

KAPALI YÜZME HAVUZLARININ KLİMA DİZAYNI

Veli DOĞAN

ÖZET

Turizm sektöründeki hızlı gelişme, ülkemizde turistik konaklama amaçlı yatırımları arttırmıştır. İnsanlarımızın ekonomik durumunun iyileşmesine paralel olarak iç turizm; iş seyahati ve toplantıları ciddi bir konaklama tesisi ihtiyacına yol açmıştır. Son yıllarda inşaa 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

ABSTRACT

Caused by speedy grow up of tourism sector, raised the investments of tourist type hotels. Also economic situation of our people had improved and parallels of these improvements increase the business type meeting and journeys. This increases the need for more hotels.

At the recent years buildings of hundreds of hotels, open and closed type swimming pool, which play now major role. Especially wintertime closed type swimming pools have become an important fun center. In this paper I will discuss that how to arrange control of humidity ratio, feasibility of precaution for building components and the comfort condition at the closed type swimming pools.

Keywords : Close type pool area, comfort condition, humidity ratio, air distribution

GİRİŞ

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

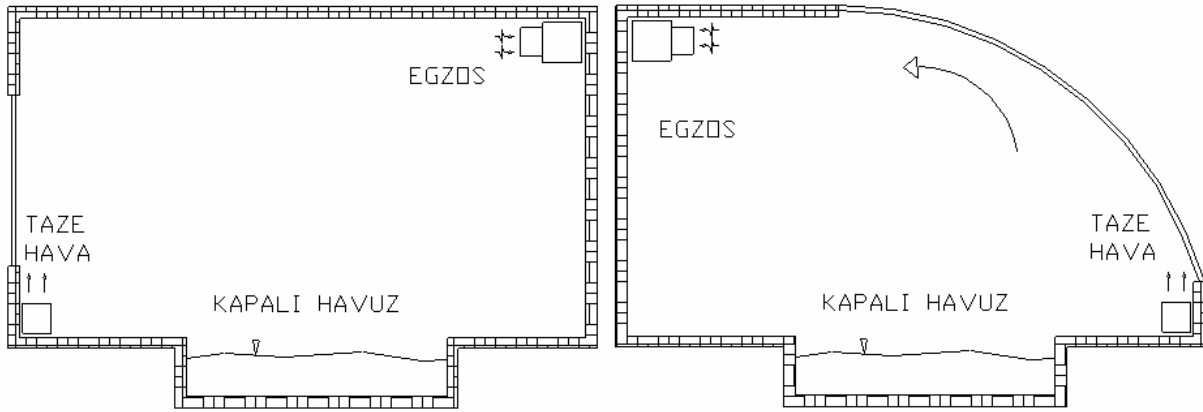
Temel amaç, havuz dinlenme alanlarında ve havuz yüzeyinde, rahatsız edici hava akımları yaratmadan, havuz suyu yüzeyinden ve çevreden buharlaşan suyu ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Mimar ve makine mühendisi beraber çalışmalı ve sonuçta aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

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

HAVUZ İÇERİSİNDE HAVA DAĞILIMI

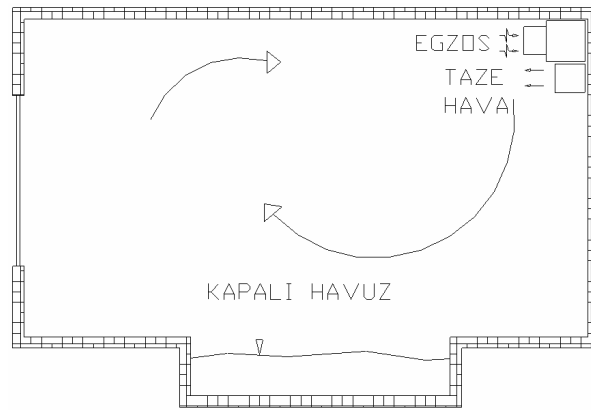
Cam yüzeylerine kuru ve ılık hava üfleterek yoğuşma önlenir.ancak skylights (havuz üstü cam kaplı) gibi camlara hava üfleme kolay değildir. Bu nedenle havuzu oluşturan yapı elemanlarının ısı köprüsü oluşturmamasına ve yapı malzemelerin nemden etkilenmeyecek şekilde dizayn edilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca havuz yüzeyinde oluşturulacak hızlı bir hava akımının buharlaşmayı hızlandıracağı unutulmamalıdır.

Eğer yüksek tavana haiz bir yüzme havuzunda tavan seviyesinde hava durağan kalırsa kaçınılmaz olarak bu bölümlerde, yoğuşma olacaktır. Bu nedenle dönüş havası olduğunca en yüksek noktalardan alınmalı, havuz su yüzeyine doğrudan hava üflemeden kaçınılmalıdır.



Şekil 1-a. Tavsiye edilen hava sirkülasyonu

Şekil 1-b.

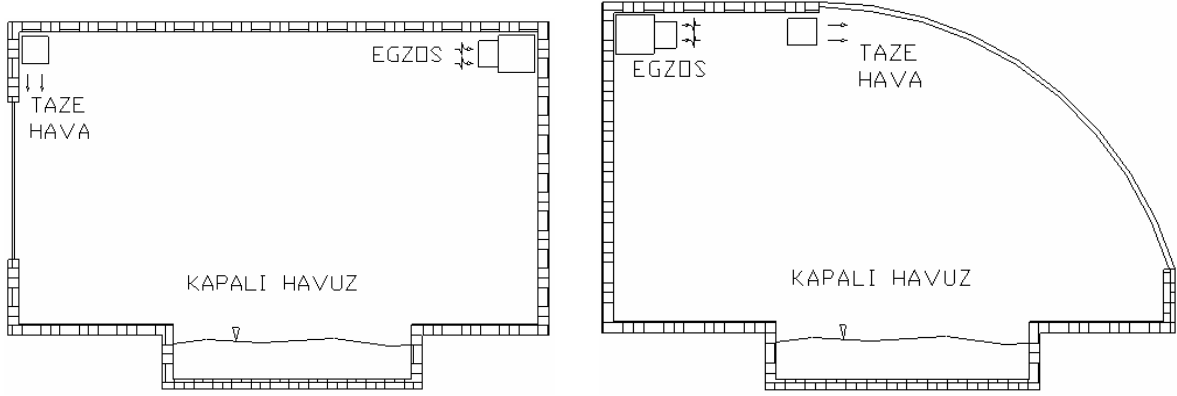


Şekil 2. Tavsiye edilmeyen hava sirkülasyonu

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 yapmaması için hızlı üflenmesi gerekir. Bu ise havuz yüzeyindeki buharlaşmayı hızlandıracaktır.

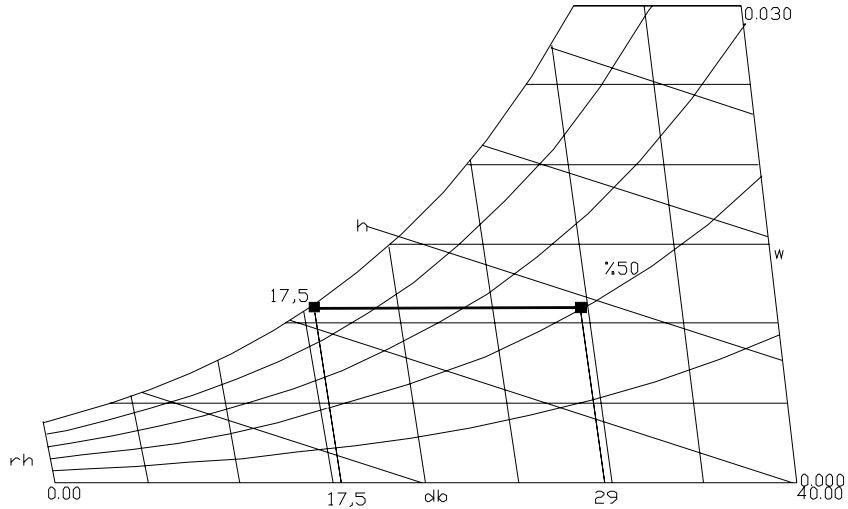
Şekil 1-a ve 1-b'deki durumu sağlamak her zaman kolay değildir. Kapalı yüzme havuzlarının büyük bir çoğunluğunda yaz aylarında camlar açılır. Bu nedenle üfleme kanallarını yer seviyesinde döşemek çoğunlukla mümkün olmaz. Bu durumda yaygın olarak şekil 3'de tanımlanan hava dağılımı geçerli olur.



Şekil 3. Kabul edilebilir hava sirkülasyonu

NEM KONTROLÜ VE KLİMA SİSTEMİ SEÇİMİ

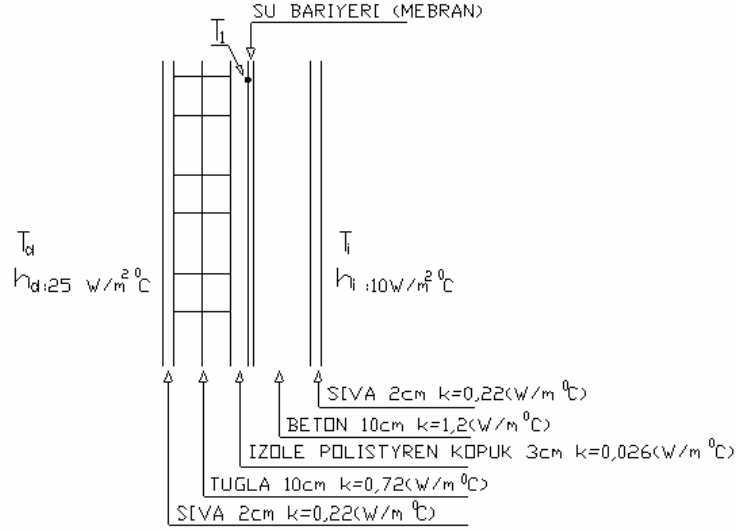
29 °C ve %50 bağıl nem istenen bir havuzda çığ noktası psikometrik diyagramda görüleceği gibi 17,5°C'dir (Şekil-4). Havuz içerisinde her hangi bir yüzeydeki sıcaklığın bu değer altına düşmesi durumunda, o yüzeyde yoğuşma başlayacaktır.



Şekil 4. Çığ noktası

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 0C'nin altında bir sıcaklığa sahip olan yapı elemanı yüzeyinde yoğuşma başlayacaktır.



Şekil 5. Havuza ait duvar kesiti

$$q = \frac{T_i - T_d}{\Sigma R} = U \cdot A (T_i - T_d)$$

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

$$U = 0,58 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

T_1 → yüzeyindeki sıcaklığı kontrol edelim.

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

$$T_1 = 14,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bu durumda yoğuşma bariyerin iç kısmında kalan beton içerisinde oluşacaktır. Yapılması gereken izolasyon kalınlığını artırmaktır. Su yalıtımını sağlayan membranın soğuk tarafını 18°C olarak düşünecek olursak.

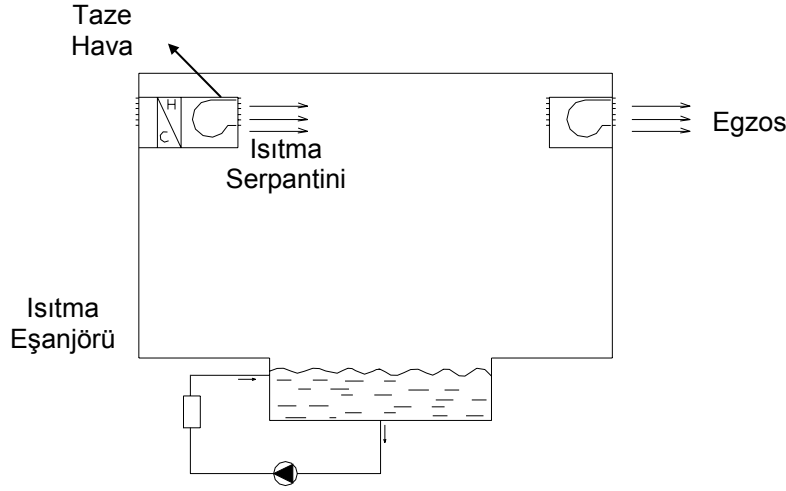
$$q = \frac{18 - (-10)}{R} \Rightarrow R = 1,60 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R = \frac{1}{25} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{0,1}{0,72} + \frac{\text{izole}}{0,026} = 1,60$$

$L_{\text{izoler}} = 3,34 \sim 3,5$ cm kalınlığında izolasyon yapılması durumunda yoğuşma membranın soğuk tarafında kalacaktır.

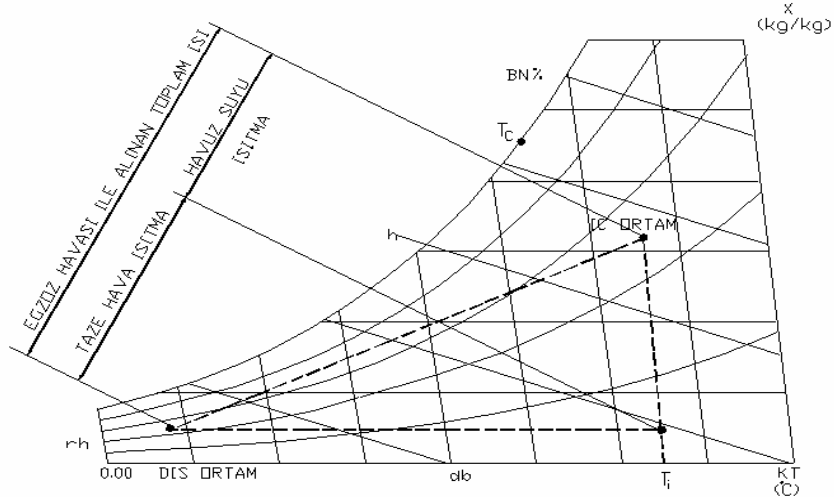
Havuz ortamından klima santrali ile nemi almanın iki yöntemi vardır. Birincisi klima santralinin karışımı seçilerek insanlar için gerekli taze havanın resirkülasyon havasına ilave edildikten sonra belirli sıcaklığa kadar soğutulması ile hava içindeki nemi alınması ve tekrar ısıtılmasıdır.

İkinci ve daha pratik yöntem ise klima santralinin %100 taze havalı seçilerek dış ortamdan alınan taze havanın iç ortam bağıl nemini gerekli değerde tutacak ve iç ortam ısı kayıplarını yenecek şekilde ısıtılmasıdır.



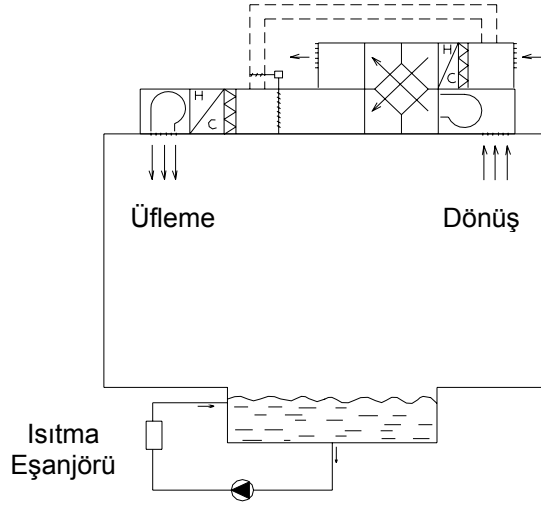
Şekil 6. %100 Taze havalı sistem

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

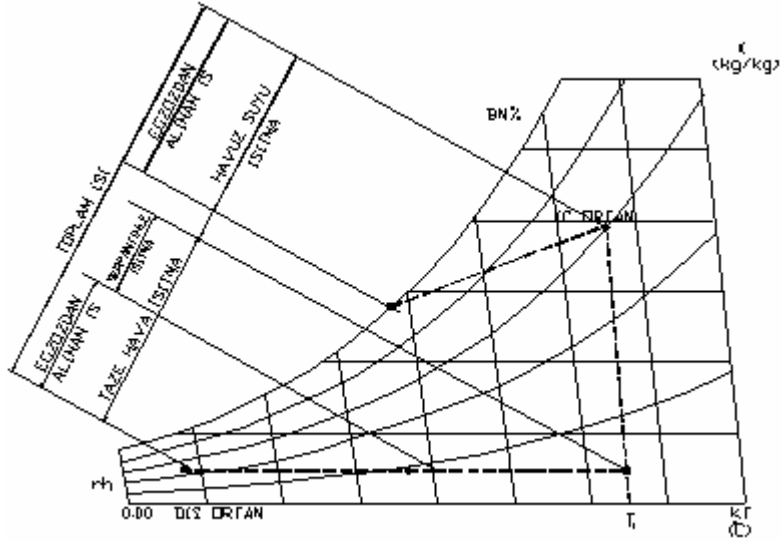


Şekil 7. %100 Taze Havalı Sistem psikometrik diyagramı

Dış ortam sıcaklığı çok düşük olan yerlerde Taze hava klima santrallerinde havadan havaya ısı geri kazanım eşanjörü kullanılarak enerji tasarrufu sağlanabilir (Şekil-8, Şekil-9).

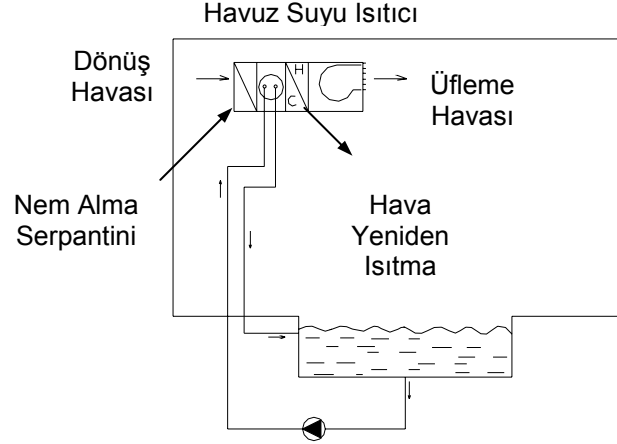


Şekil 8. %100 Taze havalı, havadan havaya ısı geri kazanımlı sistem



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

Diğer bilinen bir yöntem ise nem alma cihazı ile havuz ortamındaki nemin alınmasıdır. Isı pompası esasına göre çalışan bu cihazlardan nem alma esnasında kondanserlerinde açığa çıkan ısı havanın ve havuz suyunun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bazı firmalar klima santralleri ile bu cihazları birleştirerek kapalı yüzme havuzları için compact klima santralleri üretmişlerdir. Bu santraller ile nem alma, ısı geri kazanım, havuz suyu ısıtma, taze hava sağlama gibi tüm işlemler yapılabilmektedir.



Şekil 10. Nem alma cihazı ile nem alma ve havuz suyu ısıtılması kapalı devre enerji çevrimi

Nem alma cihazı ile nemin ortamdaki alınması ve enerji kaybı olmadan ısınin havuza aktarılması sağlanabilmektedir. (Şekil 10.)

Bu makalenin amacı %100 taze hava ile bir kapalı yüzme havuzunun klima ve nem kontrolünün pratikte nasıl yapılacağıdır. Pratik bilgi olarak havuz mekan hacminin bir saatte en az 4-6 defa değiştirilmesi yeterli olacaktır.

DİZAYN KRİTERLERİ

Kapalı yüzme havuzlarının klima-ventilasyon sistemlerinin projelendirilmesinde hesaplanan ısı, nem ve hava miktarları, havuzda yüzen ve havuz dışında dinlenen kişilerin kendilerini rahat hissetmelerini sağlamalı ve yapı elemanlarına zarar vermemelidir.

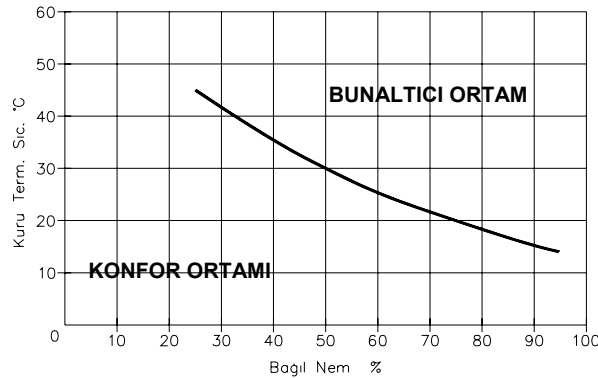
Bunun için klima sistemi;

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

Yapı elemanlarına zarar verici aşırı bir nem oluşturmamalıdır.

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

Eğrinin üst kısmındaki hava insana bunaltıcı ve psikolojik olarak rahatsız edici bir etki yapmaktadır.



Şekil 11. Cartens-Lancaster-Rugenin Bunaltıcı hava eğrisi

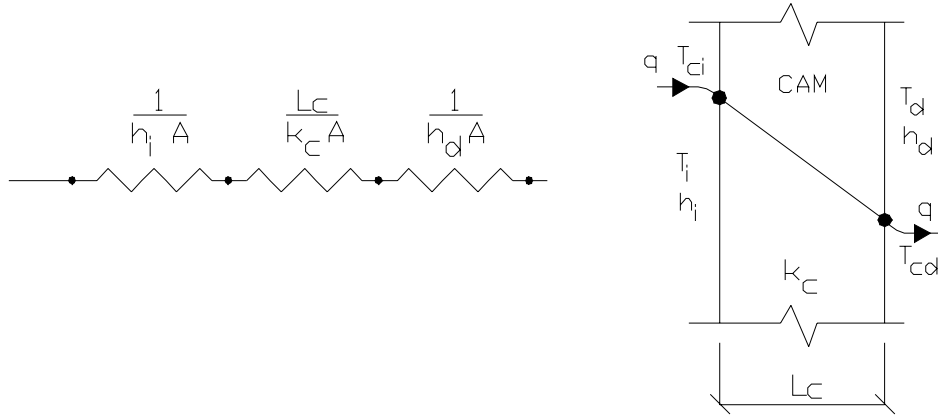
Kapalı yüzme havuzlarında hava sıcaklığı genellikle 24 ile 27 °C arasında seçilir. Havanın bağıl nemi ise %30 ile %60 arasında olmalıdır. Ancak camlarda, duvarlarda ve tavanlarda kondensasyon oluşmasına izin vermemek için ortam bağıl neminin max. değerini hesaplamak gerekmektedir. Klima dizaynı yapılırken en önemli kriter budur. Havuz suyu sıcaklığı da 20 ile 28 °C arasında seçilir.

KONDENSASYON

Kapalı yüzme havuzu mekanlarında toplam alanın %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 nemi artacak ve en soğuk yapı elemanları olan pencere cam ve çerçevelerinde, duvarlarda, hatta tavanlarda kondensasyon (yoğuşma) meydana gelerek yapı malzemeleri zarar görecektir 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.



Şekil 12. Camın iç yüzey sıcaklığının hesaplanması

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]

L_c : Cam kalınlığı [m]

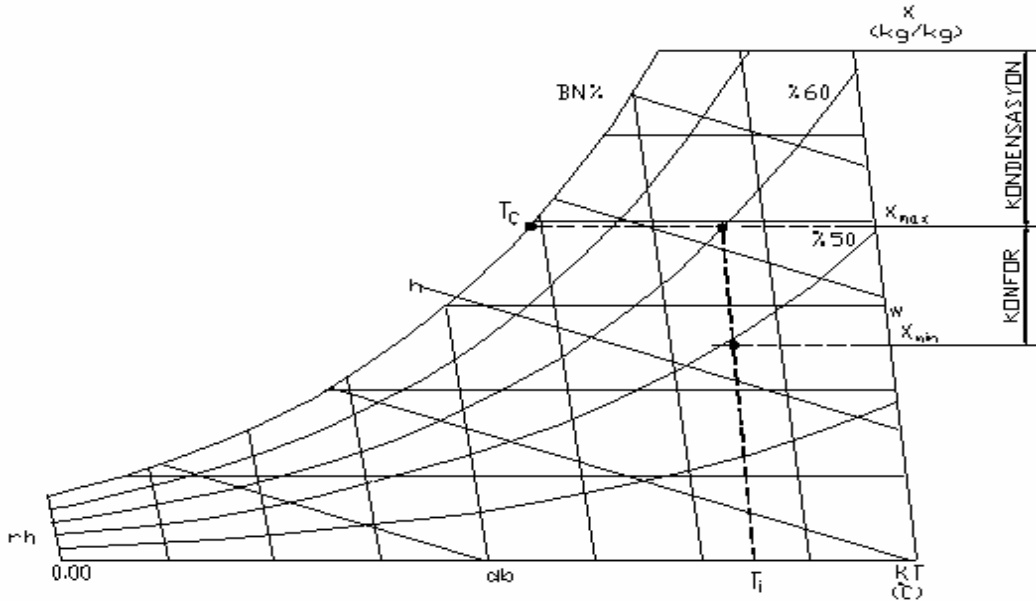
k_c : Cam ısı iletim katsayısı [w/m °C]

$$q = \frac{T_i - T_d}{\frac{1}{hiA} + \frac{Lc}{kcA} + \frac{1}{hdA}}$$

$$q = hiA.(T_i - T_{ci})$$

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

Yukarıdaki hesaplarla bulunan T_{ci} sıcaklığındaki cam iç yüzeyinde kondensasyon oluşması için bu yüzeydeki bağıl nemin %100'e ulaşması 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.



Şekil 13. Psikometrik diyagramda görüldüğü gibi iç ortam şartlarının T_i kuru term. Sıcaklığında ve X_{min} – X_{max} .. arasında mutlak neme sahip olması gerekiyor

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.

Önce havuz yüzeyinden iç ortam havasına geçen kütle transferini hesaplayalım;

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

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

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

P_a : iç ortam çığ noktasındaki doyma basıncı [kPa]

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.

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
30	7,9191	9,2586	10,6038	11,9548	13,3115	14,6741	16,0425	27,2052

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

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

W_u : havuz çevresindeki yüzeylerden ve insan 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 işlemesi 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;

$$G_k = \frac{(W_p + W_u)}{\rho \cdot (X_i - X_s)} \cdot 3600$$

G_k : kondensasyonu önlemek için gerekli min. taze hava debisi [m^3/h]

ρ : 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;

$$G_H = \frac{Q_H}{0.29 \cdot (T_s - T_i)}$$

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;

$$G_F = P \cdot f$$

G_F : insanlar için gerekli min. taze hava debisi [m^3/h]

P : insan sayısı (100 m^2 gezinti sahası için 50 kişi)

F : kişi başına taze hava debisi (10 $m^3/h \cdot m^2$ [su yüzeyi] sporcular için, Seyirciler için 25 $m^3/h \cdot kişi$)

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 makine mühendisinin yapacağı koordineli çalışmalar sonucunda alınması gerekmektedir. Havuz ortamında konforu sağlamanın yanında buharlaşan su miktarının kontrolü ve bu buharın ortamdaki uzaklaştırılması çalışmalarını çok hassas olup, yanlış dizayn edilen sistemlerde; enerji kaybının yanında kapalı havuzu oluşturan 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 Ekonomisi
- [5] Prof. Dr. Kemal ONAT, "Kütle Transferi" İTÜ M.M.L.S. Ders Notları
- [6] Dectron Firmasına ait teknik yayın; 1984

ÖZGEÇMİŞ

Veli DOĞAN

1958 Malatya doğumludur. 1980 yılında Ege Üniversitesi Makine Fakültesini Makine Mühendisi olarak bitirmiştir. 1982 yılında İTÜ Makine Fakültesinde Enerji dalında mastır yapmıştır. 1986 yılına kadar yurt içi ve yurt dışında özel sektörde çalışmıştır. 1986 yılında Vemeks Mühendislik Ltd. Şti.'ni kurmuştur. 9 Temmuz 2001 yılında doktora çalışmasını tamamlamıştır. Halen Yurt içinde ve Yurt dışında HVAC konusunda proje ve taahhüt yapan Vemeks Mühendislik Ltd. Şti.'nin yöneticisi olarak çalışmalarına devam etmektedir.