

# Görünür Ferahlık İdari İnşaatlarda Termik Ferahlık

Christoph Meyer\*

## Özet

*Termik rahatlık meselesi, öncelikle de idari inşaatlarda gitgide daha çok ele alınmakta olup, aynı zamanda son yıllarda daha da karmaşık bir hal almıştır. Kullanıcı memnuniyeti ile verimlilik arasındaki bağlamın gitgide daha çok kabul görüyor olması ile birlikte ferahlık sorunu hissedilir derecede hassasiyet kazanmıştır. Gene de bilinen ferahlık ölçütlerine uyulabilmesi, özellikle de cephelerin mümkün mertebe şeffaf yapılması yönündeki eğilim ve buna bağlı olarak da yüksek camlama oranları çoğu zaman güçtür.*

Kışın, soğuk cam yüzeylerine vuran hava nedeniyle cereyan, yazın da güneş ışınları nedeniyle aşırı sıcak tehdidi altındayız. Doğal havalandırma konseptlerinde, içeri giren havanın denetimsiz olması ve önceden ısıtılmamış olması nedeniyle cereyan tehdidi daha da artmaktadır. Atrium gibi yüksek tavanlı mekanlarda buna bir de mekan içerisinde kendisini belli eden sıcaklık katmanları sorunsalı da eklenmektedir.

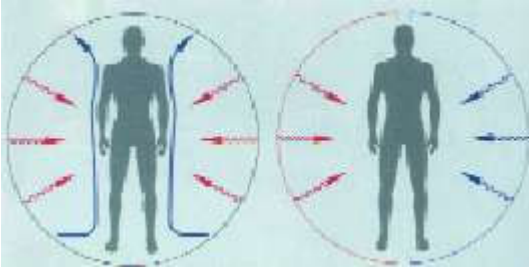
Aynı zamanda enerji etkinliğindeki artış, yenilenebilir tekniklerin kullanışlılığı ve işleme maliyetindeki azaltmalar gibi nedenlerle alçak ve yüksek sıcaklığı düşük yüzey ısıtma ve soğutma sistemlerine doğru bir eğilim kaydedilmektedir. Aynı elemanların yıl

içindeki mevsimlere göre farklı şekillerde kullanıldığına sıklıkla rastlanmaktadır. Tipik örnekler ise kışın ısıtma yüzeyi olarak da kullanılan aktif yapı parçaları ya da soğutma yelkenleridir. Tipik olarak bu sistemlerin güç rezervleri düşüktür ve bunlar örneğin gelen soğuk havaya amaca yönelik, mekansal olarak yoğunlaştırılmış bir sıcak hava beslemesi ile karşılık verebilecek güce pek sahip değildir.

Birbirine zıt bu türden koşullar ve özelliklere sahip sistemlerin fonksiyonlarının planlama sırasında gözden geçirilebilmesi, değerlendirilebilmesi ve gerektiği takdirde de düzeltilebilmesi için, gitgide daha da çok hassaslaştırılmış simülasyon araçları kullanılmaktadır. Statik yöntemler ve boyutlandırma ku-

\*Dr. Mühendis - Hausladen + Meyer GbR

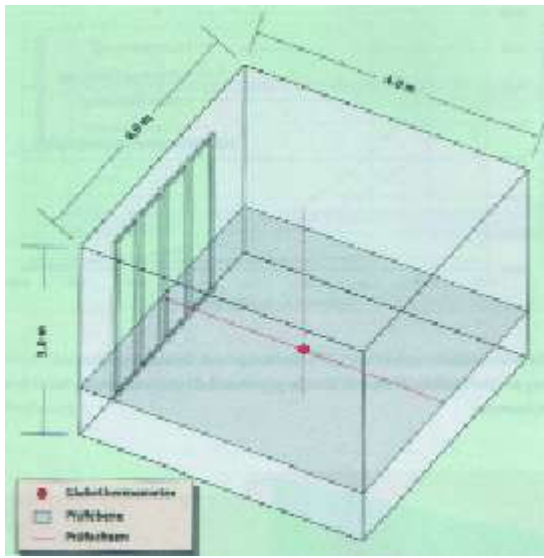
Technik am Bau. Kasım 2005 sayısından Almanca çeviri yapılarak hazırlanmıştır.



**Resim 1a (sol): İşlemsel sıcaklık hem mekan havasıyla konvansiyonel ısı değişimine hem de vücut ile mekan yüzeyi arasındaki ışınım değişiminin yoğunluğuna bağlıdır.**

**Resim 1b (sağ): Işınım sıcaklığı asimetrisi, birbirine zıt istikametlerdeki ışınım sıcaklıkları arasındaki farka göre belirlenir (buradaki resimde sağ ve sol arasında) ve Kelvin [K] cinsinden gösterilir. İnsanın ışınım asimetrisi toleransı istikamete bağlıdır. Baş üzerindeki sıcak bir yüzey, yandan hissedilen bir sıcaklıktan farklı hissedilir.**

ralları bu türden sistemler bağlamında termik ferahlığın değerlendirilmesinde işe yaramamaktadır. Ancak çok daha hassas bir yöntem olarak dinamik bir simülasyonu da ne olursa olsun lokal hava hareketleri, mekansal sıcaklık dağılımı ve benzeri önemli ferahlık ölçütleri hakkında bir sonuç çıkarmak için



Globe termometre - Test düzlemi - Test eksenleri

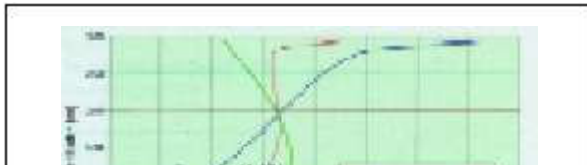
**Resim 2: Monte edilmiş dört duvar ısıtma elemanı, mekanın ortasında, yerden 0,75 m yukarıda bulunan Globe termometresi ile güç ölçümü test odasının şekli. Test düzlemindeki ve iki test eksenindeki simülasyon sonuçları 3 ila 5 numaralı resimlerde gösterilmiştir.**

Bu nedenle CFD'den (Computational Fluid Dynamics) biraz daha kompakt olan akıntı simülasyonu, yapı tekniğinde ferahlık incelemeleri için bir araç olarak gitgide daha da gelişmektedir. Şimdiye dek gene de ağırlıklı olarak hava hareketleri ile sıcaklıklarının değerlendirilmesi ile sınırlı kalmıştır ve bununla da insanın ferahlık hissini değerlendirilmesi neredeyse hiç mümkün olmamaktadır. Bu da tabii ki özellikle, fonksiyonları belirleyici oranda ışınım yoluyla ısı değiş tokuşunu esas alan yukarıda belirttiğimiz yüzey ısıtma ve soğutma sistemleri için geçerlidir. Şimdiye kadarki kısıtlama, termik mekan ikliminin tam ve normlara uygun olarak değerlendirilmesi için gerekli bütün verilerin her CFD modelinde yer alması nedeniyle şaşırtıcıdır. Hava sıcaklığına ve hava hızına ek olarak yüzey sıcaklıkları ve mekan geometrisi de esastır. Kassel'deki Yapı Klimatik Mühendislik Bürosu'nda (Ingenieurbüro Bauklimatik) piyasada bulunan CFD yazılımı için bir genişleme modülü geliştirilmiş olup, bu modül söz konusu durumdan yararlanmayı sağlamaktadır. Böylelikle geleneksel akıntı simülasyonları ile karşılaştırıldığında, az miktarda ilave bir külfetle henüz planlama aşamasındayken, hissedilen mekan iklimi hakkında, şimdiye kadar olduğundan önemli ölçüde ayrıntılı bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır.

### İnsan Tarafından Hissedilen ve Değerlendirilen Sıcaklık

Ancak insan vücudundaki sıcaklık toplamı dengelendiği takdirde bir termik ferahlıktan bahsedilebilir. Henüz 1970'li yılların başlarında Fanger tarafından bir sıcaklık toplamı formüle edilmiş olup, bu da birkaç ilave koşulla o zamandan bu yana hemen hemen genel geçer bütün ferahlık ölçüt ve normlarının esasını teşkil etmiştir. Bu formülasyon, insan vücudundaki metabolizmanın, gerçekleştirilen bedensel etkinliğe bağlı olarak vücuttan bırakılan ısıyı ve yarı ısıtma, ışınım ve buharlaşma yoluyla çevreye verilen ısıyı dikkate almaktadır.

Konvektif ısı nakliyesi, hava hareketi ve sıcaklıktan, ışınım sıcaklığı adı verilen, bulunulan yerde etraftaki yüzeylerin ortalama sıcaklığı ile gerçekleşen ışınım değiş tokuşundan etkilenir. Mekan





mekan içindeki havanın neme ait veri, dengeli etkinlik ve bu sırada üstte bulunan giysidir. DIN EN ISO 7730 uyarınca PMV ve PPD'yi hesaplamaya ve bir grafik halinde sergilemeye yarayan bir programı Excel çalışma kitabı formatında İnternet'ten ücretsiz olarak indirebilirsiniz ([www.ib-bauklimatik.de](http://www.ib-bauklimatik.de)). Dengeli bir sıcaklık toplamı termik ferahlık için bir önkoşul olsa da, tek başına bir ferahlık garantisi vermez. Lokal ferahlık koşulları olarak adlandırılan bazı ilave ferahlık koşullarının da yerine gelmesi gerekir.

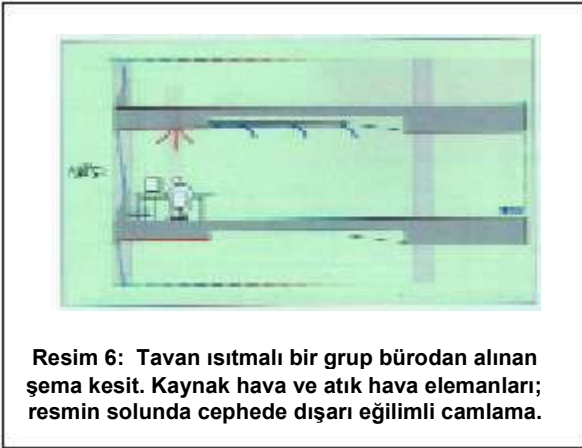
Böylelikle, dengeli bir sıcaklık toplamında dahi, vücudun bazı bölgelerine çok fazla sıcaklık verildiğinde ya da bazı bölgeler sıcaklıktan mahrum bırakıldığında rahatsızlık hissedilebileceğini kaydetmek gerekir. Böylesi bir durum örneğin, dikey sıcaklık gradyanları ile öne çıkan, zemin yakınlarındaki çok fazla belirgin sıcaklık katmanlarında görülür. İstikamete bağlı olarak, ışınım sıcaklığındaki, ışınım sıcaklığı asimetrisi adı verilen çok yüksek farklar, benzeri etkilere neden olur. Bunun sonuçlarını, kış gününü, doğrama kalitesi kötü bir pencere önünde uzun bir süre oturmuş olan herkes bilir. Işınım sıcaklığı asimetrisinin değerlendirilmesinde, bunun istikame-

terken yerel iklimin iklimi etkileyeceği de göz önünde tutularak hava hızı ve sıcaklığı elde edilir. Üçüncü büyüklük olan ışınım sıcaklığının tetkiki ise kapsamlı bir ferahlık değerlendirmesi yolunda ilk ve aynı zamanda da en zahmetli adımdır. Bu tetkik, mekan geometrisinin, simülasyondan elde edilen yüzey sıcaklıklarının ve bakış faktörünün belirlenmesinde kullanılan bir dolu geometrik hesaplamaların yardımıyla gerçekleştirilir. Böylelikle işlemsel sıcaklığın tespiti için gerekli bütün veriler bilinmektedir. Yeni geliştirilmiş bulunan bir yazılım, bunun için normlardaki basitleştirilmiş yaklaşım denklemleri kullanmaz. Bunların yerine aynı noktada Globe termometre ile ölçülmüş bulunan değer tetkik edilir.

Nihayet en önemli lokal ferahlık koşulları kontrol edilebilir. Dikey sıcaklık katmanlarında bu çok basittir. Bu, hesaplanmış, mekan için sıcaklık dağılımından doğrudan anlaşılabilir. Tetkik edilerek belirlenebilmesi için gerekli ışın sayıları ile birlikte istikamete bağlı çok sayıda ışınım sıcaklığının da hesaplanması gerektiren ışınım sıcaklığı asimetrisi görece çok daha büyük bir zahmete neden olur.

### Simülasyon ve Gerçeklik

Duvar ısıtma elemanlarında yapılan güç ölçümleri -



nin sonuçları, yeni simülasyon aracının kontrol edilmesine yarar. Bu kontrol, duvar, zemin ve tavan yüzeyleri, oda ortasında ve zeminden 0,75 m yükseklikte Globe sıcaklığı yaklaşık 20 derece olacak şekilde soğutulan bir test odasında gerçekleşir (bakınız: Şema, Resim 2). Duvar ısıtma elemanları, frezeden geçmiş yüzey yivlerine kılcal borular yerleştirilmiş bulunan bir taşıyıcı plakadan oluşur. Mekana bakan taraflarına seramik fayans yapılandırılmıştır. Isıtma panellerinin her birinin toplam yüzeyi 1,5 m<sup>2</sup> olup, bunun % 72'si ısıtılır. Ölçüm için test odasına bu elemanlardan dört tane monte edilmiştir. Test odasının duvarlarının yüzey sıcaklığı 18,4 ve 18,5 derecedir. Tek istisnası, önüne test parçasının monte edildiği 22,0 derecelik duvardır. Duvar ısıtma elemanlarının yüzeye ilişkin performansları, ortalama 50 derecelik ısıtma sıcaklığı meydanında 139 W/m<sup>2</sup> olarak görülmüştür. Simülasyonun sonuçları 3 ila 5 numaralı resimlerde gösterilmiş olup, bu sonuçlar, deneyde elde edilen değerlerle mükemmel bir örtüşme arz etmektedir. Ölçülen ve hesaplanan Globe sıcaklığı arasındaki fark yalnızca 0,20 K olup, deneyde kullanılan duyarganın hassasiyeti +/- 0,1 K'dir.

### İlk Uygulamalar

Yeni geliştirilen bu yazılımın tipik uygulama alanları yenilikçi cephe, ısıtma ve soğutma konseptlerinin kontrol ve optimizasyonu ile inşaat araştırmalarıdır. Buna göre kısa bir süre önce Federal İmar ve Mekan Düzeni Dairesi (BBR) tarafından verilen bir görev üzerine, yukarıda anlattığımız yazılımın yar-

dımıyla bir "ferahlık testi" yapılmıştır. Bu testte çeşitli emilim standartlarına, cephe yapılarına ve tenkit teçhizata sahip 144 mesken varyantı termik ferahlık bakımından incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçların bir özeti TAB Teknik am BAu'nun bir sonraki sayısında yer almaktadır.

İdari inşaatlarda, önemli ölçüde çok yönlü cephe ve teknik tasarımlara rastlanmaktadır. Aşağıda bir örnek olarak gösterilen inceleme sonuçları, bir idare binasının planlanan ıslah çalışmaları bağlamında elde edilmiştir. 6 numaralı resimde, camlaması karakteristik olarak dışa eğilimli bir grup ofisten alınan bir kesit gösterilmiştir.

Münih Kirchheim'daki Hausladen mühendislik bürosunun ev tekniğine ilişkin ıslah konsepti, cephede ısı tekniğine ilişkin temelden bir ıslah yapmak suretiyle mekan içindeki ısıtma, soğutma ve havalandırma elemanlarının asgari düzeye indirilmesini öngörmektedir. Gelen hava akımı, cephe alanında ve bina çekirdeğinden gelen kaynak hava olarak alınmış olup, atık hava ızgaraları kısmen asma sistemli tavanın zıkmasına entegre edilmiştir. Isıtma yalnızca yazları soğutma şeritleri olarak da kullanılabilen, cephe yakınlarındaki bir tavan şeridi üzerinden sağlanmaktadır.

Düşük harici sıcaklıklarda bu konseptte özellikle iki husustan korkulmaktadır:

- İlk olarak soğuk camlama yüzeyine vuran havanın daha da aşağıya çekilen kaynak hava ile birlikte cereyana neden olması ve zemin

yakınlarında izin verilmeyen ölçüde bir sıcaklık katmanına neden olması,

- İkinci olarak da tavan ısıtmasının, pencere yakınlarında çok yüksek bir ısıtım sıcaklığı asimetrisini önlemek için yeterli olmaması.

Hemen hemen konsept bulma sürecine paralel olarak, çok erkenden gerçekleşen bir ön planlama aşamasında akıntı simülasyonunun kullanılması ve ferahlık özelliklerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ilk düzeltmelerin yapılmasını sağlamıştır. Buna göre örneğin korkuylan cereyan etkisinden kaçınabilmek için pencere pervazlarının en önemli eleman oldukları ortaya çıkmıştır (Resim 7). Hava sıcaklığının dikey gradyanı, izin verilen sınırlar arasında olup, işlemsel sıcaklık cephe cam

Yalnızca ısıtım sıcaklığı asimetrisi (Resim 9) değerlendirmesinde, mekan içerisindeki termik özelliklerin düzeltilmesine ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır. Yatay istikamette ise ferahlık koşullarına DIN 1946 T2 uyarınca zahmetsiz uyum sağlamaktadır. Buna karşılık dikey istikametteki ve ayakta duran bir kişinin kafa yüksekliğindeki sonuçlar, tavanın ısıtılan kısmının yüzey sıcaklığı yalnızca yaklaşık 24 derece olmasına rağmen sınırdadır. Gene de ısıtım sıcaklığı asimetrisine karşı insan toleransı, sıcak tavan yüzeyleri nedeniyle büyük aralıkla en düşüktür. Norma göre bu türden düzenlemelerde azami 3,5 K'lık bir değere izin verilirken, soğuk yüzeylerde yandan ısıtım sıcaklığı asimetrisi 8,0 K'ya kadar kabul edilebilmektedir. Zeminden ısıt

lamasına küçük bir mesafede kabul edilebilir miktardadır (Resim 8). PMW ve PPD değerleri bütün oturma alanında ideal değerlerden yalnızca çok küçük bir sapma arz etmektedir.

bu kadar kabul edilebilir. Zira bu sistemli sistemlerde olduğu gibi, doğrudan cephe dibinden verilen sıcaklığın yoğunlaştırılması bu durum için düzeltici bir önlem olabilir.