlaşma yoluyla gerçekleştirilebilir. İnsan cildinin yüzeyindeki nem, üzerinden geçen hava akımından dolayı buharlaşır ve fizyolojik olarak soğutma etkisi yaratır. Konfor havalandırması terimi, ısısal konforu yükseltmede hava hareketinin kullanıldığı teknik olarak kullanılır. Bu pasif soğutma tekniği, hava sıcaklıklarının orta derecede sıcak olduğu ve iç hava nem kontrolünde havalandırmanın gerekli olduğu, pek çok iklimde belirli periyotlar için kullanışlıdır [10].

Konfor havalandırması nadiren tamamıyla pasiftir, çünkü rüzgâr pek çok iklimde gerekli hava hızını oluşturmak için her zaman yeterli değildir. Gereken rüzgârı sağlamak için tavan arası fanları gerekebilir. İç hava sıcaklığı ve neminin dış hava koşullarının üstünde

olduğu durumlar konfor havalandırması için en uygun durumlardır. Bu durum güneşin ısıtma etkisi ve bina içindeki ısı kaynakları nedeniyle sıklıkla söz konusu olur. Ancak dış ortam iç ortamdaki sıcak olduğunda, dış hava sıcaklığı ile yapının ısınmasını önlemek için pencereler kapalı tutulmalıdır. Daha soğuk iç havayı dolaştırmak için tavan vantilatörleri kullanılabilir [10].

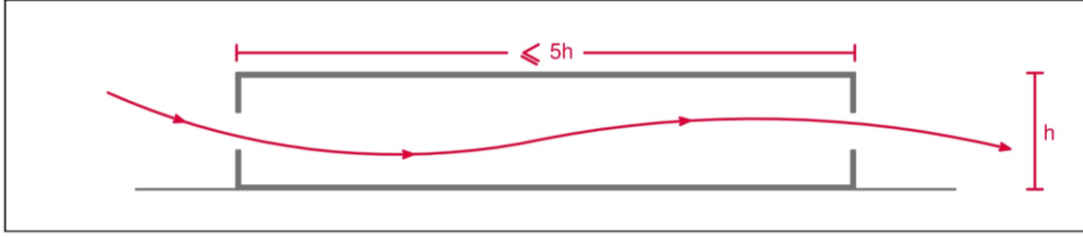
2.4.2 Çapraz Havalandırma Yöntemi

Çapraz havalandırma sistemi binanın iki cephesinde, iki farklı basınç bölgesinin oluşmasıyla meydana gelmektedir. Hava akımı yüksek basınçlı bölgeden alçak basınç bölgesine doğru hareket eder [43]. Diğer anlamda bir binanın çevresindeki hava akımları, rüzgârın geldiği cephede yüksek basınç bölgeleri oluştururken, diğer cephede alçak basınç bölgeleri oluşturur. Yüksek basınç ve alçak basınç bölgesinde pencereler (girişler ve çıkışlar) yerleştirildiğinde en etkili çapraz havalandırma meydana gelir [44].



Şekil 2.14 Unite d'Habitation, Marsilya, Fransa, Le Corbusier tarafından tasarlanan her daire için çapraz havalandırma [10]

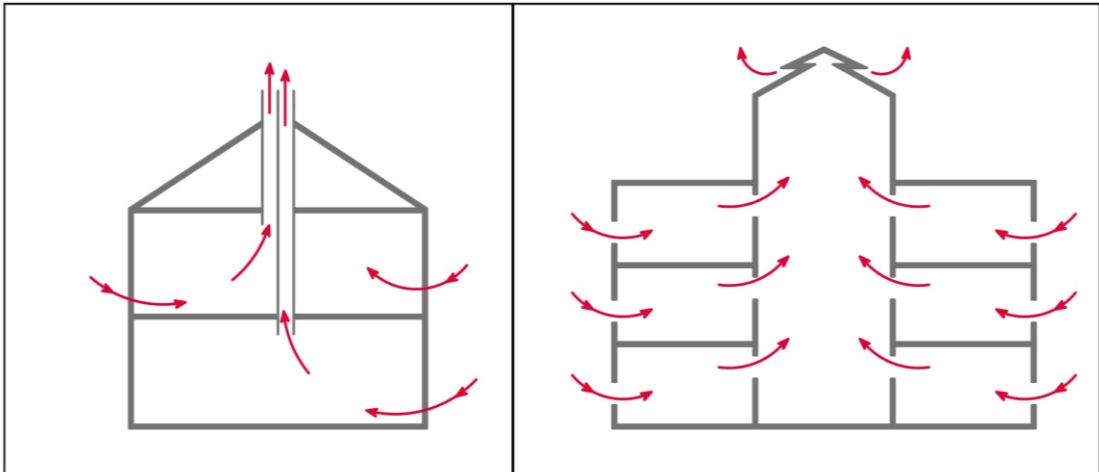
Tasarım aşamasında mekân içinde oluşacak hava akımının hızının, dağılımının ve mekâna alınacak temiz hava miktarının belirlenmesi, havalandırma için gereken açıklıkların biçimlerine, ölçülerine ve konumlarına bağlıdır [45]. Yapılarda açıklık/kat yüksekliği oranının en az 5 olduğu durumlarda çapraz havalandırma daha verimli olarak gerçekleşir. Çapraz havalandırma yönteminin uygun olmadığı ve kat yüksekliğinin fazla olduğu durumlarda, genel olarak baca havalandırma yöntemi kullanılır [14].



Şekil 2.15 Çapraz havalandırma için derinlik ve yükseklik oranı

2.4.3 Baca Havalandırma Yöntemi

Bazı iklimlerde, yerleşim yerlerinde veya kentsel durumlarda rüzgar her zaman esmeye bilir. Böyle durumlarda yönlendirmeden bağımsız olarak, hava hareketine gereksinim duymayan bir mekan ya da binanın bir bölümünde ısınan havanın yükselmesi prensibiyle, baca etkisi oluşturulabilir [47].



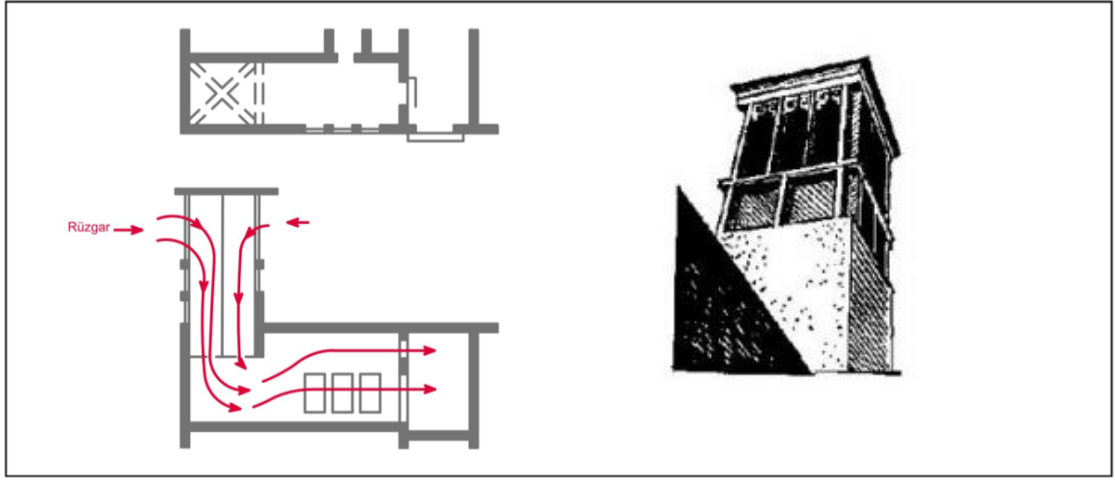
Şekil 2.16 Isınan havanın yükselmesi prensibiyle, baca etkisi [48]

Baca havalandırma yönteminde sıcak hava yükselirken, odanın üst noktasındaki açıklığa çıkar. Odadaki alt kottaki açıklıklardan ise, daha serin hava içeri girer. Böylece doğal bir havalandırma sistemi gelişir.

2.4.4 Badgir (rüzgar kulesi) ile Havalandırma Yöntemi

Alçak kotlu ve yüksek yoğunluklu yerleşim düzenindeki yapılarda, esintilerin diğer tarafa geçmesini engelleyerek pencereler yolu ile havalandırmayı sağlamamaktadır. Böyle durumlarda rüzgar kuleleri uygun bir yöntem olarak kullanılabilir. Rüzgar kuleleri, doğal

sirkülasyonla, çatı üstü seviyesinden geçen hava akımlarını bina içerisine taşıyan bir sistemdir.



Şekil 2.17 Rüzgar kulesi örneği, plan ve kesit [42]

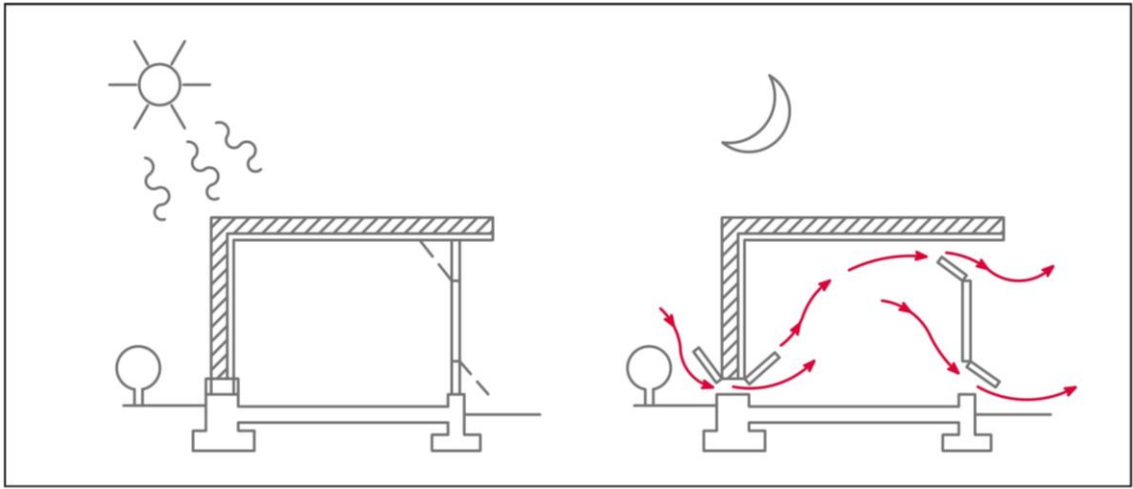
Rüzgar kulelerinde devamlı hava sirküle edilmektedir. Her binada iyi bir rüzgâr geçişinin elde edilmesi için hava akımı doğrultusunda rüzgar kulelerin yönlenişi önemlidir. Oysa binaların yönlendirilmesinde güneş veya gölge için yönlenme ve rüzgâr için yönlenme arasında bazen çatışmalar oluşur. Bu durumda öncelikli yapı formu, kışın güneş toplamak gibi diğer kuvvetlere cevap verirken, rüzgâr kuleleri potansiyel olarak her yönden rüzgâr alabilirler. Ancak rüzgâr yakalayıcıları, yerel rüzgârların doğrultularının değişkenlik derecesine göre tasarlanmalıdır. Rüzgâr yakalayıcılarının bir, iki veya daha fazla yüzeyinin rüzgâra açık olarak tasarlanması binanın serinletmeye ihtiyacı olan aylardaki rüzgâr gülü analizlerine dayalı olarak yapılmalıdır [42].

2.4.5 Gece havalandırma yöntemi

Doğal havalandırmada, gece soğutması imkanı da bulunmaktadır. Bu soğutma sistemi, 17°C'nin üzerindeki günlük sıcaklık değişimleri nedeniyle, en iyi sıcak ve kuru iklimlerde çalışır.

Yaz mevsiminde dış sıcaklığın iç sıcaklıktan daha düşük olduğu gece saatlerinde sistem tam açık duruma getirildiğinde, gece boyunca soğuk hava ile yapılan soğutma bina kütlesi içinde depo edilir. Burada depo edilen soğuk, gün boyunca kullanılabilir iklimin uygun olduğu bölgelerde, uygun tasarlanmış bir yapıda doğal soğutma yolu ile yapıyı

bütün bir mevsim mekanik soğutmaya gerek duyulmadan konfor şartları içinde tutmak mümkündür [98].



Şekil 2.18 Gece havalandırmasının işleyişi [42]

Bu etkinin artırılabilmesi için gündüz saatlerinde pencere veya açıklıklar kapalı tutulmalıdır. Havalandırılmayan binalarda gün içinde konfor şartlarının sağlanmasında konvektif soğutma yapılabilmesi, iklim şartlarına ve binanın tasarımına bağlıdır. iklim açısından konvektif soğutmayı etkileyen ana faktörler; dış havanın gün içindeki sıcaklık değişim aralığı ve en sıcak ay süresince maksimum dış hava sıcaklığıdır [50].

2.5 Günümüz Yapılarında Doğal Havalandırma Örnekleri

Birçok ülkede doğal havalandırmanın yanı sıra geleneksel pasif soğutma teknikleri geliştirilmiştir.

The Environmental Building Binası, BRE

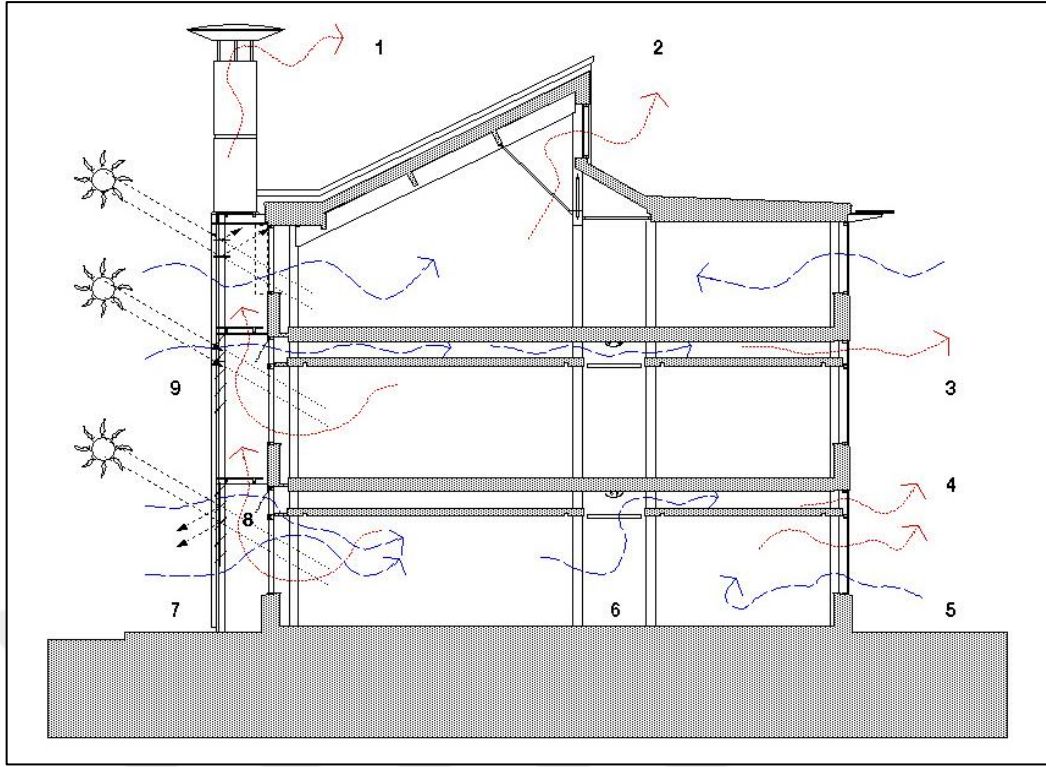
Feilden Clegg tarafından tasarlanan BRE's Environmental Building binası İngiltere'de Londra yakınlarındaki Watford semtinde inşa edilmiştir. Ofis kullanımlı bu bina doğal havalandırma prensipleri ile oldukça ilgi çekici bir model sunmaktadır. BRE's Environmental Building binasının tasarım amacı, pasif sistemler ile doğal kaynak kullanımının artırılması ve bu sistemlerin yeterli olmadığı durumlarda aktif sistemler ile desteklenmesidir. Binada doğal havalandırma; çapraz ve baca yöntemiyle gerçekleştirilmiştir [50].



Şekil 2.19 BRE's Environmental Building [52]

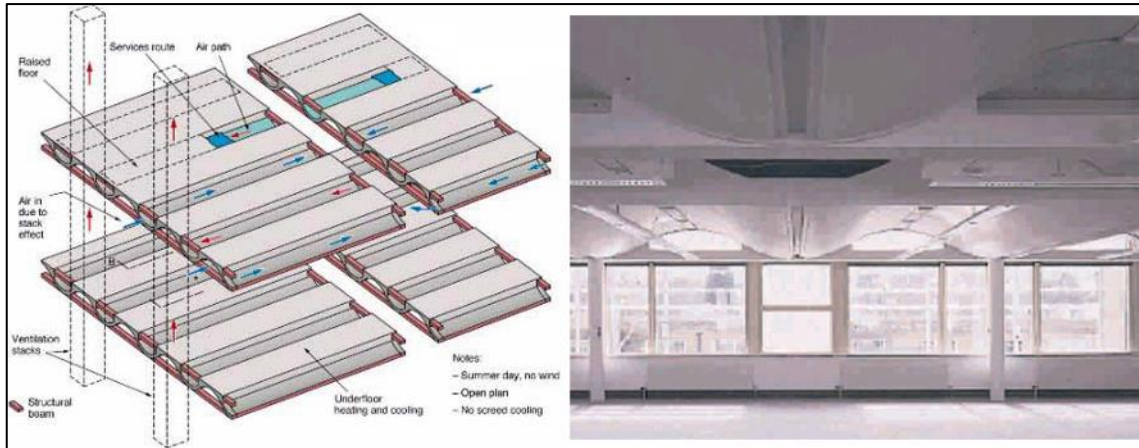
Binada çapraz havalandırma, bina yönetim sistemi (building management system) ile kontrol edilen üst kottaki açıklıkları ve bina kullanıcılarının kontrolünde olan alt kottaki pencere açıklıkları ile gerçekleşmektedir [51]. Ayrıca binanın yönlenmesinde çapraz havalandırmayı güçlendirecek hakim güneybatı rüzgarları etkili olmuştur [51].

Binanın doğu-batı eksenindeki ofis bloğunun güney cephesinde yer alan açık planlı bölge, çapraz havalandırma ile; kuzey cephesinde yer alan hücresel planlanmış bölge ise, tek taraflı havalandırılmaktadır.



Şekil 2.20 Güney cephedeki bölgede çapraz havalandırma ve baca etkisinin kesiti [52]

Tek taraflı havalandırmanın yeterli olmayacağı düşünülerek binanın kuzey cephesinde yer alan bölgenin döşeme plağı dalgali formda tasarlanmıştır. Böylece çapraz havalandırmanın devamı, binanın güney cephesinden alınan havanın kuzey bölgedeki mekanların tavanından geçirilerek dışarı atılmasıyla sağlanmıştır.



Şekil 2.21 Dalgali döşeme planı [46]

Çok sıcak yaz şartlarında çapraz havalandırmanın etkinliğini artırmak ve içeride biriken aşırı sıcak havanın dışarı atılmasını kolaylaştırmak amacıyla binanın güney cephesine ilk

iki kat ile bağlantılı olan ve yukarıya doğru yükselen beş ayrı havalandırma bacası yerleştirilmiştir [51].

yaz güneşi camlı baca içerisine ışık saçarak, içerideki havayı ısıtır. Isınan hava doğal olarak bacanın dışına yükselir ve yerine yapının içerisindeki havanın çekilmesine ve daha soğuk taze havanın içeri girmesine neden olur. Çok sıcak ve durgun günlerde ise, daha çok hava akımı sağlamak için, bacaların tepesine düşük enerjili fanlar yerleştirilmiştir [2] ve [42].

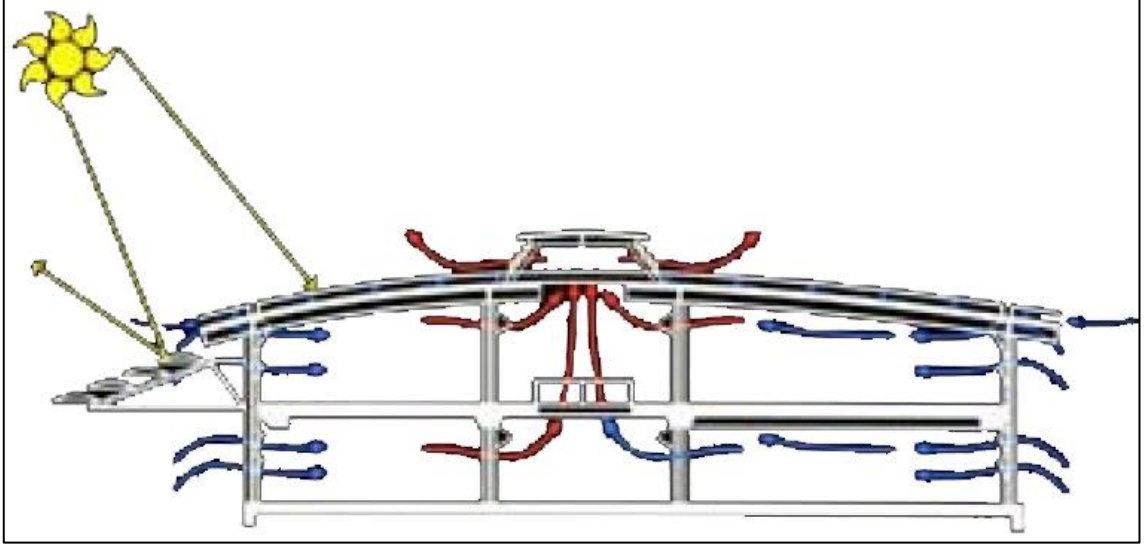
Avrupa'nın ılıman iklimi için yapılan bu bina, gelecekteki gelişmeler için, ilham verici ve alternatif paradigma sağlayabilmektedir.

Albert Camus Lisesi Norman Foster tarafından tasarlanan Albert Camus lisesi Fransa'da Frejus bölgesinde 900 öğrenci kapasitesine sahiptir. İnce, uzun dikdörtgen formlu bu bina, lineer mekanlı bir plan tipini barındırır. Binanın doğal havalandırmasını sağlamak için yapı kuzey güney yönünde konumlandırılmıştır. Derslikler binanın orta kısmındaki koridor etrafında sıralanarak tasarlanmıştır. Binanın ortasındaki galeri boşluğu ise, tüm bu aksın bina içinde dolaşan havayı dışarı atan bir baca görevini üstlenmektedir.



Şekil 2.22 Albert Camus lisesinin genel görünüşü [53]

Binanın doğal havalandırması, karşılıklı açılan duvar boşlukları sayesinde gerçekleşmektedir. Bu sırada ısınan hava atrium içine alınır, atriumda genleşen ve yükselen hava binanın ortasındaki galeri boşluğundan dışarı atılır.



Şekil 2.23 Binanın atrium ve doğal havalandırma şeması [28]

Reichstag Parlamento Binası

Reichstag parlamento binası, Almanya'da Berlin kentinde inşa edilmiştir. Bu görkemli tarihi binanın üzerini örten cam kubbe (ek bina) doğal havalandırmayı sağlamaktadır. Genel olarak Atriumlu binalarda, bina içine alınan soğuk hava karşılıklı açılan duvar boşlukları sayesinde mekândaki sirkülasyonu sağlamakta, bu sırada ısınan hava atrium içine alınmaktadır. Dolayısıyla Atriumda genişleyen ve yükselen hava bina dışına atılmaktadır. Reichstag parlamento binasında ise; batı protikonun üzerinden, dışarıdan alınan temiz hava, binanın bodrum katının galerisinden toplantı salonun zeminine dağıtılmaktadır. Salonda ısınarak yükselen sıcak ve kirli hava kubbenin ortasındaki bacadan dışarı atılmaktadır.



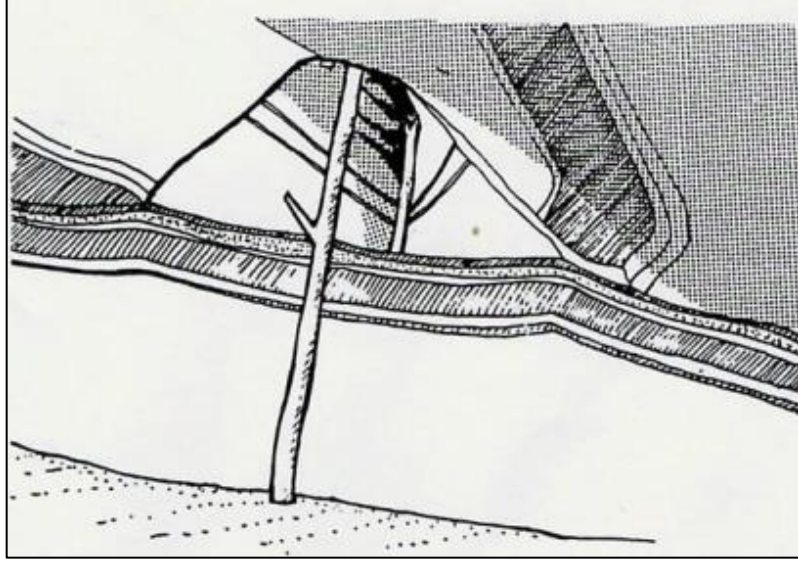
Şekil 2.24 Reichstag Binası [75]

GELENEKSEL KONUT MİMARİSİNDE, DOĞAL HAVALANDIRMAYI SAĞLAYAN BADGİRLERİN (RÜZGAR KULELERİ) İNCELENMESİ

3.1 Badgir'in (rüzgar kulesi) Tarihçesi

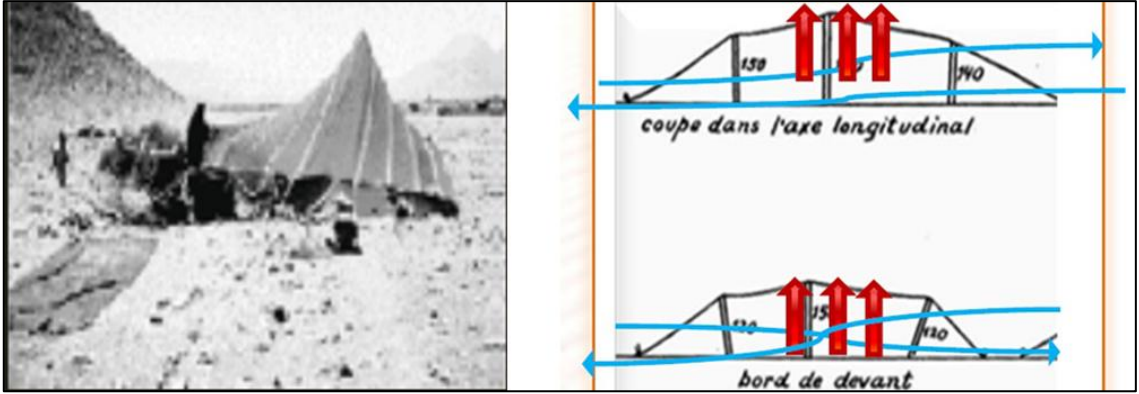
Havalandırma için geleneksel bir yapı elemanı olarak tanımlanan Badgir (rüzgar kulesi), Orta Doğu'da çeşitli isimler ve formlar ile karşılık bulmuştur. Badgir (rüzgar kulesi) farsçada rüzgar alıcı (Bad= rüzgar, Gir= alıcı) anlamına gelmektedir. Badgir (rüzgar kulesi) sıcak kuru ve sıcak nemli iklime sahip olan bölgelerde hava sirkülasyonunu sağlamak ve serinletmek amacıyla yapılarda kullanılan bir yapı elemanıdır. Badgirin (rüzgar kulesi) asıl amacı hava akımlarını yapının içine yönlendirerek hava sirkülasyonunu sağlamak ve temiz ve serin bir ortam yaratmaktır.

Rüzgar kulelerine tam olarak hangi bölgelerde rastlandığına dair farklı görüşler vardır. Bilinen ilk rüzgar kulesi Ortadoğu'da kabile toplumları tarafından kullanılan çadırlarda görülmüştür. Bu çadırlar üç ahşap parçasından, yünlü bir kumaş ve bunları birbirine güçlü bir şekilde bağlayan iplerden yapılmıştır ve çadırın havalandırmasına ve serinlemesine neden olmuştur [54]. Asyada bulunan "Sri Lanka'da Bedevi çadırları" basit gözenekleri ile buna örnek olarak verilebilir; çadır rüzgara karşı kurulmuş ve ağırlığı ahşap parçası tarafından karşılanmıştır. Hava akışını sağlamak amacıyla çadırın üstüne küçük bir açıklık yerleştirilmiştir [56].



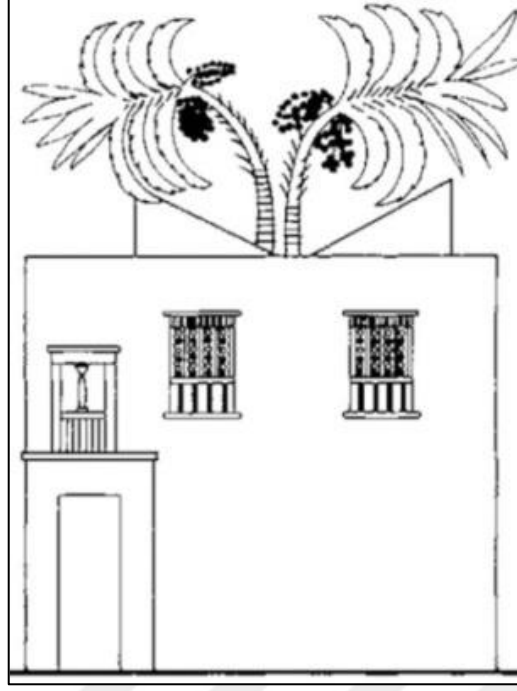
Şekil 3.1 Sri Lanka Çadırları [55]

Başka bir örnek ise, Fas'ın güney batısındaki Hassaniya çadırlarıdır.



Şekil 3.2 Fas: Hassaniya Çadırları ve çadırlardaki hava hareketi [57]

Mısırlı ünlü mimar Hassan Fathy'e göre (1990) rüzgar kuleleri ilk olarak Mısırda ve ortadoğu da geliştirilerek daha sonra Afganistan, Irak ve İran ile Pakistan gibi ülkelerde yer almıştır. M.Ö. 1300' de firavunlara ait Nebamun Mezarının üzerindeki çizgilerde rüzgâr kuleleri görülmüştür [54].



Şekil 3.3 Mısır'daki Nebamun mezarının rüzgar kulesi [58]

İrandaki ilk Badgir (rüzgar kulesi) örneği ise, MÖ 4. bin yılına kadar uzanır. İran'ın iç bölgelerinde Japonlar tarafından yapılan arkeolojik kazı çalışmaları sırasında Badgir (rüzgar kulesi) olan bir ev keşfedilmiştir [59].

Yapının üçüncü boyutunda yükselen rüzgar kuleleri, doğal afetlerden öncelikle tahrip olan yapı elemanları olduğu için, arkeolojik kazılarda örneklere dair sağlıklı bir veri elde edilememiştir.

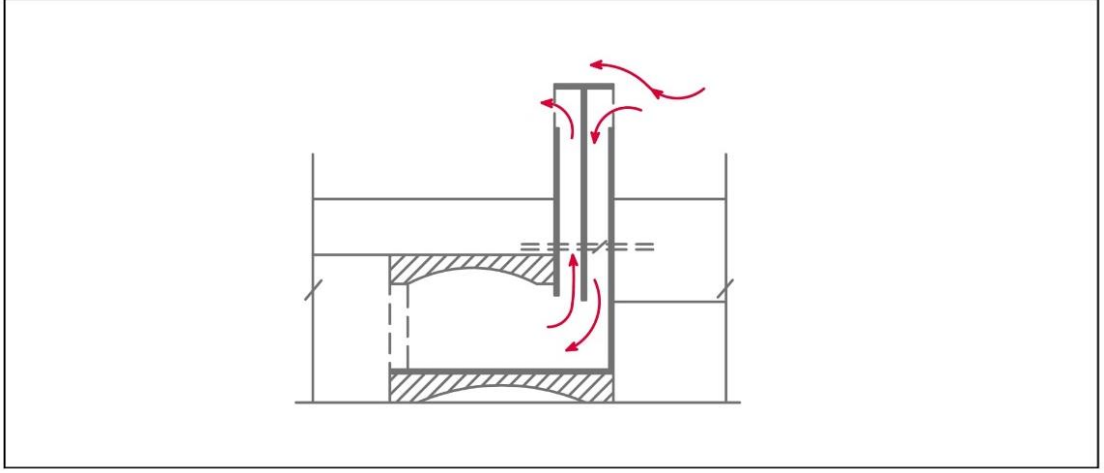
3.2 Badgirlerin (rüzgar kulesi) Çalışma İlkeleri

Badgirlerin (rüzgar kulesi) fonksiyonu iki şekilde gerçekleşmektedir:

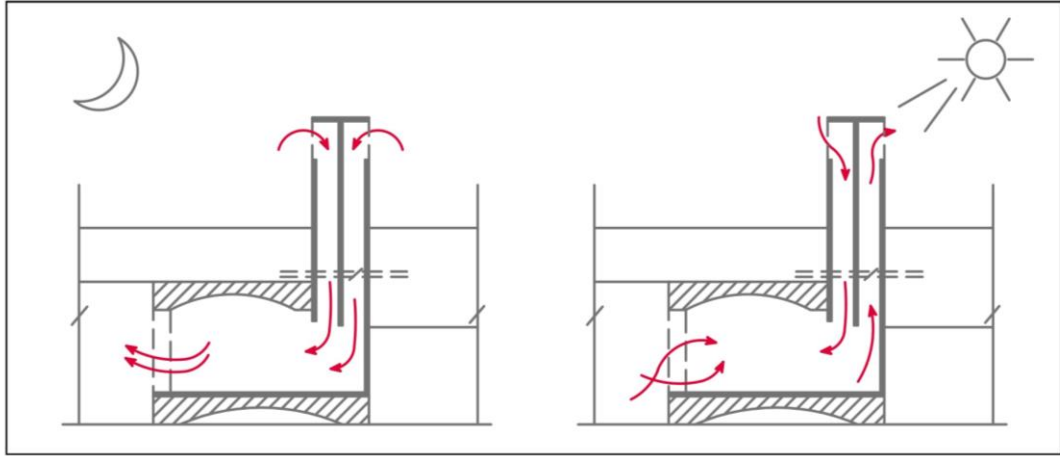
Yüksek ve düşük basınç bölgeleri arasındaki hava dolaşımı; Rüzgar akışının karşısında olan hava girişinde yüksek basınç oluşurken ters tarafta düşük basınç oluşur ve iç mekanda sıcak hava yükselmesiyle rüzgar yönünde olan baca çıkışlarından dışarıya atılır. Böylece binanın içinde hava dolaşımı sağlanır (Şekil 3.4).

İç ve dış mekan arasındaki sıcaklık farklılığı; Gündüz vakti bacanın güney cephesi ısınarak içinde olan havayı dışarıya atar, kuzey açıklıklardan serin hava iç mekana girer. Gece ise,

güneşin batmasıyla hava soğur, iç mekanlardaki ısınmış hava dışarıya atılırken baca yoluyla iç mekanda hava dolaşımı sağlanır [60] (Şekil 3.5).



Şekil 3.4 Yüksek ve düşük basınç bölgeleri arasındaki hava dolaşımı [61]



Şekil 3.5 Badgirlerin (rüzgar kulesi) gece ve gündüz fonksiyonu [62]

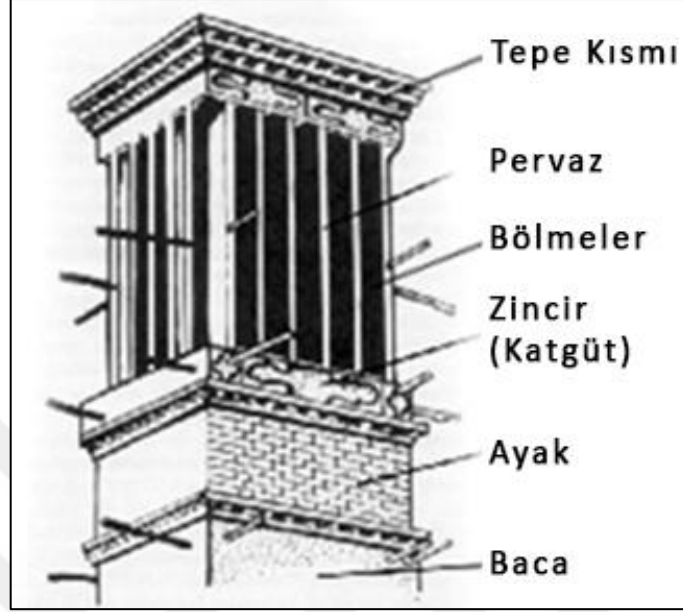
Badgirler'in (rüzgar kulesi) genel olarak konutlarda kullandığı görülmektedir. Fakat bazı bölgelerde su depoları, başka deyişle sarnıçlarda da kullanılmıştır.

3.3 Badgirlerin (rüzgar kulesi) Mimarisi

Badgirler (rüzgar kulesi) ortadoğu coğrafyasında geleneksel mimari sıcak-kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde bulunan ve doğal havalandırmayı sağlayan, estetik boyutuyla da mimariyi güçlendiren önemli bir yapı elemanıdır.

3.3.1 Badgir (rüzgar kulesi) Elemanının Parçaları

Badgiri (rüzgar kulesi) oluşturan parçalar aşağıdan yukarıya doğru; baca, ayak, zincir (katgüt), bölmeler, pervaz ve tepe kısmı olarak altı bölümden oluşmaktadır.



Şekil 3.6 Badgir (rüzgar kulesi) elemanının parçaları [66]

Baca: Badgirler'in (rüzgar kulesi) baca kısmı genellikle tamamlanmamış piramit forma sahiptir. Badgirin (rüzgar kulesi) üst kısmı farklı oranlarla, bu parça ile birleşmektedir. Bazı örneklerde, yüksekliği yetişkin bir kişinin boyundayken, bazıları ise, bir kaç metre daha yüksektir.



Şekil 3.7 Yazd'de yıkılmış bir Badgir (rüzgar kulesi) baca, ayak ve katgütü [67]

Ayak: Badgirin (rüzgar kulesi) baca ile zincir kısmının arasında kalan ve bacayı ayakta tutan bölümdür. Rüzgar bacası yükseldikçe tuğla ile süslenen bu bölümde yükselir ve bu yükseklik sıcak bölgelerde rüzgârın ne kadar yüksekten estiğine göre değişir.

Zincir (katgüt): Pervaz ve ayak arasında kalan, pervazı taşıyan ve ayakla bağlantısını sağlayan bölümdür. Genellikle pervazın yapıldığı malzemedendir.

Bölmeler: Badgir (rüzgar kulesi) kerpiç veya ahşap duvarlarla daha küçük şaftalara bölünmektedir. Hava akımları ise bu kanallarda hareket etmektedir. Bu bölmeler Badgirin (rüzgar kulesi) alt kısmından tavana kadar yerleştirilir. Bölmeler farklı plan tipine sahiptir. Kanalların genişliği azalarak rüzgar hızı daha da artar. Ayrıca bölmeler yapının kalıcılığı için de önemlidir.



Şekil 3.8 Bir Badgirin (rüzgar kulesi) ana bölmeleri [67]

Pervaz: Rüzgâr kulesinin en üst kısmıdır rüzgârı alan ve havalandırmayı sağlayan açıklıklar bu kısımda yer almaktadır. Bu açıklıklar genellikle geometrik şekillerden ve özellikle dikdörtgen ve karelerden oluşmaktadır. Yüksekliği ve genişliği ise havalandırma gereksinimine göre değişkenlik göstermektedir [67].



Şekil 3.9 Yazdeki bir Badgirin (rüzgar kulesi) Pervez cephesi [66]

Tepe kısmı: Tepe kısmı tavan örtüsü ve tuğla ile yapılan özel bir bezeme ile yorumlanmıştır ve Badgirin (rüzgar kulesi) en yüksek bölümünü oluşturur.



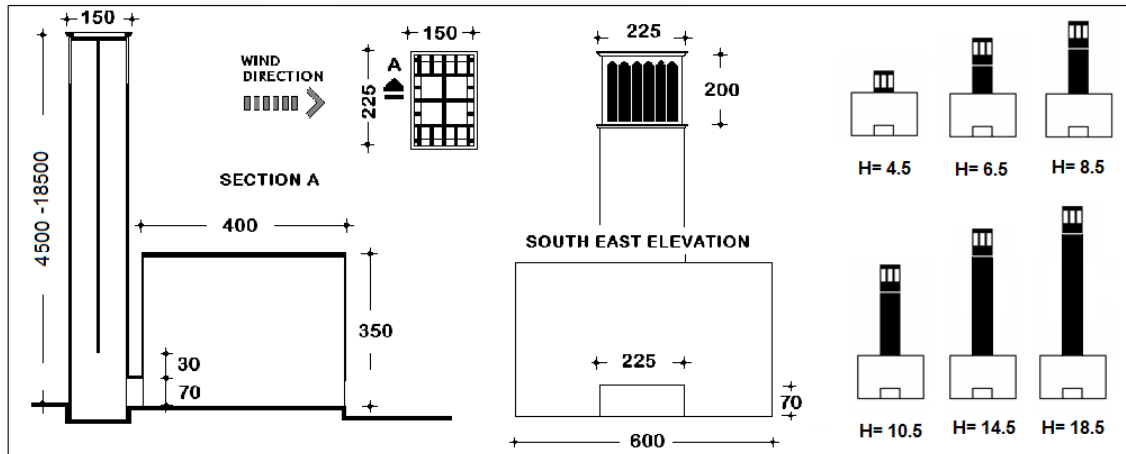
Şekil 3.10 Yazdaki bir Badgirin (rüzgar kulesi) tepe kısmı [66]

3.3.2 Badgirlerde (rüzgar kulesi) Kullanılan Malzemeler ve Boyutlar

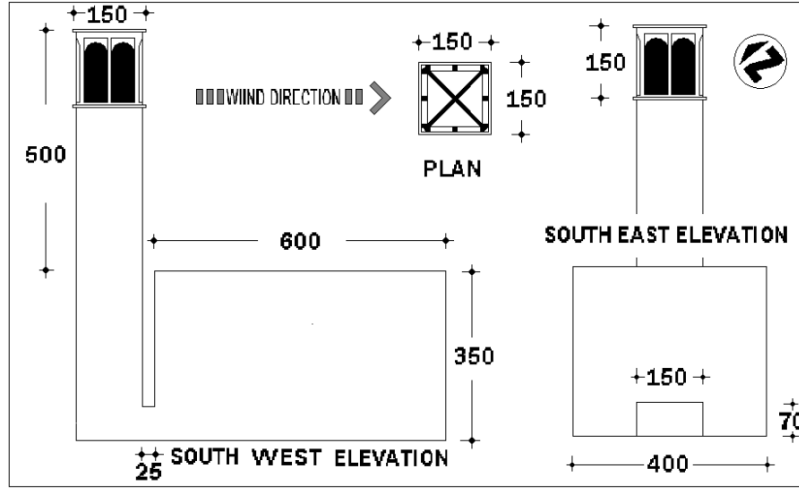
Badgirlerde (rüzgar kulesi) kullanılan malzemeler iklime bağlıdır. Malzeme seçimi Badgirin (rüzgar kulesi) pasif soğutma sisteminde etkin olarak çalışmasını sağlamaktadır. Sıcak kuru bölgelerde Badgirler (rüzgar kulesi) kerpiç veya çamur siva ile kaplı pişmiş tuğladan yapılmıştır. Kerpicing çamur, su ve topraktan yapılması nedeniyle ısıyı yavaş absorbe etme özelliği vardır [59]. Bu malzemelerin cepheye getirdiği renk özellikleri ve

içinde bulunan saman parçaları güneşin istenmeyen ışınlarını absorbe ederek yapıya girmelerini engeller [65]. Sıcak nemli bölgelerde ise, Badgirler (rüzgar kulesi) neme dayalı sıva; "Gach" ve "Sarooj" ile kaplanır [59].

Badgirlerin (rüzgar kulesi) yüksekliği işlevsel açıdan önemlidir. Sıcak-kuru bölgelerde Badgirlerin (rüzgar kulesi) yüksekliği, sıcak-nemli bölgelerde bulunan Badgirler (rüzgar kulesi) göre daha yüksektir. Sıcak-kuru bölgelerde toprağa yakın yükseklikte oluşan hava akımları, zeminden yansıyan güneş ışınlarından dolayı ısınır. Dolayısıyla Badgirler (rüzgar kulesi), bu sıcak rüzgâr yerine hava akımının daha soğuk olduğu yüksek kotlardaki rüzgârı sağlayacak şekilde yüksek inşa edilir [65]. Sıcak-nemli bölgelerde ise, toprak yüzeyindeki oluşan hava akımlarının sıcaklığı düşüktür ve istenilen rüzgar ve esinti alçak kotlarda olduğu için Badgirler (rüzgar kulesi) çok yüksek yapılmamış, sadece çatı üzerinde bir basamak yükseltilmiştir. Böylece rüzgar akımlarının minimum sıcaklığı Badgirlerin (rüzgar kulesi) tasarımında ve yükselmesinde önemlidir. Yapılan araştırmalarda Badgirlerin (rüzgar kulesi) % 60' i parapet seviyesinden itibaren üç metreden alçakken, % 15'i beş metreye kadar yükselmektedir [59]. Bacanın formu genellikle kare ya da dikdörtgen olup değişik boyutlardadır.



Şekil 3.11 Badgirin (rüzgar kulesi) boyutsal örneği. Tüm ölçüler milimetredirler [68]



Şekil 3.12 Badgirin (rüzgar kulesi) boyutsal örneği [63]

3.3.3 Badgirlerin (rüzgar kulesi) Tipolojisi

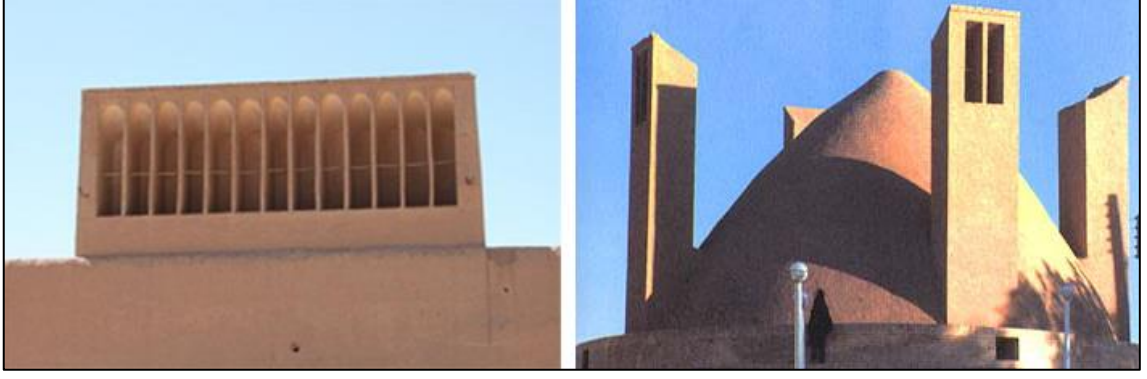
Badgirler (rüzgar kulesi) en üst kısmı rüzgara hakim, uygun yönlerde bir, iki, dört, altı ya da sekiz taraftan çıkışları olan ve her biri belli bir yönde hava akışını (giriş/çıkışları) sağlamaktadır. Badgirler (rüzgar kulesi) genel olarak bu yönlerin sayısına ve plan formuna dayalı sınıflandırılır [63].

3.3.3.1 Yöne Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipleri

Yöne dayalı Badgirler (rüzgar kulesi) genellikle tek yönlü (yek-tarafe), iki yönlü (do-tarafe), dört yönlü (çahar-tarafe) ve altı ve sekiz yönlü (şeş-tarafe ve haşt-tarafe) tiplere ayrılır.

- **Tek yönlü Badgirler (rüzgar kulesi):** Tek yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) en basit tip olarak (Şekil 3.13), bir veya iki şafttan oluşmaktadır. Çıkışlar hâkim rüzgâr karşısına yapılarak genellikle üstleri eğimli bir şekilde tasarlanmıştır [61].

Bu tip Badgirler (rüzgar kulesi) İran'ın Yazd kentinin Ardekan ve Meybod bölgelerinde, sabit yönden esen rüzgara sahip Tebes ve Egda şehirlerinde, İranın güneyinde, basra korfezinin kıyılarında görülmektedir. Tek taraflı Badgirler (rüzgar kulesi) hava sirkülasyonunu sağlamak amacıyla hava akışlarına doğru konumlandırılır. Örneğin Basra Korfezinin kıyılarında deniz havasını yapının içine yönlendirmek amacıyla Badgirin (rüzgar kulesi) açık yönü denize doğru konumlandırılmıştır. [66].

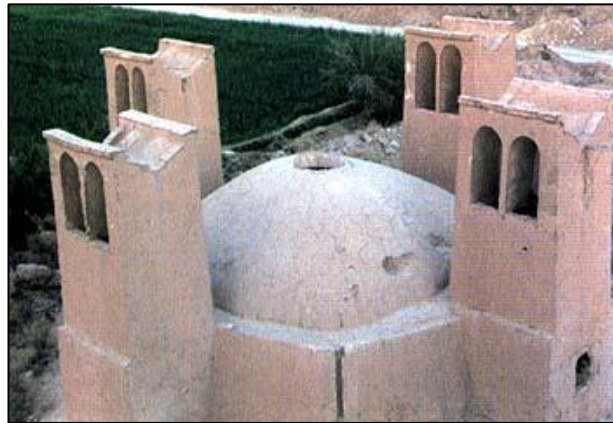


Şekil 3.13 Ardekan ve Meybod bölgelerinde tek yönlü Badgir (rüzgar kulesi) örneği [66]

Tek yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) genellikle kuru iklimlerde yapılmaktadır. Bu tip Badgirlerin (rüzgar kulesi) yapısı diğerlerine göre basit ve düşük maliyetli olması nedeniyle yapının her odasına ve istenilen her mekanda rahatlıkla kullanılabilir [66].

- **Çift Yönlü:** Çift yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) yalın ve küçük bir yapı formuna sahiptir. Çift taraflı olduklarından dolayı “ikiz Badgir (rüzgar kulesi)” olarak da adlandırılmaktadır. Bu tip Badgirler (rüzgar kulesi) kerpiç duvar ile iki şafta ayrılır ve giriş ve çıkış boşlukları çoğunlukla rüzgâr yönüne doğru konumlandırılır [66].

Tek yönlü Badgirlerle (rüzgar kulesi) kıyaslandığında daha iyi ve işlevseldir ve Yazd'in Evlerinde eyvanlarla birlikte çalışmaktadır [66].



Şekil 3.14 Yazd'in Dolat Abad sarnıcının iki yönlü Badgiri (rüzgar kulesi) [66]

- **Dört yönlü:** Dört yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) en çok kullanılan rüzgar kuleleridir. Bu tip Badgir ler (rüzgar kulesi) dört ana şafta bölünerek, her dört yöne açık bacalar oluşturulmuştur. Sıcak ve nemli bölgelerde tüm Badgirler (rüzgar kulesi), sıcak kuru

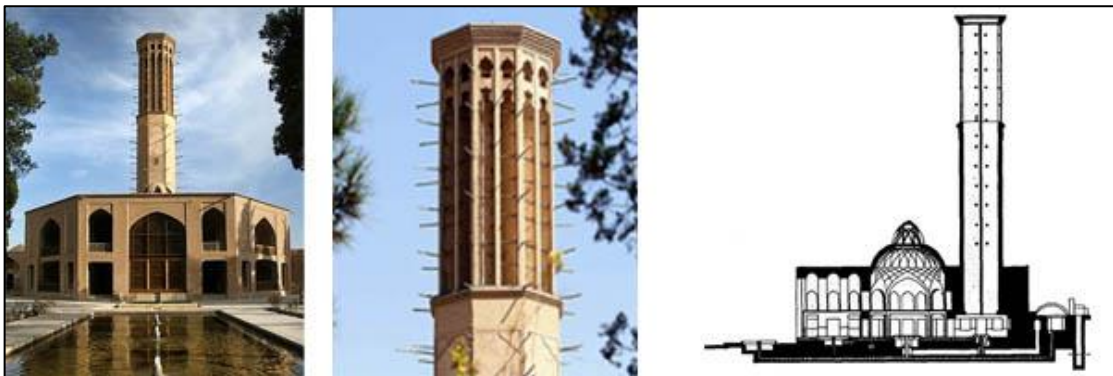
bölgelerde ise, yarısından fazlası dört yönlüdür. Form açısından bakıldığında dört yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) diğerlerine göre daha büyük ve yüksektir. Ancak bu yükseklik ve Badgirlerin (rüzgar kulesi) çıkışlarının çeşitliliği bölgenin rüzgar yönüyle doğru orantılıdır.

Bu tip Badgirler (rüzgar kulesi) genel olarak İranın güneyinde, Lenge ve Kong limanında görülmektedir.



Şekil 3.15 Dört yönlü Badgir (rüzgar kulesi) örneği [66]

- **Altı ve Sekiz yönlü:** Dört yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) zaman içinde gelişerek altı ve sekiz yönlü Badgir (rüzgar kulesi) türlerine dönüşmüştür. Bu tür Badgirler (rüzgar kulesi) genellikle diğer Badgirlere (rüzgar kulesi) göre daha yüksek, karmaşık ve estetikdir. Bu tip Badgirlerin (rüzgar kulesi) yüksekliği ve giriş-çıkış bacalarının çeşitliliği, dört yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) gibi bölgenin rüzgar yönüyle doğru orantılıdır. Altı ve sekiz yönlü Badgirler (rüzgar kulesi), dört yönlü Badgirlerin (rüzgar kulesi) zaman içinde gelişmiş halidir.



Şekil 3.16 Yazd'in Baghe Dolat Abad Badgiri (rüzgar kulesi) [59]

Çift Katlı Badgirler: Çift katlı Badgirler (rüzgar kulesi) ise, dört, altı ve sekiz yönlü Badgirlerin (rüzgar kulesi) birlikte yorumlanmış halidir. Çift katlı Badgirlerde (rüzgar kulesi) bir büyük, ağız ve perdeleri normal, 4, 6 ve ya 8 yönlü yapılır ve orta bölümü bağımsız şekilde 4, 6 ve ya 8 yöne yüksekliği artırılmıştır. Aslında, bir ince Badgir (rüzgar kulesi) ana Badgirin (rüzgar kulesi) merkezinden, 1 ve ya 2 merte bazen de daha fazla yükseklikte yapılmaktadır.

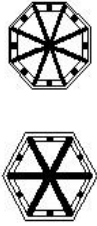

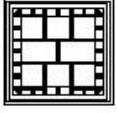
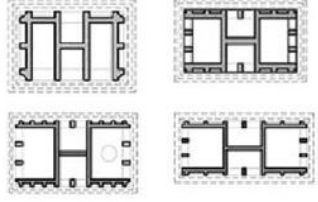

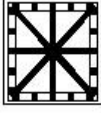
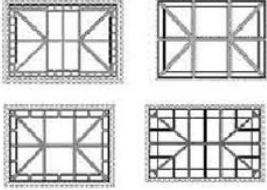
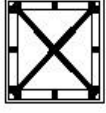
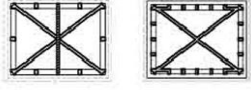
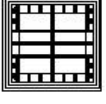
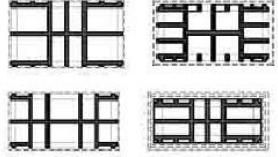


Şekil 3.17 Abarkuh Şehrinde, Aghazade evinin iki katlı ve dört yönlü Badgir örneği [66] Bağımsız bir mimari yapı elemanı olarak diğer büyük Badgirlere (rüzgar kulesi) göre farklı yapılmasının nedeni, her türlü hasarı merkezi Badgirin (rüzgar kulesi) perdelerinin yıkımı, ve büyük Badgirde (rüzgar kulesi) oluşan her türlü sorunları rahatlıkla her kattan ve diğer bölümlere müdahale etmeden giderebilme özelliğidir. Böylece diğer Badgirlerin (rüzgar kulesi) işlevini etkilemez [66]. Başka bir özeliği ise, Badgirdeki (rüzgar kulesi) rüzgarın girdiği ağızdır, bu ağızlar tüm yüksekliklerde rüzgarı içeriye yönlendirmektedir.

3.3.3.2 Plan Formuna Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipleri

Bölgedeki egemen rüzgarın yönüne bağlı olarak konumlanan Badgirlerin (rüzgar kulesi) plan tipleri ve detayları ile her birinin kendine özgü tasarımı olduğu söylenebilir.

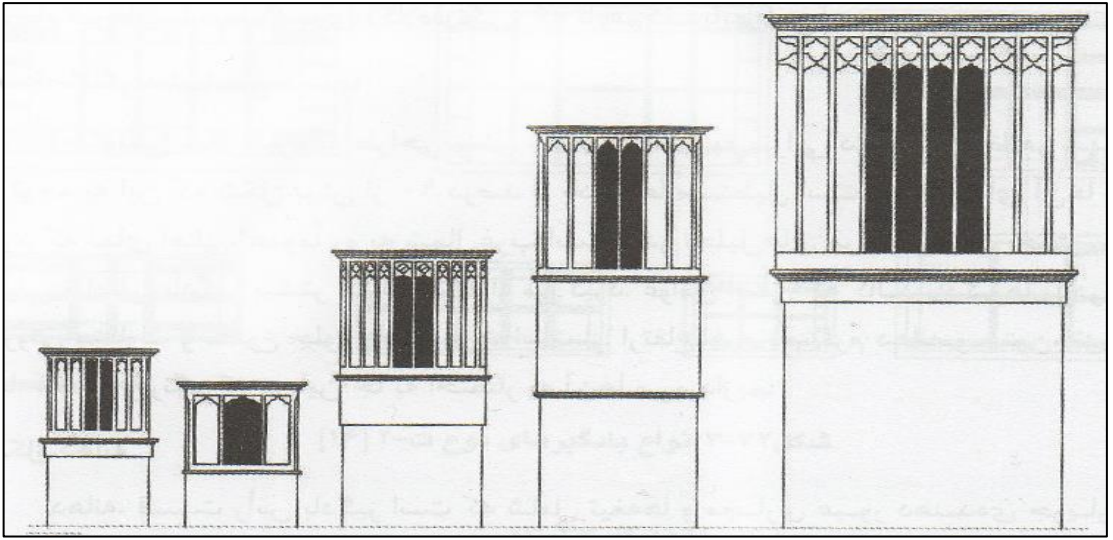
Çizelge 3.1 Plan formuna dayalı Badgir (rüzgar kulesi) tipleri

Plan formu	Altıgen ve Sekizgen	Kare	Dikdörtgen	Daire
X ve +		—	—	
H	—			—
I	—	—		—
K	—			—
X	—			—
+	—			—

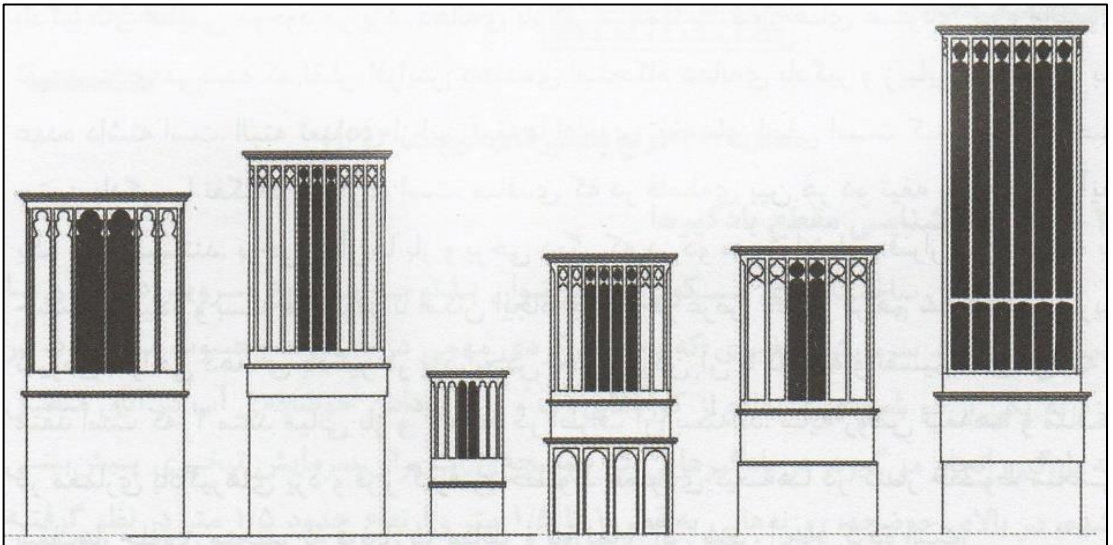
3.3.3.3 Cephe Formuna Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipleri

Badgirlerin (rüzgar kulesi) yapımı ve tasarımı bölgeye ait özellik gösterir. Badgirlerin (rüzgar kulesi) % 90'ı dikdörtgen formunda iki ana cepheye sahiptir ve genellikle ana cepheler batı ve kuzet-batıya yönlendirilmiştir [66]. Bu doğrultuda cephe formuna dayalı incelemeler yalnızca Badgirin (rüzgar kulesi) ana cephesine yönelik yapılmaktadır.

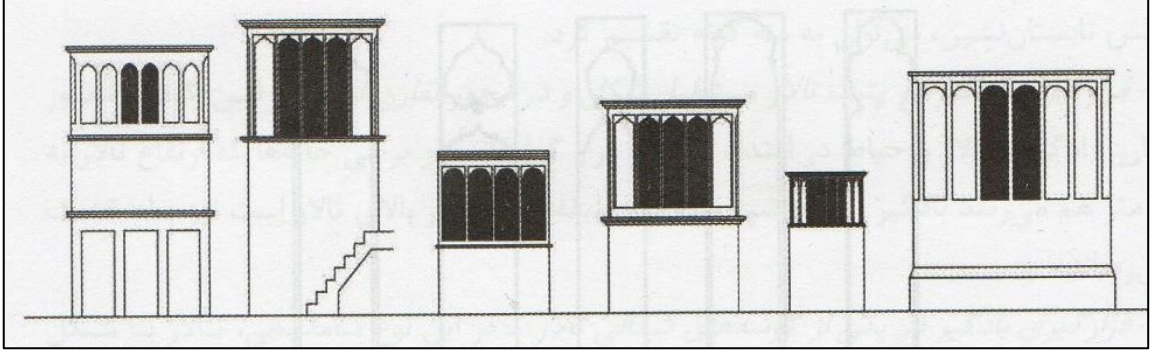
Badgirlerin (rüzgar kulesi) cepheleri genel olarak kare, yatay dikdörtgen ve dikey dikdörtgen formuna sahiptir. Cephelerde görülen bezemeler ise, yapının mimari karakterine uygun olarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.18 Kare biçimli Badgir (rüzgar kulesi) cepheleri [66]



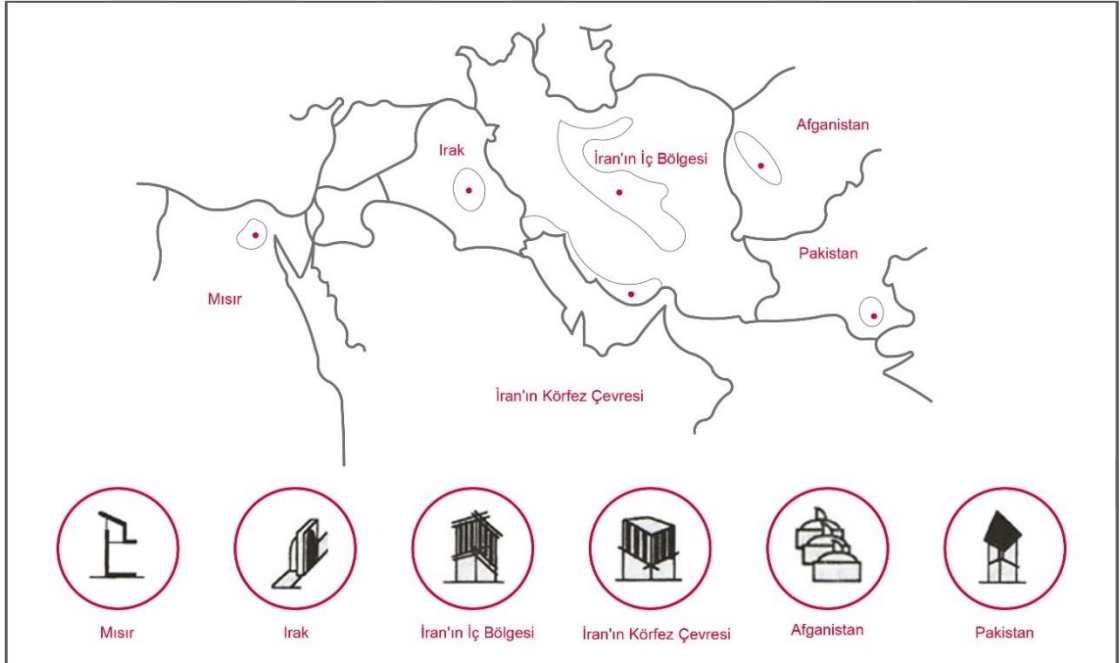
Şekil 3.19 Dikey dikdörtgen biçimli Badgir (rüzgar kulesi) cepheleri [66]



Şekil 3.20 Yatay dikdörtgen biçimli Badgir (rüzgar kulesi) cepheleri [66]

3.4 Ortadoğu İklimine Göre Badgir (rüzgar kulesi) Türleri

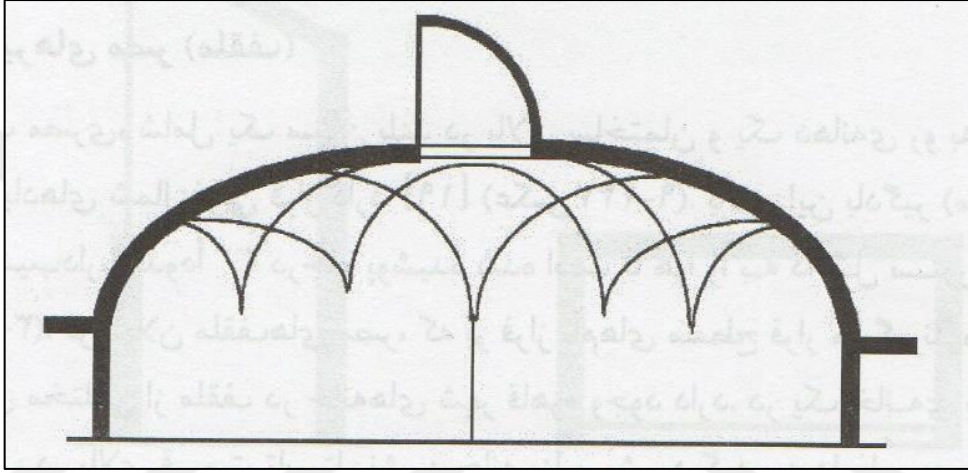
Sanayi devrimden önce, sıcak-kurak bölgelerdeki yaşayan insanlar, evlerini soğutmanın ve sıcak günlerde mümkün olduğunca rahat tutmanın doğal yollarını bulmuşlar. Ortadoğu'da, farklı kültürel ve iklim koşullarına (malzemenin bulunabilirliğine) göre kent sakinleri tarafından farklı yaklaşımlar denenmiştir. Bu doğrultuda, Irak, Afganistan, Pakistan, Mısır ve İran gibi orta doğu ülkelerinde çok sayıda rüzgar kulesinin olduğu görülmektedir.



Şekil 3.21 Orta Doğu Badgirler (rüzgar kulesi) [69]

3.4.1 Afganistan Badgirleri (rüzgar kulesi)

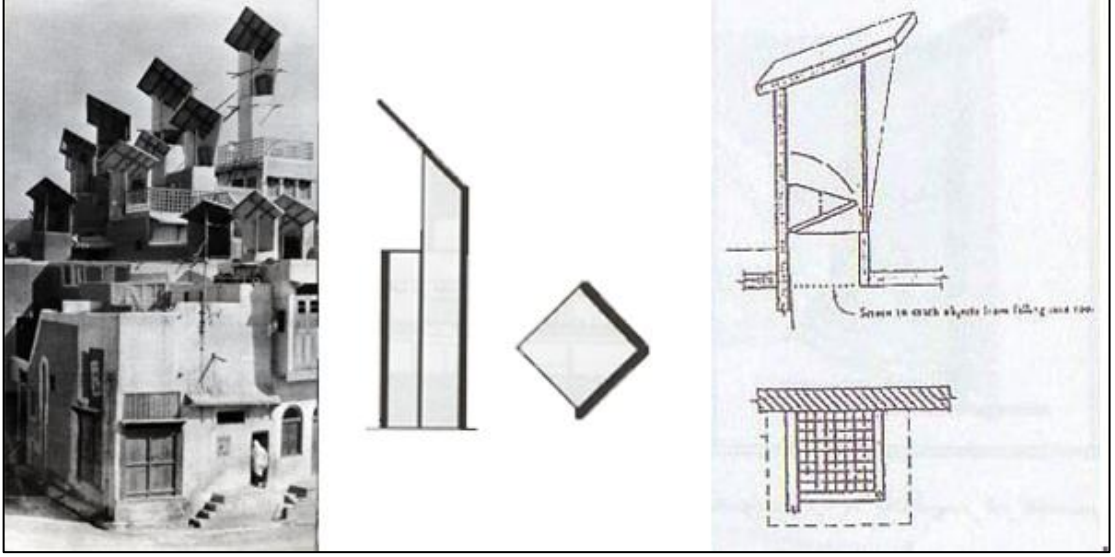
Afganistan Badgirleri (rüzgar kulesi), Herat kentinin eski kesimlerinde basit bir şekilde, odaların kubbeli çatısının 1,5m üzerinde yer almaktadırlar. Bu tek yönlü Badgirler (rüzgar kulesi) hâkim rüzgâr yönünde yapılarak genellikle kuzeye doğru yönlendirilmiştir. Bu tip Badgirlerin (rüzgar kulesi) plan formu 1*1 metre boyutlarında bir kare ve yaklaşık 30° lik eğimli tavan açısına sahiptir. Afganistan Badgirleri (rüzgar kulesi) genel olarak İranın doğu, kuzey-doğu ve güney-doğu bölgelerinin alçak ve tek yönlü Badgir (rüzgar kulesi) tiplerine benzemektedir [69].



Şekil 3.22 Afganistan Badgiri (rüzgar kulesi) kesiti [66]

3.4.2 Pakistan Badgirleri (rüzgar kulesi)

Yaklaşık 500 yıl geçmişi olan Pakistan'daki Badgirler (rüzgar kulesi), Sindh Eyaleti'nin Haydarabad şehrinin eski yerleşim bölgesinde, her evin çatısında görülmektedir. Roaf (1988) bu kentten Badgirlerini (rüzgar kulesi) "şehrin tarihi bölgesinde, evlerin çatısında bir Badgir (rüzgar kulesi) ormanı görülmektedir" diye anlatmaktadır [71]. İngiliz gezgini Pottinger ise "Haydarabad'ta kralın sarayından en basit eve kadar rüzgâr kulesi bulunur" yazmıştır [71].

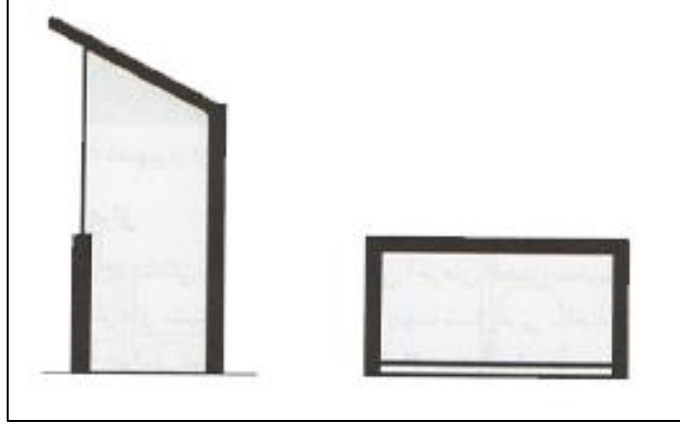


Şekil 3.23 Pakistan binalarının çatısında yer alan ahşap Badgirler (rüzgar kulesi) ve tipik kesiti [66]

Her evin çatısında 2-5m yükseklikte yapılan tek yönlü Badgirler (rüzgar kulesi), planda dörtgen geometrili 1-2m boyutlarında ve bu boyutlara göre bacanın üst tarafında 45 derecelik eğimli bir ahşap örtüsüne sahiptir. Böylece maksimum değerde rüzgârı yakalayıp odaların içine yönlendirir. Bölgedeki Badgirlerde (rüzgar kulesi) kullanılan malzemeler, eski örneklerde ahşap ve alçı iken, yeni örneklerde metal kaplamalıdır.

3.4.3 Mısır Badgirleri (rüzgar kulesi)

Mısır'da rüzgâr kulesine "Malkaf" denilir. Malkaf, M.Ö. 1300'ler civarında eski Mısırlılar tarafından kullanılmıştır ve uzun bir süre Mısır'ın yerel mimarisinde sıcak ve kurak alanlarda doğal havalandırmayı sağlayan önemli yapı elemanlarından biri olmuştur. Badgirin (rüzgar kulesi) üst bölümü (tepe kısmı), rüzgârı yakalayıp odaların içine yönlendirmek amacıyla yaklaşık 30 derecelik eğimli bir örtü ile kaplanmıştır. Hemen her evin çatısında yer alan Badgirler (rüzgar kulesi) dikdörtgen bir forma sahiptir [66] ve [70].



Şekil 3.24 Mısır Badgiri (rüzgar kulesi) [66]

Kahire Evlerinde ise Malkaf'ın farklı örnekleri görülmektedir. Büyük konutlarda "Malkaf", evin yazın kullanılan bölümünde veya oda ile bağlantılı bir şekilde yerleştirilir ve bu odayı doğrudan havalandırmak ve soğutmak için kullanılır. "QAA" Malkafı 1350 AH yılında Kahire'de Mohebodin Şafiol Movakel tarafından inşa edilmiş ve malkafın mükemmel örneklerinden biridir.

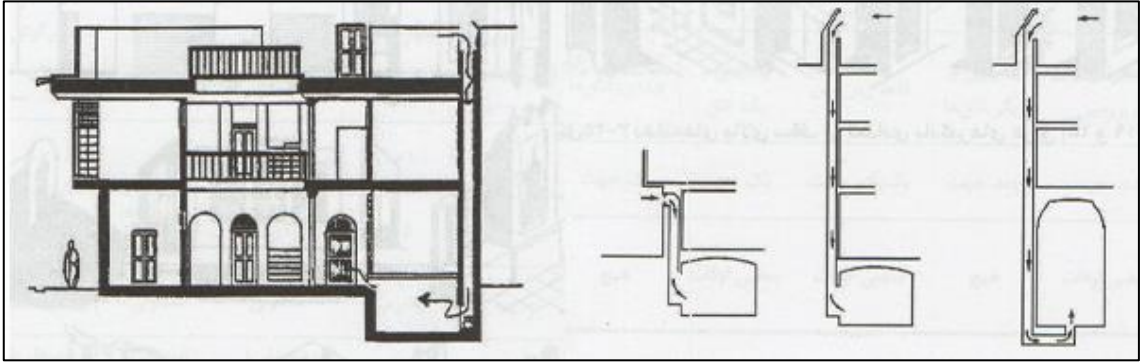


Şekil 3.25 Kahire'de "QAA" Malkafı [66]

3.4.4 Irak Badgirleri (rüzgar kulesi)

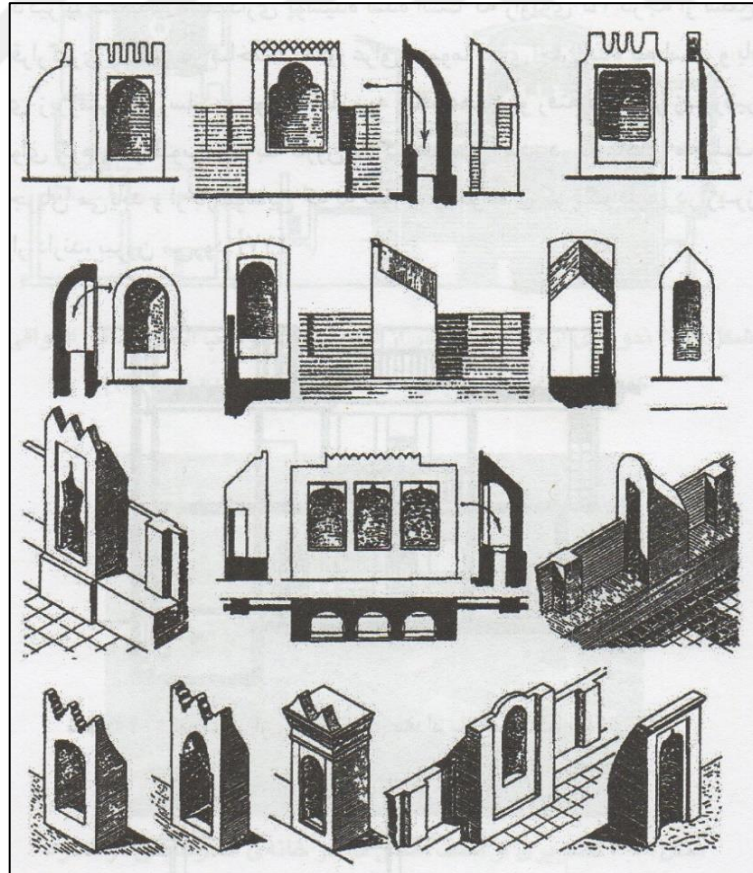
Irak'ta bulunan Badgirler (rüzgar kulesi) kalın bir kerpiç duvarın içindeki boşluk gibidir ve kuzey-batı yönünde yapılmaktadır. Duvarlarda yer alan dikey sütunlar ise Badgir (rüzgar kulesi) ve bodrum katın ilişkisini kurmaktadır. Bu Badgirler (rüzgar kulesi) Kahire Malkaflarına benzemektedir. Havalandırma amaçlı yapılan bu Badgirler (rüzgar kulesi) tek yönlü ve dikdörtgen bir plana sahiptir ve üst tarafı çatı parapetinden 1.80-2.10

metreye kadar yükselir. Badgirin (rüzgar kulesi) tavanı ise 45° kavisli bir forma sahiptir [66] ve [70].



Şekil 3.26 Irak'tan bir Badgir (rüzgar kulesi) örneği ve hava akımının dolaşımını gösteren ilkesel kesitleri [66]

Genel olarak Irak Badgirleri (rüzgar kulesi) çatının kenarında yer alır ve hava akımlarını bodrum katına yönlendirir. Sıcak-nemli rüzgar, Badgir (rüzgar kulesi) bacalarından çeşitli kapalı alanlara akar ve bodrumun açık metal pencerelerinden avluya doğru dışarı çıkar.



Şekil 3.27 Irak Badgirlerinin (rüzgar kulesi) çeşitli üst kısımları [66]

3.4.5 İran Badgirleri (rüzgar kulesi)

Badgirler (rüzgar kuleleri) binlerce yıldır, İranın orta ve güneyinde doğal havalandırma olarak kırsal mimarisinin ayrılmaz bir parçasıdır. İran'daki rüzgar kulelerinin değişik planları, bölgedeki mimarların güçlü yaratıcılığını gösterir. İran'da bulunan Badgirler (rüzgar kulesi) dörtgen (tek yönlü, çift yönlü, dört yönlü), altıgen (altı yönlü), sekizgen (sekiz yönlü) ve daire gibi çeşitli şekillere ve planlara sahiptir. Dairesel bir plan veya forma sahip rüzgar kulesi çok nadirdir, ancak Yazd'de yalnızca bir örnek bulunmaktadır. Bu rüzgar kuleleri her bölgenin iklim durumuna, özellikle de farklı bölgelerdeki uygun rüzgarın (istenilen rüzgarın) yönüne bağlı olarak, yüksekliği, planı ve formu değişmektedir. Örneğin iki dağ arasında yer alan ve Kavir Çölü'nden ayrılan Yazd Kenti'nde, rüzgarın hızlı olma ve her yönden rüzgarı yakalama nedeniyle Badgirler (rüzgar kulesi) yüksek, dört yönlü veya sekiz yönlü olarak yapılmıştır. Kavir Çölü'nün yanında, Yazd şehrinin 50 kilometre batısındaki Meybod Kentinde ise, tozlu rüzgar, hızı düşük çöl rüzgarları nedeniyle Badgirler (rüzgar kulesi) yüksek, tek yönlü ve uygun rüzgar yönünde yapılmıştır. İran'ın güneyinde ise, Badgirler (rüzgar kulesi) hava şartlarından dolayı dört yönlü, geniş ve alçaktır.



Şekil 3.28 İran'ın Badgir (rüzgar kulesi) Örnekleri (soldan sağa: Bandar lengeh, Meybod, Yazd) [66]

Rüzgar kuleleri genellikle sarnıç ve evin yazlık kısmında; oturma alanı, havuz odası, bodrum katta yer almaktadır.

İran'daki rüzgar kuleleri genel olarak düz çatıya sahiptir. Rüzgar kulelerinin içinde kullanılan bölmeler tuğla ve ahşaptan yapılmış ve ana kanalı daha küçük kanallara

bölmektedir. Bu bölümler, kulenin tepesinde ağır bir duvar çatısına kadar uzanan havalandırma deliklerini oluşturmaktadır. Bölmeler iki kategoriye ayrılmaktadır: ana bölmeler ve yan bölmeler. Ana bölmeler 1.5m-2.2m yüksekliğinde zemin kattan rüzgar kulesinin tavanına kadar devam etmekte ve daha küçük kanalları oluşturmaktadır. Ana bölmelerin ana işlevi daha çok rüzgar kulelerinin çalışmasını etkilemektedir. Yan bölmeler ise, bir rüzgar kulesinin giriş boşluğuna yerleştirilir ve daha az rol üstlenir. Bu bölmeler, rüzgar kulelerine daha çok estetik bir özellik katmaktadır. Ana bölmeler, dış görünüşte görülmemekte, ancak yan bölmeler, rüzgar kulelerinin biçimsel formunu tamamlayan ve bu halleriyle kentsel peyzaja önemli katkılar sunmaktadır [72]. Ayrıca İran'daki Badgirlerin (rüzgar kulesi) büyüklüğü ve estetiği bir ailenin sosyo-ekonomik durumunu yansıması açısından da önemlidir.

3.5 Ortadoğu İklimine Göre Badgir (rüzgar kulesi) Türlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 3.2'de Orta doğu Badgir (rüzgar kulesi) türlerinin, bölgedeki egemen rüzgârın yönüne bağlı olarak konumlanmaları, boyutları, plan tipleri, detayları ve özelliklerine yer verilmiştir.

Çizelge 3.2 Orta doğu Badgir (rüzgar kulesi) türlerinin karşılaştırılması

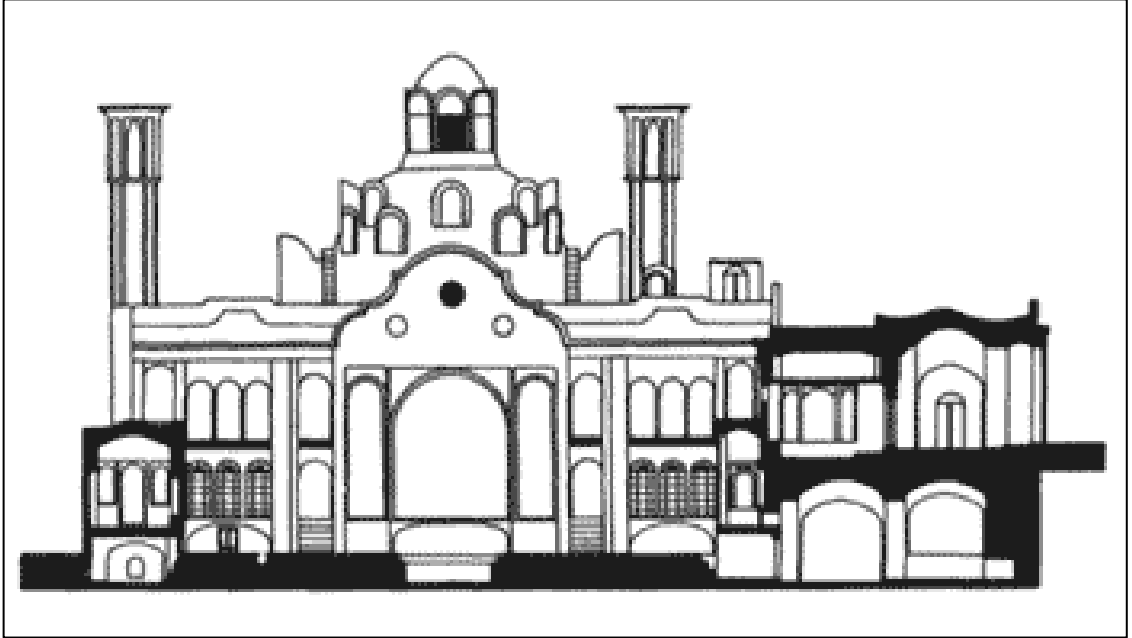
Ülke	İrannın Kuru Sıcak Bölgesi	İran Körfezi	Irak	Mısır	Pakistan	Afganistan
Değişik Badgir (rüzgar kulesi) Türleri						
İklim	Sıcak Kurak	Sıcak Nemli	Sıcak Kurak	Sıcak Kurak	Sıcak Nemli	Yarı Kurak
Rüzgar Yönü	Kuzey-Batı Kuzey-Doğu Kuzey	Deniz Rüzgarı	Kuzey-Batı	Kuzey-Batı	Güney-Batı	Kuzey
Plan Kesit Şekli	Dikdörtgen Kare Altıgen Ve Sekizgen	Kare	Dikdörtgen	Dikdörtgen	Kare	Kare
Ebatlar (M)	0.5*0.8 0.7*1.1	1*1	0.5*0.15 1.20*0.60	-	1*1	1*1
Yükseklik	3-5	3-5	1.80*2.10	Çatı Seviyesinden Bir Kat yukarıda	5 Metreden Fazla	Çatı Üzerinden 1.5
Rüzgara Göre Yönlenme	Çapraz	Çapraz	Normal	Normal	Çapraz	Normal
Badgirin (rüzgar kulesi) Çatı Şekli	Düz	Düz	Eğimli-45°	Eğimli-30°	Eğimli-45°	Eğimli-30°
Baca Tarafından Havalandırılan Mekan	Günlük Yaşam Alanı Ve Bodrum	Günlük Yaşam Alanı Ve Diğer Odalar	Bodrum	Günlük Yaşam Alanı ve Bir Oda	Bütün Odalar	Bütün Odalar
Baca Tipi	Çok Yönlü	Çok Yönlü	Bir Veya İki Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü	Tek Yönlü

3.6 Badgirlerin (rüzgar kulesi) Kullanım Alanı

Badgirlerin (rüzgar kulesi) kullanımı “Evler” ve “Sarnıç”larda karşımıza çıkmaktadır:

- **Evler**

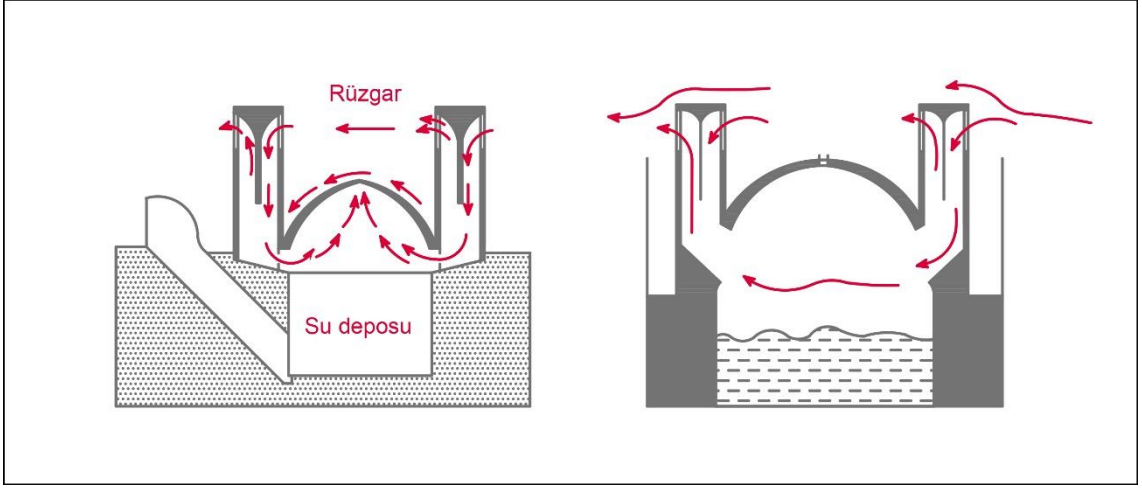
Sıcak-kuru ve sıcak-nemli bölgelerde evler genel olarak içe dönüktür. Evler yazın ve kışın kullanılan iki mekana sahiptir. Badgirler (rüzgar kulesi) genellikle evin yazlık kısmında yer alır ve oturma alanı, havuz odası ve bodrum katına bağlıdır. Bu kuleler binadaki hava dolaşımına en iyi şekilde sağlamaktadır. Badgirler (rüzgar kuleleri) evin planlamasına bağlı olarak bazen havuz, bahçe, ağaçlar, kanat suyu gibi unsurlarla birleşerek yaşanabilir bir ortam yaratmaktadır.



Şekil 3.29 Evin yazlık kısmında yer alan Badgirlerden (rüzgar kulesi) bir kesit [76]

- **Sarnıç**

Rüzgar kuleleri sadece evlerde değil, aynı zamanda su sarnıçları üstünde de yer almaktadır. Bu su depoları yeryüzünden 10 ile 20 m derinliğe kadar kazılmış, kubbe bir çatı ile kaplıdır ve birkaç kanal ile donatılmıştır. Sarnıçların üstüne dört ile yedi arasında rüzgar kulesi yer almaktadır. Sarnıçlarda yer alan rüzgar kuleleri genel olarak tek yönlü veya iki yönlü, nadiren dört veya sekiz yönlüdür ve yönleri uygun rüzgarlara göre düzenlenmiştir [73].



Şekil 3.30 Sarnıçtan bir kesit [73]

Sarnıçlarda yer alan rüzgar kuleleri, hava sirkülasyonu oluşturarak sıcak ve durgun bir ortamda mikropların gelişimini engellemektedir [73].

İRAN'IN SICAK-KURU VE SICAK-NEMLİ BÖLGELERİNDE GÖZLEMLENEN BADGİRLER (RÜZGAR KULELERİ)

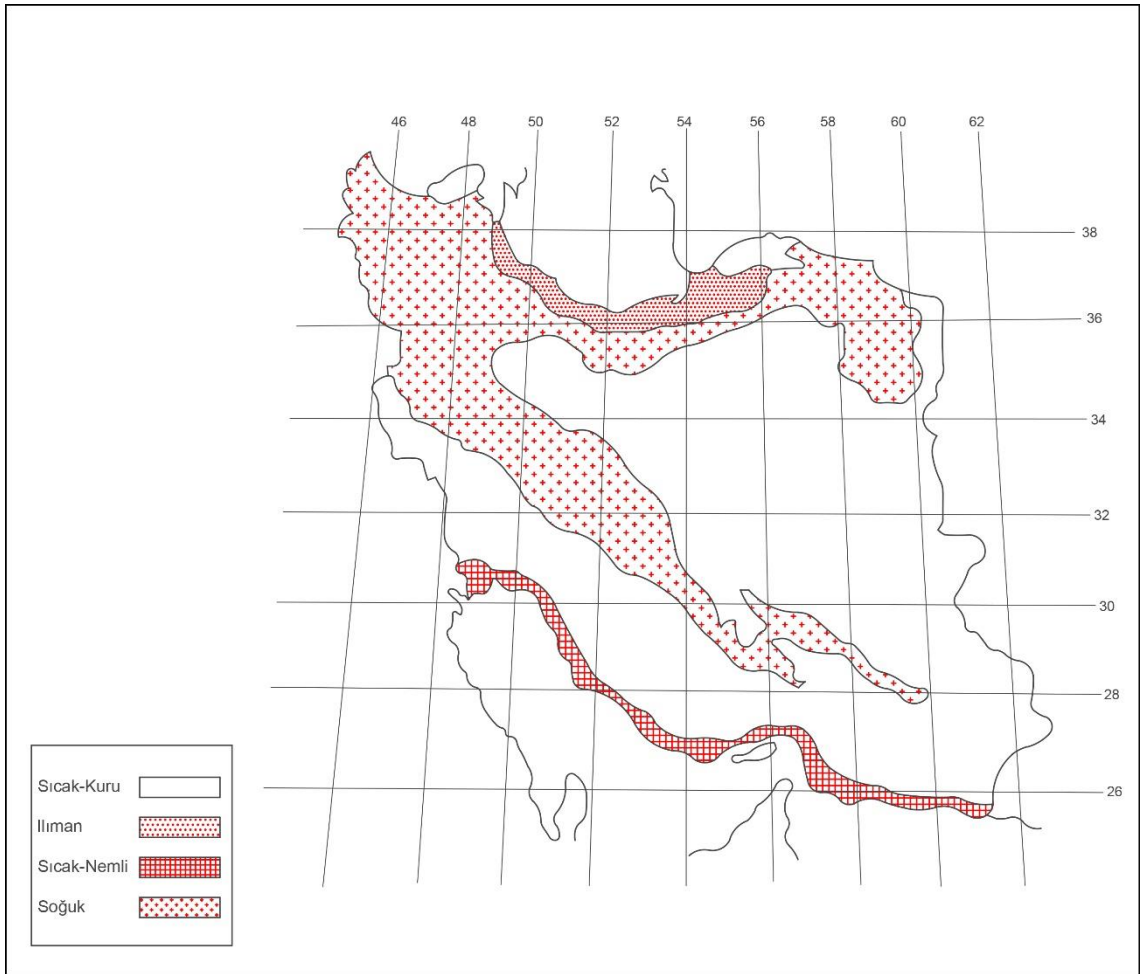
4.1 İran'daki İklim Bölgeleri

Dünya'nın hemen her bölgesinin, coğrafi konumu nedeniyle, kendine özgü bir iklimi bulunmaktadır. İran'ın coğrafi konumundaki çeşitlilik ise birbirinden çok farklı bölgelerin iklim çeşitliliğine neden olur. Ülkenin iklimini belirleyen temel özellik yeryüzü şekilleridir. İran'ın büyük bir bölümü yüksek ovalar ve geniş çöllerden meydana gelir; yüksek bir oviden meydana gelen bölümü kuzeyde Elbruz Dağları, güneybatıda ise, Zağros Dağları ile sınırlıdır. Bu oviden iç kesimleri platolar ve iki geniş çölle (Deşti-Kebir, Deşti-Lut) kaplıdır.

İklim bakımından İran, sıcak-kuru, sıcak-nemli, ılıman ve soğuk olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Köppen'in yöntemine göre, İran'ın büyük bir bölümü sıcak iklim koşullarına sahiptir. Bu bölümü oluşturan merkezi plato (Farsça: Flat-e-Markazi), denizden yüksek dağlarla ayrılması nedeniyle yaz süresinde Akdeniz'de görülen hava basıncı düşüklüklerinden etkilenmez. Bu iç bölgeler çöl iklimine sahip olması nedeniyle yazları çok sıcak, kışları ise çok soğuktur. Gece gündüz arasındaki sıcaklık farkları oldukça fazladır; en yüksek sıcaklıklar yaklaşık 55 dereceyi bulurken, en düşük sıcaklıklar -37 dereceye kadar düşer. Bu bölgelerin farklı alanlarının sıcaklığı, coğrafi durumuna, deniz seviyesi yüksekliğine ve rüzgar yönüne bağlıdır. Bu bölgelerin dışındaki bütün İran topraklarında astropikal kurak bölge iklimi hakimdir.

Ülkenin batı ve kuzey bölgelerinde dört mevsimi belirgin olarak görmek mümkün olabilirken diğer bölgelerde bu tam olarak mümkün olamamaktadır. Güney ve doğuya gidildikçe ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinin gittikçe kısaldığı yaz ve kışların uzadığı görülür.

Kuzey bölgeleri, Hazar Denizi'ne bakan bölümler oldukça nemli ve daima yağışlıdır. Ülkenin güney bölgelerinde iklim daha ılımandır; kışları ılık ama yazları genelde belirgin bir sıcak söz konusudur ve nem oranı da oldukça yüksektir. Dağlık bölgelerinde karasal bir iklim etkilidir; kış ayları soğuk ve karlı, yaz ayları ise, genellikle sıcak ve kuraktır.



Şekil 4.1 İran'ın iklim bölgeleri [77]

İran'nın iklim koşullarına göre yapı biçimlenişi, insanların çevrelerine uyum sağlamak konusundaki yeteneklerini sergilemektedir. Sıcak-kuru ve sıcak-nemli bölgelerde sıkça kullanılan rüzgar kuleleri bunun örneklerinden biridir. Binanın bulunduğu sıcak-kuru ve

sıcak-nemli iklim koşullarına göre Badgirler (rüzgar kulesi) iki ana başlık arasında incelenmektedir.

4.2 İran'ın İç Bölgesinin (sıcak-kuru bölgesi) Geleneksel Yapılarının İklim ile Kurdukları İlişkiler

Çevre koşulları bir binanın gerçekleşme sürecinin en temel belirleyicilerinin başında gelir. Eski insanlar rüzgar, güneş, ve kar gibi atmosferlik koşullardan korunmak için evler yapmışlar [76].

İran'ın sıcak-kuru bölgesindeki iklim koşulları, geleneksel yapı mimarisinin performansı ve enerji tüketiminde büyük bir etkisi vardır. Bu alanlardaki su ve enerji kaynaklarının yetersizliği, insanları minimum enerji tüketimine dayalı stratejilerle evlerini inşa etmeye zorlamıştır. Isıtma ve soğutma genellikle binaların en büyük enerji yükünü kullanır. Bu nedenle, insanlar, sert koşullarıyla baş etmek amacıyla doğal iklim stratejileri oluşturmaya çalışmışlardır.

4.2.1 İran'ın İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru) İklim Özellikleri

İran'ın iç bölgesindeki iklim şartları oldukça zorludur; yaz ayları aşırı sıcak ve kurudur, kışlar ise çok sert ve soğuktur. Bu bölgede dört mevsim belirgin olarak yaşanmaz. Güneş ışınları bu alanlarda yıl boyunca dike yakın açıyla düşmektedir.

Sıcak-kuru iklime sahip bölgelerinde, yılın en az altı ayı hemen hemen hiç yağmur yağmadığı için, yağmur ve nem miktarı çok düşüktür. Bu nedenle günlük sıcaklık farkı en fazla olan bölgedir. Yaz günlerinde hava sıcaklığı 40 ile 50 derece olup, geceleri 15 ile 20 dereceye kadar düşmektedir [77]. Su kaynaklarının yetersizliği, bitki örtüsünün azlığı ve çöl (tozlu) rüzgarlar bu bölgenin zorlu şartlarıdır.

Yerel mimari sıcak-kuru iklime uyum sağlamak amacıyla mantıksal çözümler bulmuş ve insan konforu için bazı stratejiler sunmuştur.

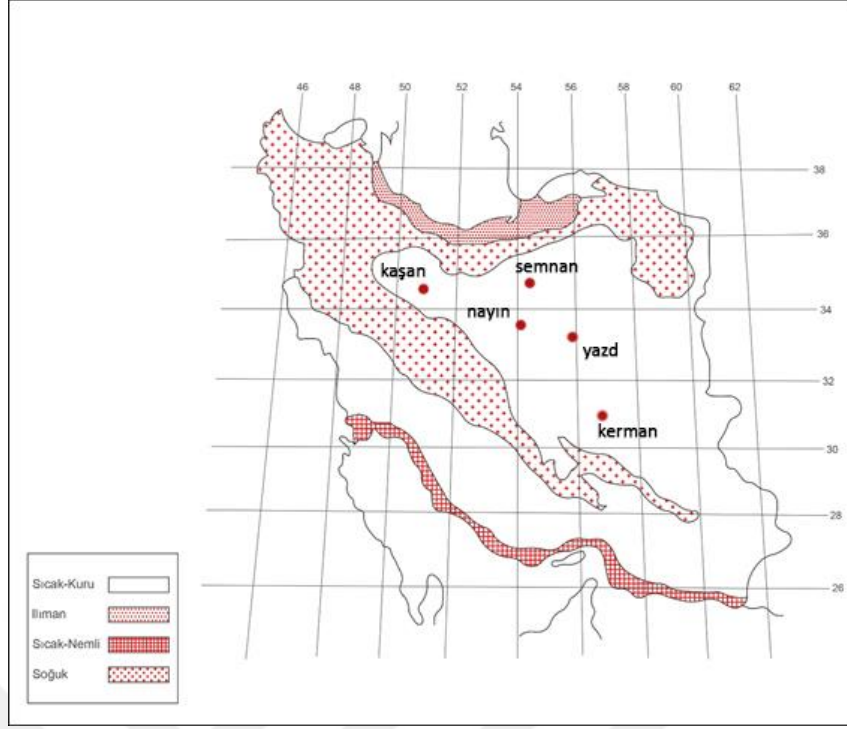
Çizelge 4.1 Sıcak-kuru bölgelerin geleneksel mimarisinin iklime duyarlı tasarım stratejilerinin sınıflandırılması [78]

Ölçek	İklime duyarlı tasarım stratejileri
Makro	Binaların arasındaki mesafe; Kompakt bir kentsel çevre; Dar ve düzensiz sokaklar
Orta	Bina Formu, Bina Kabuğu, Malzemelerin verimliliği, Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri
Mikro	Modül Birimi, Eyvan, Revak, Rüzgar Bacası (Badgir)

Yukarıdaki stratejilerin düşünülmesi ve geliştirilmesi, çağdaş mimarların ve tasarımcıların çağdaş mimariyi daha sürdürülebilir, rahat ve kendi kendine yeten bir şekilde inşa etmelerini sağlar.

4.2.2 İran'ın İç Bölgelerinin (sıcak-kuru bölgesi) Kentsel Dokusu

Bir bütün olarak, sıcak-kuru bölgelerinin kentsel yapısı, düşmanların her taraftan istila edilebilmesini önleyen, tamamen her yönden kuşatılmış bir mekana benzemektedir.



Şekil 4.2 İran'ın iç bölgesinde yer alan örnek şehirler [77]

Yazd, Kaşan, Kerman, Nayin ve Semnan gibi kentlerini içine alan bu bölgelerde, güneş radyasyonunun etkilerinden evleri korumak amacıyla, yerleşmeler sıkışık ve iççedir. Yapıların sıkışık ve iççe olması mahremiyetin azlığı demek değildir, belki kompakt bu kentlerde mahremiyeti sağlarken, iklimsel kriterlerin getirdiği zorluklar nedeniyle kentsel yaşamın kalitesi yükseltilmiştir. Yapıların duvarları ortak kullanılmış ve aralarındaki sınır tanımlanmamıştır. Binaların sıkıştırılması ve birleşimi, her binanın dış yüzeyini en aza indiren ve her evin içinde bulunan enerjiyi uzun süre koruyabilmesine neden olmuştur.



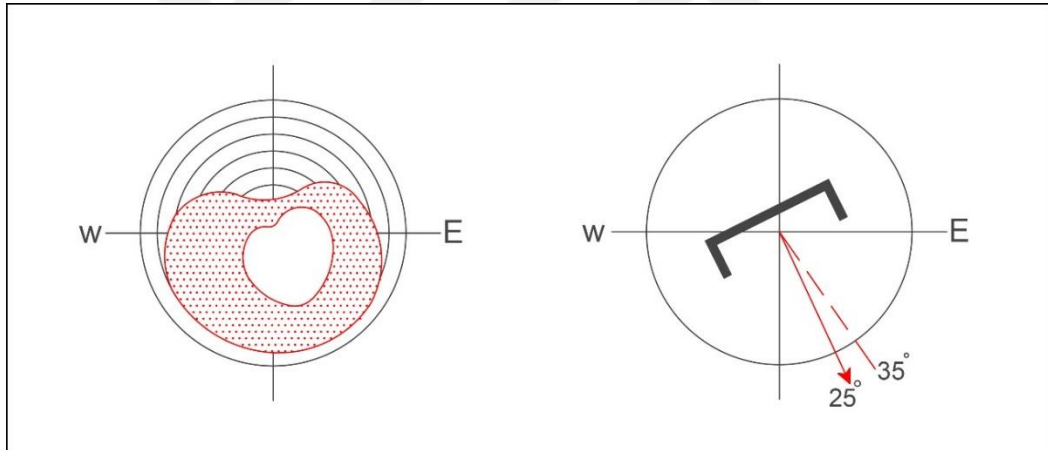
Şekil 4.3 Yazd'in Geleneksel Dokusu [100]

Sokaklar dar bir şekilde oluşturulmuş ve birbirini gölgelemektedir. Bu nedenle gündüzleri serin, geceler ise daha ılıktır. Yüksek duvarlara sahip olan dar sokaklar çevredeki evlere gölge düşürürken Kavir'in rüzgar hızını da kontrol etmektedir. Kentin yapısı ve ana yolları, uygun rüzgar yönünde açık şekilde ve uygun olmayan rüzgarlar ve kum fırtınaları yönünde kapatılacak şekilde planlanmıştır.

4.2.3 İran'ın İç Bölgesinin (sıcak-kuru bölgesi) Bina Formu

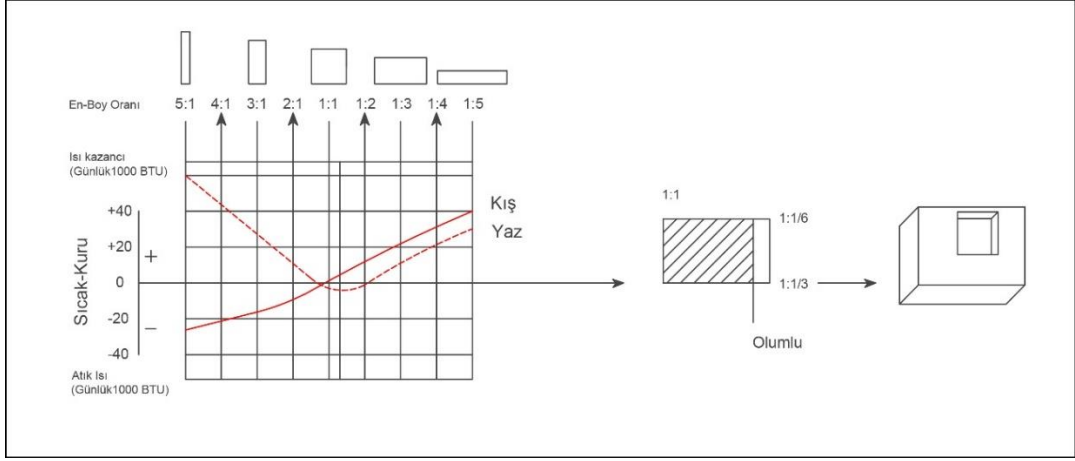
İran'ın iç bölgesinin coğrafi özelliklerinin belirlediği iklimsel koşullar, binanın yönlendiriliş durumu, binanın formu, hacim organizasyonu gibi faktörlerle şekillendirilmiştir.

Sıcak-kuru bölgelerde binanın uygun yönlendiriliş durumu yapının doğu-batı aksında yerleştirilerek güneye baktırılmasıdır. V.Olgay'a göre bu bölgelerde güneyden 25° doğuya doğru olan yönler optimum, güneyden doğuya 35° olan yön ise, iyi yön olarak nitelendirilmektedir [74].



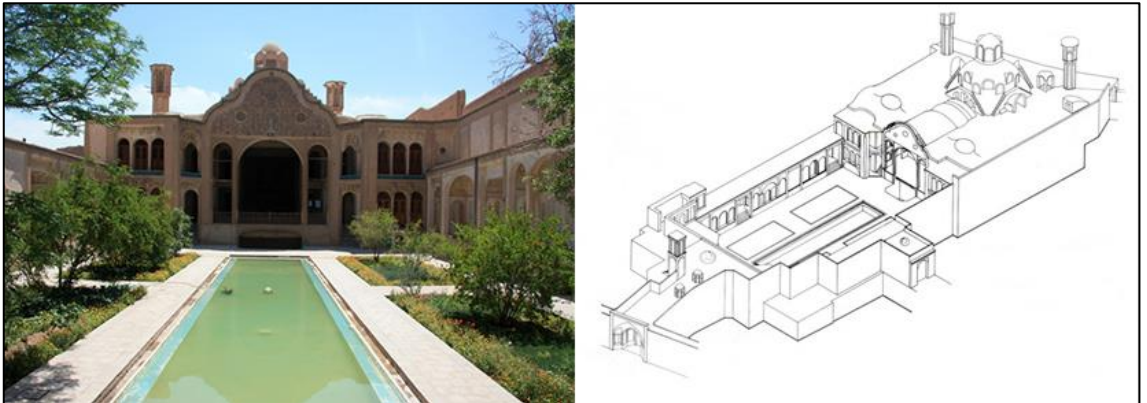
Şekil 4.4 Sıcak-kuru bölgelerde binanın yönlendiriliş durumu [77]

Genel olarak doğal çevrede yalnızca çevreye uyumlu olan şeyler yaşamlarına devam edebilirler. Bitkilerin yaşam ortamlarındaki çevresel koşullara uyumlu olması buna en iyi örnektir. İklim şartları yaşam üzerinde baskındır; şehrin yaşamındaki dinamiklerden mimariye kadar her şeye şekil verir.



Şekil 4.5 Sıcak-kuru bölgelerin geleneksel dolu boş planı ve görünümü [77]

Bu iklim bölgesinde yaz ve kış yaşam yerleri ayrılmış ve geleneksel avlulu bina formları sıklıkla uygulanan mekanlardır. Avlular iklimsel dengelerin sağlanmasında çok önemli rol oynarlar. Binaların içerisinde sağlanan bu avlu boşlukları sayesinde, bina cepheleri güneş ışınımından korunacak şekilde gölgelenir ve doğal taşınım yoluyla bina içi ve avlu arasında kendiliğinden oluşan hava akımları sağlanır. Gündüz ısınan avluda hava yükselir ve ev içinden avluya doğru hava akımını sağlar. Gece ise daha sıcak olan eve doğru avludan serin rüzgar akar. Mikro alanda devamlı bir hava hareketi sağlanmasına imkan verir [79]. İklim bölgesinin kuru olmasından dolayı nem gereksiniminin karşılanması için iç ortamda nemlilik oranının artırılmasına yönelik olarak avluda, ağaç, yeşillik ve su elemanları ya da hakim rüzgar yönünde su ögesi kullanımı sağlanmıştır. Sıcak ve kuru bir alanda, yeşilin ve suyun serinletici özellikleri vardır.



Resim 4.6 Borucerdi evi [101]

Revaklar binanın avlusunda, ev cephesine paralel düzenlenen, üstü örtülü ve önü açık ikinci gölgeli mekanlardır. Geleneksel mimaride uygulanan revaklar gün boyu cepheleri güneş ışınımından ve etkisinden korumuş olur. Bu sayede evin cephesi sürekli serin ve gölgede kalır.

Eyvan; sıcak-kuru bölgelerde binalarda iklimsel konforu sağlamak amacıyla yapılan başka bir mekansal öğedir. Eyvan avluya bakan yarı açık (üstü ve üç yanı kapalı, dördüncü yanı açık) gölgeli bir mekandır. Bazen ortasında nem ihtiyacının karşılanması için bir de küçük ve derinliği az olan bir havuz bulunmaktadır.

Rüzgar kulesi ise, İran'ın iç bölgesinin yerel mimarlığında konfor düzeyinde, iklimsel koşullara ve hava şartlarına göre tasarlanmış önemli bir yapı elemanıdır.

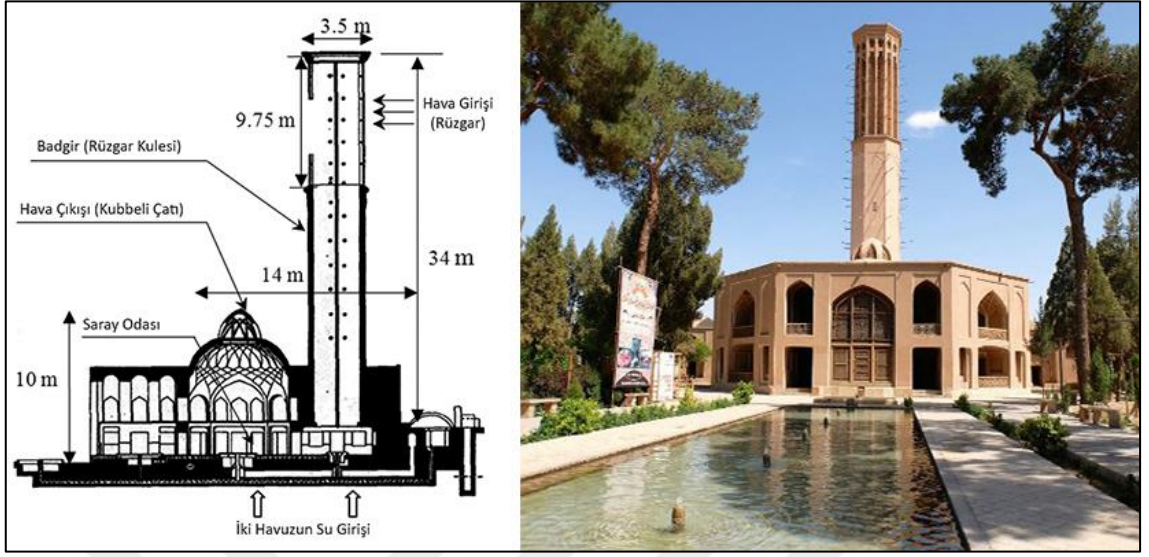
4.3 İran'ın İç Bölgesinin (sıcak-kuru bölgesi) Badgirleri (rüzgar kulesi)

Sıcak-kuru iklimlerde Badgirlerin (rüzgar kulesi) işlevi farklıdır. Bu bölgelerde hava nemi çok düşüktür. Bu yüzden Badgirler (rüzgar kulesi) rüzgar hızını ve nemi arttırarak uygun ve rahat bir ortam yaratmaktadır. Ortamdaki düşük hava nemi yüzünden gerçekleşen buharlaşma işlevi sıcak-kuru bölgelerin Badgirlerindeki (rüzgar kulesi) bir mekanizmadır ve nemin dengelenmesine yardımcı olur. Sistem, Badgir (rüzgar kulesi) kanalının inşa edilmiş su havuzu aracılığıyla çalışmaktadır.

Hava hızının artması, Badgir (rüzgar kulesi) kanallarının daha küçük boyuta bölünmesiyle oluşmaktadır. Bernoulli ilkesine göre, havanın hızlanması, aynı anda alanın azalmasıyla ortaya çıkar ve nem dengesinde (% 70'in altında) hava sıcaklığının 1c yükseldiği teorisi, 0.15 m/s" ile tolere edilmekte, kanalların geometrik şekli yüksekliği ise önemli hale getirmektedir [77]

Sıcak-kuru bölgelerde rüzgar kuleleri, sıcak-nemli bölgelerdeki örneklerden daha yüksektir. Bu bölgelerde, Badgir (rüzgar kulesi) yüksekliği temiz ve az tozlu havanın binaya girmesine neden olmaktadır. Sıcak-Kuru bölgelerin Badgirlerinin (rüzgar kulesi) hacmi güneyde olanlardan daha azdır. Çünkü bu alanlardaki rüzgar yoğunluğu güney kıyılarına göre yüksektir. Yazd, Naein, Kerman, Kashan gibi şehirlerde bu tür Badgirler (rüzgar kulesi) görülmektedir.

Dolat Abad Bahçesi, 1960'lı yıllarda Yazd kentinde inşa edilmiştir. Binanın Badgiri (rüzgar kulesi) 34 metre olarak dünyada en yüksek olandır (Şekil 4.7)



Şekil 4.7 Yazde'ki Dolatabad Bahçesinin Badgiri (rüzgar kulesi) [80]

Dolatabad Bahçesi'nin Badgiri (rüzgar kulesi) hava deplasmanı ve buharlaşma yoluyla binanın iç kısmını havalandırmakta, aynı zamanda serin bir ortam oluşturmaktadır; Badgirin (rüzgar kulesi) içine giren hava küçük bir su havuzunun üstünden geçerek bina içine akar ve diğer odalara yönlendirilir [80]. Badgirin (rüzgar kulesi) altına yer alan su havuzu ortalama sıcaklığı düşürmekte ve saray odasındaki hava akışını ve nemi arttırmaktadır.

4.4 İran'ın İç Bölgesinin (sıcak-kuru) Badgirlerinin (rüzgar kulesi) İşlevsel Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması (yazd kenti)

Çöl şartlarına sahip olan Yazd Kenti İran'ın merkezinde yer almaktadır. Geçmiş Sasani Dönemine (MS 224-651) kadar uzanan Yazd Kenti son derece ilginç ve özel bir mimariye sahiptir. Rüzgar kuleleri Yazd Kentinde en az üç bin yıllık geçmişi olan önemli mimari öğeleridir. Zor iklim koşullarının yaşanır kılınması amacıyla inşa edilen rüzgar kuleleri Yazd Kenti'nin kentsel peyzajının da en önemli öğesidir. Kentte ayakta olan toplam 713 rüzgâr kulesi tespit edilmiştir [60].



Şekil 4.8 Yazd Kenti [102]

Badgirlerin (rüzgar kulesi) işlevini etkileyen mimari konular Badgirlerin (rüzgar kulesi) yönü, yeri, yüksekliği ve geometrik planıdır. 2015 yılında yapılan bir araştırmada [81]. Yazd Kentinde 53 Badgir (rüzgar kulesi) rastgele seçilmiş, Badgirlerin (rüzgar kulesi) tipolojisi, fiziksel analizi ve formları incelenmiştir. Bu araştırmaya dayalı Badgirlerin (rüzgar kulesi) % 94.3'ü dört yönlü, bu dört yönlü Badgirlerin (rüzgar kulesi) toplamda % 94'ü planda dikdörtgen şeklindedir [82]. Dikdörtgen formuna sahip Badgirler (rüzgar kulesi) diğerlerine göre daha verimlidir [83].

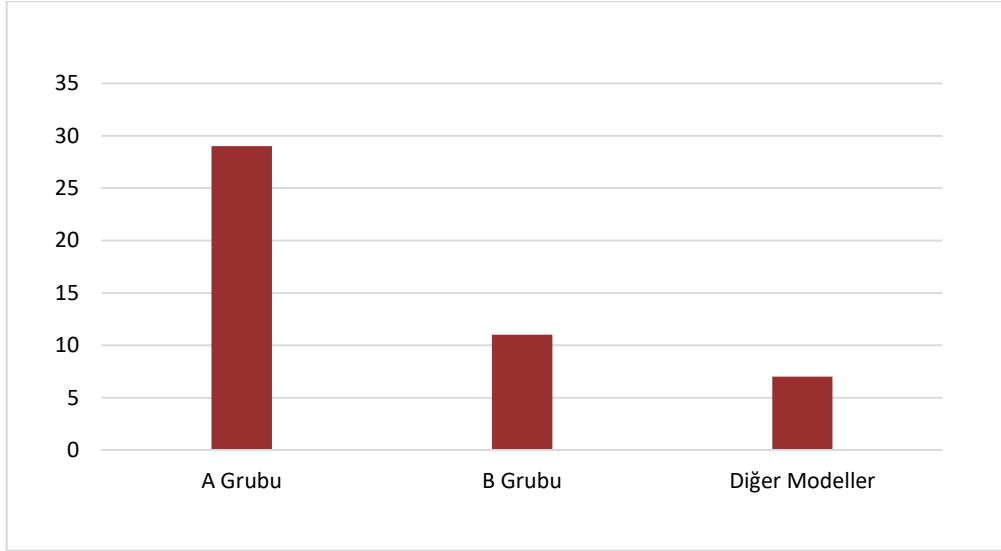
Badgirlerin (rüzgar kulesi) iç kısmı tuğla ve ahşap ile bölünmüş, bölmelerin kesit formları genel olarak +, H şeklindedir.



Şekil 4.9 Yazd Badgirlerinden (rüzgar kulesi) örnekler [66]

X, K ve I gibi diğer bölme Őekilleri nadirdir. Blmelerle düzenlenen kanalların her biri tek yönlü bir giriş ile rüzgarı yakalar; aksi takdirde rüzgar bir delikten içeri girer ve diğer açıklık üzerinden dışarı akar. Genel olarak, deliklerin sayısının artmasıyla hava akışı miktarı azalır.

Çizelge 4.2 Yazd Kentindeki seçilen 47 Badgir (rüzgar kulesi) sayısının gruplanması



Badgirlerin (rüzgar kulesi) tipolojisi, fiziksel analizi ve formları üzerinde yapılan çalışmanın [81] sonucuna dayanarak, Yazd Badgirleri (rüzgar kulesi) hakim forma dayanarak iki gruba ayrılmaktadır.

Bu gruplar arasındaki mimari farklar Őunlardır:

A Grubu Badgirler (rüzgar kulesi):


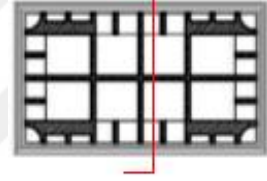
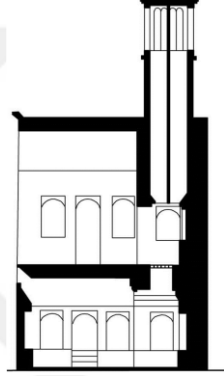
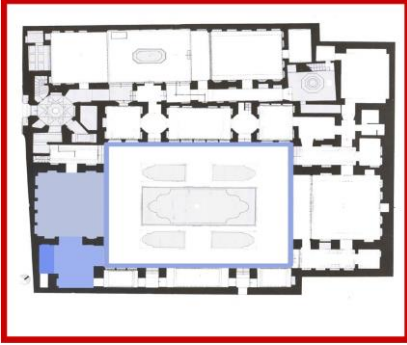
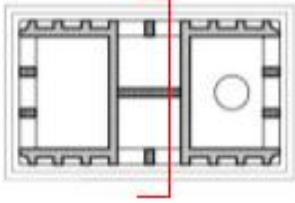
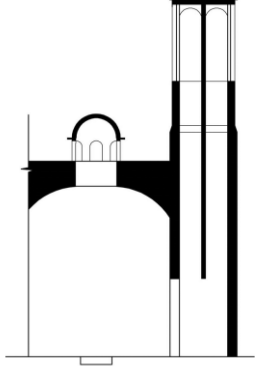
- Salonun arkasında yer almaktadır. Bu tip Badgirlerin (rüzgar kulesi) simetri eksenini oturma alanı ve avluyla aynıdır.
- Hizmet sağlayan alanlar salon ve bodrum katıdır.
- Badgirlerin (rüzgar kulesi) ana yönü kuzeybatıdır.
- İ bölmelerin egemen biçimi + Şeklindedir.

B Grubu Badgirler (rüzgar kulesi):

- Bahçenin köŐesinde yer almaktadır: bu tip Badgirler (rüzgar kulesi) doğrudan salona bağlantılı olmayan, "Hozkhane" adı verilen bir havuzlu odadan salona bağlanmaktadır.

- Havuz Hozkhane'nin ortasında yer almakta ve daha fazla soğutma işlemine neden olmaktadır.
- Bu tip Badgirlerin (rüzgar kulesi) yönü A türüne dik olarak kuzey doğuya bakmaktadır.
- İç bölmelerin egemen biçimi H şeklindedir.

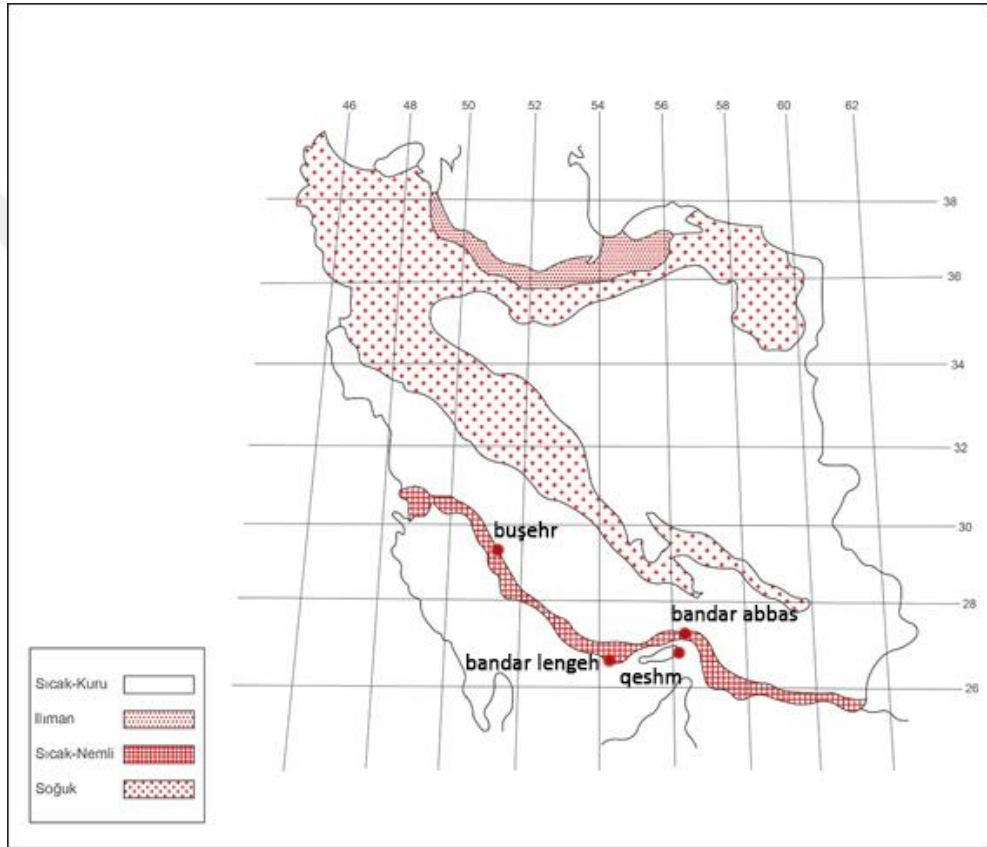
Çizelge 4.3 Yazd Badgirlerinin (rüzgar kulesi) tipik örnekleri [81]

Yazd Kenti	Ev Planı	Badgir (rüzgar kulesi) Planı	Badgir (rüzgar kulesi) kesiti
A Grubu	<p>1.Model: Mahmoudi Evi</p> 		
B Grubu	<p>2.Model: Rasoulia Evi</p> 		

4.5 İran'ın Körfez Çevresinin (sıcak-nemli bölgesi) Geleneksel Yapılarının İklim ile Kurdukları İlişkiler

4.5.1 İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) İklim Özellikleri

İran'ın Sıcak-Nemli iklim bölgesi 2000 km kıyı kenarında uzanmaktadır. Güneydeki sıcak ve nemli iklim, Bandar Abbas, Bandarlengh, Qeshm ve Bushehr gibi şehirlerde gözlemlenmiştir.



Şekil 4.10 İran'ın Körfez çevresinde yer alan örnek şehirler [77]

Yaz ayları nispeten uzun ve sıcaktır, kışları ise kısa (iki ay) ve ılımandır. Denize yakınlığı ve neredeyse dikey güneş ışığı alması nedeniyle bölgedeki buharlaşma ve nem oranı, özellikle ilkbahar ve yaz aylarında, yüksektir. Nem hissedilen sıcaklığı daha da artırır. Bölgenin yaz günlerinde en yüksek sıcaklığı 35 ila 40 dereceyi ve nem oranı % 70 i bulmaktadır. Bu nedenle gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı düşüktür.

İran'ın Güneyinde, Suudi Arabistan rüzgarları bölgede yağışlı bulutların birikimini önüyor. Bu nedenle yıllık yağış miktarı çok düşüktür. Yağış oranının düşük olması

nedeniyle, sınırlı sayıda tarlalar ve palmye ağaçları haricinde, genellikle bitki örtüsü bulunmamaktadır.

Her bölgenin farklı yönlerde esen yerel rüzgarları da vardır. Bu rüzgarların bir kısmı nemli ve serin ve bazıları tozlidir. Deniz kıyısında yer alan bu bölgelerde yirmi dört saatlık bir periyotla yerel bir rüzgar vardır. Bu alanlarda, kıyı ve deniz seviyeleri arasındaki hava sıcaklık farkı, deniz ve kıyı esintilerine neden olmaktadır. Gün içinde rüzgar denizden kıyıya ve geceleri tam tersi kıyından denize akmaktadır. Böylece bu rüzgar akışı binayı ve çevresini havalandırmak için kullanılabilir. Böylece bu rüzgar akışı binayı ve çevresini havalandırmak için kullanılabilir. Böylece bu rüzgar akışı binayı ve çevresini havalandırmak için kullanılabilir.

Sıcak-nemli iklim bölgesindeki birçok mimari ve strüktürel unsurlar kullanıcı konforunu etkilemektedir.

4.5.2 İran'ın Körfez  evresinin (Sıcak-Nemli bölgesi) Kentsel Dokusu

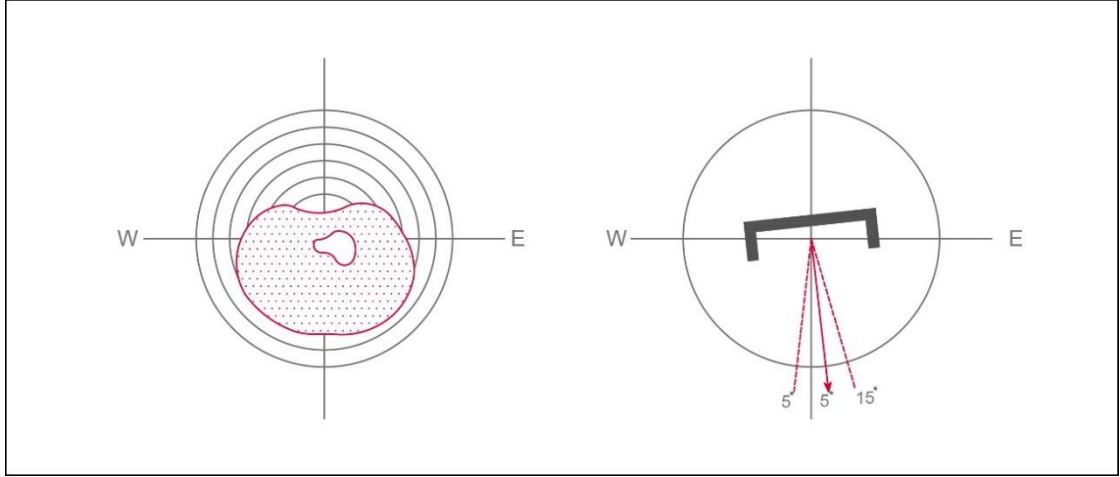
Nem oranının konfor koşullarına indirilmesinde rüzgar başlıbaşına önem kazanır. Gerek yer seçiminde ve gerekse kent dokusunun oluşturulmasında rüzgarın nem giderici özelliği hayati önem taŐır. Çok nemli bölgelerde etkin rüzgarların kent içine alınması ve dolaŐtırılması, sokakların konumları ve yönleriyle sağlanır. Kent bütünü yanında, her yapının da rüzgar alacak Şekilde konumlandırılması önemlidir.

İran'ın Körfez çevresinde genelde ayrıık nizamda yerleşmeler görülmektedir. Sokaklar arasında hava dolaşımını sağlayabilmek için, binalar birbirinin rüzgarını kesmeyecek Şekilde ve aralııkli yerleŐtirilmektedir. Ancak limandan uzaklaŐan bölgelerin kentsel dokusu İran'ın merkezi bölgelerinin dokusuna daha fazla benzemektedir.

4.5.3 İran'ın Körfez  evresinin (Sıcak-Nemli bölgesi) Bina Formu

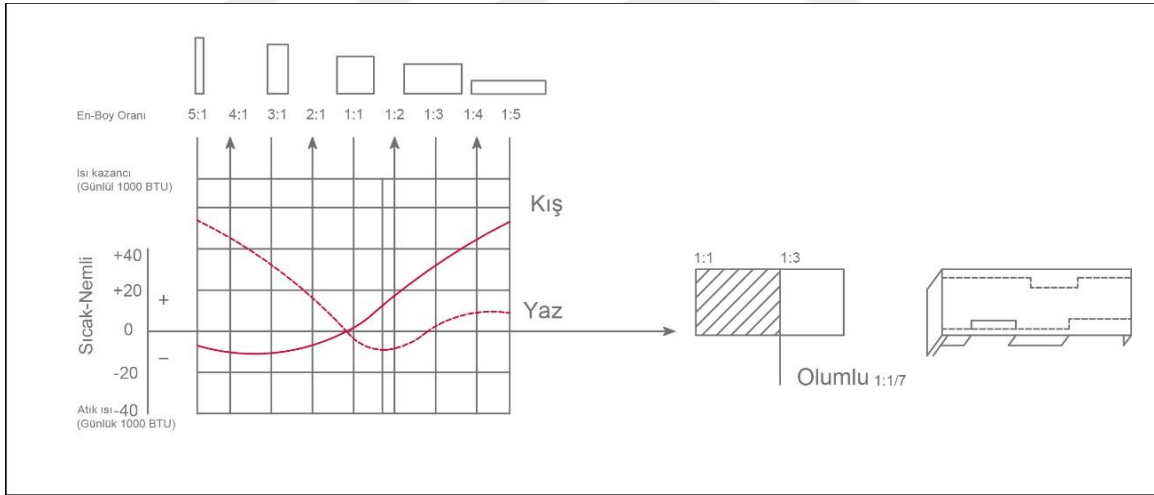
Bu iklim bölgesinde doğu ve batıdan gelen Őiddetli güneş iŐıĐından dolayı, doğu ve batı ekseninde uzanan dikdörtgen geometriye sahip bina formu tercih edilmiştir.

V.Olgay'a göre, bu bölgelerde güneyden 5° doğuya doğru olan yönler optimum, güneyden doğuya 15° ve güneyden batıya 5° olan y n ise, iyi y n olarak nitelendirilmektedir [77].



Şekil 4.11 Sıcak-nemli bölgelerde binanın yönlendiriliş durumu [77]

Bu bölgede binalar genellikle içe dönüktür ve odalar merkezi bir avlu etrafında bulunmaktadır. İranın sıcak-kuru bölgesindeki binalarla tek farkı, dış mekanla olan bağlantılarının tamamen kapalı olmamasıdır. Binanın ikinci ve üçüncü katlarında sokak veya meydana bakan büyük pencereler ve büyük eyvanlar vardır.



Şekil 4.12 Sıcak-nemli bölgelerin geleneksel dolu-boş planı ve görünümü [77]

Odada çift taraflı havalandırmanın kullanılması ve ısı yoğunluğunun azaltılması, pencerelerin bir tarafta avluya ve diğer tarafta sokak veya meydana açılması, akşam ve gün batımı sırasında mümkündür.

Sıcak-nemli bölgelerde odalar ve pencereler yüksek yapılmaktadır. Bu bölgedeki odaların yüksekliği, İran'ın diğer iklimlerinden daha yüksektir ve yükseklikler bazen dört metreye kadar ulaşır. Yüksek odalarda sıcak hava yükselir ve odanın alt kotunda daha düşük hava

sıcaklığı yer alır. Böylece odanın her iki tarafında tavanın altında yer alan pencerelerden, sıcak hava havalandırılır.



Şekil 4.13 Sıcak ve nemli alanda yüksek tavanlı odalar, yüksek pencereler ve geniş eyvan [100]

Genellikle bahçenin bir ya da iki yanında merkezi avlu etrafında geniş ve yüksek eyvan yer almaktadır. Bu alandaki eyvan diğer alanlardan daha büyüktür ve binada çok önemli bir alanıdır. Yaklaşık yılın yarısı, özellikle sıcak mevsimlerde, günün büyük bir bölümü eyvan içinde gerçekleştirilmektedir.

Sıcak ve nemli iklimlerde, yaşam alanları genellikle yer kotundan daha yüksek olarak yapılmaktadır. Sahile yakın alanlarda yeraltı mekanları bulunmamaktadır. Örneğin Bushehr limanında, denize yakınlığı ve yüksek seviyelerde yeraltı suyu ve yüksek neme sahip olması nedeniyle yeraltı mekanları inşa edilmemektedir. Zemin kat ayrıca daha fazla hizmete sahiptir ve mutfak, depo ve mal deposu bu katta yer almaktadır ve birinci ve ikinci katlar daha çok yaşam alanlarıdır. Üst katların diğer avantajı, havalandırmanın bu katlarda daha iyi yapılması ve mahremiyet açısından, üst pencerelerin sokaklardaki yolcular tarafından korunmasıdır.

Binalarda kullanılan kemerler genellikle düzdür. Bu kıyılarda kavisli kemer yapımı yaygın değildir ve binaların çoğu düz çatılıdır. Sıcak mevsimlerde, çatıdaki nispi hava serinliği nedeniyle, düz çatı uyku işlevini de barındırmaktadır. Çatı saçakları mahremiyet açısından konut sakinlerini korumak ve aynı zamanda çatıdaki hava akışı nedeniyle, genellikle ağ şeklinde ve yüksek yapılmaktadır.

Arap ve Hint ülkeleri ile limanların arasındaki ticari ilişkileri açısından, binanın süslemeleri ve kemerlerin ve binanın açıklıklarının şeklinin Arap ve Hindistan'ın binalarına çok benzediğine dikkat edilmelidir. Örneğin, Bushehr ve Bandar Lengeh'in eski binaları Yemen'deki Sanaa şehrinin binalarına, Lengeh, Qeshm ve Bandar Abbas limanlarının Badgirleri (rüzgar kulesi), Basra Körfezi'nin güney sahilindeki Badgirlere (rüzgar kulesi) ve Chabahar Camileri Hindistan ve Pakistan Camilerine çok benzerlik göstermektedir.

Sıcak-nemli iklim bölgelerinde aşırı nem ve sıcaklık oranından dolayı, Küçük termal kütleyle sahip malzemeler kullanılmıştır. Bu nedenle ahşap bu alanlarda en iyi malzeme türüdür. Ancak İran'ın körfez çevresinde ahşapların sadece çatı, kapılar ve pencereler için kullanıldığı görülür, çünkü bu bölgelerde çok az bitki örtüsü vardır ve inşaat işleri için yeterli ağaç bulunmamaktadır. Bu nedenle insanlar erişebildikleri yapı malzemelerini kullanmak zorunda kalmaktadır.

İran'ın körfez çevresindeki binalarda hava hareketi, rüzgâr veya baca etkisi ile yaratılmaktadır. Çatıda yer alan rüzgar kulesiyle yapı içi doğal havalandırmanın sağlanması amaçlanmıştır.

4.6 İran'ın Körfez Çevresinin (Sıcak-Nemli) Badgirleri (rüzgar kulesi)

Pencereler yolu ile esinti sağlayamayan yapılar, Badgirler (rüzgar kulesi) ile çatı üstü seviyesinden geçen deniz esintilerini yakalayabilir. Ülkenin güneyinde, rüzgar hızının oldukça düşük olmasından dolayı bölgedeki Badgirler (rüzgar kulesi) oldukça büyük ve alçaktır. Bandar Lenghe ve Bandar Ghangh ve benzeri limanlarda bu tür Badgirler (rüzgar kulesi) görülmektedir [73].

İran'ın sıcak ve kuru bölgelerinde, hava kuruluğu nedeniyle, su daha hızlı buharlaşır. Böylece Badgir (rüzgar kulesi) kanalının yanında yer alan su kapları veya Badgir (rüzgar kulesi) kanalının yanında inşa edilmiş su havuzu aracılığıyla, bina serinleşir ve su buharlaşarak havanın nemini artırır.

Ancak, İran'ın Körfez Çevresinde, sıcak ve nemli bölgelerde, bu yöntem mümkün değildir. Bu nedenle İran'ın Körfez çevresi Badgirleri (rüzgar kulesi), sadece binanın içindeki havayı hareket ettirerek mekanın sıcaklığını azaltır.

İran'ın Körfez Çevresinin (sıcak-nemli) geleneksel yapılarından biri "Fekri Evi" dir. Fekri evi güzel Badgirleri (rüzgar kulesi) ile Hormozgan'daki Bandar Lengeh şehrinde İran'ın Körfez çevresinin otantik mimari formlarından biridir. Bu güzel eser, İran'ın ulusal eserlerinde kayıtlıdır. Bu ev şehrin ünlü bir tüccarı Abdul Vahid Fekri tarafından Qajar döneminin sonunda (1900'lerin başlarında) yaptırılmıştır.



Şekil 4.14 Fekri Evi (Bandar Lengeh) [103]

Fekri Evi, Fekri ailesinin, aynı zamanda Bandar Lengeh'nin ticaret merkezinin ikametgahı olarak biliniyordu. Binada 2 avlu, 5 Badgir (rüzgar kulesi), 25 oda, 10 banyo ve 2 bodrum bulunmaktadır.

Fekri Evinde taş, harç ve sıva malzemesi kullanılmıştır. Bu binanın tavanı ahşap kirişlerden oluşturulmuştur. Binada yer alan Badgirler (rüzgar kulesi) denize karşı yer almaktadır ve binayı havalandırmak soğutmak için deniz esintilerini kullanmaktadır. Badgirler (rüzgar kulesi) X biçimli bölmeler aracılığıyla 4 küçük alana bölünmüş kare şeklindedir ve konveksyon yoluyla binayı serinletir.

4.7 İran'ın Körfez Çevresi (sıcak-nemli) Badgirlerinin (rüzgar kulesi) İşlevsel Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması (Bandare Lengeh Kenti)

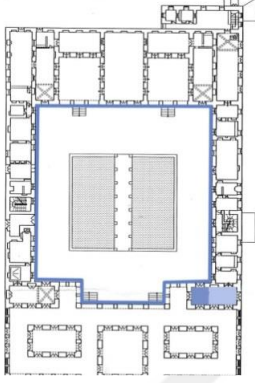
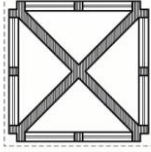
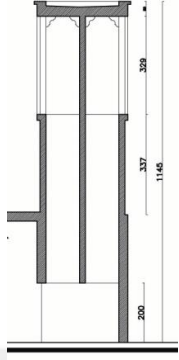
Badgir (rüzgar kulesi), Bandar Lengeh'nin kentsel peyzajının en dikkat çekici mimari öğesidir. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde özellikle Bender Lengeh'de, Badgirlerin (rüzgar kulesi) asıl işlevi nemi dışarı atmak ve ortamı havalandırmaktır.



Şekil 4.15 Bandar Lengeh'nin kentsel dokusu [104]

Nemli havanın ağırlığı fazladır, hava Badgirden (rüzgar kulesi) içeri girdiği zaman nemli havanın pencerelerden dışarı çıkmasını sağlar. Bölgedeki Badgirler (rüzgar kulesi) geniş ve alçaktır; Badgirlere (rüzgar kulesi) ne kadar çok hava girerse o kadar iyi çalışır, bu nedenle Badgirler (rüzgar kulesi) geniş inşa edilmiştir. Denize bakan, kara ve deniz arasında dolaşan hava akışını yakalamak için ise alçak yapılmıştır. Yüksek nem nedeniyle bölgedeki Badgirler (rüzgar kulesi) yalnızca geleneksel soğutma sistemine dayanmaktadır.

Çizelge 4.4 Bandar Lengeh Badgirlerinin (rüzgar kulesi) tipik örneği [81]

Kent	Ev Planı	Badgir (rüzgar kulesi) Planı	Badgir (rüzgar kulesi) Kesiti
Bandar Lengeh			

2015 yılında yapılan araştırmada [81] Bandar Lengeh Badgirleri (rüzgar kulesi), X biçimli bölmeler aracılığıyla 4 küçük alana bölünmüş kare veya dikdörtgen planlı kulelerdir. Hava akışı üst açıklıklardan girer ve Badgirin (rüzgar kulesi) tabanına kadar yönlendirilir. Bandar Lengeh Badgirleri'nin (rüzgar kulesi) yüksekliği, bazen 50 cm'lik bir standart sapma ile yaklaşık 3 metredir [82]. Yükseklik aralığı 5.85-12.43 metredir. Genel yükseklik 7.5-8 metredir ve iki katlı evlerin çatılarına yerleştirilen Badgirler (rüzgar kulesi), ikinci katı serinletmek amacıyla 9 metreden fazla yüksekliğe sahiptir.

4.8 İran'ın Körfez Çevresi (Sıcak-Nemli) ve İç Bölgesinin (Sıcak-Kuru) Badgirlerinin (rüzgar kulesi) Karşılaştırma Analizi

İran'ın Körfez çevresi (Sıcak-nemli) ve İç bölgesinin (Sıcak-Kuru) bölgesinin karşılaştırma analizi çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5 Yazd ve Bandar Lengeh'de Badgirlerin (rüzgar kulesi) karşılaştırılması

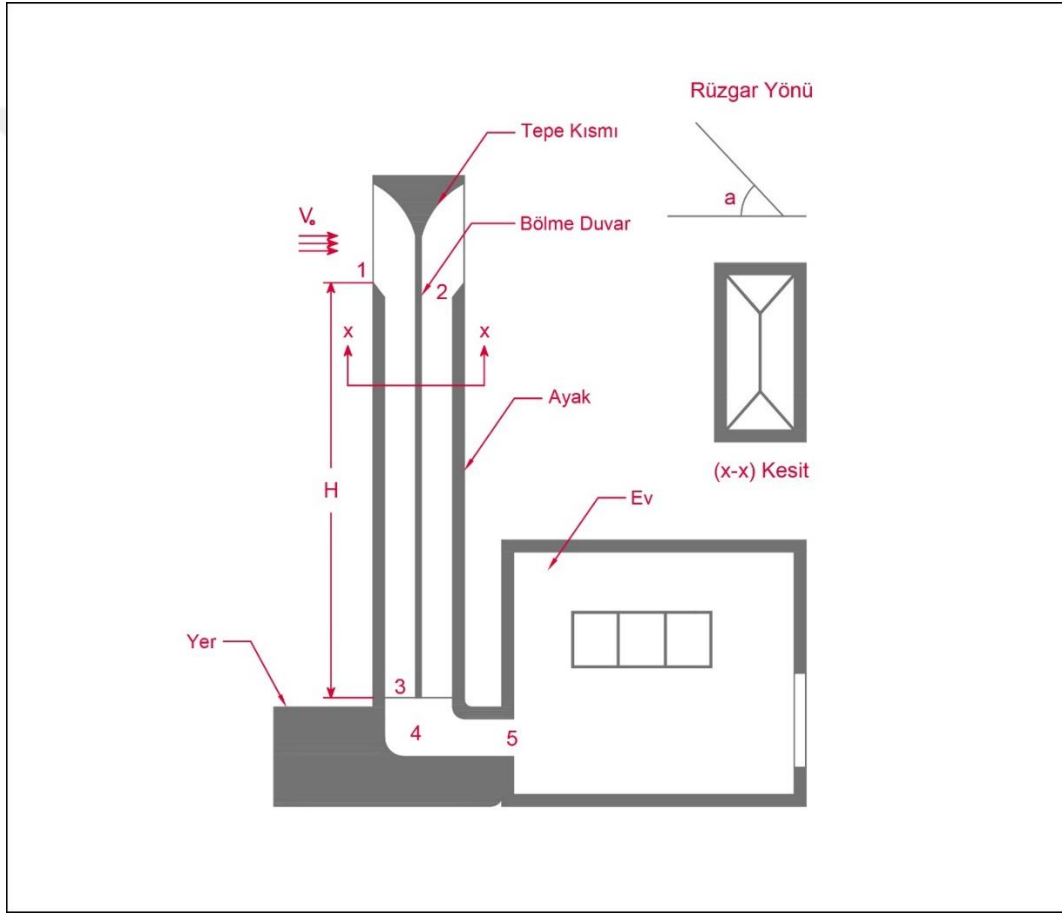
Değişkenler	Yazd		Bandar Lengeh	Açıklama
Badgir (rüzgar kulesi) Yönü	Kuzey, Kuzey Batı, Kuzey Doğu (Yazd'de baskın yön (% 62.26) Kuzey Batıdır.)		Kuzey batıya 15-45 ° eğilimli	Badgirlerin (rüzgar kulesi) yön seçiminin nedeni hakim rüzgar yönüdür.
Badgirlerin (rüzgar kulesi) Evdeki Konumu	Binanın güney tarafı		Her yönden değişken olmakla birlikte genellikle güney ve batı taraflarında	Evlerin yazlık kısmında yer almaktadır.
Yöne Dayalı Badgir (rüzgar kulesi) Tipi	Dört Yönlü, İki- veya sekiz yönlü		Dört-Yönlü	Her dört yönde akan rüzgarın saatlik ve günlük değişimi
Evdeki Badgir (rüzgar kulesi) Sayısı	1		2	Havalandırmanın daha çok gerekliliği
Hizmet Alanları	Salon, havuz odası (hozkhaneh), bodrum		Badgir (rüzgar kulesi) Odası	Bandar Lengeh'deki yüksek nem ve yükselmiş yüzey suları için, havuzun bulunduğu alan ve bodrum bulunmamaktadır.
Badgirlerin (rüzgar kulesi) Çatı Şekli	Düz		Düz	Her iki şehirde az yağmur yağdığı için
Plan	Area (ALAN)	4.8-17 m ² Ortalama: 3-6 m ²	4.65-12.25 m ² Ortalama: 9 m ²	Bandar Lengeh'deki Badgir (rüzgar kulesi) alanlarının büyüklüğü, daha çok havanın girmesine neden olur.
	Geometrik biçimi	Kare, Dikdörtgen, Sekizgen	Kare, Dikdörtgen	Yazd Badgirlerinin (rüzgar kulesi) planında görülen çeşitlilik
	Baskın biçimi	Dikdörtgen	Kare	Bandar Lengeh'deki kare planların nedeni: 1. rüzgar yönlerinin eşit değeri 2. uygun performans
	Bölme biçimi	I, K, X, H	X	Bandar Lengeh'deki zayıf teknikler nedeniyle X formuna yönelmiştir.
Yükseklik	Yükseklik aralığı	6.5-19.74 m (33.5 m Dolat-Abad Badgiri (rüzgar kulesi) hariç)	5.85-12.42 m	Yazd'deki Badgirler'in (rüzgar kulesi) yüksekliği, düşük toz oranı ile akan rüzgarın yakalamasına neden olmaktadır. Bandar Lengeh'deki Badgirlerin (rüzgar kulesi) alçaklığı, kara ve deniz arasında dolaşan hava akışının yakalamasına neden olmaktadır.
	Yükseklik aralığı (evin çatısından)	2.5-10.86 m	2.75-8 m	
	Baskın yükseklik	5 m	3.5 m	

4.9 Geleneksel ve Yeni Badgirlerin (rüzgar kulesi) Performansının Analitik Analizi

Bu bölümde geleneksel ve yeni yöntemlerle yapılan badgirlerin analitik analizi incelenmektedir.

4.9.1 Geleneksel Badgirlerin (rüzgar kulesi) Performansının Analitik Analizi

Şekil 4.16, incelemek için seçilen geleneksel bir Badgir (rüzgar kulesi) kesitini göstermektedir. Bu Badgir (rüzgar kulesi) 3 bölümden oluşmaktadır: Tepe kısmı, Badgir (rüzgar kulesi) ayağı, kapı ve ya hava yönlendirici kapak.



Şekil 4.16 Geleneksel bir Badgirin (rüzgar kulesi) kesiti [66]

Hava rüzgarın esmesiyle Badgirin (rüzgar kulesi) ağızından bacaya girmektedir. Bacanın içinde rüzgar basıncını düşürüp, rüzgarın arka ağızından çıkması için ince bir duvar bulunmaktadır. Bu ince duvar bacanın üst kısmından başlayıp bacanın alt zeminine kadar devam etmektedir. Geleneksel Badgirlerin (rüzgar kulesi) kesiti (x-x) olarak gösterilmektedir.

Badgire (rüzgar kulesi) giren rüzgar sıcaklığını belirleyen, rüzgarın sıcaklığı ve Badgirin (rüzgar kulesi) iç duvarlarının arasındaki dengeyi belirlemekte ve değişim göstermektedir. Badgirlerin (rüzgar kulesi) işlevi genel olarak iki durumda incelenmektedir:

- Rüzgarın hızı sıfır kabul edildiğinde, gece sıcaklığının düşük olmasından ve ışıınımdan gelen sıcaklık, dış duvarların yüzeyinden ortama yayılan bir miktar soğuk enerji, yapının kütlelerinde birikmektedir. Bir sonraki günün ilk saatlerinde, dış hava, Badgirin (rüzgar kulesi) soğuk yüzeylerine çarparak, serinlemekte ve yüzen enerjisiyle Badgirin (rüzgar kulesi) alt kotlarına sürülmektedir. Böylece bir miktar soğuk hava binanın içine girmektedir. Gecenin ilk saatlerinde Badgir (rüzgar kulesi) duvarlarının sıcaklığının yüksek olması nedeniyle, Badgirin (rüzgar kulesi) iç havasının yoğunluğu, ortam yoğunluğuna göre daha az ve bu yoğunluk farkından doğan değişkenlik, havayı Badgirin (rüzgar kulesi) içinden yukarıya doğru yönlendirmektedir. Böylece, hava akımı bahçeden odalara ve sonra Badgirin (rüzgar kulesi) içinde dolaşarak, yapının iç duvarları ve Badgirin (rüzgar kulesi) yüzeylerinin serinlemesini sağlamaktadır.
- Rüzgar uygun bir hızla estiğinde, hava basıncının çeşitli katsayıları, Badgirin (rüzgar kulesi) çeşitli ağızlarında, kapı ve pencerelerde, oluşmaktadır. Bunun oranı rüzgarın esiş yönüne bağlıdır. Hava, artı (+) basınç katsayısı kapaklarından Badgir (rüzgar kulesi)e girmekte ve eksi (-) basınç katsayısı oluşan kapı ,pencere ve kapaklardan dışarı çıkmaktadır.

4.9.1.1 Geneleksel Badgirlerin (rüzgar kulesi) Hava Akımını ve Hava Sıcaklığını Belirleyen Çevresel Faktörler

Rüzgara karşı kalan yapının yüzeylerinde yapıya gelen rüzgarın oluşturduğu basınç, arka yüzeylerde veya rüzgara paralel olan yüzeylerden daha fazla olmaktadır. Arka yüzeylerde veya rüzgara paralel olan yüzeylerde oluşan basınç atmosferden daha az olmaktadır.

Yapıya giren sıcaklık ve hava akımının yoğunluğu, çeşitli nedenlere bağlı olarak iki bölüme ayrılmaktadır [86] ve [87].

- Ortamın hava koşulları: bu faktörleri oluşturan, çevrenin hava sıcaklığı, güneş ışınları, gece ve gündüzün sıcaklık farkının maksimum değeri, rüzgarın hızı ve yönüdür.

- Geometrik biçimler: bu faktörleri oluşturan, Badgirin (rüzgar kulesi) yüksekliği, Badgir (rüzgar kulesi) kesitinin boyutları, kesitteki dağıtım bölmelerinin biçimsel formu, Badgir (rüzgar kulesi)de bulunan rüzgar girişlerinin sayısı ve rüzgara karşı olan dayanıklılığıdır.

İki faktörün göz önünde bulundurulması durumunda, hız ve sıcaklığın dağılımını çeşitli noktalarda, sıcaklık ve hava yoğunluğunun akımını, Badgir (rüzgar kulesi)den yapıya giriş ve çıkışının hesaplanmasını sağlayabilmektedir [86] ve [87]. Badgir (rüzgar kulesi)de bulunan havanın sıcaklığının belirlenmesi için rüzgar hızı belirlenmelidir. Rüzgar hızının belirlenmesinde, Badgir (rüzgar kulesi)de bulunan iç duvarların yüzeyindeki sıcaklık önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle Badgir (rüzgar kulesi)de bulunan sıcaklığın değeri aynı anda hesaplanmalıdır. Orta yüksekliklerde sıcaklık yaklaşık olarak tahmin edilmektedir. Bu araştırmada yer alan denklemleri çözdükten sonra o noktadaki rüzgar hızının ve hava sıcaklığının sonuçlarını tahmin edilen oranla karşılaştırmak gerekir. Eğer bu fark istenilen değerden (önceden belirlenen) daha az ise, kabuledilebilir, aksi takdirde elde edilen yeni değere göre hava sıcaklığının farkını, minimumda tutacak şekilde, tekrar hesaplanır. Hava sıcaklığında ve hava akımındaki önemli etkenler (güneş ışınları, ortamdaki sıcaklık) kontrol edilmelidir.

Güneş Işınları: Badgirin (rüzgar kulesi) dış duvarları güneş ışınlarına maruz kalması nedeniyle, güneş ışınlarının, günün çeşitli saatlerinde ve günün uzunluğuna bağlı olarak, hesaplanması ilk adımı oluşturur. Günün uzunluğu, öğlen güneşi, güneşin doğuşu ve batış zamanına göre belirlenmektedir. Zaman veya hız her ülkede merkezden bulunduğu coğrafya uzunluğuna göre (Grinviç ,İngiltere) baz alınmaktadır. Bu bağlamda değerlendirilen İran'ın tümü aynı zaman diliminde bulunmaktadır ve merkezden 3.5 saat öndedir. Bu saat farkındaki coğrafya uzuluğuna göre $3.5 \times \frac{15}{360} = 52.5^\circ$ dir.

Güneş ışınının atmosferden geçişi sırasında, iki bölüme, direk ışınım ve dağınık ışınım olarak ayrılmaktadır. Direk ışınım, atmosfer etkisinde kalmayan, dağılmadan yer yüzüne ulaşan güneş ışınlarıdır, bu ışınlar belirgin gölgeler yaratmaktadır. Dağınık ışınım, atmosfer yoğunluğundan etkilenen ve gölge yaratmayan ışınlardır. Bu iki ışınım toplu ışınım adı verilmektedir.

Güneşin direk ışınımının açısı, “ θ ” ile gösterilmekte ve bölgenin coğrafyasının eni, yılın gün sayısı, günün saati, yüzeyin eğimi ve güney yüzeye olan dik açısı gibi faktörler belirlenmektedir.

Çevrenin sıcaklığı: Ortam sıcaklığını belirlemenin en yaygın yollarından biri, günlük sıcaklığın maksimum ve minimum değerinin aylık ortalamasının bir konumda kullanılmasıdır. Bir bölge için bu ortalama değerler, yıllar içinde istatistiksel olarak elde edilmiştir [87] ve [89].

4.9.1.2 Geleneksel Badgirde (rüzgar kulesi) Hava Hızının Dağıtımı

Yapıya giren hava yoğunluğunun akımını ve aynı zamanda Badgir (rüzgar kulesi)deki ısı iletim katsayısını belirlemek için, Badgirin (rüzgar kulesi) içindeki çeşitli noktalardaki rüzgarın hızı ve yönü bilinmektedir. Buradan yola çıkarak ilk başta havanın sürüklenme potansiyelini elde edip, sonra hava basıncının düşüşü hesaplanmalıdır. Süreklilik kanunuyla bu iki değer çeşitli noktalardaki hızı elde edilebilmektedir [86] ve [87].

Badgir (rüzgar kulesi) boyunca hava sürüklenmesinin potansiyeli, giriş ve çıkış (kapı, pencere) ağızları arasındaki basınç farkından elde edilmektedir [90].

Yapının veya evin açıklıklarındaki (kapı, pencere) rüzgarın basınç katsayıları, duvarlardan veya evin çevresinde bulunan fiziki elemanlardan oluşan rüzgar gölgesinin etkisine bağlıdır, örneğin duvarların ağızlardan olan mesafesi, duvarların 8 katı olduğunda, rüzgar gölgesinin etkisi yok kabul edilebilir, bu yüzden rüzgar basınç katsayısının değeri duvarların Badgir (rüzgar kulesi) ağızına olan mesafesine, çevredeki yapılara, ağaç ve diğer öğelerle doğru orantılıdır [91]. Bu yüzden, tasarımcılar Badgir (rüzgar kulesi) tasarımında, katsayılarına dikkat ederek rüzgar gölgesi yaratmakta ve Badgirin (rüzgar kulesi) girişi ağızlarındaki rüzgar basıncının katsayısı değerini yeterince düşürerek, tüm değerleri eksi (-) olarak kabul etmektedirler.

4.9.2 Yeni Badgirlerin (rüzgar kulesi) Performansının Analitik Analizi

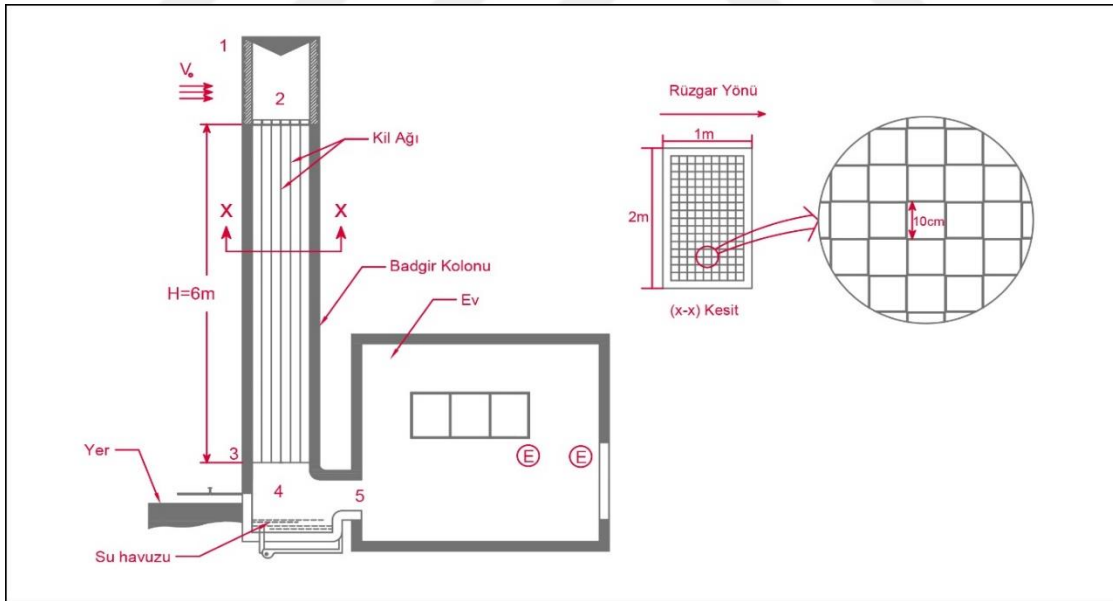
Bu bölümde, yeni Badgir (rüzgar kulesi) modelinin, geleneksel Badgirlere (rüzgar kulesi) göre olan sorunların kaldırıldığı anlatılmaktadır. Bu sisteme göre, yeni Badgirler (rüzgar

kulesi) iki tipe ayrılmaktadır: birincisi Badgirde (rüzgar kulesi) kolonun ıslanması ve ikincisi de Badgirde (rüzgar kulesi) yüzey ıslanmasıdır.

4.9.2.1 Badgirde (rüzgar kulesi) Kolonun ıslanma İşlevinin İncelenmesi

Yeni Badgirlerde (rüzgar kulesi), geleneksel Badgirlerde (rüzgar kulesi) bulunan sorunların çoğu giderilebilmektedir. Yeni Badgir (rüzgar kulesi) tasarımlarında önemli olan faktörler, Badgire (rüzgar kulesi) giriş yapan havanın ağızlarında değişiklik yapılması ve Badgir (rüzgar kulesi) kolonuna ek yüzeyler (kil veya kalın perdeler) eklenmesidir.

Bu yüzeyler ıslatılarak havanın daha fazla soğumasını ve daha kaliteli havanın yapının içine girmesini sağlamaktadır [92] ve [93]. Şekil 5.2 'de, kolonları ıslatılmış bir Badgirin (rüzgar kulesi) kesiti gösterilmektedir [92], bu Badgirde (rüzgar kulesi), ıslatılmış kolonda kilden yapılmış olukların boyutu 10x10 cm ve kalınlığı 10 mm olarak kabul edilmiştir. Bu oluklar birbirini üzerine monte edilmiş bir kolon oluşturmaktadır, bu kolonu ıslatmak için Badgirin (rüzgar kulesi) üst kısmından su serpilmektedir. Bu şekilde, yüzeylerden geçiş yapan sıcaklık, yoğunluk (suyun buharlaşması) oldukça yükselmektedir.



Şekil 4.17 Islak kolonlu tip Badgirlerden (rüzgar kulesi) bir kesit [66]

Yeni Badgirler (rüzgar kulesi), geleneksel Badgirlerle (rüzgar kulesi) karşılaştırıldığında, çeşitli değişiklikler göstermektedir.

Badgirin (rüzgar kulesi) tepesi (başı): gün boyu rüzgarın çeşitli yönlerden esen rüzgarlara göre, çeşitli yönlerde çeşitli ağızlar oluşmaktadır. Badgirin (rüzgar kulesi) arka veya paralel olan ağızların, çıkışların, arka ağız ve yapı açıklıklarında, hava çıkışını engellemek için damper veya tek yönlü perdeler kullanılmaktadır. Damperler veya perdeler, basınç katsayısı rüzgar basınç katsayısı pozitif (+) olan ağızlarda, açık ve basınç katsayısı rüzgar basınç katsayısı eksi (-) olan ağızlarda, kapalı olmalıdır, bu şekilde havanın Badgirden (rüzgar kulesi) çıkışı engellenmektedir. Basıncın düşmemesi için, mümkün olduğu kadar perdelerin ve damperlerin hafif malzemelerden yapılması gerekmektedir. Bu model Badgirlerde (rüzgar kulesi), havanın sürekli aşağıya doğru hareketinden dolayı, geleneksel Badgirin (rüzgar kulesi) ortasındaki bölümü kaldırılmaktadır.

Isı iletim yüzeylerinin çoğaltması: bu tür Badgirlerde (rüzgar kulesi), havanın serinlemesi, buharlaşma etkisiyle gerçekleşmektedir. Badgirde (rüzgar kulesi) kullanılan su ve buharlaşma nedeniyle, duvarlardaki mevcut ısının, oldukça düşmekte olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, hava ısısının geçişi ve soğuk havanın malzemelerde birikmesini artmak için ısı iletim yüzeylerinin de artırılması gerekmektedir.

Buharlaşmanın etkisiyle havanın serinlemesi: kolonun yüksekliği boyunca (h) kilden yapılan ızgara örgü düzeni yer almaktadır. Badgirin (rüzgar kulesi) üst kısmında bulunan su fiskiyelerinin yardımıyla bu bölümler ıslatılmaktadır (şekil 4.17). Fisikiyelerden serpilen su, kolonun içindeki yüzeyleri aynı miktarda ve oranda ıslatmaktadır. ıslatılma işleminden kalan fazla su Badgirin (rüzgar kulesi) alt kotlarına akıp, alt kotta bulunan su havuzuna dökülmektedir ve havuzda biriken su pompa yardımıyla Badgirin (rüzgar kulesi) üst kısmına taşınıp, tekrar bu yüzeyleri ıslatılmak için kullanılmaktadır. Bu ıslak yüzeyler yardımıyla, Badgirlerin (rüzgar kulesi) alt kotunda, geleneksel Badgirlere (rüzgar kulesi) göre, çok daha düşük ısı elde edilmektedir.

Badgir (rüzgar kulesi) ayağı boyunca, su havada buharlaşıp, hava yoğunluğu artmaktadır. Bu nedenle, Badgirde (rüzgar kulesi) bulunan havanın yoğunluğu, ortamın hava yoğunluğuna göre farklı olmaktadır. Bu farktan dolayı, Badgirin (rüzgar kulesi) üst ve alt kotlarında basınç farkı ortaya çıkmaktadır. Bu tür Badgirlerde (rüzgar kulesi), hava ısısının düşmesinin yanı sıra, yüzey enerjisinin yardımıyla, istenilen konfor koşullarına, uygun hava oluşabilmektedir.

Bu işlemin yapılmasındaki amaç, hava sıcaklığı, nem oranı ve hava akımının değişikliklerini yapı içinde belirlemektir. Isı, nem oranı ve yapıya giren hava akımı aşağıdaki faktörlere bağlıdır [92] ve [93].

Ortamın hava şartlarının faktörleri: bu faktörleri teşkil eden, ortamın hava ısısının ölçümü, güneş ışınımı, gece ve gündüzün sıcaklık farkının maksimum düzeyi, nem oranı veya ortamın hava ıslaklığı, rüzgarın hızı ve yönü, hava basıncı ve genel havanın eşdeğer ısısıdır.

Geometrik ve mühendislik faktörleri: bu faktörleri teşkil eden Badgir (rüzgar kulesi) yüksekliği, Badgirin (rüzgar kulesi) üst bölümünde bulunan ağızların adedi, damperlerin türü (dairesele veya perde şekilde olan), damperlerin malzemesi ve işleyişi, kilden yapılan ızgara örgü düzenini oluşturan parçaların ölçüleri, et kalınlığı ve duvarlarının malzemesi ve bu ağa serpilerek suyun miktarıdır.

Süreklilik ve enerji denklemlerinin çözümünden, Badgirin (rüzgar kulesi) çeşitli noktalarında, hız dağıtımı ve ısı hesaplanabilmektedir. Geleneksel Badgirlerde (rüzgar kulesi), Badgirin (rüzgar kulesi) ısı değişiklikleri için, Badgirdeki (rüzgar kulesi) hava hızınının bilinmesi gerekmektedir. Badgir (rüzgar kulesi) içindeki havanın hızı, fazlasıyla, kilden yapılan ızgara örgü düzeninin ısı ve kolondaki havanın rutubet oranına bağlıdır. Bu yüzden, bu denklemlerin çözülmesi için, deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır. Badgirin (rüzgar kulesi) orta kotunda bulunan ısının bulunması için, önce tahmin edip, sonra hız değeri bulunmaktadır. Bu noktanın sıcaklığı, elde edilen hava hızı ve çözülen enerji denklemleriyle, elde edilmekte ve önceden tahmin edilen değeriyle karşılaştırılmalıdır. Bu fark, kabul edilen değerden az ise, sonuç doğru kabul edilmektedir, aksi takdirde, yapılan işlemler tekrarlanmalıdır [86] ve [92].

4.9.2.2 Islak Kolonlu Badgirde (rüzgar kulesi) Hava Hızının Dağıtımı

Yapıya giren hava yoğunluğunun akımını, aynı zamanda Badgirin (rüzgar kulesi) içinde bulunan kilden yapılan ağın ve perdelerin sıcaklık katsayısının değerini belirlemek için, havanın hızı, çeşitli noktalarda belirlenmelidir. Buradan yola çıkarak ilk başta havanın sürüklenme potansiyeli elde edilip, sonra hava basıncının düşüşü hesaplanmaktadır. Süreklilik kanunuyla bu iki değer için çeşitli noktalardaki hızı, elde edilmektedir.

Islak Kolonlu Badgirde (rüzgar kulesi) Havanın Sürüklenme Potansiyeli ve Basınç

Düşüşü: Bu bölümün, geleneksel Badgirlerle (rüzgar kulesi) olan tek farkı, rüzgarın bir ve ya iki ağızdan içeri girmesi, damperler veya tek yönlü perdelerin olması nedeniyle, ağızlardan çıkış yapamamasıdır. Bu yüzden, yapıya giren hava yoğunluğunun akımı bu Badgirlerde (rüzgar kulesi) geleneksel Badgirlere (rüzgar kulesi) göre daha fazla olması ön görülmektedir. Bu tür Badgirlerde (rüzgar kulesi), kolonun içindeki hava akımının belli olması nedeniyle (hep düşüşte), akım ağıının hesaplanmasına gerek kalmamaktadır. Toplam basınç düşüşü ve sürüklenme potansiyelinin çeşitli noktalarda eşit tutulmasından dolayı, Badgirde (rüzgar kulesi) bulunan giriş ağızlardaki hava hızı hesaplanabilmektedir [66]. Badgirin (rüzgar kulesi) farklı yüzeylerinin kotlarından ve süreklilik kanunundan, hız dağılımı bulunmaktadır.

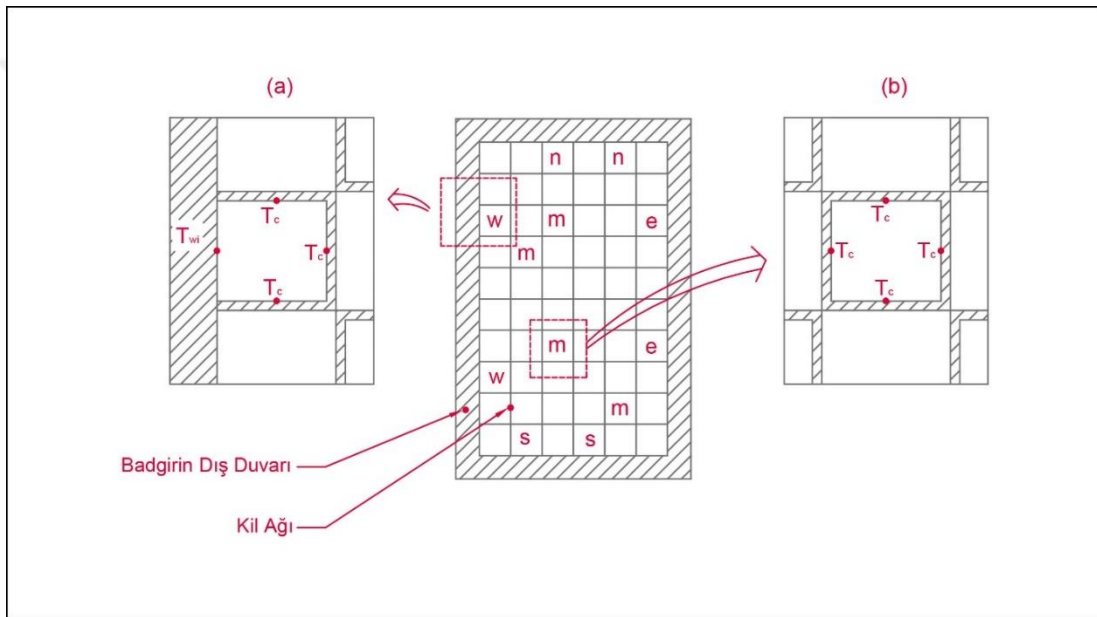
Örneğin, şekil 5.2'deki Badgirde (rüzgar kulesi), Badgirin (rüzgar kulesi) verimli yüksekliği 6 m, ve kolon kesitinin boyutları, 2x1 m olmaktadır. Rüzgarın hızı 5 m/s ve Badgir (rüzgar kulesi) e göre olan yönü sıfır olarak kabul edilmektedir. Kil ağı duvarının kalınlığı 10 mm ve düşey kanalları 10x10 cm dir. Havanın giriş yaptığı yükseklik 1.5m ve yapıya giriş ağıının boyutları, 2x0.6 m kabul edilmektedir. 1 ve 5 noktaları sırayla, Badgirin (rüzgar kulesi) giriş ağızlarının orta noktası, kilden olan bölümün başlangıç ve bitiş noktası, yön değiştiren noktası ve havanın binaya giriş noktasının orta eksenidir.

4.9.2.3 Islak Kolonlu Badgirde (rüzgar kulesi) Bulunan Havanın Isı ve Nem Oranının Belirlenmesi

Bu bölüm, ısının, havadaki nem oranının ve yapıdaki hava akımının belirlenmesini amaçlar. Hava, Badgirin (rüzgar kulesi) içinde bulunan kilden yapılan ağılar veya perdelerden geçip, kolon içine girmektedir. Badgirin (rüzgar kulesi) alt kotundaki hava ısısını bulmak için, kilden yapılan ağıların ısı, Badgirin (rüzgar kulesi) iç duvar yüzeyinin ısı ve havadaki nem oranının, Badgir (rüzgar kulesi) boyunca bilinmesi gerekmektedir. Duvarlardaki yüzeylerin ısı, güneşin ısınım miktarına, ısı enerji depolama ve soğutma miktarı, içteki hava hızı, havadaki nem oranı ve iç yüzeyler ve duvarlar arasındaki radyasyon değişimine bağlıdır. Badgirde (rüzgar kulesi) bulunan kolon, n eşit bölüme ayrılarak, her bölümde, ısı ağıının belirtilmesi ve enerji denklemi ile, havada ve duvarlardaki ısısının derecesi hesaplanmaktadır [92] ve [93].

Badgir (rüzgar kulesi) de bulunan dış duvarların yüzeylerinin ısı değişimi, yer yüzeyi ve gökle, ışınlım yoluyla, ve ortamdaki havayla yer değiştirme yoluyla yapılmaktadır. Gündüz, dış duvarlar, güneş ışınlımının depolanmasıyla ısınmaktadır. Isının yer değişimi, çevre kanallarında bulunan hava ile içdeki kanalların yüzeyinde, yer değiştirme yoluyla gerçekleşmektedir. Kilden yapılmış olan bölümün ıslanması ve buharlaşması sonucunda, hava serinlemektedir.

Enerji denklemlerini bulmak için, kilden olan ağın su ısısı, ağın yüzeyindeki ısıyla eşit varsayılmaktadır. Badgirdeki (rüzgar kulesi) kolonu n eşit bölüme ayırıp, duvarda bulunan çeşitli noktalarda ve belli bir zaman dilimindeki ısıya sabit bir değer verilmektedir.



Şekil 4.18 Badgirin (rüzgar kulesi) dış (kuzey ve güney) ve iç duvarlarının enine kesiti

[66]

Havadaki Nem Oranı: Havadaki nem miktarını bulmak için, kilden yapılan bölümün eşit bir şekilde ıslandığı varsayılmaktadır. Kanalların içinde gezilen hava akımı ve Badgirin (rüzgar kulesi) içinde bulunan su ve hava için, Luis (Lewis) denklemi kullanılmaktadır [94].

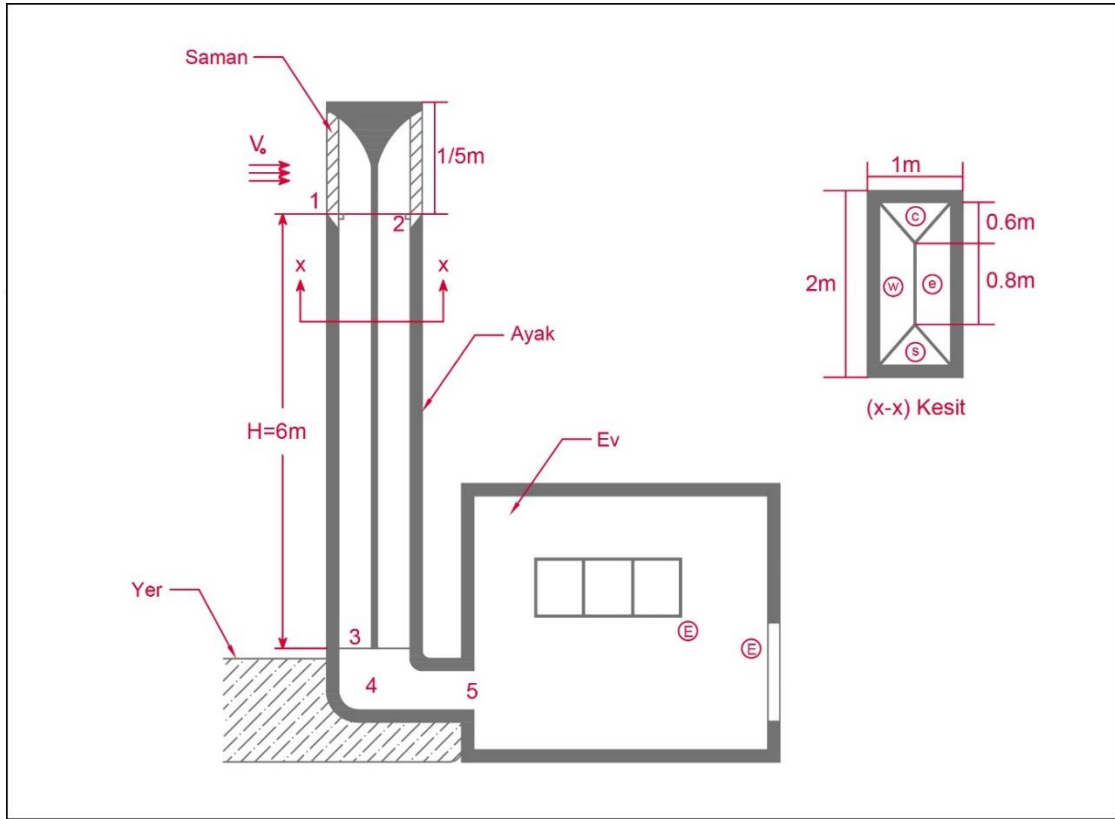
$$h_D = \frac{h}{C_{pm}}$$

Luis denkleminde, h ve h_D sırayla, ısı iletimi ve yoğunluğun katsayılarıdır. C_{pm} hava da

bulunan rutubetin özel ısısı $\left(\frac{J}{kg^{\circ}C}\right)$ dir.

4.9.2.4 Badgirde (rüzgar kulesi) Yüzeylerin Islanma İşlevinin İncelenmesi

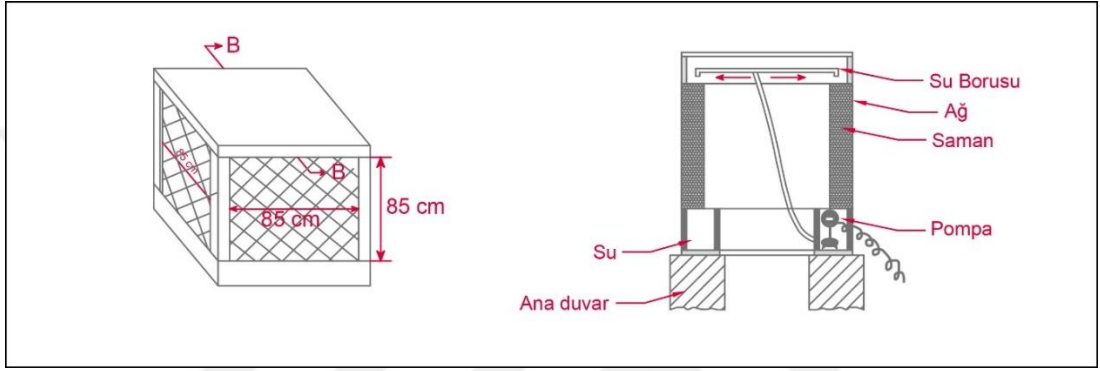
Bu tür Badgirlerde (rüzgar kulesi), Badgir (rüzgar kulesi) girişinin ağzında, saman yerleştirilip, su pompası ile ıslatılmaktadır. Saman aralarından geçen hava, buharlaşma yoluyla soğutulur ve ısı oranını fazlasıyla azaltır. Aşağıdaki kesitte detaylar yer almaktadır [86] ve [87].



Şekil 4.19 Islak yüzeyli tip Badgirlerden (rüzgar kulesi) bir kesit [66]

Hava ve samanlar arasındaki temasın fazla olması durumunda, samanların yüzeyinden oldukça fazla su buharlaşmaktadır, böylece hava hızının düşmesiyle, rutubette düşmektedir. Badgirin (rüzgar kulesi) kolundaki hava yoğunluğunun farkından dolayı, ortamdaki havanın ve ortaya çıkan yüzey enerjisi, aşağıya indiği zaman hava akımı Badgirin (rüzgar kulesi) iç kolunda ortaya çıkmaktadır. Badgir (rüzgar kulesi) kolununun üst kotunda oluşan yoğunluk farkından, Badgirin (rüzgar kulesi) tüm yüksekliği boyunca, yüzey enerjisini maksimum seviyeye çıkarmak için kullanmak anlamına gelmektedir. Böylece, hava hızının düşük olduğu noktalarda veya günün çoğu saatlerinde, ortamın havası sabit olduğu zamanlar, bu Badgirlerin (rüzgar kulesi) işlevi oldukça fazladır. Şekil 5.7'de bir örnek gösterilmektedir [96].

Samanların üzerindeki suyun buharlaşması, ısıyı oldukça fazla düşürmektedir. Böylece, Badgirin (rüzgar kulesi) içinde bulunan en düşük hava sıcaklığı, samanlardan hemen sonraki alanda bulunmaktadır. Bu hava sıcaklığı Badgirin (rüzgar kulesi) kolonundan aşağı inmesi sırasında artmaktadır. Badgirdeki (rüzgar kulesi) yükseklik ne kadar çok olursa, ısı artışı da o düzeyde artmaktadır. Diğer yandan, Badgir (rüzgar kulesi) yüksekliğinin artmasıyla, yüzen enerji artmaktadır. Böylece hava hızının düşük olduğu bölgelerde, Badgir (rüzgar kulesi) yüksekliği, bina içine giren hava yoğunluğu oranında önemli rol almaktadır.



Şekil 4.20 Islak Yüzeyle Bir Badgirin (rüzgar kulesi) Ağızı, (Samanlar bir su pompası ile ıslatılmaktadır) [66]

Hava akımının miktarı, samanların kalınlığı ve çeşiti, samanların ıslatılma miktarı, Badgirin (rüzgar kulesi) yüksekliği, kesitteki boyutları, hava akımına karşı olan mukavemetler (yön değiştiren kısımlar, samanlar ve havanın giriş ve çıkışlarındaki basınç düşüşü), ısı derecesi ve ortalama rutubete bağlıdır. Bu Badgirden (rüzgar kulesi) en yüksek havalanmayı elde etmek için, hava akımını engelleyen, mukavemeti en düşük seviyeye indirmek gerekmektedir. Böylece hava daha rahat, samanların içinden geçip Badgirin (rüzgar kulesi) içinde serbest dolaşabilmektedir. Bu nedenle, ıslak kolonlu Badgirlerde (rüzgar kulesi) bulunan damperler veya perdelerin, ıslak yüzeyle Badgirlerde (rüzgar kulesi) bir işlevi gözükmemektedir.

Rüzgarın esmediği zamanlar, Badgirin (rüzgar kulesi) tüm kanallarında hava akımı aşağıya doğru olmaktadır, rüzgar belli bir yönde estiğinde, rüzgarın giriş ağızlarındaki hava akımının miktarı artmaktadır. Bununla birlikte, rüzgara arka olan ağızların rüzgar basınç katsayısının negatif olması nedeniyle, hava bu ağızlar yoluyla çıkış

yapabilmektedir, ancak ince tek taraflı bir perde takılarak, havanın çıkışı engellenebilmektedir.

Bu Badgirin (rüzgar kulesi) incelenmesinin amacı, ısı miktarı, ortalama rutubet ve yapıya giren hava miktarını belirlemektir, bu sonuçlar çeşitli faktörlere bağlı olmaktadır. Bu faktörler iki gruba ayrılmaktadır.

Ortamın hava şartlarının faktörleri, ortamın ısı miktarı, güneş ışınımı, gündüz ve gecenin maksimum ısı farkı, ortalama rutubet veya havada bulunan nemin ısı, rüzgarın hızı ve yönü, hava basıncı ve gökyüzünün eşdeğer sıcaklığıdır.

Geometrik faktörler, Badgirin (rüzgar kulesi) yüksekliği, Badgir (rüzgar kulesi) kesitinin boyutları, Badgirde (rüzgar kulesi) bulunan giriş ağzlarının sayısı, samanların kalınlığı ve cinsi(çeşiti), samanların ıslanma oranı, hava akımına karşı olan mukavemetler (yön değiştiren kısımlar, samanlar ve havanın giriş ve çıkışlarındaki basınç düşüşü) dir.

Badgirdeki (rüzgar kulesi) sıcaklık değişimlerini belirlemek için Badgirdeki (rüzgar kulesi) hava hızını bilmek gerekmektedir. Badgirdeki (rüzgar kulesi) hava hızı, büyük ölçüde, samanların kalınlığına, türüne ve Badgir (rüzgar kulesi) duvarlarının sıcaklığına bağlıdır. Samanlarda basınç düşüşü ve Badgir (rüzgar kulesi) duvarlarının sıcaklığı da havanın hızına bağlıdır.

4.9.2.5 Islak Yüzeyle Badgirdeki (rüzgar kulesi) Havanın Dağılımı

Yapıya giren hava yoğunluğunun akımını ve aynı zamanda Badgir (rüzgar kulesi) kolonunda, ısı iletim katsayısının değerini (h) belirlemek için, Badgirin (rüzgar kulesi) içindeki çeşitli noktalarda, rüzgarın hızı ve yönü bilinmelidir. Buradan yola çıkarak ilk başta havanın sürüklenme potansiyelini elde edip, sonra hava basıncının düşüşü hesaplanmalıdır. Süreklilik kanunuyla bu iki değerlerin çeşitli noktalardaki hızı elde edilebilmektedir.

Islak Yüzeyle Badgirde (rüzgar kulesi) sürüklenme potansiyeli ve basınç düşüşü: Basınç düşüşü, Badgirin (rüzgar kulesi) giriş ağzlarında, Badgirin (rüzgar kulesi) tepesi ve kolonunun içinde, eğimli ve hava yönlendirici kollarda, menfezler veya havanın çıkış yaptığı pencerelerde gerçekleşmektedir. Basınç düşüşü, dinamik ve sürtünme olarak, iki

bölüme ayrılmaktadır. Islak yüzeyli Badgirlerde (rüzgar kulesi), samanlardaki basınç düşüşü, yukarıda bahsedilen basınca ilave edilmektedir.

Badgirde (rüzgar kulesi) havanın sürüklenme potansiyeli, Badgirden (rüzgar kulesi) yapının içine giriş yapan ve yapının kapı ve pencerelerinden çıkış yapan havanın basınç farkından ve aynı zamanda Badgir (rüzgar kulesi) kolonunun içindeki ve ortamda bulunan hava arasındaki yoğunluk farkından elde edilmektedir [66].

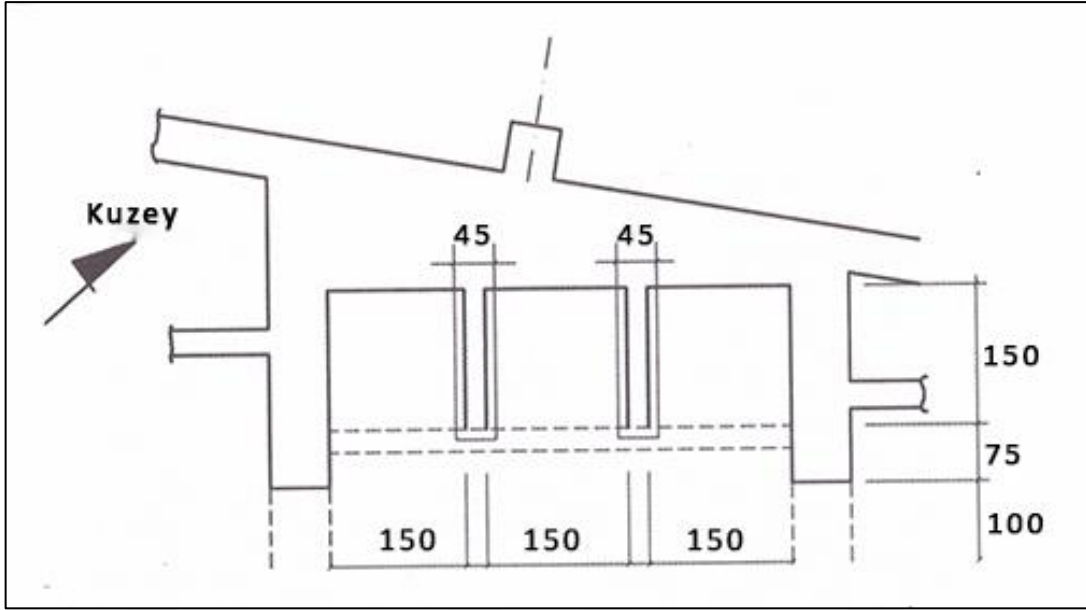
4.9.2.6 Islak Yüzeyli Badgirin (rüzgar kulesi) İçinde Bulunan Hava Isısının Değişiklikleri

Bu bölümün araştırma amacı, yapı içine giren havanın ısını belirlemektir. Islak kolonlu Badgir (rüzgar kulesi) ile geleneksel Badgirin (rüzgar kulesi) yapı özellikleri arasında olan benzerlik nedeniyle, Badgir (rüzgar kulesi) kolonunun içindeki hava ısının değişiklikleride benzerlik göstermektedir. Bu bölümde ısı değişiklikleri ve samanlardan geçtikten sonraki havanın nem oranı incelenmektedir.

Nemli Samanlar Arasından Geçen Kuru Havanın Isı Düşüşü: Entalpi (Toplu ısı) ve nem ısı, samanlar arasından geçiş yaptığı sırada, yaklaşık sabit kalmaktadır. Suyun buharlaşmasından, kuru havanın ısı düşmektedir. Bu düşüşün değeri, samanların kalınlığı ve çeşitine, samanlar arasındaki hava hızı ve dış havanın nem oranına bağlıdır [97].

4.10 Yazd Üniversitesinde Badgirin (rüzgar kulesi), Tasarım, yapım ve deneme sonuçları

Yazd üniversitesinde, yapılan bir caminin, minareleri badgir işlevini görmek üzere tasarlanmış ve 2004 yılında tamamlanmıştır. Badgirler (rüzgar kulesi), birbirine bitişik üç farklı yöntem ile (geneleksel, kolon ıslatılma, yüzey ıslatılma) yapılmıştır.

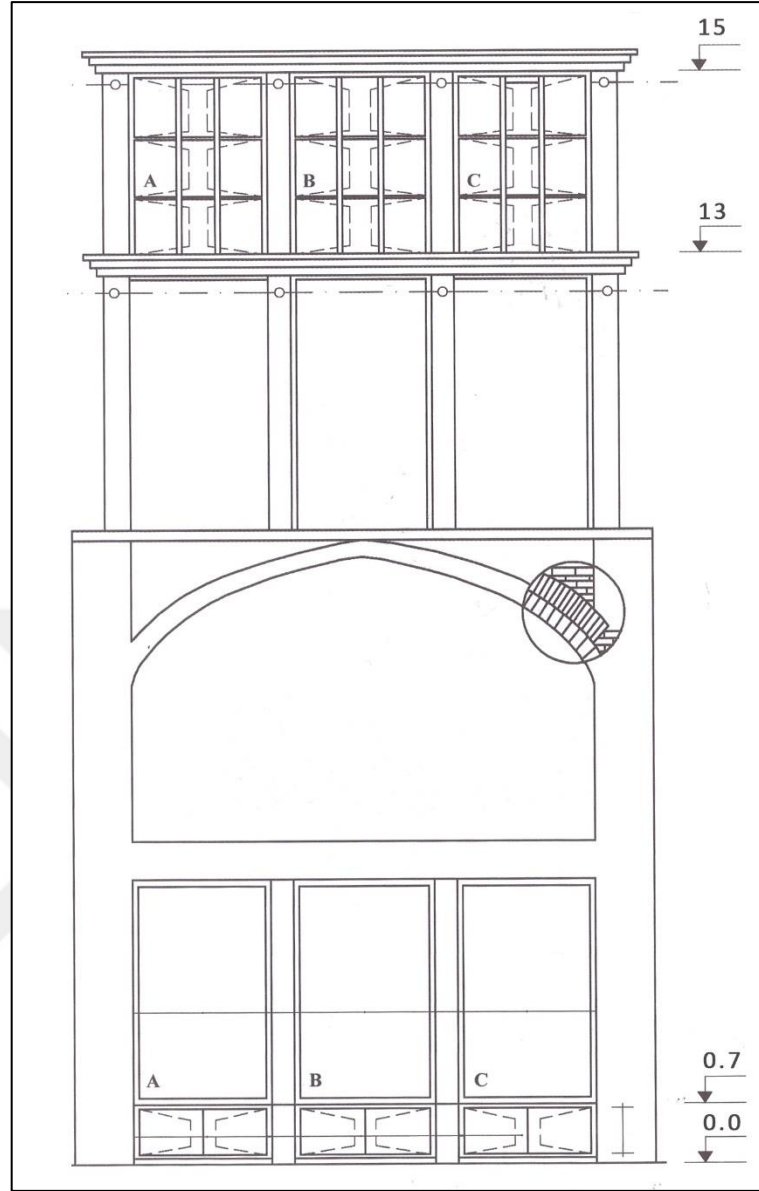


Şekil 4.21 Badgirlerin altındaki zemin kat planı (Boyutlar santimetredir) [66]

Kolon ıslatma yöntemi : Bu yöntem ile yapılan badgirde (rüzgar külesi), eni 1.5 metre ve boyu 10 metre olan, keten perdeler kullanılmaktadır. Bu perdeler arasındaki mesafe 10 cm dir ve üst kottan alt koda kadar borular ile gerilmektedirler. Su pompası ile su alt kottaki havuzdan, yukarıya taşınıp, boruların içine girmektedir. Bu borularda bulunan delikler sayesinde ketenden yapılan perdeler ıslatılmaktadır.

Yüzey ıslatma yöntemi (saman ıslatma): bu yöntemde, sıkıştırılmış samanlar (klimalarda kullanılan saman levhalar) kullanılmaktadır. Badgirin giriş ağzları, bu levhalarla kaplanıp, ıslatılmaktadır. Artan su bacanın alt kısmında birikip, tekrar ıslatılma işleminde kullanılmaktadır.

Bu badgirlerin (rüzgar külesi), boyutları ve konumu tamamen aynı koşulları içermektedir. Bu nedenle geleneksel, kolon ıslatılma ve yüzey ıslatılma yöntemlerinden, elde edilen deneme sonuçları daha doğru olmaktadır.



Şekil 4.22 Badgirin Boyuna Kesit (Boyutlar metredir) [66]

Havanın giriş ve çıkış ağzlarında, ince perdeler yerleştirilmiştir. Bu perdeler rüzgarın estiği yönde açık ve çıkış yaptığı yönde kapanmaktadır. Böylece, basıncın (-) olan ağzılardan havanın çıkışı engellenmektedir. Yüzey ıslatılma yönteminde ise (saman ıslatılma) söz konusu perdeler kullanılmamaktadır.

Badgirin (rüzgar kulesi) ısısal işlevini belirlemek için yapılan bu denemeler 14 ağustos 2004 ile 23 ağustos 2004 tarihler arasında yapılmıştır.

Havadaki ısı, ortalama nem ve havanın hızı ve yönü saat başı, tamamen açık bir alanda, badgirden (rüzgar kulesi) 100 metre uzakta, yerden 1.5 m yükseklikte, ölçülmektedir.

Badgirin (rüzgar kulesi) giriş ve çıkış ağızları dört eşit bölüme ayrılmıştır. Havanın hızı bu bölümlerin merkezinde hesaplanıp, ortalaması bulunmuştur.

Perdelerin ve samanların ıslatılması, tüm bu zaman diliminde eşit oranla ve sürekli yapılmıştır. Badgirlerin (rüzgar kulesi) bacasında ki iç duvarlar, seramik ile kaplanıp, su ve nemin duvarlar arasındaki geçişi engellenmiştir. Geleneksel yöntem ile yapılan badgirin diğer iki badgirin (rüzgar kulesi) ortasında bulunması ve ısı yalıtımının olmamasından dolayı, elde edilen sonuç gereken değerden daha düşüktür.

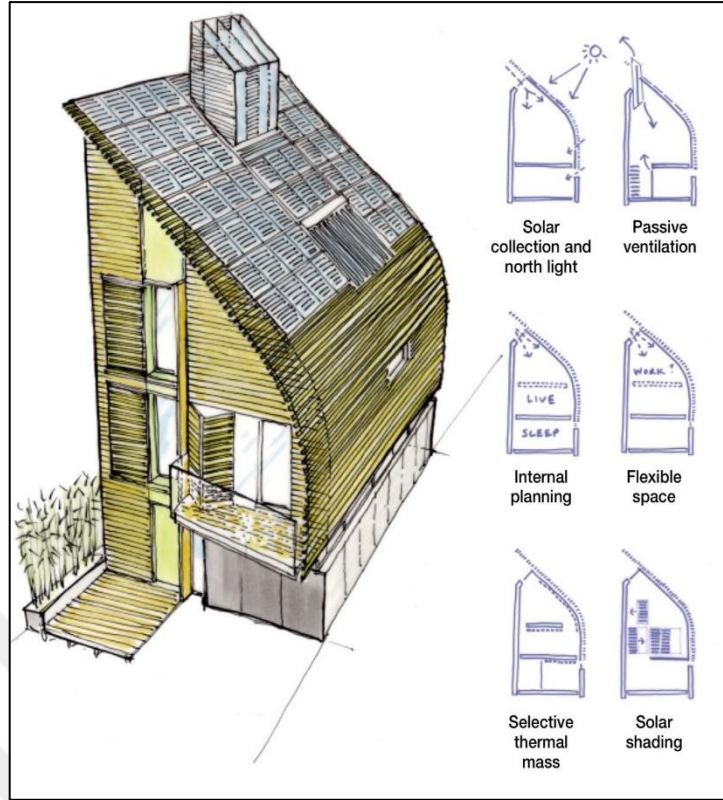
4.11 Konut Yapılarında Farklı Coğrafyalardaki Badgirlerin (Rüzgar Bacası) Güncel Uygulamalarından Örnekler

“Lighthouse Zero Energy” projesi

“Lighthouse Zero Energy” projesi 2016 yılından itibaren İngiltere’de yürürlüğe giren stratejik plan kapsamında, sıfır enerji kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine bağlı tasarımların hayata geçirilmesi bağlamında yapılan bir prototiptir.

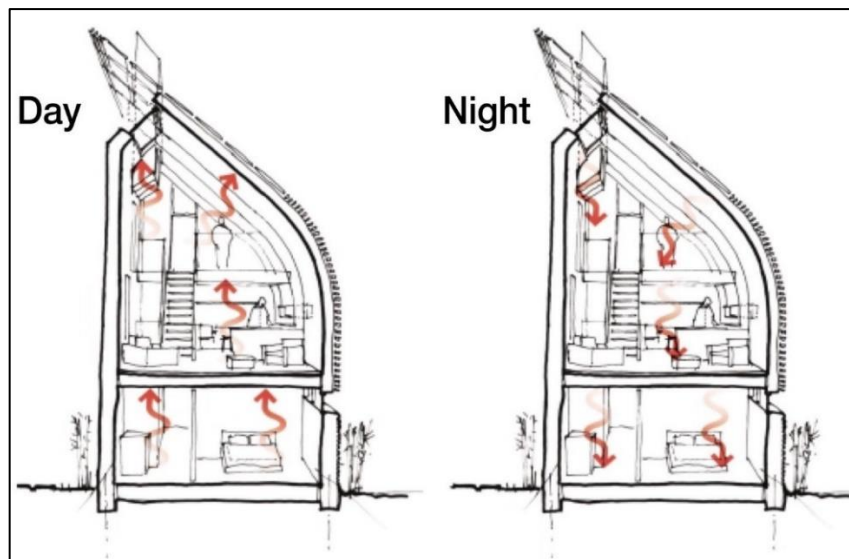


Şekil 4.23 “Lighthouse Zero Energy” binasının çoğaltma şeması [105]



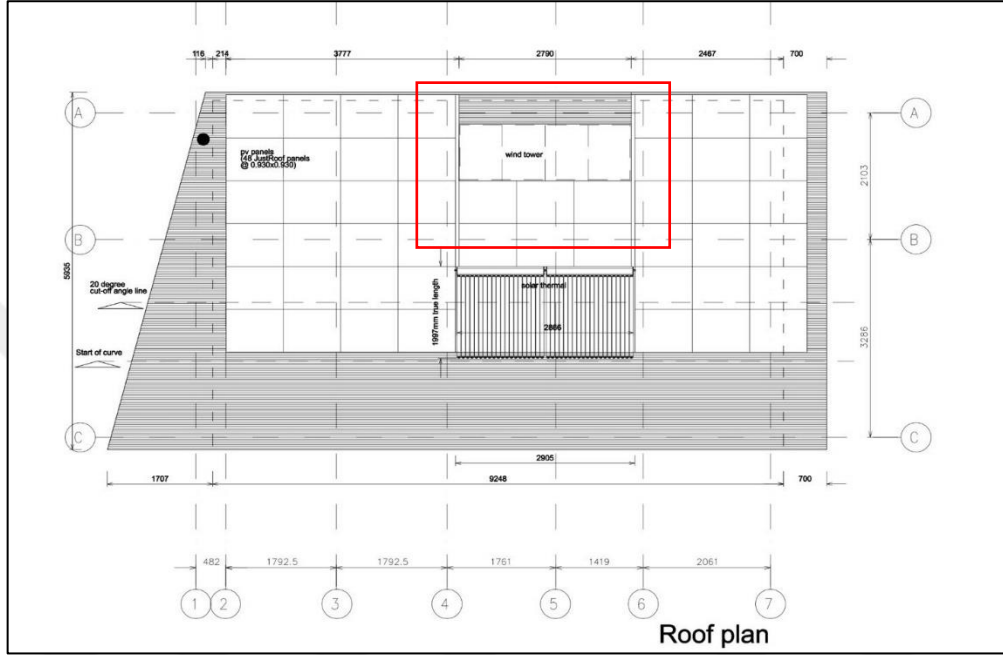
Şekil 4.24 Badgirin (rüzgar kulesi) çalışma şeması [105]

Bu proje geneleksel badgir yöntemiyle yapılmıştır. Havadaki nem oranı yeterli olduğundan ağızlarda ve şaft içinde ıslatılma işlemi kullanılmamıştır. Badgir (rüzgar kulesi) gece ve gündüz arasındaki sıcaklık ve basınç farkından yararlanarak binayı havalandırmaktadır.

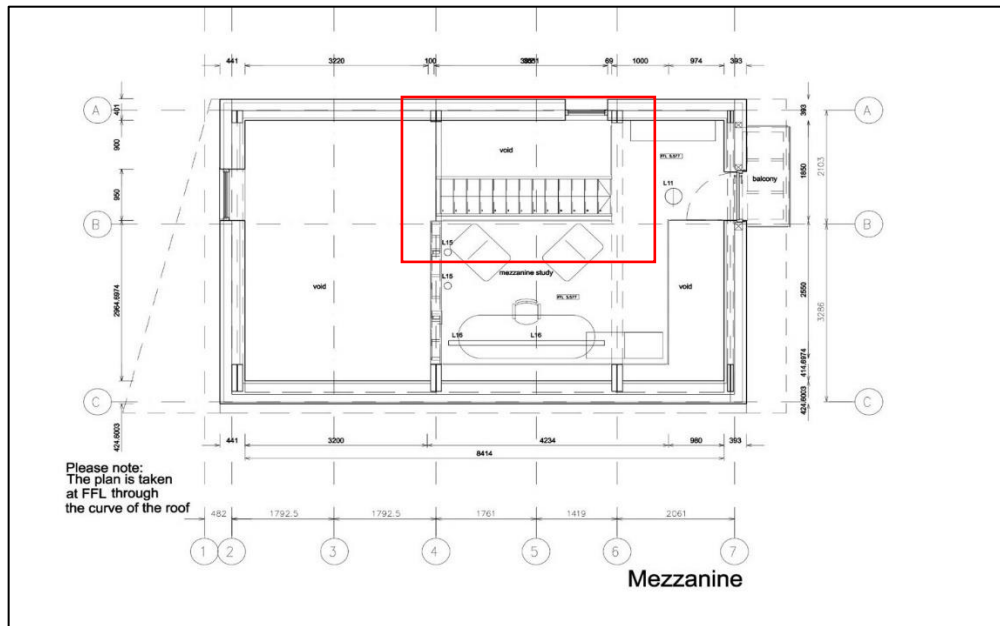


Şekil 4.25 Gece gündüz havalandırma işleyişi [105]

Badgir (rüzgar kulesi), merdiven boşluğunun üst kısmında konumlanmıştır. Badgir (rüzgar kulesi) dan gelen havayı tüm katlarda dolaştırıp odaların içlerine kadar havalandırma ve serinletmektedir. Bu nedenle Planlama oldukça önemlidir. Badgirin (rüzgar kulesi) çatının üst kısmında yer alan bölümün sekirit camdan yapılmıştır. Böylece bu eleman aydınlatma görevinide görmektedir.

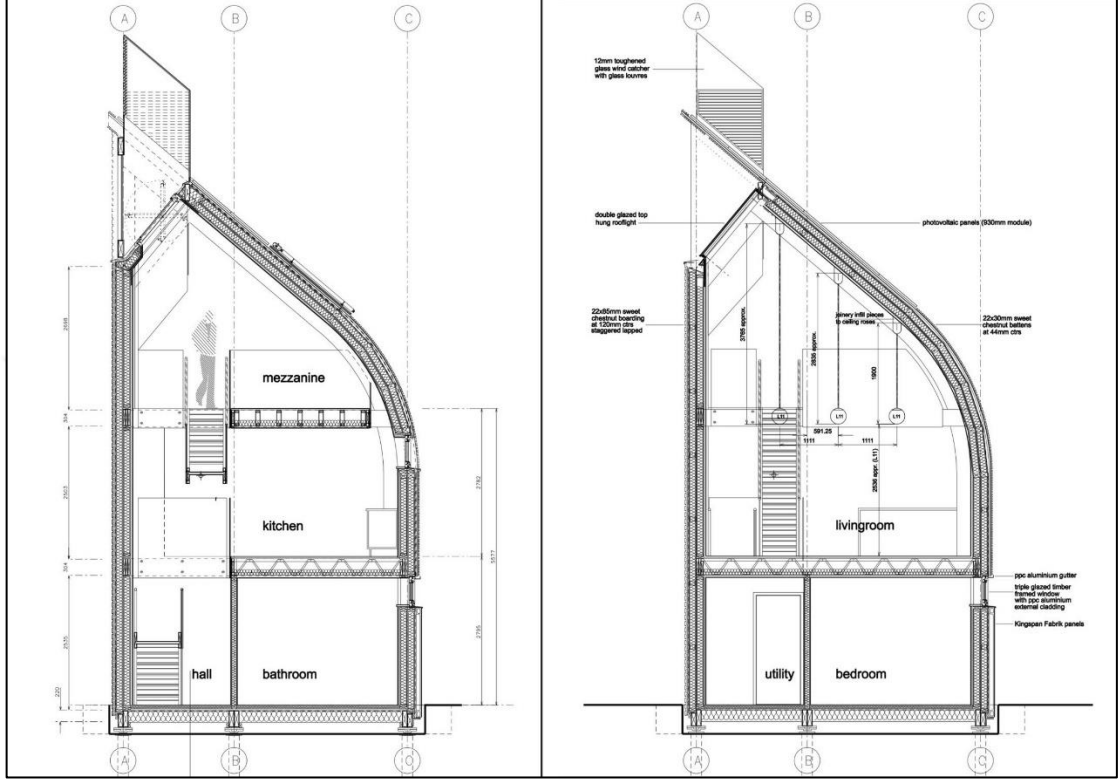


Şekil 4.26 Çatı planındaki badgirin konumu [105]



Şekil 4.27 Asma kat planı [105]

Yapı strüktürü geneleksel İngiliz çiftlik hangar formundan esinlenerek tasarlanmıştır. Bu bölgenin iklim koşulları nedeniyle çatı formu eğimli ve 40° açı ile yapılmıştır. Yağmur suyundan toplanan su, geri dönüştürülerek kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanmak için çatı üzerinde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 4.28 "Lighthouse Zero Energy" binasından kesitler [105]

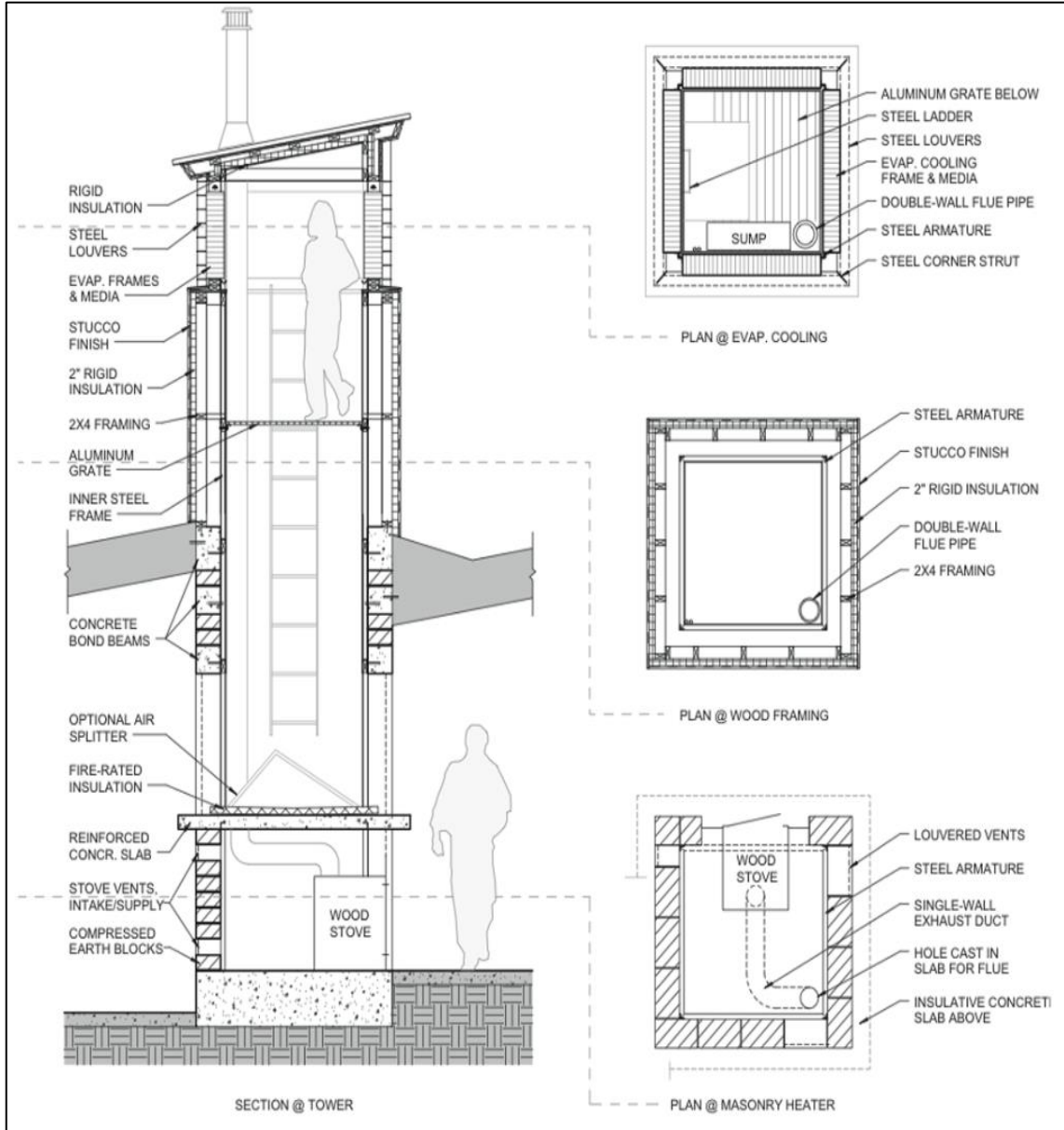
"Windcatcher House" Binası

Güney doğu Utah Eyaletinde tasarlanan "windcatcher House" 2010 yılında Colorado Üniversitesi öğrencileri tarafından çölün ağır iklim koşullarını aşmak amacı ile bir konut projesi olarak hayata geçirilmiştir. Projede doğal çevre koşullarını dikkate alarak çevre ile uyumlu bir tasarım yapılmasına özen gösterilmiştir. Bu doğrultuda çölde hakim rüzgarı kullanarak, badgir (rüzgar kulesi) yapının merkezinde, binanın kalbi olarak tasarlanmıştır.

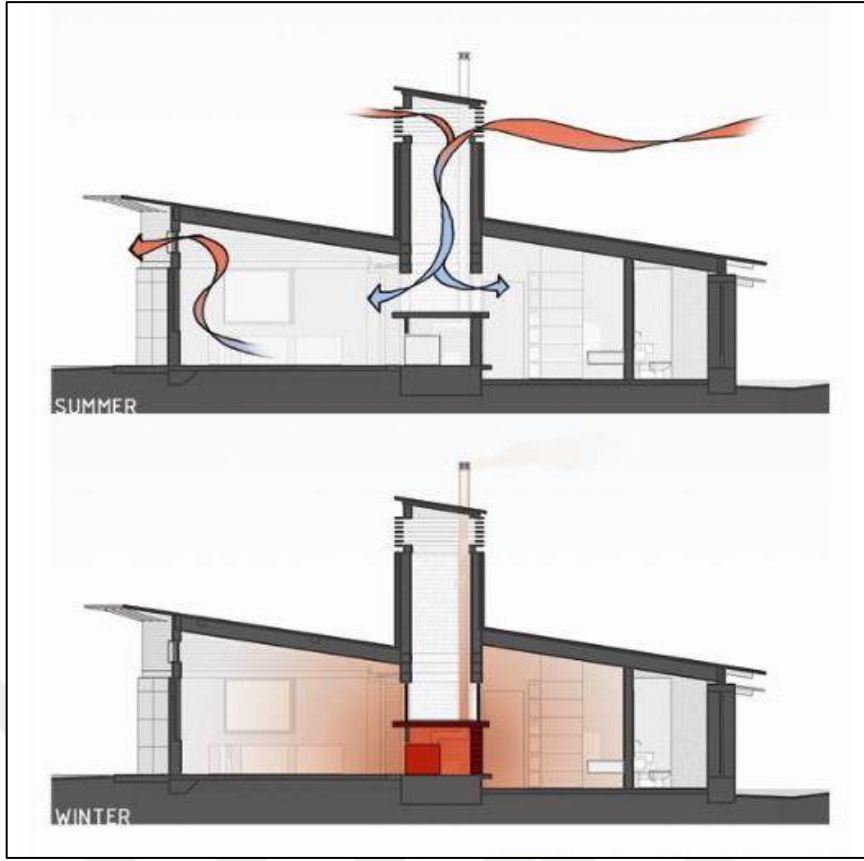
Badgirin (rüzgar kulesi) alt kotunda kışın ısınmak amacıyla tasarlanmış bir şömine mevcuttur.

Bu binadaki badgir (rüzgar kulesi) dört yönlü badgir tipi olarak tasarlanmış ve rüzgarın esiş yönüne göre konumlanmıştır. Bu bölgede tozlu rüzgar esmekte olduğu için badgir

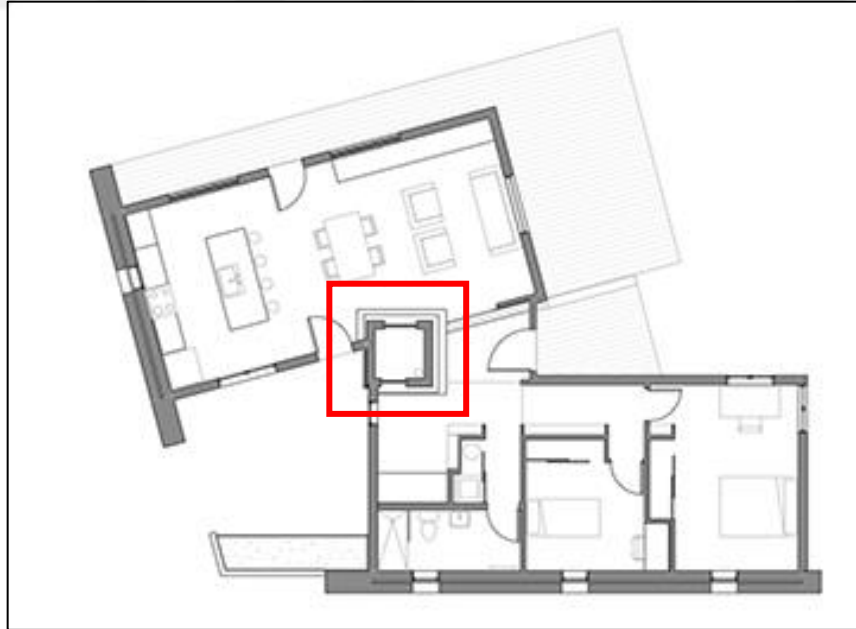
yükseklği hesaplanıp yapılmıştır. Ayrıca bu bölgede sıcak_kuru iklim koşulları hakim olduğundan yüzey ıslatılma yöntemi tercih edilmiştir. Giriş ağzlarında menfezli pedler yerleştirip, pompa yardımı ile ıslatılmaktadır. böylece rüzgar estiğinde serin hava badgirin (rüzgar kulesi) içten baca boyunca açılan ağzlarından mekanlara girmektedir.



Şekil 4.29 “Windcatcher House” Badgirin kesit ve plan sistem detayları [106]



Şekil 4.30 Yazın ve kışın çalışma şeması [106]



Şekil 4.31 "Windcatcher House" evinin planı ve badgir (rüzgar kulesi) konumu [106]



Şekil 4.32 “Windcatcher House” ile ilgili görseller [107]

SONUÇ VE ÖNERİLER

Mimari tasarımda sürdürülebilir yaşamı sağlayabilmemiz için doğal koşullara uyumlu ilave yükler gerektirmeyen çözümlerin üretilmesi oldukça önemlidir. Pasif iklimlendirme sistemleri arasında yer alan “Doğal Havalandırma”, mekanik sistemlere gereksinimi en en aza indirgeyerek, enerji tasarrufu sağlanmasında önemli bir etkidir.

Farklı coğrafyalardaki yapı kültürü iklim koşulları ve bölgelerin sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel yapısına bağlı olarak değişik gösterebilmektedir. Bu bağlamda doğal havalandırmaya yönelik çözümler yüzyılların birikimi üzerine inşa edilmiş çözümler ve mimari mirasın somut karşılıkları günümüzdeki yapı üretimi içinde bu alana yönelik sorunlar için yol gösterici çözümler sunabilmektedir.

Ortadoğu coğrafyası mimari mirası içinde önemli bir yere sahip geleneksel konutların önemli bir ögesi olan “Badgirler” (rüzgar kulesi) bulunduğu yerin iklimsel koşullarında doğal havalandırmaya yönelik akılcı çözümler ortaya koyabilmektedir. Badgir (rüzgar kulesi) yüzyıllardır binalarda doğal bir havalandırma oluşturmak için kullanılan “İran Mimari’nin” geleneksel bir unsurudur. Geleneksel Badgirler (rüzgar kulesi) günümüzde elektriksiz havalandırma sistemleri ve doğal klimalar olarak kullanımlarını devam ettirmektedir. Çalışma konusu olarak seçilen “İran Badgirleri” (rüzgar kulesi) sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde uygun bir iç hava kalitesini sağlamakta ve iklimlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Sıcak-kuru iklimlerde Badgirlerin (rüzgar kulesi) işlevi hava neminden dolayı sıcak-nemli iklimlerin Badgirlerinden (rüzgar kulesi) farklıdır.

Dolayısıyla Badgirler (rüzgar kulesi) ait olduğu bölgenin kendine özgü koşullarının değerlendirilmesi sonucunda uygun çözümlere deneyimleyerek ulaşılmıştır .

Sonuç olarak Ortadoğu coğrafyasının iklime duyarlı çözümler sunan Badgirleri (rüzgar kulesi), sıcak iklimlerde, pasif binaların tasarımında, tüketilen enerji miktarını azaltarak, yeni ve yenilikçi yaklaşımlar için bize yol gösterici önemli ipuçları sağlamaktadır. Badgirlerin (rüzgar kulesi) performansını değerlendirirken, karmaşık teknolojik çözümlerin yerine, geleneksel binalarda yapılan uygulamaları gündeme getirerek, diğer anlamda eski ve yeni teknolojinin ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca rüzgâr bacasının verimli çalışabilmesi için bölgenin iklimsel koşulları iyi değerlendirilmeli aksi takdirde sistemin verimli çalışması sağlanamayabilmektedir.

Geleneksel çözümlerin yol gösterici yönlerini referans alan tasarımcılar, buldukları coğrafyanın özelliklerine göre güncel çözümler sunabilmektedir. Örneğin “Charles Correa” Hindistan’ın sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel yapısına uygun, farklı kesimlere yönelik kullanıcılara çözümler sunan tasarımlar ve uygulamalar gerçekleştirmiştir. Benzer şekilde İran’da da geleneksel badgirlerde (rüzgar kulesi) esinlenerek yeni deneysel tasarımlar ve uygulamalar karşımıza çıkabilmektedir.

Yapılan incelemelerin sonucunda, yeni tasarlanan badgirler (rüzgar kulesi), havanın iklimlendirilmesi ve buharlaştırılması açısından, geleneksel Badgirlerle (rüzgar kulesi) karşılaştırıldığında daha olumlu çözümler sunabilmektedir. Yeni tasarlanan badgirlerde (rüzgar kulesi), kolon ıslatılma ve yüzey ıslatılma (saman kullanımı) badgirlerin (rüzgar kulesi) sıcak-kuru iklim bölgelerinde karşılaştırılmasında, saman kullanılması daha avantajlıdır. Yeni badgirlerde (rüzgar kulesi) perde kullanımında, badgirin (rüzgar kulesi) altında yer alan havuzda toplanan suyu perdenin üst kotuna göndermek ve tekrar kullanmak için nispeten güçlü bir su pompası gereksinimine dikkat edilmelidir. İnşaat maliyeti ise, bu planın uygulanmasının dezavantajı veya engellerinden biri olarak görülebilmektedir.

Belirtilen koşullara rağmen, bir rezervuarda samanların altında biriken fazla suyun toplanması ve suyu samanların üstüne yönlendirmek için küçük bir su pompasının (Evaporatif soğutucu pompası gibi) kullanılması nedeniyle, samanların kullanımı yeni badgirlerde (rüzgar kulesi) tavsiye edilmektedir.

Yeni badgirler (rüzgar kulesi), İran'ın sıcak ve kuru bölgelerinde çok düşük enerji tüketimi ile birlikte havanın evaporatif soğutmasını sağlamakta ve bu bağlamda evaporatif soğutucuların (su ile çalışan soğutucular) tipik bir örneğini oluşturmaktadır. Ancak badgirlerin (rüzgar kulesi) havalandırma ve soğutma kapasitesi evaporatif soğutuculardan daha azdır. Samanların badgirlerde (rüzgar kulesi) kullanılması ve bir evaporatif soğutucu ile karşılaştırılması durumunda, ilk yatırım ve elektrik maliyetlerini dikkate almak gerekmektedir. Badgirde (rüzgar kulesi) gereken su pompasının enerji tüketimi, saman kullanımı ile, yel değirmenin enerji tüketiminden daha az ve evaporatif soğutucuların su pompasının enerji tüketimine eşittir.

Saman kullanılan badgirlerin (rüzgar kulesi) maliyetini azaltmak için, kitlesel tüketimde, evaporatif soğutucular gibi, fabrikada farklı boyutlarda üretilebilir olması önemlidir. Badgir (rüzgar kulesi) kolonunun yapım maliyetini azaltmak için, evaporatif soğutucunun kanalı gibi, galvanizli demir plaka veya diğer plakalardan yararlanılabilir (Şekil 4.29).

Yüzey ıslatılma (saman kullanımı) yönteminde badgirlerin (rüzgar kulesi), ağızlarında gözenekli pedler kullanılabilmektedir (Şekil 4.29).

Güncel uygulamalarda gelenekselden farklı olarak yeni malzeme tercihleri de karşımıza çıkabilmektedir. Doğal havalandırmanın yaşamamızdaki yeri çok önemlidir. Günümüzdeki yeni yapılaşmalarda yapının bulunduğu bölgenin iklim koşulları çerçevesinde uygun çözümlere yönelik arayışlar kuşkusuz devam edecektir. Bu tezin en önemli amaçlarından biri, bu konunun (doğal havalandırma) öncelikle mimarlık üretim ortamı içinde farkındalık yaratması ve tasarımcılara yol gösterici olmasıdır. İnsanın biyolojik yapısı açısından son derece önemli olan doğal havalandırmanın başta yaşadığımız konutlar olmak üzere içinde yaşantı barındıran bir çok işlev açısından önemi gözardı edilmeyecek değerdir.

KAYNAKLAR

- [1] Enlil, Z., (2015). "Sanayi Kentinin Sorunlarına çözüm Arayışları Ders Notları", Y.T.Ü., İstanbul.
- [2] Bulgurcu, H., (2015). "Havalandırma yöntemleri Ders Notları", Balıkesir Üniversitesi., Balıkesir.
- [3] Avcı, O., (2014). "Çok Birimli Bir Binanın Doğal Havalandırma Davranışının Sayısal Analizi", YL. Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Tokuç, A. ve Yıldızber, E., (2009). "Enerji Etkin Konut Tasarımında Tesisat Bileşenleri İle Birlikte Kullanılabilecek Yapı Elemanların Araştırılması", Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5 (3): 31-42.
- [5] Alparslan, B., Gültekin, A. ve Belgin, Ç., (2009). " Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)", 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- [6] Gür, V., (2014). "Nefes Alan Yapı Kabukları, Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu", 3-4 Nisan 2014, İstanbul.
- [7] Engin, N., (2012). "Enerji Etkin Pasif İkileendirme: Doğal havalandırma", Teknik Mühendisliği Dergisi, 129: 62-70.
- [8] Durak, M. ve Say Özer, Y., (2008). "Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama", İmpress Matbaası, Ankara
- [9] Öztürk, H., Yılandı, A. ve Atalay, Ö., (2005). "Enerji Etkin Pasif İkilelendirme: Doğal havalandırma", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 89: 21-26.
- [10] Lechner, N., (2015). "Heating, Cooling, Lighting. Sustainable Design Methods for Architects", Forth Edition, John Wiley & Sons publication, New Jersey.
- [11] Tsai, C.H., (2002). "Natural Ventilation in the High Rise Buildings in Taipei", Dr. Tezi, Southern California Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, California.
- [12] Çakmanus, İ., (2005). "Doğal Havalandırma Sistemleri ve Seçim Kriterleri", <https://www.termodinamik.info/teknik/dogal-havalandirma-sistemleri-ve-secim-kriterleri>, 05, Mart, 2015.
- [13] Darçın, P., (2010). "Yapılarda Doğal Havalandırma ilkeleri ve Sürdürülebilirlik", Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, 4-5 Mart 2010, İstanbul.

- [14] Demir, N., (2011). "Yüksek Yapılar ve Sürdürülebilir Enerji", YL. Tezi, Y.T.Ü. Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Rofail, T., (2006). "Natural Ventilation in Buildings", NEERG Seminar, 31 Ağustos 2006, Australia.
- [16] Eroğlu, V., (2014). "Konutlarda Havalandırma Konusu Gözden Kaçıyor", Mimari Tasarımda İklimlendirme Konferansı, 22 Ekim 2014
- [17] Darçın, P., (2008). "Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri", YL. Tezi, Y.T.Ü. Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Marcus T.A. ve Morris E.N., (1980). "Climate and Energy", Pitman, Londra.
- [19] Demir, A., (1986). "Güneş Işınımından Korunmak ve Yararlanmak Amacıyla Mimaride Alınan Tedbirler Üzerine Bir Araştırma", MSÜ Yayınları, İstanbul.
- [20] Manioğlu, G. ve Koçlar Oral, G., (2010). "Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı", 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 15 -16 Nisan 2010, İzmir.
- [21] Oral, G., (2007). "Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Yapı Tasarımı", Tasarım Dergisi, 170: 110-114
- [22] Zorer, G., (1992), Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 264, Fakülte Yayın No: MF-MM 92.045, İstanbul.
- [23] Yeang, K., (2001). "1000 Yıllık Dönem için Tasarım", TTMD Dergisi, 14: 20-30
- [24] Aksit, F., (2005). "Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Bina ve Yerleşme Birimi Tasarımı", Tasarım Dergisi, 157: 124_126
- [25] Erkinay, P., (2012). "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinin Türkiye'de Binalarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme", YL. Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [26] Kılıç Demircan, V. ve Gültekin, A., (2015). "Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi", 28-30 Mayıs 2015, Ankara.
- [27] Şen, Ç., (2003). "Gökçeada'nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgar Enerjisi İle Karşılanması", YL. Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [28] Bekar, D., (2007). "Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi", YL. Tezi, Y.T.Ü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] Darçın, P., (2014). "Yenileyici (Rejeneratif) Tasarım Kapsamında Doğal Havalandırmaya Yönelik Bir Yaklaşım", Mimarlık Dergisi, 379: 69-72.
- [30] Ok, V., (2008). "Sağlıklı Kentler için Pasif İklimlendirme ve Bina Aerodinamiği", 8. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, İzmir.
- [31] Oral, G. ve Manioğlu, G., (2005). "İklimle Dengeli Tasarım: Mardin, Antakya Örnekleri", Tasarım Dergisi, 157: 136-142
- [32] Şerefhanoglu. S.M., (1981). "Yapılarda Isısal Konfor ve Cam Yüzeyler", DMMA Basımevi, İstanbul

- [33] Darçın, P. ve Balanlı, A., (2012). "Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler", Tesisat Mühendisliği, 128: 33-42
- [34] Santamouris, M., (1998). "Natural Ventilation in Buildings A Design Handbook. Design Guidelines and Technical Solutions for Natural Ventilation", James & James Science Publishers, London.
- [35] Akyel, D., (2007). "Mikroklimanın Yapı ve Çevresinin Tasarımına Etkileri", YL. Tezi, Y.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [36] Watson, D. ve Labs, K., (1993). "Climatic Building Design: Energy Efficient Building Principles and Practices", McGraw Hill, New York.
- [37] Özdeniz, M., (1979). "Yapma Çevre Tasarımında Rüzgar Etkeni", Çevre ve Mimarlık Bilimleri Derneği, 163-182.
- [38] Demirbilek, F.N. ve Yılmaz, Z., (1996). "İklimle Dengeli Mimarlık", Mimarlık Dergisi, 34(3): 36-38.
- [39] ASHRAE, (1997b). "Binalar Etrafında Hava Akısı", Genceli, O. (Çev), Tesisat Mühendisleri Derneği, Teknik Yayınlar: 2, İstanbul.
- [40] Yaşa, E., (2004). "Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma ve Soğutma Açısından Rüzgâr Etkisi ile Olusacak Hava Akımlarına Yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelenmesi", YL. Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [41] Roaf, S., Fuentes, M. ve Thomas, S., (2001). "Ecohouse: A Design Guide", Reed Educational and Professional Publishing Ltd, Oxford.
- [42] Yüksek, İ. ve Esin, T., (2011). "Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi", 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- [43] Kleiven, T., (2003). "Natural Ventilation in Buildings", Dr. Tezi, Norveç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] Walker, A., (2010). "Natural Ventilation Principles".
- [45] Ok, V., (2005). "Yapma Çevre Tasarımında Rüzgâr Etkileri", Tasarım Dergisi, 157: 70-74
- [46] The Environmental Building ,<http://projects.bre.co.uk/envbuild/>, 21 Mart 2015
- [47] Brown, G.Z. ve Dekay, M., (2001). "Sun, Wind, Light, -Architectural Design Strategies", John Wiley&Sons, Canada.
- [48] Atkinson, J. ve Diğer., (2009). "Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care settings" , WHO Publication, Geneva
- [49] İşman, Y., (2009). "Havalandırma Esasları İç Hava Kalitesi", Tesisat Market Dergisi, 124.
- [50] Çakmanus, İ., (2001). "Binalarda Pasif Soğutma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 21-34.

- [51] Kayhan, S., "İç Ortam Hava Kalitesi ve Havalandırma Kontrolü" Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, 37. Sayı <http://www.ttmd.org.tr/journal.aspx>
- [52] New Environmental Office, BRE, <https://fcbstudios.com/index.php?p=work/view/new-environmental-office-bre>, 21 Mart 2015.
- [53] Foster+Partners, <https://www.fosterandpartners.com/projects/lycee-albert-camus/>, 14 may 2018.
- [54] Pirhayati, M., Ainechi, Sh., Torkjazi, M. and 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.
- [55] Mahmoudi, M., (2007). "Wind Catchers: The symbol of Iranian architecture", Yazda Publication, Tehran.
- [56] Roaf, S., (1982). "Wind Catchers: Living With the Desert. In: Beazley", E. (Ed.), Air and Philips, England.
- [57] Linda, M.J., (2007). "Design In Hot Arid climate: A case of North Horr town, Kenya", A research Thesis, The University of Nairobi, Department of architecture and Building Science, Nairobi
- [58] Bahadori, M.N., (1985). "An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling. Solar Energy", 35(2): 30-41.
- [59] Ahmadkhani Maleki, B., (2011). "Wind catchers: Passive and Low Energy Cooling System in Iranian Vernacular Architecture", International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), 3(3):130-137.
- [60] Ali, C. ve Say Özer, Y., (2012). "Sıcak iklimlerde Bina İçi İklimlendirme İçin Geleneksel Bir Sistem: Rüzgar Kuleleri", X.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir
- [61] Dehnavi, M., Hossein Ghadiri, M., Mohammadi, H. ve Ghadiri, H., (2012). "Study of Wind Catchers Square Plan: Influence of Physical Parameters", International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 2:559-564.
- [62] Esmaili, S. ve Litkouhi, S., (2013). "Principles of Sustainable Architecture Extant in Heart of Desert Areas of Iran", International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning, 2(23): 103-112
- [63] Hossein Ghadiri, M., Nik İbrahim, N. ve Mohamed, M.F., (2013). "Performance Evaluation of Four-Sided Square Wind Catchers with Different Geometries by Numerical Method", Engineering Journal, 4(17): 9-17
- [64] Mahyari, A., (1997). "Wind Catchers", Doktora tezi, Sydney University, Sydney.
- [65] Mahdavi, H., (2010). "Fusion Of Contemporary Architecture With Historic Persian Elements", An explanatory document submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Architecture, Unitec New Zealand.

- [66] Bahadorinejad, M. ve Dehghani, A., (2012). "بادگیر شاهکار مهندسی ایران", Yazda Publication, Tehran.
- [67] Farahza, N. ve Khajehrezaei, İ., (2011). "Badgir (rüzgar kulesi), Earthen Resistant Structure" 2011 international conference on earthen architecture in asia, https://archive.org/stream/TerrAsia2011/8454_TerrAsia2011_Proceedings#page/n223/mode/2up
- [68] Hossein Ghadiri, M., N.İbrahim, N.L. ve Mohamed, M.F., (2014). "Applying Computational Fluid Dynamic to Evaluate the Performance of Four-Sided Rectangular Wind Catcher with Different Height", Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 7(3): 502-509.
- [69] Bolorchi, H. ve Eghtesadi, N., (2014) "Investigation of the Middle East Windcatchers and (Comparison between Windcatchers in Iran and Egypt in Terms of Components)", International Journal of Architecture and Urban Development, 4(1):87–94. http://ijaud.srbiau.ac.ir/article_2502_515.html.
- [70] Bahramzadeh, M., Sadeghi, B. ve Sabok Rou, S., (2013). "A Comparative Study to Compare the Wind Catcher Types in the Architecture of Islamic Countries", J. Basic. Appl. Sci. Res., 3(2)312-316.
- [71] Roaf, S., (1988). "The Wind Catcher of Yazd". Ph.D thesis, Department of Architecture, oxford.
- [72] Tavassoli, M., (1974). "Architecture of hot arid climate", Tehran University, Tehran.
- [73] Azami, A., (2005). "Badgir (rüzgar kulesi) in traditional Iranian architecture", International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Greece.
- [74] Olgyay, V., (1992). "Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism", John Wiley & Sons Inc.
- [75] Reichstag Stock Video Footage, <http://stock-clip.com/video-footage/reichstag/2>, 21, march, 2016.
- [76] Zare, L., Naghizadeh, M. ve Hariri, Sh., (1992). "The relationship between nature ve courtyard-Kashan City", City Identity, Hoviatshahr Journal, vol.12, Feb.2011, pp. 49-60.
- [77] Kasmaei, M., (2015). "اقلیم و معماری", seventh edition, nashre khak publication, Tehran.
- [78] Taleghani, M., Tolou Behboud, K. ve Heidari, SH., (2010). "Energy efficient architectural design strategies in hot-dry area of iran: kashan", Emirates Journal for Engineering Research, 15 (2):85-91.
- [79] Erçin, Ç., (2005). "Mimarlıkta iklim faktörü ve bu faktöre bağlı olarak konut alanlarında fiziksel yerleşme yoğunluğunun belirlenmesi için ilkeler", YL. Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa.
- [80] Ahmaikia, H., Moradi, A. ve Hojjati, M., (2012). "Performance analysis of wind cachers with water spray", International Journal of Green Energy ·

- [81] Mahmoudi Zarandi, M., (2015). "Comparative analysis on architectural characters of Iranian wind catchers in hot arid (case study: Yazd & Bandar Lengeh)", *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 2(8):17-22.
- [82] Mahmoudi Zarandi, M., (2009). "The Wind catcher as an Iranian Architectural Symbol", Yazda Publisher, Tehran.
- [83] Montazeri, H., (2011). "Experimental & numerical study on natural ventilation performance of various multi opening wind catchers", *Building & Environment*, 46(2):370-378.
- [84] Karakasanis, C., Bahadori, M.N. ve Vickery, B.J., (1984). "A Study Of The External Wind Pressure Distribution And The Estimation Of Internal Ventilation Flows In Buildings Employing Wind Towers", University of Western Ontario Research report BLWT.
- [85] Karakasanis, C., Bahadori, M.N. ve 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.
- [86] Pakzad, A.R., (1999). "تحلیل دو نوع بادگیر جدید برای شرایط اقلیمی ایران و مقایسه آن ها با "بادگیر های متداول", YL. Tezi, Sharif University of Technology, Tehran.
- [87] Bahadorinejad, M. ve Yaghubi, M., (2006). "تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان های "سنتی ایران", Daneshgahi publication, Tehran.
- [88] Duffie, J.A. and Beckman, W.A., (2006). "Solar Engineering of thermal Processes", Wiley, New York.
- [89] Bahadori, M.N. ve Chamberlain, M.S., (1986). "A simplification of weather data to evaluate daily and monthly energy needs of residential buildings", *Solar Energy*, 36(6): 499-507.
- [90] Vickery, B.J., (1981). "The Use Of Wind Tunnel In The Analysis Of Naturally Ventilated Structures", American Section Of The International Solar Energy Society, Miami Beach, Florida.
- [91] HVAC Engineers Handbook, (1994). Tenth edition, Butterworth Heinemann.
- [92] Bahadori, M.N., (1985). "An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling", *Solar Energy*, 35(2):119-129.
- [93] Bahadori, M.N., (1994). "Viability of Wind Towers in Achieving Summer Comfort in the Hot Arid Regions of the Middle East", 3rd World Renewable Energy Congress, United Kingdom, pp. 879- 892, Sept. 11-16.
- [94] ASHRAE Handbook, (1981). Fundamentals, American Society of Heating refrigerating and Air Conditioning Engineers, Georgia.
- [95] Stoecker, W.F. and Jones, H.E., (1982). "Refrigeration and Air Conditioning", Second Edition, Mc Graw-Hill.
- [96] Memari, Gh., (1991). "بررسی عملکرد و مقایسه دو طرح جدید بادگیر", YL. Tezi, Sharif University of Technology, Tehran.

- [97] Ghariblou, M., (1990). "محاسبه روابط تجربی برای یافتن افت فشار و افت دمای خشک در "فرایند کولرهای آبی", YL. Tezi, Sharif University of Technology, Tehran.
- [98] İşman, Y., (2009). "Havalandırma Esasları İç Hava Kalitesi", Tesisat Market Dergisi, 124.
- [99] Dikmen, M. ve Limoncu, S., (2016). "Yüksek Konut Yapılarında Cepheleer Aracılığıyla Sağlanan Doğal Havalandırmanın Örnekler Üzerinden İncelenmesi", Megaron, 11(4): 530-540
- [100] Ghobadian, V., (2014). "بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران", Tehran University publication, Tehran.
- [101] İran-iraniha, <http://iran-iraniha.com/Tourist/IShow.aspx?id=29>, 21, nisan, 2016.
- [102] The Other İran, <https://theotheriran.com/2014/03/01/yazd-one-of-the-oldest-cities-of-the-world/>, 21, nisan, 2016.
- [103] Jonoubpress, <http://www.ipnews.ir/27355/>, 21, nisan, 2016.
- [104] Tourism İran, <http://tourismiran.blog.ir/1392/07/19/Hormozgan%20-%20Maghooyeh%20Castle>, 21, nisan, 2016.
- [105] Level 6 Net-Zero Carbon House, www.solaripedia.com/files/428.pdf , 21, haziran, 2018.
- [106] Colorado Building Workshop, <http://www.coloradobuildingworkshop.com/windcatcherhouse.html>, 25, haziran, 2018.
- [107] DesignBuildBLUFF, http://www.designbuildbluff.org/index.php/project_page/work-2010-windcatcher/, 21, haziran, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : AILAR HABIBZADEH.
Doğum Tarihi ve Yeri : 16/09/1984 OROUMIYEH
Yabancı Dili : İngilizce, Farsca, Türkçe
E-posta : ailartiomimarlik@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lise	Matematik	Niayesh	2002