

Kapalı Yüzme Havuzlarının Klima Dizaynı

Veli DOĞAN*

Özet

Turizm sektöründeki hızlı gelişme, ülkemizde turistik konaklama amaçlı yatırımları arttırmıştır. İnsanların ekonomik durumunun iyileşmesine paralel olarak iç turizm; iş seyahati ve toplantıları ciddi bir konaklama tesisi ihtiyacına yol açmıştır. Son yıllarda inşa edilen yüzlerce otelde kapalı ve açık yüzme havuzları önemli yer tutmakta, özellikle kış aylarında kapalı yüzme havuzları vazgeçilmez eğlence yerleri olmaktadır. Bu yazıda kapalı havuzlarda nem kontrolünün nasıl yapılacağı, yapı elemanlarına zarar vermemek için alınacak tedbirler ve havuzlardaki konfor şartları tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Kapalı yüzme havuzu, konfor şartları, nem oranı, hava dağıtımı

GİRİŞ

Kapalı havuzlardaki klima sistemlerinde yapılabilen hatalar konfor şartlarını bozacağı gibi, duvar ve asma tavanların zarar görmesine yol açacaktır. Havuz yüzeyinde buharlaşan su kapalı olan havuz mekanından atılmalı ve içeriğinin bağıl nemi %60'ın altında tutulmalıdır. Aksi takdirde özellikle cam yüzeyleri ve sırasıyla tavan ve duvarlarda buharlaşan su yoğunlaşacak ve yapıyı tahrip edecektir.

Temel amaç, havuz dinlenme alanlarında ve havuz yüzeyinde, rahatsız edici hava akımları yaratmadan, havuz suyu yüzeyinden ve çevreden buharlaşan suyun ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Mimar ve makina mühendisi beraber

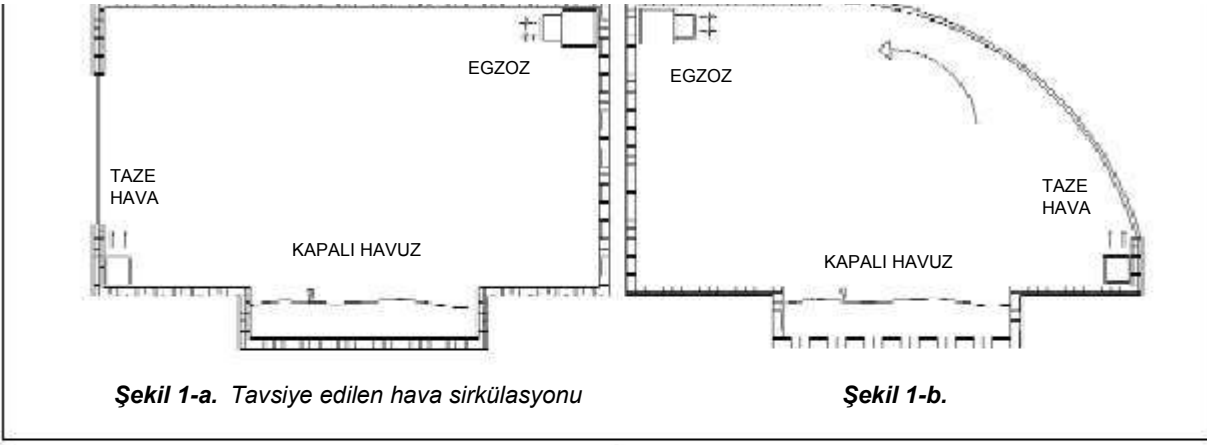
çalışmalı ve sonuçta aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır:

- Havuzda yüzme için gerekli konforu sağlamalı.
- Havuz duvar ve cam yüzeylerinde yoğuşmayı önlemeli.
- Buharlaşan su miktarını minimuma indirilmelidir.

HAVUZ İÇERİSİNDE HAVA DAĞILIMI

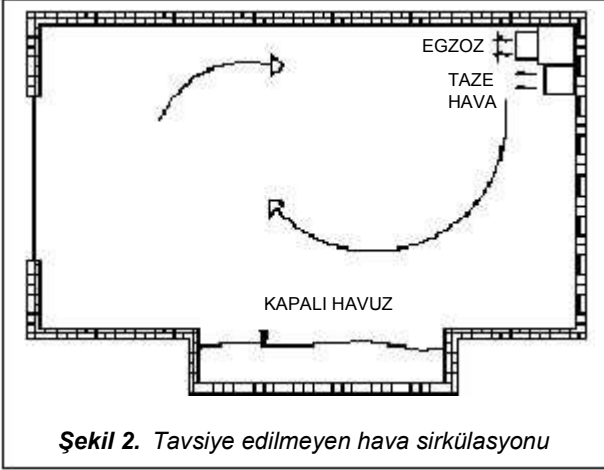
Cam yüzeylere kuru ve ılık hava üflenerek yoğuşma önlenir. Ancak skylights (havuz üstü cam kaplı) gibi camlara hava üfleme kolay değildir. Bu nedenle havuzu oluşturan yapı elemanlarının ısı köprüsü oluşturmamasına ve

* Yüksek Makina Mühendisi



Şekil 1-a. Tavsiye edilen hava sirkülasyonu

Şekil 1-b.



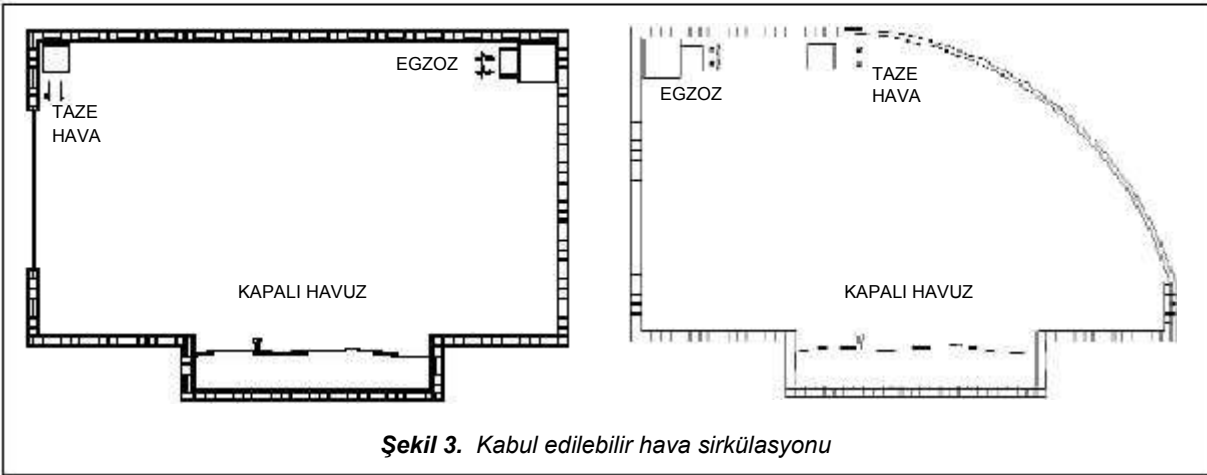
Şekil 2. Tavsiye edilmeyen hava sirkülasyonu

tavan seviyesinde hava durağan kalırsa kaçınılmaz olarak bu bölümlerde, yoğunlaşma olacaktır. Bu nedenle dönüş havası olduğunca en yüksek noktalardan alınmalı, havuz su yüzeyine doğrudan hava üflemeden kaçınılmalıdır. Şekil 1(a,b) havanın su yüzeyindeki sirkülasyonu büyük oranda engellenmiştir ve buharlaşan suyun dönüşü kanalı ile en yüksek noktadan uzaklaştırılması sağlanmıştır.

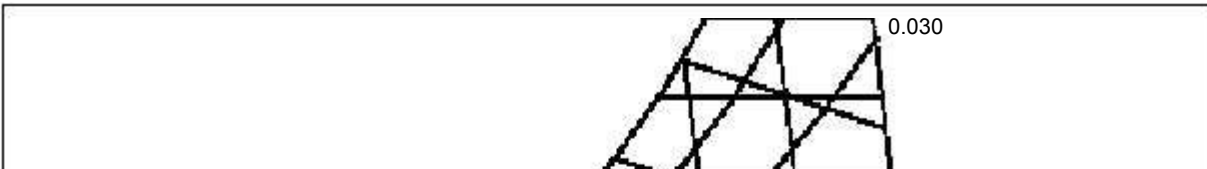
Şekil 2'de ise havanın karşı taraftaki cam yüzeyine kadar ulaşması ve kısa devre yapması için hızlı üflenmesi gerekir. Bu ise havuz yüzeyindeki buharlaşmayı hızlandıracaktır.

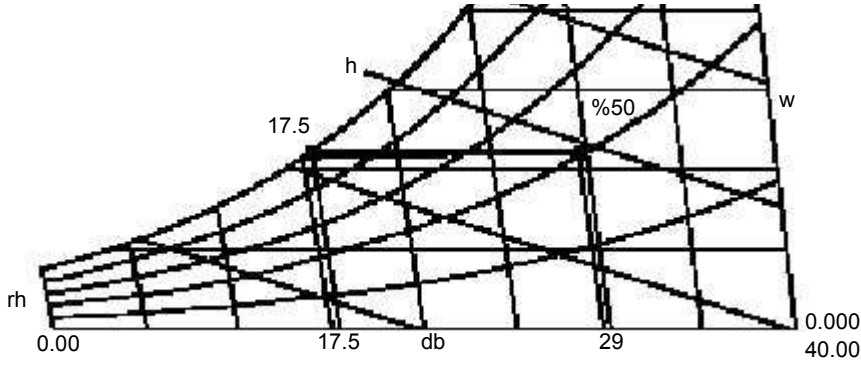
yapı malzemelerin nemden etkilenmeyecek şekilde dizayn edilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca havuz yüzeyinde oluşturulacak hızlı bir hava akımının buharlaşmayı hızlandıracağı unutulmamalıdır. Eğer yüksek tavana haiz bir yüzme havuzunda

Şekil 1-a ve 1-b'deki durumu sağlamak her zaman kolay değildir. Kapalı yüzme havuzlarının büyük bir çoğunluğunda yaz aylarında camlar açılır. Bu nedenle üfleme kanallarını yer seviye-



Şekil 3. Kabul edilebilir hava sirkülasyonu





Şekil 4. Çiğ noktası

sinde döşemek çoğunlukla mümkün olmaz. Bu durumda yaygın olarak Şekil 3'de tanımlanan hava dağılımı geçerli olur.

NEM KONTROLÜ VE KLİMA SİSTEMİ SEÇİMİ

29 °C ve %50 bağıl nem istenen bir havuzda çiğ noktası psikometrik diyagramda görüleceği gibi 17,5°C'dir (Şekil-4). Havuz içerisinde her hangi bir yüzeydeki sıcaklığın bu değer altına düşmesi durumunda, o yüzeyde yoğuşma başlayacaktır.

Genellikle yapılarda yoğuşmanın hangi noktada duvar katmanının hangi yüzeyinde oluşacağı

hesaplanmadığı için yapılar büyük zarar görmektedir.

Şimdi bir havuz duvarının aşağıdaki yapı malzemelerinden oluştuğunu varsayalım. Yukarıdaki örneğe göre 17,5 °C'nin altında bir sıcaklığa sahip olan yapı elemanı yüzeyinde yoğuşma başlayacaktır.

$$q = \frac{T_1 - T_d}{R} = U.A(T_1 - T_d)$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{25} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{0,10}{0,72} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,1}{1,2} + \frac{0,02}{922} + \frac{1}{8}$$

$$U = 0,58 \text{ w/m}^2\text{°C}$$

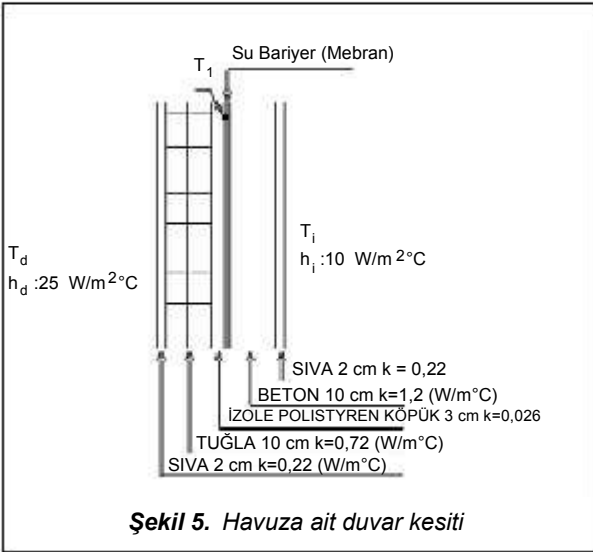
$$q = 0,58 \times 1 \times [20 - (-10)] = 17,41 \text{ W}$$

T_1 ÷E yüzeyindeki sıcaklığı kontrol edelim.

$$q = \frac{T_1 - (-10)}{\frac{1}{25} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{0,1}{0,72} + \frac{0,03}{0,026}} = 17,41 \text{ W}$$

$$T_1 = 14,78 \text{ °C}$$

Bu durumda yoğuşma bariyerin iç kısmında kalan beton içerisinde oluşacaktır. Yapılması gere



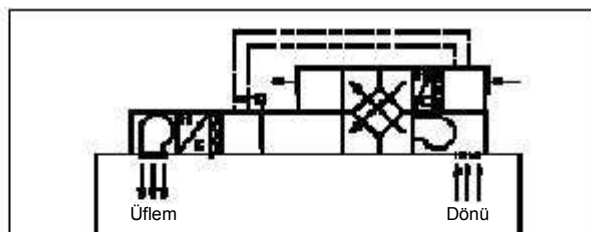
Şekil 5. Havuza ait duvar kesiti

ken izolasyon kalınlığını artırmaktır. Su yalıtımını sağlayan mebranın soğuk tarafını 18°C olarak düşünecek olursak;

$$q = \frac{18 - (-10)}{R} \text{ Ş } R = 1,60 \text{ °C/W}$$

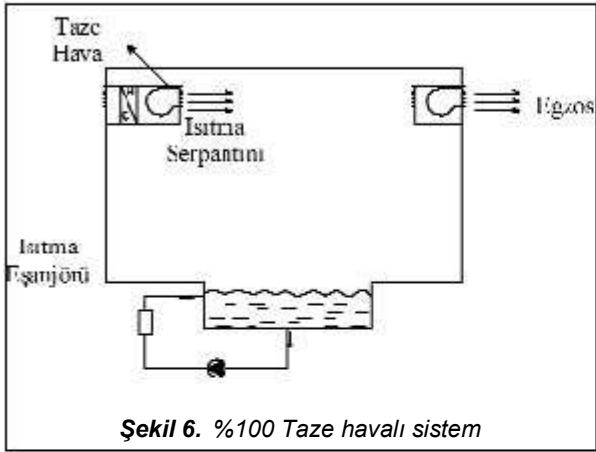
$L_{\text{izoler}} = 3,34 \sim 3,5$ cm kalınlığında izolasyon yapılması durumunda voğuşma mebranın soğuk

İkinci ve daha pratik yöntem ise klima santralinin



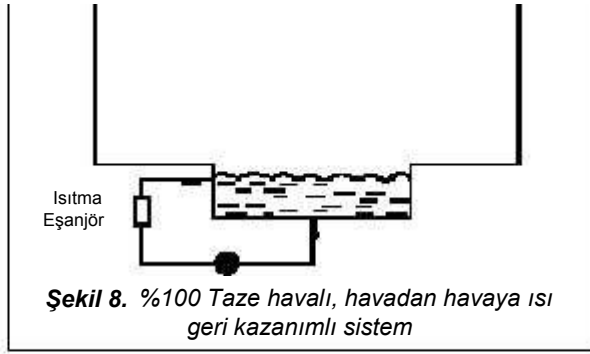
primier serpanthinin yağışın mekanizmasını sağlar tarafında kalacaktır.

Havuz ortamından klima santrali ile nemi alma -

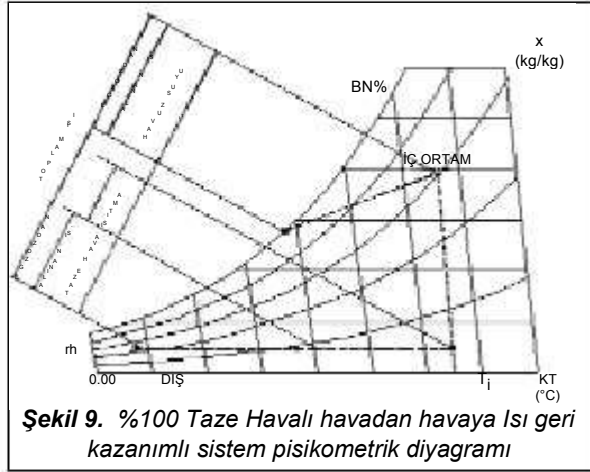


Şekil 6. %100 Taze havalı sistem

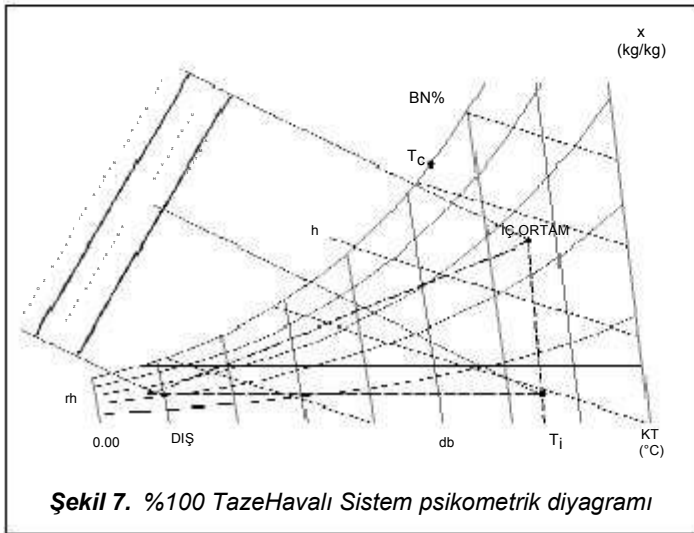
nın iki yöntemi vardır. Birincisi klima santralinin karışımı seçilerek insanlar için gerekli taze havanın resirkülasyon havasına ilave edildikten sonra belirli sıcaklığa kadar soğutulması ile havanın içindeki nemin alınması ve tekrar ısıtılmasıdır.



Şekil 8. %100 Taze havalı, havadan havaya ısı geri kazanımlı sistem



Şekil 9. %100 Taze Havalı havadan havaya ısı geri kazanımlı sistem psikometrik diyagramı

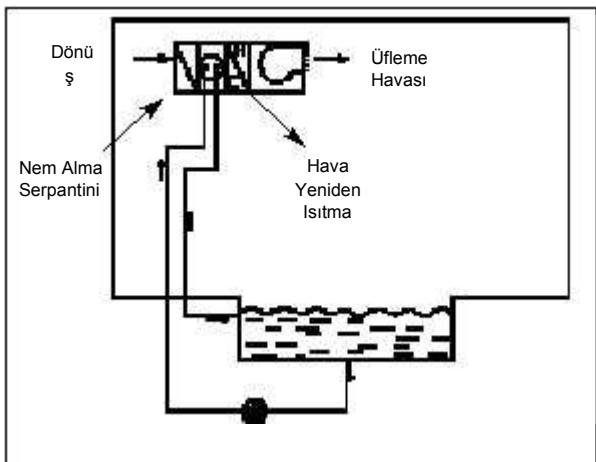


Şekil 7. %100 Taze Havalı Sistem psikometrik diyagramı

%100 taze havalı seçilerek dış ortamdan alınan taze havanın iç ortam bağıl nemini gerekli değerde tutacak ve iç ortam ısı kayıplarını yenecek şekilde ısıtılmasıdır.

Nemi çok düşük olan ısıtılmış ve yeterli debideki taze havanın iç ortamda dolaştırılıp tekrar dışarıya atılması ile ortamdaki nem alınarak yapıdan uzaklaştırılır (Şekil 7).

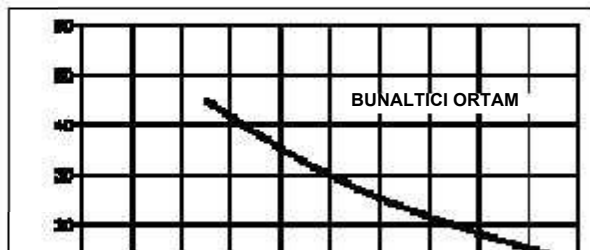
Dış ortam sıcaklığı çok düşük olan yerlerde taze hava klima santrallerinde



rına zarar vermemelidir.

Bunun için klima sistemi;

- En iyi konfor ve sağlık koşullarını sağlayacak bir hava sıcaklığı ve hava nemliliği vermelidir.



Şekil 10. Nem alma cihazı ile nem alma ve havuz su -
yu

havadan havaya ısı geri kazanım eşanjörü kul -
lanılarak enerji tasarrufu sağlanabilir (Şekil-8,
Şekil-9).

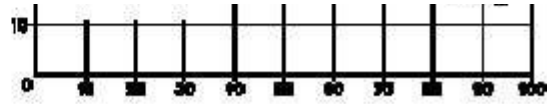
Diğer bilinen bir yöntem ise nem alma cihazı ile
havuz ortamındaki nemin alınmasıdır. Isı pom -
pası esasına göre çalışan bu cihazlardan nem
alma esnasında kondanselerinde açığa çıkan
ısı havanın ve havuz suyunun ısıtmasında kul -
lanılmaktadır. Bazı firmalar klima santralleri ile
bu cihazları birleştirerek kapalı yüzme havuzla -
rı için compact klima santralleri üretmişlerdir.
Bu santraller ile nem alma, ısı geri kazanım, ha -
vuz suyu ısıtma, taze hava sağlama gibi tüm
işlemler yapılabilmektedir.

Nem alma cihazı ile nemin ortamdaki alınması
ve enerji kaybı olmadan ısıyı havuza aktarıl -
ması sağlanabilmektedir (Şekil 10).

Bu makalenin amacı %100 taze hava ile bir ka -
pali yüzme havuzunun klima ve nem kontrolü -
nün pratikte nasıl yapılacağıdır. Pratik bilgi ola -
rak havuz mekan hacminin bir saatte en az 4-6
defa değiştirilmesi yeterli olacaktır.

DİZAYN KRİTERLERİ

Kapalı yüzme havuzlarının klima-havalandırma
sistemlerinin projelendirilmesinde hesaplanan
ısı, nem ve hava miktarları, havuzda yüzen ve
havuz dışında dinlenen kişilerin kendilerini ra -
hat hissetmelerini sağlamalı ve yapı elemanla -



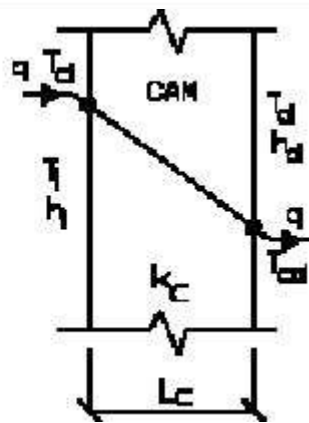
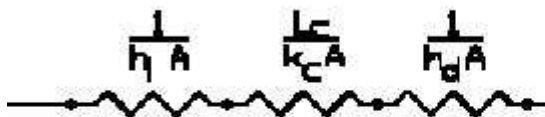
Şekil 11. Cartens-Lanicester-Rugenin Bunaltıcı hava

- Yapı elemanlarına zarar verici aşırı bir nem
oluşturmamalıdır.

Kapalı yüzme havuzundaki insanların çıplak
vücudu ile iç ortam havası arasında ısı alış-ve -
rişi olmakta ve bu ısı alış-verişinde, iç ortam
havasının sıcaklığı ve nem oranı büyük rol oy -
namaktadır. Çıplak bir insan vücudundaki "Ter -
mik Rahatlık Duygusu"; havanın sıcaklığı, bağıl
nem oranı ve hava hızına bağlıdır. Şekil-11'de -
ki eğride kapalı yüzme havuzu gibi bir yerdeki
havanın harekesiz bir insan üzerindeki etkisini
göstermektedir.

Eğrinin üst kısmındaki hava insana bunaltıcı ve
psikolojik olarak rahatsız edici bir etki yapmak -
tadır.

Kapalı yüzme havuzlarında hava sıcaklığı ge -
nellikle 24 ile 27 °C arasında seçilir. Havanın
bağıl nemi ise %30 ile %60 arasında olmalıdır.
Ancak camlarda, duvarlarda ve tavanda kon -
densasyon oluşmasına izin vermemek için or -
tam bağıl neminin max. değerini hesaplamak
gerekmektedir. Klima dizaynı yapılırken en
önemli kriter budur. Havuz suyu sıcaklığı da 20
ile 28 °C arasında seçilir.



Şekil 12. Camın iç yüzey sıcaklığının hesaplanması

KONDENSASYON

Kapalı yüzme havuzu mekanlarında toplam ala -



nin %60'ı su ile kaplıdır. İnsanların havuzdan çıkınca üşüme hissi duymaması için ortam sıcaklığının havuz sıcaklığından daha yüksek olması gerekmektedir. Bundan dolayı da havadan su yüzeyine ısı transferi olacak ve buharlaşma meydana gelerek sudan havaya kütle transferi olacaktır. Eğer klima sistemi doğru dizayn edilmez ise iç ortam havasının bağıl nem artacak ve en soğuk yapı elemanları olan pencere cam ve çerçevelerinde, duvarlarda, hatta tavanlarda kondensasyon (yoğuşma) meydana gelerek yapı malzemeleri zarar görecek ve kötü bir görüntü oluşacaktır.

CAM YÜZEY SICAKLIĞI HESABI:

Kış kliması için; mekanda en yüksek ısı transfer katsayısına sahip dış cephe elemanının yüzey sıcaklığını hesaplamak gerekiyor. Genellikle bu mekanların dışarıya bakan penceresi ve/veya çatısında şeffaf aydınlıklar bulunur. Kondensasyonun en kolay oluşacağı yüzeyler bunlardır.

Faorier Kanunundan $q = k.A \frac{dt}{dx}$

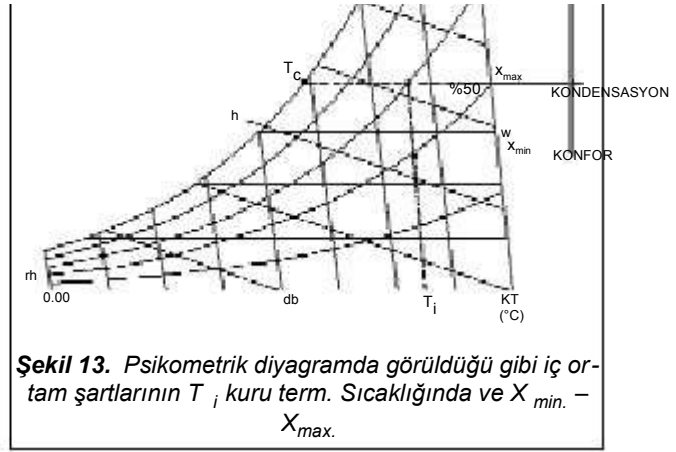
T_{ci} : Cam iç yüzey sıcaklığı [°C]

T_i : İç ortam kurutermonte sıcaklığı [°C]

T_d : Dış ortam kurutermonte sıcaklığı [°C]

h_i : İç yüzey ısı taşınım katsayısı = 8 [w/m² °C]

h_d : Dış yüzey ısı taşınım katsayısı = 25 [w/m² °C]



Şekil 13. Psikometrik diyagramda görüldüğü gibi iç ortam şartlarının T_i , kuru term. Sıcaklığında ve $X_{min.} - X_{max.}$

°C]

L_c : Cam kalınlığı [m]

k_c : Cam ısı iletim katsayısı [w/m °C]

$$q = \frac{T_i - T_d}{\frac{1}{h_i A} + \frac{L_c}{k_c A} + \frac{1}{h_d A}}$$

$$q = h_i A \cdot (T_i - T_{ci})$$

$$T_{ci} = T_i + \frac{q}{h_i A} \text{ denkleminde cam iç yüzey sıcaklığı bulunur.}$$

Yukarıdaki hesaplarla bulunan T_{ci} sıcaklığında ki cam iç yüzeyinde kondensasyon oluşması için bu yüzeydeki bağıl nemin %100'e ulaşma -

sı gerekmektedir. Yani iç ortam havasındaki mutlak nem miktarının doymuş T_{ci} sıcaklığındaki mutlak nem miktarından daha az tutulması ile yüzeydeki kondensasyon önlenmiş olur. Sonuç olarak iç ortam havasının çığ noktası T_{ci} sıcaklığının altında tutulması gerekmektedir.

KÜTLE TRANSFERİ

Kapalı yüzme havuzunda, havuz yüzeyinden ve çevresinden suyun buharlaşmasından dolayı iç ortam havasına kütle transferi olmaktadır. Hava içine geçen su buharı da havanın bağıl nemini yükseltmekte ve havanın çığ noktası sıcaklığını artırmaktadır. İç ortam havasının kuru termometre sıcaklığını sabit tutacak ve nem miktarını da kontrol altında tutabilecek şekilde klima santralinin hava (taze hava) debisi hesaplanmalıdır.

P_w : su yüzeyi sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı [kPa]

A : havuz su yüzeyi alanı [m²]

Y : su yüzeyi sıcaklığındaki suyun buharlaşması için gerekli gizli ısı [kJ/kg] (~2330 kJ/kg)

Havuzun suyu hiç hareket etmiyorsa (havuz kullanılmadığı zaman) $V = 0.1$ m/s

Havuzun suyu az hareketliyse (özel veya otel havuzları) $V = 0.3$ m/s

Orta derecedeki hareketli havuzlar (normal, olimpik, yarı olimpik) $V = 0.5$ m/s

Çok hareketli havuzlar (su sporu) $V = 1$ m/s

Su sıcaklığındaki doymuş havanın ve iç ortam havasının mutlak nem miktarları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Önce havuz yüzeyinden iç ortam havasına geçen kütle transferini hesaplayalım;

$$W_p = \frac{A \cdot (0.0887 + 0.07815 \cdot V)}{\gamma} \cdot [P_w - P_a]$$

W_p : havuzdan buharlaşan su miktarı [kg/sn.]

V : hava ile su arasındaki relatif hız [m/s]

P_a : iç ortam çiğ noktasındaki doyma basıncı [kPa]

Havuz çevresindeki yüzeylerdeki ve havuza girip çıkan insanların vücudundaki suların buharlaşmasıyla havaya geçen buhar miktarının hesaplanması;

$$W_u = \frac{F_u \cdot d \cdot (0.887 + 0.77815 \cdot V_u)}{\gamma} \cdot [P_w - P_a]$$

W_u : havuz çevresindeki yüzeylerden ve insan

Tablo 1. Deniz Seviyesindeki havanın mutlak nemi [g/kg]

Kuru Term. Sic. (°C)	Bağıl Nem %							Doymuş %100
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	
20	4,3370	5,0660	5,7964	6,5286	7,2624	7,9980	8,7353	14,6965
21	4,6153	5,3912	6,1690	6,9488	7,7304	8,5141	9,2996	15,6554
22	4,9091	5,7348	6,5627	7,3928	8,2250	9,0595	9,8962	16,6705
23	5,2192	6,0976	6,9784	7,8618	8,7476	9,6359	10,5267	17,7447
24	5,5465	6,4805	7,4173	8,3570	9,2994	10,2447	11,1928	18,8811
25	5,8918	6,8846	7,8806	8,8797	9,8820	10,8875	11,8962	20,0831
26	6,2559	7,3108	8,3692	9,4313	10,4969	11,5661	12,6389	21,3541
27	6,6397	7,7602	8,8846	10,0131	11,1456	12,2821	13,4228	22,6978
28	7,0443	8,2338	9,4279	10,6266	11,8297	13,0375	14,2499	24,1182
29	7,4704	8,7329	10,0050	11,2733	12,5511	13,8341	15,1224	25,6192

vücudundaki sulardan buharlaşan su miktarı [kg/sn.]

V_u : relatif hava hızı = 0.1 [m/s]

F_u : havuz çevresindeki gezinti sahası yüzey alanı [m²]

d : ıslak yüzey faktörü = 0.5 – 0.9 arası

HAVA DEBİSİ

Klima santralinin hava debisi kış işletmesi ve yaz işletmesi olarak iki kez hesaplanmalıdır. Ayrıca kişi başına verilmesi gereken taze hava miktarı, iç ortam havasının bağıl nem sınırı göz önüne alınmalı ve iç yüzelerde kondensasyon oluşması önlenmelidir.

Kondensasyonun önlenmesi için gerekli hava debisi:

$$G_k = \frac{(W_p + W_u)}{r \cdot (X_b + X)} \cdot 3600$$

$G_F = P \cdot f$

G_F : insanlar için gerekli min. taze hava debisi [m³/h]

P : insan sayısı (100m² gezinti sahası için 50 kişi)

f : kişi başına taze hava debisi (10 m³/h.m² [su yüzeyi] sporcular için, seyirciler için 25 m³/h.kişi)

Yukarıdaki formüllerle hesaplanan hava debilerinden en yüksek olanı kış işletmesi için gerekli ısıtma-havalandırma debisi olarak seçilir.

SONUÇ

Kapalı yüzme havuzlarında klima ve nem alma işleminin önemi çok açık olarak görülmektedir. Kapalı havuz için alınması gereken kararların mimar ve makina mühendisinin yapacağı koordineli çalışmalar sonucunda alınması gerekmektedir. Havuz ortamında konforu sağlamanın yanında buharlaşan su miktarının kontrolü ve bu buharın ortamdaki uzaklaştırılması çalışmaları çok hassas olup, yanlış dizayn edilen

G_k : kondensasyonu önlemek için gerekli min. taze hava debisi [m^3/h]
 r : havanın yoğunluğu = 1.2 [kg/m^3]
 X_i : iç ortam havasının mutlak nemi [kg/kg]
 X_s : üfleme havasının mutlak nemi [kg/kg]

İç ortamı ısıtmak için gerekli hava debisi;

$$G_H = \frac{Q_H}{0.29 \cdot (T_s + X_i)}$$

G_H : ısıtmak için gerekli min. hava debisi [m^3/h]
 Q_H : mekanın ısı kaybı [$kcal/h$]
 T_s : üfleme havası sıcaklığı [$^{\circ}C$] (max. 40 $^{\circ}C$)
 T_i : iç ortam sıcaklığı [$^{\circ}C$] (24 – 30 $^{\circ}C$ arası)

İnsanlar için ortama verilmesi gereken taze hava debisi;

sistemlerde; enerji kaybının yanında kapalı havuz oluşturulan yapı yüzeylerinde yoğuşmaya bunun sonucunda da onarılması zaman ve maliyet gerektiren tahribatlara sebep olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Handbook, "HVAC Systems and Applications", 1987
- [2] ASHRAE Handbook, "Fundamentals", 1993
- [3] Doç. Dr. Semra ÜLKÜ, "Kütle Transferi", DEU Müh. Mim. Fak.
- [3] TMMOB Kimya Müh. Od., "Momentun Isı ve Kütle Aktarımı" İzmir; 1980
- [4] Prof. Dr. Alpin Kemal DAĞSÖZ, "Isı Geçişi / Transferi" İTÜ Mak. Fak. Isı Transferi Ekono misisi
- [5] Prof. Dr. Kemal ONAT, "Kütle Transferi" İTÜ M.M.L.S. Ders Notları
- [6] Dectron firmasına ait teknik yayın; 1984