



Yüksek Konut Yapılarında Cepheler Aracılığıyla Sağlanan Doğal Havalandırmanın Örnekler Üzerinden İncelenmesi

Investigation On Natural Ventilation Provided Through Facades On High Rise Residential Buildings Over Examples

Merve DİKMEN, Sevgül LİMONCU

ÖZ

70'li yıllarda yaşanan enerji krizleri, insanoğlunun doğa üzerindeki birincil (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. Doğal havalandırma, farklı çevresel etmenlere göre yapıda uygulanacak yöntemlerle, enerji tasarrufu sağlanmasında önemli bir etkidir. Yapının temel işlevi; kullanıcının sağlıklı bir yapma çevrede yaşama gereksinimlerini karşılamaktır. Küresel ekonomi/enerji korunumu ve kullanıcı sağlığı bakımından önemli olan doğal havalandırma, yapının tasarım aşamasından başlayarak göz önünde bulundurulması gereken bir konudur. Teknolojinin ve enerji krizlerinin beraberinde getirdiği, mekanik sistemlerin yaygın kullanımı ve sızdırmaz yapı cepheleri, zamanla kullanıcı sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. Gelişen teknoloji ile beraber değişen yaşam koşulları konut birimlerinin ve tipolojisinin de değişmesinde etkili olmuştur. Literatürde karşılaşılan doğal havalandırılmalı yapıların çoğunun ofis yapısı olduğu görülmüştür. Konut yapılarında da mekanik sistemlere bağımlılığı azaltmak ve kullanıcı kontrolüne izin veren doğal havalandırma sistemleriyle kullanıcı konforunu sağlamak olanaklıdır. Bu nedenle bu çalışmada günümüzde kentlerde giderek çoğalan yüksek katlı konut yapılarında, doğal havalandırmanın gerekliliği ve cepheler aracılığıyla sağlanan doğal havalandırma çözümleri üzerinde durulmaktadır. Farklı iklim, çevre ve yapı özelliklerine sahip doğal havalandırılmalı yüksek konut yapısı örnekleri incelenmiştir. İklim ve çevre verileri doğru analiz edilerek, doğal havalandırma ilkelerinin tasarım aşamasında yapılara dahil edilmesiyle, birçok farklı durumda az enerji ile doğal havalandırma sağlamanın olanaklı olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Çok katlı konut yapıları; doğal havalandırma; doğal havalandırma elemanları; yüksek yapılar.

ABSTRACT

Energy crisis in the '70s, have induced awareness on rapidly consume of primary (non-renewable) energy sources and the negative impact of human on environment. Environmental consciousness and conservation of energy has become apparent as an increased awareness in the community. Natural ventilation is a significant factor to save energy by the methods implemented to the buildings according to different environmental factors. The main function of the buildings is fulfilling the requirements of users to live in a healthy artificial environment. Natural ventilation is significant in terms of global economy / energy conservation and users' health, is an important issue that should be taken into consideration in the design stage. Common use of mechanical systems and insulated facades that technology and energy crisis cause, threat to users' health in time. The change of living conditions in consequence of developing technology affected the change of housing units and housing typologies. Many of the naturally ventilated buildings which are encountered in literature review was found to be office buildings. It is possible to reduce dependence on mechanical systems and ensure user comfort with natural ventilation systems allowing user control in residential buildings, too. Therefore in this study, the necessity of natural ventilation in high rise residential buildings increasing in today's city and the natural ventilation solutions provided through facades were emphasized. Examples of naturally ventilated high rise residential buildings which have different climate, environmental and building features have been investigated. The inclusion of natural ventilation principles to the structures at the design stage, with an accurate analysis of the climate and environmental data, it is found possible to provide natural ventilation with less energy in many different situations.

Keywords: Multi storey residential buildings; natural ventilation; natural ventilation elements; high rise building.

Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul.

Başvuru tarihi: 28 Eylül 2016 - Kabul tarihi: 23 Ekim 2016

İletişim: Merve DİKMEN. e-posta: mervedikmen9@gmail.com

© 2016 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2016 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Sanayi devrimi ile beraber kırsal alanlardan şehirlere göç etmeye başlayan nüfus, çalışma ve barınma alanı gereksinimini beraberinde getirmiştir. Kentlerdeki nüfus artışı yapı alanının değerini giderek artırmıştır. Az alanda olabildiğince nüfus barındırma sorunu ve rantsal kaygılar, yapıların yatayda yayılımı yerine düşeyde yükselmeleri gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Yapı sektöründe etkilerini gösteren sanayi devrimiyle beraber, gelişen yapı sistemleri ve yapı malzemeleri yüksek yapı tipolojisinin ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Sanayi devrimi öncesinde yağma olarak inşa edilen yüksek yapılar, demir-çelik ve asansörün kullanılmaya başlanması ve gelişen teknolojilerden de yararlanarak, gittikçe artan kat adetleri ile daha önce ulaşılamayan yüksekliklere ulaşmıştır.¹

İşlevleri, en basit şekliyle iç ve dış mekan arasında bir sınır oluşturarak kullanıcıları çevrenin olumsuz etkilerinden korumak olan cepheler, teknolojik gelişmelerden çok etkilenen yapı elemanları arasında yerini almıştır.² Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin gelişimiyle ortaya çıkan giydirme cepheler; yapıya geleneksel duvar sistemleri kadar ek/ölü yük getirmemeleri, doğru uygulanması durumunda iklim koşullarına dayanıklılıkları, yüksek gün ışığı iletimi ve şeffaflığa sahip olmaları, cephe kesitini küçülterek kullanılabilir alan artışı sağlamaları ve yapı hızını attırmaları gibi nedenlerle yüksek yapılarda yaygın olarak uygulama olanağı bulmaktadır.^{3,4,5}

1970'lerde yaşanan enerji krizine kadar Dünya; tükenir (fosil) enerji kaynaklarını, sonraki nesilleri düşünmeden kullanmıştır. Yaşanan enerji krizleri yenilenemeyen enerji kaynaklarının, verimli kullanılmadığı durumlarda sürdürülebilirliğinin sağlanamayacağını ortaya koymuştur. Enerji korunumu ve enerji etkinliği konularını ön plana çıkarmıştır. Kriz dönemine kadar, iklimsel ve bölgesel veriler göz önünde bulundurulmadan standartlaşmış giydirme cam cepheler ile tasarlanmış, bütünüyle yapma havalandırma sistemleriyle konfor koşulları sağlamaya çalışılan ve bunların sonucu olarak da enerji tüketimleri ve çevreye olumsuz etkileri çok fazla olan yapılar yapılmıştır.⁶ Özellikle kriz sonrası dönemde enerji tasarrufu sebebiyle yapı havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasitede çalıştırılması ve ısı yalıtımı amacıyla yapı cephelerinin sızdırmaz özellikte tasarlanması, iç mekan havası kaynaklı sağlık problemlerinin çoğalmasına neden olmuştur.⁷

Yapıların temel işlevi kullanıcıların sosyolojik, biyolojik ve psikolojik gereksinimlerini karşılamaktır. Bu gereksinimleri karşılayamayan yapı, kullanıcılarının beden ve ruh sağlığını etkileyerek çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir.

Sağlık üzerindeki olumsuz etkileri, yapıların temel işlevine aykırı bir durum yaratır. Bu nedenle her yapı için öncelikli koşul, yapı ile kullanıcının sağlığı arasındaki ilişkinin doğru kurulmasıdır.⁸ Yapıların havalandırma, ısıtma-soğutma-iklimlendirme (HVAC) sistemlerine harcanan enerjinin giderek artması, küresel sorumluluklar, mekanik sistemlerin kullanılmasıyla beraber yapıdan kaynaklanan hastalıkların çoğalması, bu hastalıkların insan sağlığı, psikolojisi ve performansı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin fark edilmesi doğrultusunda, yüksek yapılarda doğal havalandırma sağlanmaması ve tamamen mekanik sistemlerin kullanımı bir sorun olarak görülmeye başlamış ve tasarımlarda buna yönelik çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Enerjinin korunumu ve enerji verimliliği konusu mimari tasarım süreçlerinde ve yapı sektöründe, üzerinde çalışılması gereken ölçütler arasında yerini almıştır.

21. yüzyılda yükselmeye devam eden yapılar kendini konut sektöründe de göstermektedir. Dünya'da tüketilen toplam enerjinin yarısından fazlası yapının yaşam süreçlerinde (tasarım, yapım, kullanım, söküm ve yıkım) tüketilmekte ve iklim değişikliklerine neden olan zararlı gazların çoğu yapılar tarafından üretilmektedir. Yapıların tükettiği bu enerjinin yarısına yakını tüketen yapı grubu ise konutlardır.⁹ Bu anlamda konut yapılarında enerji gereksinimini ve kullanımını en alt düzeye çekmek ve enerji etkinliğini artırmak konutlardan kaynaklı olumsuz çevre etkilerini azaltmak açısından önem taşımaktadır.¹⁰ Yapılarda enerji korunumu ve kullanıcı konforu sağlamanın temel ölçütlerinden biri doğal havalandırma sağlanmasıdır. Ancak yapılan araştırmalar sırasında karşılaşılan doğal havalandırma cepheye sahip yüksek yapıların büyük çoğunluğunun ofis yapısı olduğu görülmüştür. Doğal havalandırma; ofis yapılarında olduğu gibi konut yapılarında da kullanıcı olan insanın beden ve ruh sağlığı açısından önemlidir. Bu nedenlerle çalışma; kullanıcının günün bir bölümünü veya büyük çoğunluğunu geçirdiği konut yapılarında cepheler aracılığıyla sağlanan doğal havalandırma çözümleri ile sınırlandırılmıştır.

Bu çalışma ile tasarım ve uygulamadan sorumlu kişilere, kullanıcı sağlığı ve psikolojisi üzerindeki olumlu etkisi bilinen doğal havalandırmanın, tasarım ve uygulamada göz önüne alınacak ilke ve yöntemler ile farklı çevre koşulları ve özelliklere sahip yapılarda, cephe aracılığıyla sağlanmasının mümkün olduğunun Dünya ve Türkiye'den seçilen yapı örnekleri ile gösterilmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Yapı Kavramı ve Yüksek Konut Yapılarının Ortaya Çıkışı

Yüksek yapılar için Dünya üzerinde yapıldığı yere, kullanılan teknolojiye, yapıldığı zamana ve meslek gruplarına göre birçok farklı tanım yapılmaktadır.

¹ Ali ve Moon 2007, s. 205-223.

⁵ Şenkal, 2002, s. 6-9.

² Begeç ve Savaşır, 2004, s. 1.

⁶ Utkutuğ, 2001, s. 12.

³ Button ve Pye, 1993.

⁷ Güllü, 2013.

⁴ Şenkal Sezer, 2003, s.46-49.

⁸ Balanlı ve Öztürk, 2006, s. 47.

¹⁰ Mendler ve Odell, 2000, s. 107.

⁹ Roaf vd 2003.

Türkiye’de, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği’nde yüksek yapı şu şekilde tanımlanmaktadır; ‘Genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, siluet, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı türüdür. Binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki bina yüksekliği en az (60.50) m. olan yapılar, yüksek yapılar olarak kabul edilir.’¹¹

Hasol (1967),¹² insanoğlunun barınması ile ilgili iki büyük ayırım olduğundan söz etmektedir. Bunlardan ilki göçebelikten yerleşik yaşama geçiş, diğeri ise tarımdan sanayi devrine geçiş aşamasıdır.

Sanayi devrimiyle beraber çelik, betonarme ve cam gibi yapı malzemelerinin geliştirilmesi, asansörün bulunması, nüfus artışı, barınma gereksinimi, kentleşme ve kentsel alan yetersizliği konut formunun gelişim ve değişimine etki eden önemli unsurlardır.¹³ Konut yapılarındaki değişim modernizmin etkisiyle devam etmiş, 20. yüzyıl sonlarına gelindiğinde ise; yükselen ve içerisinde kullanıcı gereksinimlerine yönelik birçok fonksiyonu barındıran, farklı bir konut tipi olan rezidans kavramını gündeme getirmiştir.¹⁴

Dünya üzerinde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak %40’lık bir kısmının yapılarla ilişkili etkinliklerde kullanıldığı¹⁵ ve yapılarda kullanılan bu enerjinin de çoğunun iklimlendirme sistemlerine harcandığı göz önünde bulundurulursa, yapıların mümkün olduğunca doğal olarak havalandırılması ve ısıtma/soğutma sistemlerinin, seçilen cephe aracılığı ile desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Doğal Havalandırma ve Kullanıcı Sağlığı

Balanlı ve Öztürk (2006)’ya göre, yapının temel amacı; insanın gereksinimlerini yanıtlamaktır. İnsanın temel gereksinimi ise yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürmektir.¹⁶ Bu kapsamda tasarımcıların en önemli sorumluluklarından biri yapıların kullanıcı sağlığı, güvenliği ve konforu üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurmaktır ve kullanıcı olan insanın barınma ihtiyacı karşılanırken yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürmesini sağlamaktır. Havalandırma, kapalı bir mekânda bulunan kirli ve kullanılmış havanın; temiz, kirletici içermeyen hava ile değiştirilmesi şeklinde tanımlanabilir. Havalandırmanın başlıca amaçlarını;

- Ortamdaki havanın oksijen içeriğini belli oranda tutup, azalmasını engelleyerek iç hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunmak,
- Kirleticileri ortamdaki uzaklaştırmak ya da seyreltmek,
- Sıcaklık ve nem oranını konfor seviyesinde tutmak,
- İç ortamın iklimlendirilmesine katkı sağlamak,

- Konfor koşullarının sağlanabilmesi için gerekli olan hava devinimini sağlamak biçiminde sıralamak olanaklıdır.^{17,18}

Kullanıcılar günlük yaşamının büyük çoğunluğunu iç mekânlarda geçirdiği için, bu mekânların hava kalitesi en az dış ortamın hava kalitesi kadar önemlidir. İç hava kalitesi ve Hasta Bina Sendromu kavramları 1980li yıllarda gündeme gelmeye başlamıştır.¹⁹ ASHRAE 62–2001 standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi “İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyon seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın, havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır” olarak açıklanmaktadır.²⁰

Olumsuz iç ortam koşullarına bağlı olarak insanlarda görülen rahatsızlıklar; Yapıdan Kaynaklanan Hastalıklar ve Hasta Bina Sendromu olarak iki ana grupta incelenebilir. Bu hastalıklar biyolojik veya psikolojik olabilmektedir.²¹ Yapıdan Kaynaklanan Hastalıklar (BRI-Building Related Illness), yapının iç çevresine bağlı olan ve yapı içerisindeki kaynağı belli olan kirleticinin yol açtığı hastalıklardır. Hasta Bina Sendromu (HBS/SBS- Sick Building Syndrome) ise belirli bir iç mekânda ortaya çıkan, mekân terk edildikten sonra etkileri kaybolan ve bu yapıda yaşayan kişilerin çoğunu etkileyen semptomlar dizisidir.^{21,22} Yapı ile ilişkili bu rahatsızlıklar kullanıcıların performans ve yaşam kalitesini düşüren etkilere neden olmaktadır. Bu rahatsızlıklara engel olmak ve ideal düzeyde iç hava kalitesine sahip olabilmek için doğal havalandırma, tek başına yeterli olmasa da etkili ve gerekli çözümlerden biridir.

Doğal Havalandırma Yöntemleri

Doğal havalandırma, rüzgarın veya ısı değişikliklerinin oluşturduğu hava hareketiyle, taze havanın dış mekândan iç mekâna alınarak, aynı miktarda kullanılmış havanın dışarı verilmesiyle gerçekleştirilir.²³ Havanın yapı içerisine nasıl alındığı ve geri çıkarıldığı ile ilgili olan doğal havalandırma yöntemleri, en genel anlamda tek yönlü, çapraz ve baca etkisiyle havalandırma olmak üzere üçe ayrılmaktadır²⁴ (Şekil 1).

Tek yönlü havalandırmada hava girdiği açıklıktan, mekânı dolaşarak tekrar geri çıkar. Çapraz havalandırma yöntemi rüzgarın yüksek basınçtan alçak basınç alanına doğru hareket etmesi sayesinde gerçekleşir. Baca etkisi ile havalandırma ise, yapının içi ve dışı arasındaki ve/veya yapı içindeki farklı bölgeler arasındaki sıcaklık ve yükseklik farkından kaynaklanan yoğunluk farkları sebebiyle oluşur.

¹¹ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007, s. 100.

¹⁴ Edgü, 2003, s. 33.

¹² Hasol, 1967, s. 9.

¹⁵ Koçlar Oral ve Manioğlu, 2010, s. 2.

¹³ Drucker 2000, s. 47.

¹⁶ Balanlı ve Öztürk, 2006, s. 47.

¹⁷ Küçükçalı, 2001, s. 101.

²¹ Vural ve Balanlı, 2011, s. 372.

¹⁸ Wood ve Salib, 2012, s. 21.

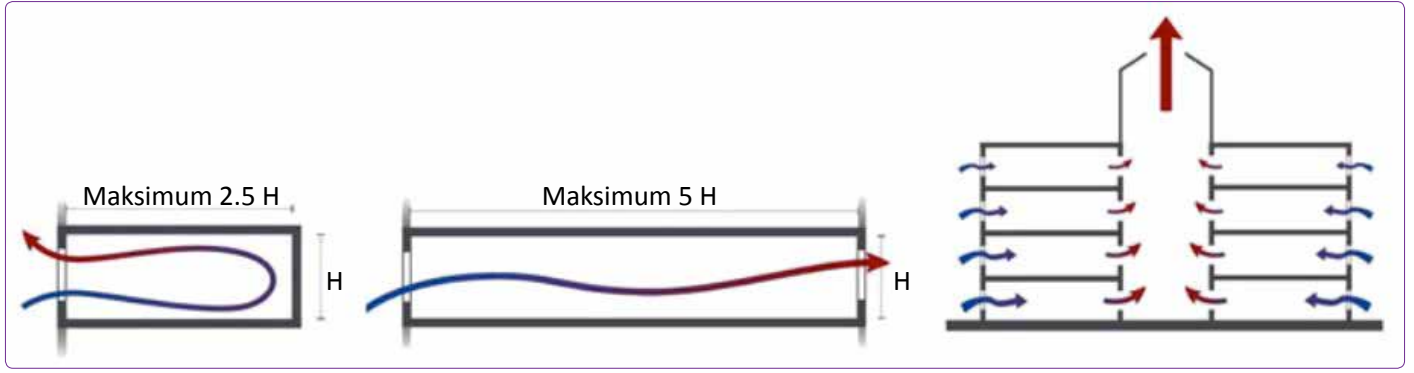
²² Spellman, 2008.

¹⁹ Ağca, <http://www.mfa.gov.tr/ic-hava-kalitesi-ve-hasta-bina-sendromu.tr.mfa>

²³ Sev ve Özgen, 2003, s. 94.

²⁰ ASHRAE, Standard 62- 1989, 2001, 2004.

²⁴ Wood ve Salib, 2012, s. 19



Şekil 1. Tek yönlü, karşılıklı/çapraz ve baca etkisiyle havalandırma.²⁴

Anlatılan doğal havalandırma yöntemlerinin yanı sıra gece havalandırması; gece daha düşük sıcaklıkta olan dış hava ile gündüz ısınan yapının strüktürünün soğutulması, yapının gün içerisinde sahip olacağı sıcaklığı düşürmek amacıyla yapılır. Gece soğutulmuş strüktür ertesi gün boyunca iç mekandaki ısıyı emerek bir soğutucu olarak hareket edebilmektedir.²⁵

Doğal havalandırma sağlanabilmesi; yalnızca yapıda uygulanacak ayrıntılarla değil, yapının iç ve dış çevresiyle ilişkisinin doğru bir şekilde kurulmasıyla daha verimli ve etkin bir hale getirilebilir.

Dış Çevre- Yapı- Doğal Havalandırma İlişkisi

Yapıların doğal yöntemlerle etkin düzeyde havalandırılabilmesi için, uygun nitelikte olan dış havanın yapıya ulaşması, bu havanın yapı cephesi aracılığıyla yapı içine alınması ve yapı içinde verimli bir şekilde dolaştırılarak kirlenmiş havanın yapıdan uzaklaştırılması gerekmektedir.²⁶ Bu döngünün doğru bir şekilde çalışmasında, havanın devinim kuralları ve yapının iç ve dış çevresinin hava devinimi üzerindeki etkisinin incelenmesi önemlidir.²⁷

Doğal havalandırma sağlanırken yapı içine alınacak olan dış havanın niteliğinin yanı sıra, yapının bulunduğu yapma ve doğal çevrenin özelliği, yapının konumu, biçimi, planı/ birimlerin yerleşimi, cephe/duvar boşluklarının düzeni, mekan içerisindeki bölücülerin yerleşimi, yapıda (varsa) kullanılan rüzgar kulesi/ havalandırma ya da güneş bacası /rüzgar kepçesi gibi yardımcı ürünlerin hava devinimi ile ilişkisi irdelenmeli, doğru ve yeterli bir havalandırma için, alınan kararlar bu inceleme sonrasında tasarıma yansıtılmalıdır.²⁸

Doğal havalandırma sağlanmasında;

- Yapının konumu; uygun dış hava devinimi ve güneşin ısıtıcı etkisinden yararlanıldığı,
- Yapının biçimi, cephesi ve üst örtünün eğimi; dış hava deviniminin yapı çevresinde oluşturduğu basınç bölgeleri ve düzeylerini etkilediği,

- Yapının planı; her yapı biriminin etkin şekilde doğal havalandırmadan faydalanacak şekilde düzenlenmesi gerektiği,
- Yapıda oluşturulan cephe/duvar boşlukları, kule/baca/rüzgar kepçelerinin düzenlenmesi ve mekan içerisindeki bölücülerin yerleşimi ise iç mekanda oluşturulacak hava devinimini/havanın yapı içindeki dolaşımını etkilediği

için büyük önem taşımakta ve göz önüne alınması gerekmektedir.²⁹

Yeterli doğal havalandırma sağlayabilmek için, yapı birimlerinde temiz havanın mekana alınacağı ve kirlenmiş havanın mekandan uzaklaştırılacağı uygun ve yeterli boşluklar tasarlanması gerekmektedir.³⁰ Çalışma kapsamında, iklimin ve koşulların olanak verdiği ölçüde, dış ortamdaki iç mekana taze hava girişinin/doğal havalandırmanın yapı cepheleri ile sağlandığı çözümler üzerinde durulmaktadır.

Yüksek Yapılarda Cepheler Aracılığıyla Doğal Havalandırma Sağlanması

Etkili bir havalandırma sağlayabilmek için cephe; tasarlanan denetimli boşluklar dışında geçirimsiz olmalı, boşluklar değişken koşullara ve gereksinime göre kullanıcı tarafından denetlenebilir olmalıdır.³¹ Doğal havalandırmanın verimi açısından boşlukların birbirine göre konumu, boyutları, sayısı, doğramanın niteliği önemlidir.²⁹ Boşlukların konumu belirlenirken kullanıcılar üzerinde serinletici etkinin oluşturulabilmesi için hava akımının, kullanıcıların bulunduğu kottan geçmesine dikkat edilmelidir (Şekil 2a). Yapılarda ısıl davranış gösteren (sıcaklığa bağlı olarak ısınıp soğuyan) elemanlar (duvar, tavan-döşeme), açıklıklarla ilişkilendirilmeli, yapının doğal olarak soğutulmasına katkı sağlamalıdır (gece soğutması)³² (Şekil 2b).

Yapılarda cepheler aracılığıyla doğal havalandırma sağlanırken kullanılan yapı bileşenleri ve yöntemler dört ana başlık altında incelenmiştir.

²⁵ Yüksek ve Esin, 2011, s. 70.

²⁷ Darçın, 2014, s. 70.

²⁶ Balanlı ve Darçın, 2012, s. 33.

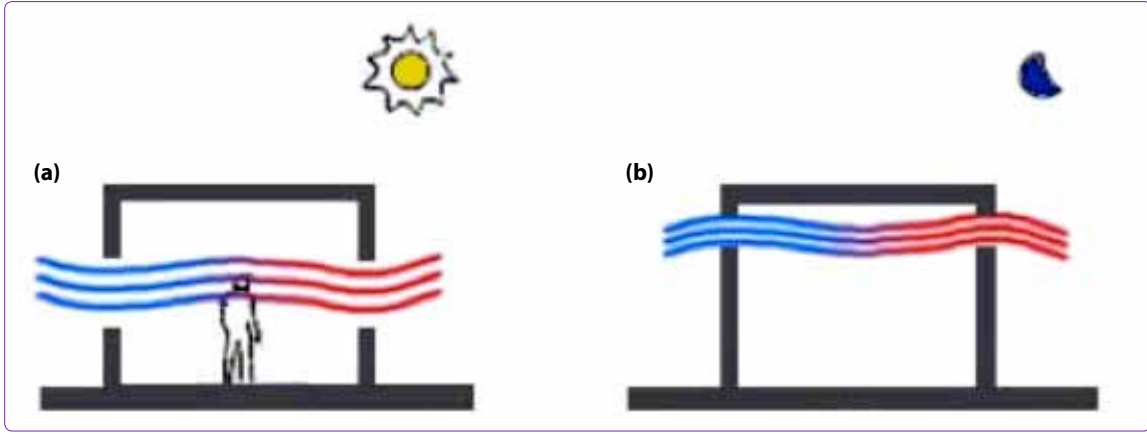
²⁸ Balanlı ve Darçın, 2012, s. 33-41.

²⁹ Balanlı ve Darçın, 2012, b: s. 33- 41.

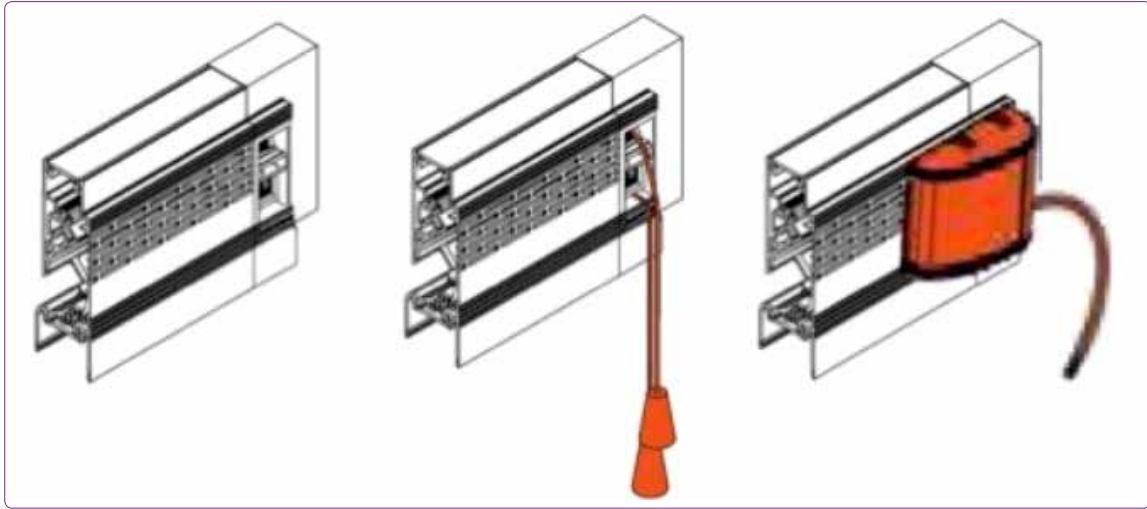
³¹ Liddament, 2000, s. 292-315.

³⁰ Balanlı ve Darçın, 2012, s. 36.

³² Priolo, 1998, s. 209.



Şekil 2. Kullanıcıların bulunduğu kota göre (a) ve yapı strüktürünün soğutulmasında (b) farklı açıklık konumlandırılmaları.³²



Şekil 3. Denetimli havalandırma ürünlerinin elle, ipli ve motorlu kontrol biçimleri.³⁵

• **Pencereler:** Pencereler bir yapıda havalandırma sağlamak için bilinen en temel ve en eski yapı bileşenidir. Kullanılacak pencereler, elde edilmek istenen hava miktarı, cephe tipi ve yapı yüksekliğine bağlı olarak pencerenin güvenli açılabilmesi gibi ölçütlere göre seçilebilmektedir.

Duvar boşluğunun/pencerenin üst kısmında sıcak ve kirlenmiş hava, alt kısmında ise serin ve temiz hava, orta kısımda ise hava deviniminin olmadığı tarafsız bölge yer alır. Kanat düzenlemeleri ve kanat açılış biçimlerinde, bu ilkeye dikkat edilmesi verimli hava devinimi sağlanabilmesi için önemlidir.³³ Etkin bir doğal havalandırma sağlamak için (yaklaşık olarak saatte otuz kez hava değişimine karşılık gelmekte) pencerelerin hakim rüzgar yönünde ve buna dik doğrultuda tasarlanması uygun çözüm olmaktadır.³⁴ Pencere kanatlarının, elle veya otomasyon sistemlerine bağlanabilen motorize sistemlerle açılıp kapanması sağlanmaktadır.

• **Denetimli havalandırma ürünleri:** Özellikle yüksek yapılarda etkili olan rüzgar basıncının artması durumunda, pencerelerin güvenli bir şekilde açılıp-kapatılması ve doğal havalandırma sağlanması engellenebilmektedir. Kent gürültüsünün yoğun olduğu bölgelerde ses yalıtımı için pencere açılması tercih edilmeyebilir. Pencerelerin açılmasının elverişli olmadığı bu gibi durumlarda, pencere vantilatörleri olarak da adlandırılan denetimli havalandırma ürünleri, yapının havalandırılmasını sağlamaktadır. Rüzgar hızının yüksek olduğu durumlarda da hava giriş çıkışına izin veren bu bileşenler, boyut olarak pencerelerden daha küçüktür. Dış hava koşullarına bağlı olarak istenilen düzeyde havalandırma sağlamaları için farklı açılarda ve kademeli olarak açılma ve belli miktarda hava geçişine izin verme özelliği ile yüksek yapılarda havalandırma için çözüm olabilmektedir. Pencere vantilatörleri; elle ya da otomatik olarak kontrol edilebilmektedir³⁵ (Şekil 3).

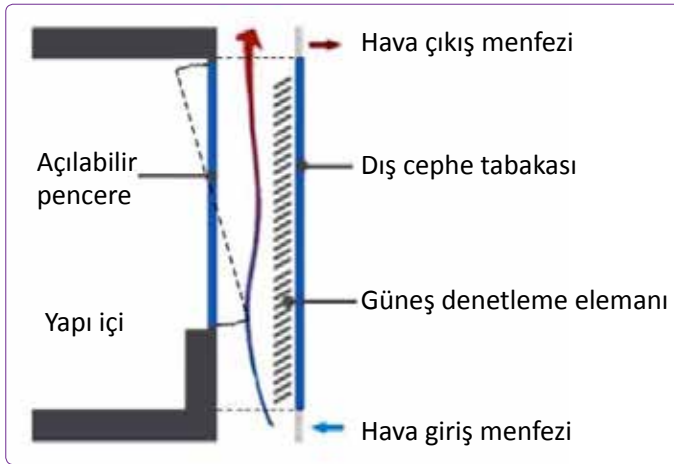
³³ Balanlı ve Darçın, 2012, d: s. 38.

³⁴ Sev ve Özgen, 2003, s. 96.

³⁵ Renson, <http://www.poliform.com.tr/teknik/Renson-HavalandirmaMenfezleri-2.pdf>



Şekil 4. Koruma kapağı ile uygulanmış, gece havalandırmasında da kullanılacak havalandırma menfezleri.³⁷



Şekil 5. Çift tabakalı cephe sistemi şematik kesiti (Oesterle vd, 2001'den uyarlama).³⁹

• **Havalandırma Menfezleri (Louvers):** Bu sistemler çift tabakalı cephelerde hava girişi sağlamak istenen açıklık kısımlarında, tek tabakalı giydirme cephe sistemlerinde dışarıdan rüzgar kontrolü gerektiren açıklık kısımlarında, görüş gerektirmeyen ve pencere açıl(a)mayan kısımlarda yalıtım için alınacak önlemlerle³⁶ cephede (Şekil 4)³⁷, ya da gece havalandırması için soğutulmak istenen strüktür kısımlarına yerleştirilebilir. Bu menfezler elle veya otomatik olarak kontrol edilebilir, cephelerde yatay veya düşey konumda kullanılabilirler. Metal yapraklı veya cam yapraklı çeşitleri bulunmakta ve menfez yaprakları sabit ya da hareketli olabilmektedir.

• **Çift Tabakalı Giydirme Cepheler:** Çift tabakalı bir cephe; yapının bilinen tek tabakalı cephesi, hava boşluğu ve ek bir cephe tabakasından oluşur (Şekil 5). Cepheler arasında yer alan havalandırma boşluğu farklı genişliklerde olabilmektedir.³⁸

³⁶ Menfezlerin iç mekana bakan kısımlarında havalandırma yapılmadığı zamanlarda hava geçişini engellemek için açılıp kapanabilir yalıtımlı kapaklar yapılabilir.

³⁷ Renson, http://dam.renson.eu/Sites/A/Public_Publications/28?encoding=UTF-8

³⁸ Loncour vd., 2004, s. 5.

³⁹ Oesterle vd., 2001.

Çift tabakalı cepheler yapıya etkiyen rüzgar basıncını dış tabaka ile karşıladığı için özellikle rüzgarlı ve gürültülü bölgelerde tercih edilmektedir. Yaz aylarında tabakalar arasındaki boşluğunun ısınması çift tabakalı cephelerin sorunlarından biridir. Buna karşın kışın ısıl tampon bölge olarak görev yapması ile ısı kaybına engel olmaktadır. Cephe boşluğuna yerleştirilen güneş denetleme ürünlerinin olumsuz hava koşullarından korunması ise çift tabakalı cephe sistemlerinin olumlu bir özelliği olarak sayılabilir.⁴⁰

Cepheler Aracılığıyla Doğal Havalandırma Sağlanan Yüksek Konut Yapısı Örnekleri

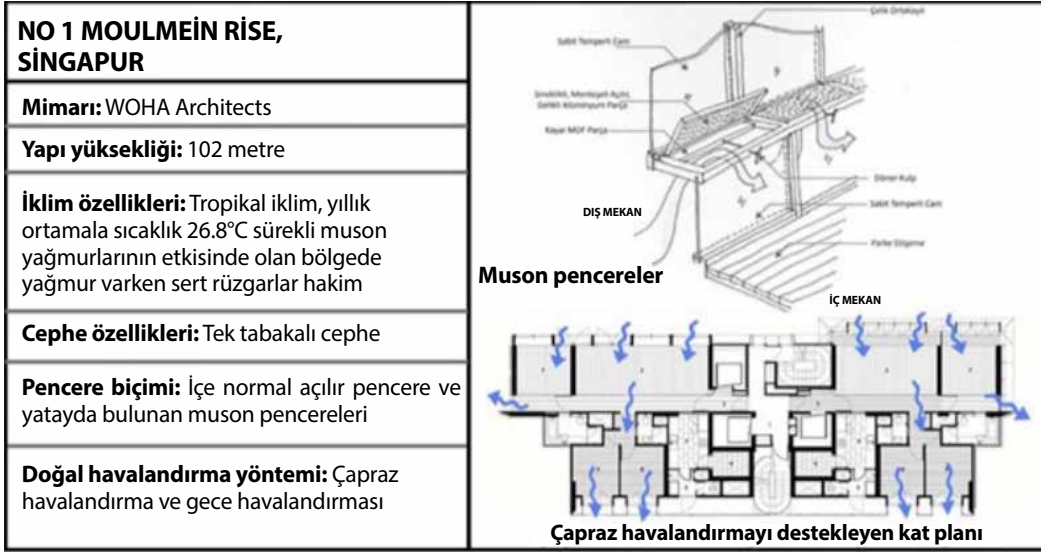
Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den, doğal havalandırma sağlayan bazı konut yapıları incelenmiştir. Dış çevre koşulları farklılaştığında, verimli bir havalandırma sağlanabilmesi için yapı tasarımının da bu koşullara yanıt verecek şekilde farklılaşması gerekmektedir. Örnekler, farklı iklim bölgelerinde yer alan ve çevresel etmenlere göre cephe düzenlemeleri değişen yapılardan seçilmiştir. Farklı ülkelerden ve şehirlerden seçilen yapılar; No 1 Moulmein Rise, Met Tower, Neuer Henninger Turm (New Henninger Tower), Kanchanjunga Apartments, Hyde Tower ve Türkiye'den İstanbul Sapphire kulesidir.

Yapılar incelenirken; yükseklik, iklim özellikleri, cephe özellikleri, pencere biçimleri ve doğal havalandırma yöntemlerinden bahsedilerek kısaca tanıtılmış, cephelerde kullanılan havalandırma sistemlerinin görselleriyle desteklenmiş ve doğal havalandırma sağlama yöntemleri anlatılmıştır.

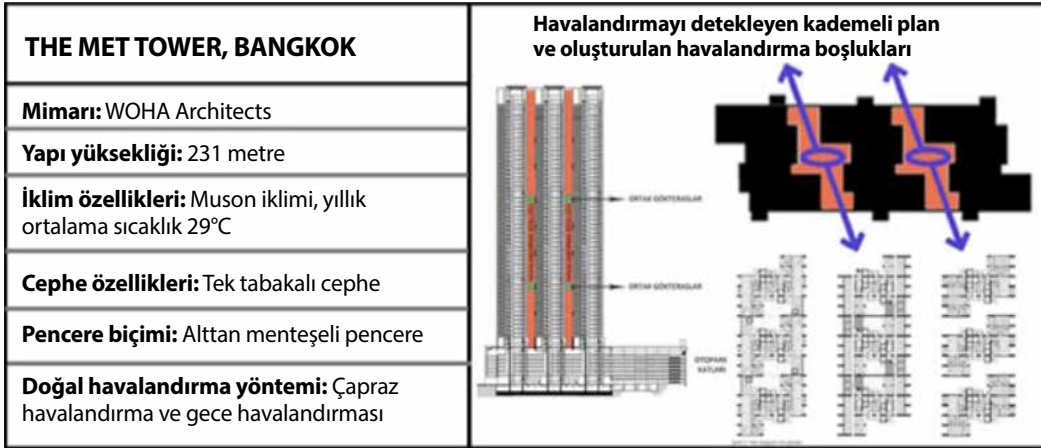
1. No 1 Moulmein Rise

Tasarım aşamasında bölge ve iklim verileri göz önünde bulundurularak, tropik iklimlerde yerden yükseldikçe havanın serinlemesi prensibiyle, daha dar planlı ve daha çok katlı bir yapı olarak inşa edilmiştir. Hakim rüzgar yönüne göre kuzey-güney doğrultusunda konumlandırılan yapıda, yağmurlu ve rüzgar hızının yüksek olduğu zamanlarda da

⁴⁰ Etheridge, 2012, s. 372-389.



Şekil 6. No 1 Moulmein Rise, Singapur.⁴¹



Şekil 7. Met Tower, Bangkok.⁴²

doğal havalandırma yapabilmek için muson pencereleri tasarlanmıştır. Bu pencereler istenilen kotta cumba şeklinde dışarıya konsol çıkıp, zemine paralel olarak cumbaların yatay düzleminde yer alır (Şekil 6). Bu konumlanmaları ile olumsuz hava koşullarından etkilenmezler. Muson pencerelerin açılım düzeyleri, kullanıcılar tarafından, döner kulpla kontrol edilebilmektedir. Yapı, verimli çapraz havalandırma sağlayabilmek için üç tarafı açık ve katta iki daire olacak şekilde planlanmıştır. Yapının cephesinde güneş denetleme ürünleri kullanılmıştır. Kullanıcılar dairelerinde bulunmazken ya da geceleri de güvenli bir şekilde doğal havalandırma ve gece soğutması sağlanabilen yapıda, mekanik iklimlendirme sistemlerine harcanan giderlerde büyük oranda tasarruf sağlanmaktadır.⁴¹

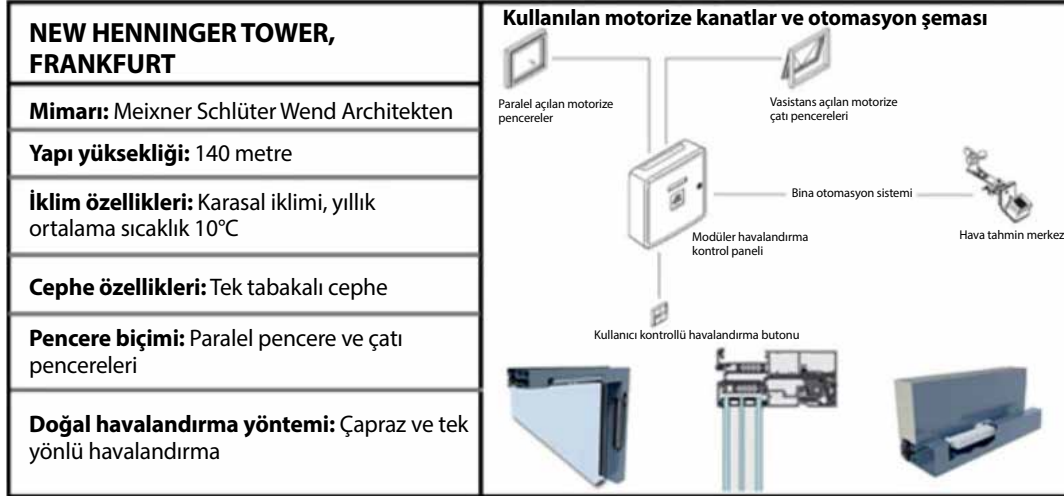
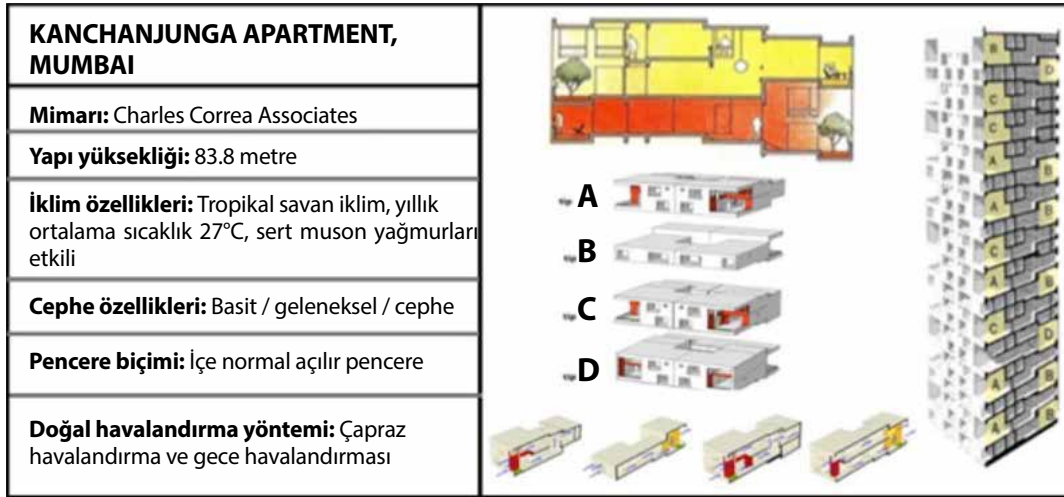
2. Met Tower

Hakim rüzgar yönüne göre kuzey-güney doğrultusunda

konumlandırılan yapı, Z formlu ve kademeli yapılar kümesi olarak tasarlanmıştır. Bu planlama yapılar arasında havalandırma boşlukları oluşturulmasını sağlamıştır. Bu boşluklar ek rüzgar akımı oluşturulmasına ve çapraz havalandırmanın desteklenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca konutların plan düzleminde şaşırtmalı olarak organize edilmesi, her konuta dört tarafı açık cephe olanağı sağlarken birbirlerinin havalandırmalarına engel olmamaları da sağlamaktadır. Konutların tüm cephelerinde açılabilir pencereler bulunmaktadır ve pencerelerde bulunan güneş denetleme ürünleri ile istenilen durumlarda güneşin ısıtıcı etkisinin önüne geçilmiş olur. Yılın neredeyse tamamında, pencereler ve havalandırma boşlukları sayesinde sağlanan çapraz havalandırma ile iç mekanlar verimli bir şekilde serinletilebilmekte, klima kullanımına gerek kalmadığı için büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır (Şekil 7).⁴²

⁴¹ Ali, 2007.

⁴² Ali, 2013.

Şekil 8. Neuer Henninger Turm, Frankfurt.⁴³Şekil 9. Kanchanjunga Apartments, Mumbai.⁴⁴

3. New Henninger Tower (Neuer Henninger Turm)

Karasal iklimin hakim olduğu bir bölgede yapılmakta olan yapıyı; yükseklik arttıkça artan rüzgar hızının etkileyeceği düşünülmektedir. Belirli bir yükseklikten sonra kullanıcı kontrolünde elle pencere açmak konfor ve güvenlik koşulları açısından mümkün olmamaktadır. Bunlara çözüm olarak kullanılan paralel ve vasistas pencerelere yerleştirilecek motorlu açkı sistemleriyle güvenli açılım ve havalandırma sağlanmaktadır. Rüzgar hızının artması veya şiddetli yağmur yağması gibi olumsuz durumlarda sensörlerin otomasyona gönderdiği sinyalle kanatlar otomatik olarak kapatılmaktadır. Bunun dışında kullanıcı tercihine bağlı herhangi bir durumda, butona basılarak da pencerelerin kapatılması sağlanabilmektedir (Şekil 8).⁴³

4. Kanchanjunga Apartments

Hakim rüzgar yönü ve deniz meltemlerine göre doğu-

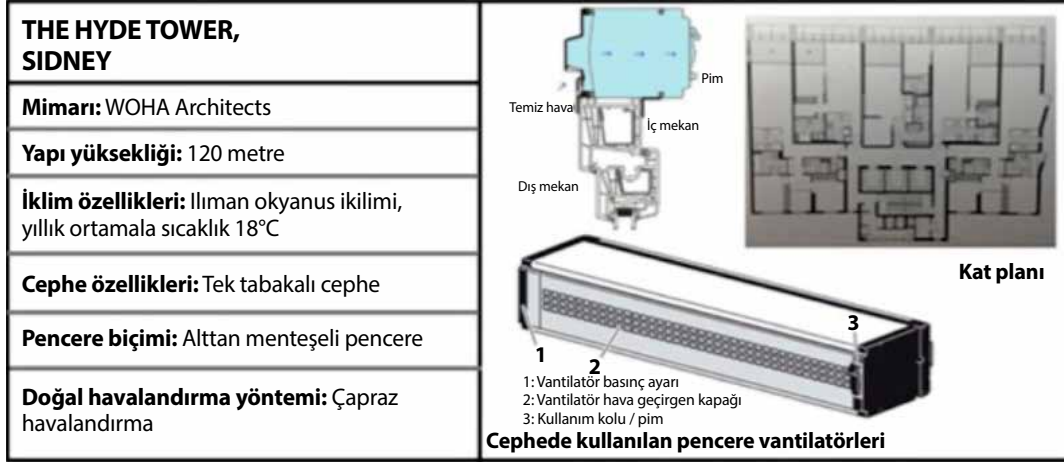
batı doğrultusunda konumlandırılan yapı, bu konumlanmayla aynı zamanda doğrudan güneş ışığı ve sert muson yağmurlarına maruz kalmaktadır. 1.5 ve 2.5 kat yüksekliğinde düzenlenmiş dört farklı tipteki (A,B,C,D) dairelerin kapalı yaşam mekanları ile 1 ve 2 kat yüksekliğindeki teraslar kesitte, küçük de olsa bir kademe farkı yaratmaktadır (Şekil 9). Bu kademe farkı havalandırma için balkonlarda geniş açıklıklar sağlarken, iç mekanları da güneşin ısıtıcı etkisi ve muson yağmurlarından korumaktadır. Yapıda, bu şekilde düzenlenen kademeli kesit, hakim rüzgar yönüne göre planlama ve konumlanma ile verimli çapraz havalandırma sağlanmaktadır.⁴⁴

5. Hyde Tower

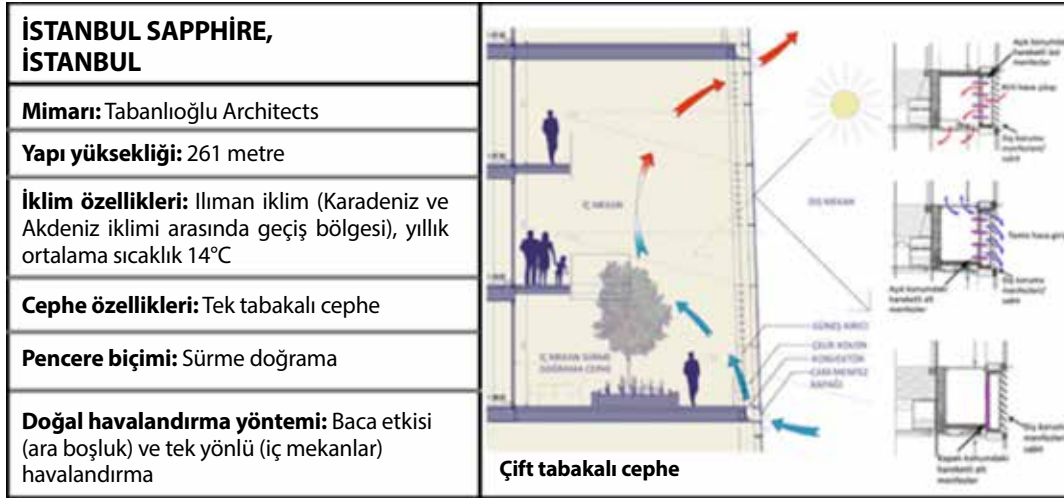
Yoğun kent ve iş merkezinde inşa edilmiş olan yapı, tasarlanırken şehir manzarasına yönelmek birincil ölçüt olarak

⁴³ D+H, <http://www.dh-partner.com/fileadmin/contents/Flipping-Book/AIR-SOLUTIONS/index.html#22-23/z>, s. 18-22.

⁴⁴ Identity Housing, <https://identityhousing.wordpress.com/2009/12/03/charles-correa-kanchanjunga-apartments-cumballa-hill-mumbai-1970-1983/>



Şekil 10. Hyde Tower, Sidney.⁴⁵



Şekil 11. İstanbul Sapphire.⁴⁶

görülmüş ve bütün daireler kuzey güney doğrultusunda yerleştirilmiştir. Bu planlama her daire için çapraz havalandırma güçlendirici etkide bulunmuştur. Tüm dairelerde doğal havalandırma sağlayabilmek için açılabilir pencereler bulunmaktadır. Ancak kent merkezinde yer alması nedeniyle fazla gürültülü zamanlarda havalandırma sağlayabilmek için, cephede akustik özellikli pencere vantilatörleri kullanılmıştır. Kullanıcılar tarafından kontrol edilebilen bu vantilatörler, dış ortamdan gelen sesi yalıtarak, doğal havalandırma yapılmasına olanak tanır. Kuzey (ön) cephede güneşin ısıtıcı etkisinden korunmak için her kat hizasında güneş denetleme ürünleri kullanılmıştır (Şekil 10).⁴⁵

6. İstanbul Sapphire

Yoğun iş merkezi aksında bulunan, sıcak/soğuk farkları fazla olan ve rüzgarlı bir iklimde yer alan yapıda, doğal havalandırma sağlayabilmek için çift tabakalı cephe kullanılmıştır. Cepheler arası boşluk, açılıp kapanabilen havalandırma menfezleri ile doğal havalandırma yöntemiyle

havalandırılmaktadır. Taze hava, alt menfezler aracılığıyla boşluğa alınıp üç kat boyunca dağıtılmakta ve ısınan havanın yükselmesi ilkesi ile (baca etkisi) üst kısımda yer alan menfezlerden dışarı atılmaktadır. Boşluğa açılan iç cephe doğramalarının açılması ile en yüksek katlarda bile cephe boşluğundan iç mekanlara taze hava alınabilmektedir. Dış cephede yer alan korumalı menfezler sayesinde yağmur, rüzgar gibi olumsuz durumlarda da doğal havalandırma yapmak olanaklıdır. Ancak, rüzgar hızının 45 km/h in üzerine çıkması durumunda, kullanıcı sağlığını olumsuz etkileyecek düzeyde, cephe boşluğunda oluşacak hava akımını önlemek için menfezler kapalı konuma geçerler ve sadece yangın alarmıyla açılırlar. Açık-kapalı konumdaki havalandırma menfezlerinin ve menfezlerin dışındaki koruma ürünlerinin detayları Şekil 11'de verilmiştir. Yapıda, güneş denetleme ürünleri cepheler arasındaki boşluğa yerleştirilmiştir ve çift tabakalı cephe kullanılmasıyla sağlanan enerji tasarrufu %25-30 civarındadır.⁴⁶

⁴⁵ Skyscrapercenter, <http://skyscrapercenter.com/building/the-hyde/12428>

⁴⁶ Arkiv, <http://v2.arkiv.com.tr/p9568-istanbul-sapphire.html>

İncelenen örneklerin ortak noktası, tasarım ve kullanılacak olan ürünlerin seçimi aşamasında doğal havalandırma sağlayabilmek için fiziksel çevre etkilerinin analiz edilmiş olmasıdır. Yükseklik, iklim koşulları (yağmur, rüzgar, ortalama sıcaklık vb.), kent içerisinde buldukları konum ve kullanılan cephe sistemleri farklılaşsa da, her bir yapı içerisinde bulunduğu olumsuz koşulları gidermenin ve bu olumsuz koşullarda doğal havalandırma sağlayabilmenin yöntemlerini aramıştır. Yapıda kullanılacak olan doğal havalandırma ürünleri ya da yöntemleri de bu doğrultuda seçilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Çok katlı konut yapıları tasarlanırken kaynak tüketimi ve yapı işletim performansı en uygun koşullara getirilmeli, çevre ve insan sağlığını tehdit eden riskler en aza indirgenmelidir. Yapı tasarımında belirli ilkelere dikkat edilerek, yapılarda uygun düzenlenmiş bir doğal havalandırma sistemi sağlanabilmesi,

- Enerji tüketimini azaltarak kaynak korunumuna katkıda bulunması,
- İç hava kalitesinin iyileştirilmesi ve ısı konfor koşullarının sağlanmasına katkıda bulunması,
- Kullanıcı sağlığı ve psikolojisini olumlu şekilde etkilemesi,
- İlk yatırım, bakım-onarım maliyetinin düşük olması,
- Fan veya sistem gürültüsü olmaması ve herhangi mekanik tesisat alanı gerektirmemesi,
- Mekanik sistemlerin kullanımını ve dolayısıyla fosil kaynak tüketimini azaltmasıyla küresel düzeyde enerji tasarrufu sağlanması

açısından önemlidir.

Araştırma ve örnek incelemeleri sonucunda; sayıları giderek artan yüksek konut yapıları tasarlanırken çevresel etmenler doğru analiz edilip, sorunların doğru tespit edilmesi ve doğru cephe sistemleri seçilmesi halinde; yükseklik, şiddetli rüzgar ve yağmur, iklim koşulları, kent merkezinde konumlanmanın neden olduğu gürültü, güneşin ısıtıcı etkisi gibi çevre etkilerine karşın, cepheler ve cephe-deki havalandırma ürünleri ile verimli doğal havalandırma sağlanabileceği görülmüştür.

İncelenen örneklerde karşılaşılan tasarım ve uygulama yaklaşımlarından yola çıkılarak, doğal havalandırma sağlamak amacıyla yapılacak tasarımlarda izlenebilecek adımlar ana hatlarıyla aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Tasarımın başlangıcında ayrıntılı bir çevresel etmen (bölgenin iklim özellikleri, hakim rüzgar yönü ve ortalama rüzgar hızı, ortalama güneşlenme süresi, güneş ışınlarının geliş açıları, ortalama sıcaklık ve nem değeri, dış havanın niteliği ve bölgedeki hava kirleticileri vs.) analizi yapılmalı ve doğal havalandırma ilkeleri bakımından değerlendirilmelidir,

- Yapılar konumlandırılırken hakim rüzgar yönü, güneş ve iklim verileri, hava devinim ilkeleri bağlamında değerlendirilmelidir,
- Yapının planı, birimlerin yerleşimi/ birbiriyle ve çevreyle olan ilişkisi, yapıdaki boşluklar ve cephe tasarımı doğal havalandırma/ hava devinimini destekleyecek nitelikte olmalıdır,
- Cepheler ve cephelerde kullanılan yardımcı havalandırma ürünleri, çevresel etmenler ve bunlara bağlı olarak ortaya çıkan kullanıcı gereksinimleri göz önüne alınarak tasarlanmalı / özellikleri belirlenmeli/ seçilmelidir,
- Güneş denetleme ürünleri ile güneşin doğrudan ısıtıcı etkisinden kaçınılmalıdır.

Doğal havalandırma, yapılarda her zaman tek başına yeterli çözüm olmayabilir. Bu gibi durumlarda doğal ve mekanik havalandırma sistemlerinin bir arada kullanıldığı karma havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Mümkün olduğunca doğal havalandırma sağlanması yapılarda iklimlendirme sistemlerine harcanan enerjiyi büyük oranda azaltacaktır. Aynı zamanda iç mekanlara taze hava sağlamanın insan sağlığı ve psikolojisi üzerindeki olumlu etkisi yapılan araştırmalarla ortaya konulmaktadır. Tüm bu nedenler göz önüne alındığında küresel anlamda kaynakların giderek azaldığı ve sürdürülebilirliğin önem kazandığı bir ortamda yapılarda doğal havalandırma sağlanarak iklimlendirme için harcanan enerjiden tasarruf edilecek, doğaya salınan zararlı gaz emisyonları azalacak, kullanıcı sağlığı ve konforuna katkıda bulunulacaktır.

Kaynaklar

- Ali, M. ve Moon, S.K. (2007) "Structural Developments İn Tall Buildings: Current Trends And Future Prospects", *Architectural Science Review*, 50.3:205-223.
- ASHRAE, (2001) "Standard 62- 2001- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, Atlanta, 2001.
- Balanlı, A. ve Darçın, P. (2012) "Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler", *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, sayı:128, s. 33-42.
- Balanlı, A. ve Öztürk, A. (2006) *Yapı Biyolojisi Yaklaşımlar*, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları.
- Begeç, H. ve Savaşır, K. (2004) "Akıllı Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi", 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 5-16 Nisan 2004, İstanbul, s. 1-10.
- Button, D. ve Pye, B. (1993) *Glass in Building*, Oxford, Butterworth Architecture Publishing.
- Darçın, P. (2014) "Yenileyici (Rejeneratif) Tasarım Kapsamında Doğal Havalandırmaya Yönelik Bir Yaklaşım", *Mimarlık Dergisi*, sayı: 379, s. 69-72.
- Drucker, P. F. (2000) *Yeni Gerçekler*, çev. Karanakçı B., Ankara, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Edgü, E. (2003) "Konut Tercihlerinin Mekansal Dizin ve Mekansal Davranış Parametreleri ile İlişkisi", *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 33.

- Etheridge, D. (2012) *Natural Ventilation of Buildings: Theory, Measurement and Design*, Nottingham, John Wiley & Sons Ltd., s. 4-372-389.
- Güllü, G. (2013) "Türkiye'de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları", *Derleme Makalesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, s. 146-158.
- Hasol, D. (1967) "Yapının Endüstrileşmesi", *Mimarlık Dergisi*, sayı: 2, s. 9.
- İstanbul İmar Yönetmeliği, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Yürürlük Tarihi: 23.06.2007
- Koçlar Oral, G. ve Manioğlu, G. (2010) "Bina Cephelelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı", 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 15-16 Nisan 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe yerleşkesi İzmir, s. 2.
- Küçükçalı, R. (2001) *Isısan Çalışmaları No: 305, Klima Tesisatları*, İstanbul, Isısan yayınları, s. 101.
- Liddament, M. (2000) "Ventilation Strategies", Ed: J.D. Spengler, J.M. Samet ve J.F. McCarthy, *Indoor Air Quality Handbook*, New York, McGraw – Hill, s. 292-315.
- Loncour, X., Deneyer, A., Blasco, M., Flamant, G., Wouters, P. (2004) "Ventilated Double Facades, Classification & Illustration of Facade Concepts", AIVC- Air Infiltration And Ventilation Centre Publications, s. 5.
- Mendler, S. ve Odell, W. (2000) *The HOK Guidebook to Sustainable Design*, USA, John Wiley & Sons, s. 107.
- Oesterle, E, Lieb, R.D, Lutz, M. ve Heusler, W. (2001) *Double-Skin Façades, Integrated Planning*, Munich- London- New York, Prestel Publishing.
- Priolo, C. (1998) "Design Guidelines and Technical Solutions for Natural Ventilation", Ed: Francis Allard *Natural Ventilation in Buildings A Design Handbook*, London, James & James Science Publishers, Chapter 6, s. 209.
- Roaf, S., Fuentes, M. ve Thomas, S. (2003) *Ecohouse 2: A Design Guide*, Elsevier, Italy, Architectural Press.
- Sev, A. ve Özgen, A. (2003) "Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma", *Yapı Dergisi*, 262:92-99.
- Spellman, F.R. (2008) *The Science Of Air, Concepts And Applications*, 2nd Ed., London, CRC Press.
- Şenkal, F. (2002) "Yapıda Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Kullanımında Optimal Konfor Koşullarının Sağlanması İçin Performans Kriterlerinin Araştırılması", *Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne*, s. 6-9.
- Şenkal Sezer, F. (2003) "Giydirme Cephe Kavramı", *Mimarlık*, 311, s. 46-49.
- Utkuğ, G.S. (2001) "Yeni Yüzyıla Girerken Bina Tasarımı Ekoloji /Enerji Etkin/ Akıllı Bina", (4. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu, 17-19 Nisan 2000), *TTMD Dergisi*, sayı:14, s. 12.
- Vural, S. M. ve Balanlı, A. (2005) "Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği Ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma", *Megaron, YTÜ Mim. Fak. e-Dergisi Cilt 1, Sayı 1*, 2005. s. 29.
- Vural, S. M. ve Balanlı, A. (2011) "Sick Building Syndrome from an Architectural Perspective" Chapter 20, pp. 371-392, Ed. Abdul-Wahab, S.A. *Sick Building Syndrome, in Public Buildings and Workplaces*, Berlin, Springer, 2011.
- Yüksek, İ. ve Esin, T. (2011) "Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi", *Tesisat Mühendisliği*, Sayı 125, s. 63.
- Wood, A. ve Salib R. (2012) *Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings*, CTBUH Technical Guides, London, Taylor & Francis LTD., s. 19.

İnternet kaynakları

- Ağca, B. " İç Hava Kalitesi ve Hasta Bina Sendromu", TC. Dışişleri Bakanlığı Yayınları, 24.05.2016 <http://www.mfa.gov.tr/ic-hava-kalitesi-ve-hasta-bina-sendromu.tr.mfa> [Erişim tarihi 24 Mayıs 2016]
- Ali, Z. F. (2007) *On Site Review Report*, Singapur. <http://www.akdn.org/sites/akdn/files/media/documents/AKAA%20press%20kits/2007%20AKAA/Moulmein%20Rise%20-%20Singapore.pdf> [Erişim tarihi 28 Ağustos 2016]
- Ali, Z. F. (2013) *On Site Review Report*, Bangkok, Thailand. <http://archnet.org/system/publications/contents/8737/original/DTP101236.pdf?1391602922> [Erişim tarihi 28 Ağustos 2016]
- D+H, Air Solutions, e-dergi, <http://www.dh-partner.com/fileadmin/contents/Flipping-book/AIRSOLUTIONS/index.html#18-19>, s. 18-22 [Erişim tarihi 4 Eylül 2016]
- Identity Housing, Charles Correa – Kanchanjunga, Cumballa Hill, Mumbai, 1970-1983, <https://identityhousing.wordpress.com/2009/12/03/charles-correa-kanchanjunga-apartments-cumballa-hill-mumbai-1970-1983/> [Erişim tarihi 22 Ağustos 2016]
- Renson, Havalandırma Menfezleri, Ürün kataloğu, <http://www.poliform.com.tr/teknik/Renson-HavalandırmaMenfezleri-2.pdf> [Erişim tarihi 15 Haziran 2016]
- Renson, *Healthy Building Concept*, s.31, http://dam.renson.eu/Sites/A/Public_Publications/28?encoding=UTF-8 [Erişim tarihi 3 Temmuz 2016]
- The Skyscraper Center, Resmi internet sitesi, The Hyde yapı bilgileri, <http://skyscrapercenter.com/building/the-hyde/12428> [Erişim tarihi 29 Ağustos 2016]
- İstanbul Sapphire, Arkitera arşivi- Arkiv v2, <http://v2.arkiv.com.tr/p9568-istanbul-sapphire.html> [Erişim tarihi 5 Eylül 2016]