



TTMD Adına Sahibi / Owner on Behalf of TTMD

Gürkan Arı

Dergi Yayın Yönetmeni / Responsible for Publication

Murat Çakan

Yazı İşleri Müdürü / Responsible Editorial Manager

B. Hakkı Buyruk

Dergi Yayın Kurulu / Editorial Board

Zeki Aksu

Tuba Bingöl Altıok

Yalın Atalay

Suat Arzık

Abdullah Bilgin

Şaban Durmaz

Göksel Duyum

Artuğ Fenercioğlu

Devrim Gürsel

Hasan Heperkan

Ender İren

Atilla Kantarman

Eren Kalafat

Onur Koca

Cafer Ünlü

Güven Ögüş

Nazif Özakıncı

Züleyha Özcan

Erdal Taştekin

Birol Yavuz

Dergi Yayın Sorumlusu / Publication Responsible

Mehmet Ozan Yavuz

Yönetim Kurulu / Management Board

Gürkan Arı (Başkan)

M. Bülent Özgür (Başkan Yrd)

Baycan Sunaç (Başkan Yrd)

Hırant Kalataş (Başkan Yrd)

Bünyamin Ünlü (Genel Sekreter Üye)

Murat Gürenli (Sayman Üye)

Abdurrahman Kılıç (Üye)

Ömer Köseli (Üye)

Güniz Gacaner (Üye)

Kemal Gani Bayraktar (Üye)

Tuba Bingöl Altıok (Üye)

Sarven Çilingiroğlu (Üye)

Ramazan Yazgan (Üye)

78. sayının ekidir.

Özet

Günümüzde, mevcut binaların enerji verimliliği esaslarına paralel olarak yenilenmesi, yeni binaların enerji verimli sistemler ile donatılması kadar önem teşkil etmektedir. Özellikle mevcut oteller, hastaneler, alışveriş merkezleri okul ve üniversiteler, iş merkezleri, kamu binaları ve endüstriyel işletmeler için yapılacak enerji verimli yenileme işlemleri, işletme giderlerinin azaltılması anlamında büyük bir potansiyeli de beraberinde getirmektedir. Bu yazıda mevcut bir ofis binasının enerji verimliliği hedef alınarak yenilenmesi ile ilgili adımlar incelenmiş ve kullanılan sistemlerin yerine öne çıkanları açıklanmıştır. Ofisin önceki ve sonraki enerji tüketimleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Summary

Today, more than ever, it is essential to install energy efficient systems into existing buildings, as well as, the ones build as new. Such as, existing hotels, hospitals, shopping centers, schools and universities, state owned buildings, business centers and industrial buildings. Especially, energy efficient renovation projects presents a big opportunity in terms of reduction operational costs. This paper consists of renovation of an existing office building in scope of energy efficiency and highlights the systems used. The energy consumption before and after is as well presented.

1. Giriş

Bu yazıda enerji verimli yenileme süreci incelenecek olan bina Guntramsdorf, Viyana'da (Avusturya) yer alan ve 1977 yılında inşa edilmiş üç katlı bir ofis binasıdır. Binanın yenileme işlemlerinden önceki brüt alanı 1.736 m², şartlandırılan hacmi ise 6.258 m³'dür. Yenileme sonrası brüt alanı 1.866 m², brüt hacmi ise 6.249 m³ olarak gerçekleşmiştir. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (2007 – 2010 yılları arası hesaplanan ortalama) 151.659 kWh/a, bu da birim alan başına 61 kWh/m²yıl enerji ihtiyacına karşılık gelmektedir. Binanın birim alan başına karşılık gelen ısı kaybı 55 W/m², toplam ısı kaybı ise 95 kW'dır. Binada yenileme öncesinde bir soğutma sistemi mevcut olmadığı için ısı kazancı ile ilgili bir hesaplama yapılmamıştır.

Bina ilk haliyle aşağıdaki özellikleri ile ön plana çıkmaktadır:

- Oldukça yüksek (Benzer yönetim binalarından iki kat daha fazla) ısı kaybı
- Benzer yönetim binalarının yaklaşık dört katı kadar ve oldukça yüksek elektrik sarfiyatı
- Yaz koşullarında sıklıkla 25°C'nin üzerinde iç mahal sıcaklıkları
- Ofislerde yüksek CO₂ derişimi

Bu özelliklerinin yanında ofis binası, eski haliyle çalışanları tarafından ısıl olarak konforsuz, rahat olmayan bir çalışma ortamı olarak değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeden yola çıkarak konulan hedeflerden biri de daha konforlu bir ortam yaratarak, çalışanların verimliliğini arttırmak olmuştur.

Binanın enerji verimli yenilenmesi süreci üç ana başlık altında toplanmıştır.

- Binanın enerji kayıplarının azaltılması
- Binanın enerjisinin verimli şekilde kullanılması
- Binanın enerjisinin verimli şekilde "üretilmesi"

Yazının bundan sonraki kısmında bu süreçlere değinilecektir.

2. Uygulama

2.1 Enerji Kayıplarının Azaltılması

Yenileme çalışmalarına bina zarfının iyileştirilmesiyle başlanmıştır.

Dış cephe 20 cm kalınlığında $\lambda = 0,035$ W/mK ısı iletim katsayısına sahip EPS yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. Dış duvarın U-Değeri $0,13$ W/m²K'dir Böylece yenileme öncesi $0,27$ W/m²K olan değere göre önemli bir iyileşme sağlanmıştır.

Pencereler daha düşük ısı kaybı için belli ebatlarda destek sacsız cam elyaf malzeme koekstrüde edilmiş, 86 mm yapı genişliğine sahip profillerden imal edilmiştir. Bunun yanında profilin özellikli orta contası ve üçlü cam uygulaması yüksek ses ve ısı yalıtımını mümkün kılmıştır. Bu şekilde imal edilen pencerelerin U-Değeri $0,8$ W/m²K'dir. Binada toplam 58 adet pencere bulunmaktadır.

Yenileme öncesi durumda binada bulunan pencere adedi 90'dır ve bunların U-Değeri $2,96$ W/m²K mertebesindedir. Aşağıdaki Resim 1'de binanın dış cephesinde yapılan işçilikler esnasında çekilmiş bir fotoğraf görülmektedir.



Resim 1. Bina zarfının yenilenmesi

Binada kullanılan yapı bileşenlerinin toplam U-değerleri aşağıdaki tabloda özet olarak verilmiştir:

Yapı Bileşeni	U-Değeri [W/m ² K]
Dış pencere	0,8
Dış duvar	0,13
Dış kapı 1	1,24
Dış kapı 2	1,7
Çatı 01	0,12
Tavan 01	0,56
Döşeme	0,26
İç kapı	1,9
İç duvar 1	0,13
İç duvar 2	0,9

Binanın ısı kayıp hesapları EN 12831 standartına göre RAUWIN 4.0 yazılımı ile, ısı kazancı hesapları ise VDI 2078 standartına göre Planca Nova yazılımı ile yapılmıştır.

Binanın yerleşim yeri için dış hava dizayn sıcaklığı kış şartları için -13°C , yaz şartları içinse $+32^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Bina EN 12831 standartı uyarınca orta korumalı konumda yer alan, hafif yapı kütleli bina sınıfındadır. Resim 2'de RAUWIN 4.0 yazılımının ilgili ekranından alınan görünüş yer almaktadır.



Resim 2. RAUWIN 4.0 yazılım görünüşü

Binanın kat bazında ısı kayıp hesaplarının dökümü aşağıdaki tabloda özet olarak sunulmuştur.

	Dışarı doğru transmisyon ısı kayıpları	Toplam transmisyon ısı kayıpları	Asgari hijyenik hava değişimi kaynaklı havalandırma ısı kaybı	Infiltrasyonla gerçekleşen ısı kaybı	Mekanik havalandırma ile gerçekleşen ısı kaybı	Mekanik egzost fazlası kaynaklı ısı kaybı	Norm - Isı Kaybı	Ek - ısıtma yükü	Dizayn ısı kaybı	m ² başına Norm ısı kaybı	m ² başına Norm ısı kaybı	m ² başına Dizayn ısı kaybı	m ² başına Dizayn ısı kaybı
Zemin Kat													
519 m ² 1.735 m ³	8162	8.186	1.161	2.248	1	20	9.308		9.308	18	5	18	5
1. Kat													
502 m ² 1.869 m ³	4.893	4.872	372	1.904	-20	11	5.837		5.837	12	3	12	3
2. Kat													
1.519 m ² 5.244 m ³	22.146	22.149	1.856	5.919	-38	53	25.122		25.122	50	14	50	14

Yapısal önlemlere ek olarak, yaz şartları için bina otomasyonu üzerinden kumanda edilen ve binanın ısı kazançlarını azaltmayı hedefleyen uygun gölgeleme önlemleri alınmıştır.

Aynı otomasyon sistemi iç mahal aydınlatması ile ilgili işlevleri de yerine getirmekte, gün ışığının yeterli olduğu veya mahallerde belirli bir sürede hareket algılamadığı durumlarda iç mahal aydınlatmasını kapatmakta ve ısı kazançlarının kısıtlanmasına destek olmaktadır.

Yenileme sonrası hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 33.688 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu da birim alan başına 23 kWh/m²yıl ısıtma enerjisine karşılık gelmektedir.

Binanın yeni halinde gerekli olan birim ısı kaybı 16,6 W/m², toplam ısı kaybı ise 25 kW olarak hesaplanmıştır. Yeni halinde bir soğutma sistemi de planlanacak ofis binası için 25 W/m² birim, 36 kW toplam ısı kazancı hesaplanmıştır.

2.2 Enerjinin Verimli Şekilde Kullanılması

Binanın ısıtılması ve serinletilmesi döşemeden yapılan uygulamalar ile gerçekleştirilmiştir. Döşemeden ısıtma ve serinletme sistemleri geniş yüzeylerde uygulandıkları için düşük sıcaklıkla ısıtma, yüksek sıcaklıkla soğutma yapabilen sistemler olarak ön plana çıkmaktadır.

Ele alınan satış ofisinde kışın yerden ısıtma, yazın ise yerden ve tavandan serinletme sistemleri tasarlanarak uygulanmıştır.

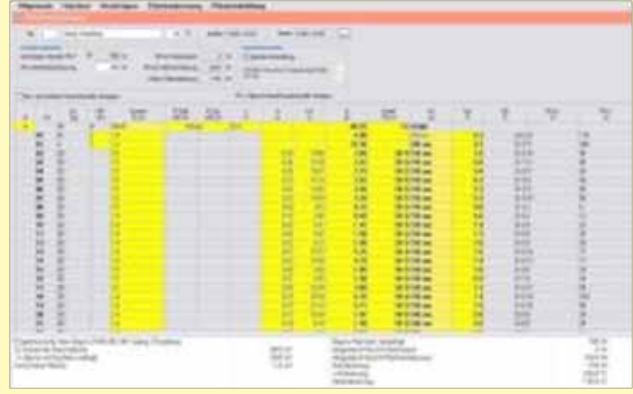
Yerden ısıtma ve serinletme sistemi mahal ısı kaybı, mahal sıcaklığı, zemin malzemesi gibi parametrelerden yola çıkılarak aşağıdaki su rejimine göre planlanmıştır.

Isıtma gidiş suyu sıcaklığı : 35°C
Isıtma dönüş suyu sıcaklığı : 31°C

Yerden ve tavandan serinletme sistemleri mahal ısı kazancı, mahal sıcaklığı, zemin malzemesi gibi parametrelerden yola çıkılarak aşağıdaki su rejimine göre planlanmıştır :

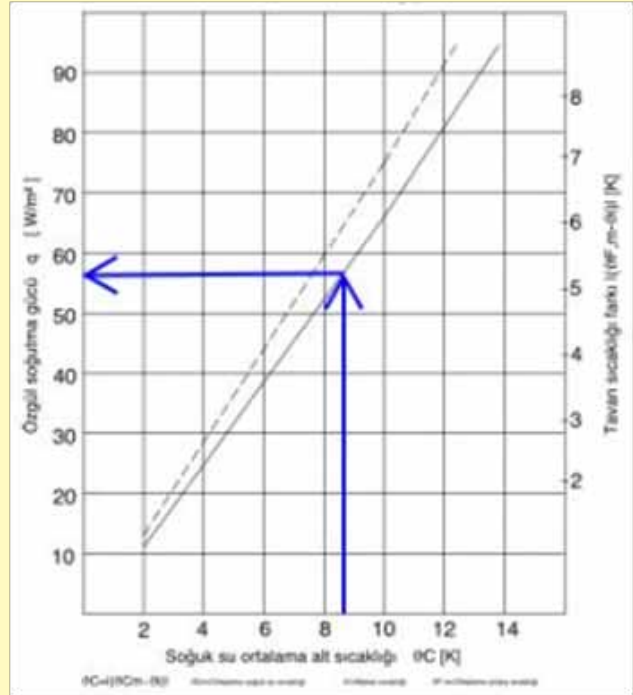
Gidiş suyu sıcaklığı : 16°C
Dönüş suyu sıcaklığı : 19°C

Yerden ısıtma/serinletme sisteminin planlanmasında RAUWIN 4.0 yazılımı kullanılmış ve EN 1264 standardı temel alınmıştır. Aşağıdaki Resim 3'de kullanılan yazılımın bir ekran çıktısı görülmektedir.



Resim 3. RAUWIN 4.0 yerden ısıtma hesap ekranı görünüşü

Tavandan serinletme sisteminin planlanması için kullanılacak ürün için hazırlanmış güç diyagramlarından yola çıkılmış, sonrasında sistemin debi, basınç kaybı vb. gibi kalan parametrelerinin hesabına geçilmiştir. Aşağıdaki Resim 4'de ortalama gidiş suyu sıcaklığı (17,5°C) ile mahal dizayn sıcaklığı (26°C) arasındaki farktan yola çıkarak EN14240 standardı uyarınca tavan plakaları tarafından mahalden soğurulabilecek ısıyı belirlemeyi sağlayan güç diyagramı yer almaktadır. Buna göre akustik tavan plakalarından alınabilecek soğutma gücü 58 W/m² olarak belirlenmiştir.



Resim 4. Akustik tavandan serinletme güç diyagramı

Döşemeden ısıtma / serinletme sistemi 30 cm kalınlığında EN 13163 uyarınca üretilmiş, üzerine boru uygulama şablonu işlenmiş EPS 040 plakaların üzerine 14 x 1,5 ölçüsünde PE-Xa boruların sabitleyici çengeller ile sabitlenerek döşenmesi yoluyla uygulanmıştır. Toplam uygulama alanı 1.500 m²'dir. Aşağıdaki Resim 5'de henüz duvarları örülmemiş ofis mahallerinin zeminine yapılmış yerden ısıtma/serinletme borulamasının bir fotoğrafı görülmektedir.



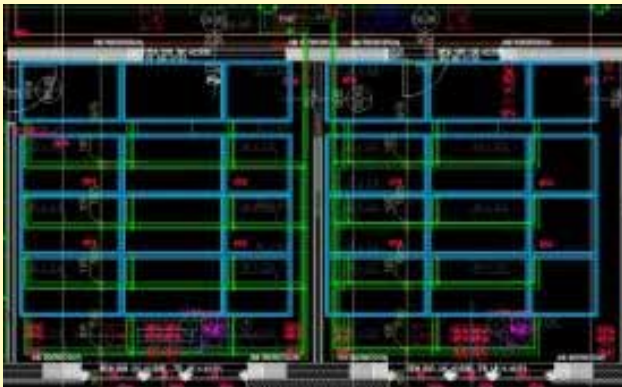
Resim 5. Yerden ısıtma uygulama fotoğrafı

Tavandan serinletme sistemi için asma tavan alt konstruksiyonu üzerine uygulanan alçıpan akustik tavan plakaları kullanılmıştır.

Kullanılan tavan plakaları sandviç yapıda üretilmiş ön işlenmiş tiptedir. Ürün, iki adet 10 mm kalınlığında, sabit bir delik şablonuna sahip alçıpan plakanın arasına üretim esnasında 10,1 x 1,1 mm ölçülerinde PE-Xa boruların işlenmesini takiben birbirine yapıştırılması birbirine yapıştırılması, sonrasında ise arkasına akustik bir keçenin uygulanması sonucu oluşmuştur. Sistem bu şekliyle içinden sıcak su geçirildiği zaman ısıtma, soğuk su geçirildiği zaman ise serinletme yapma özelliğine sahiptir. Sahip olduğu delikli yapısı sayesinde ise mahaldeki akustik yüklerin sönümlenmesine ve böylece çalışma verimliliğinin artırılmasına yardımcı olmaktadır.

Oda geometrisine, aydınlatma, havalandırma, yangın ekipmanlarının yerleşimine göre mahale döşenebilecek plakaların sayısı belirlenmiş ve toplam plaka alanı yukarıda belirtilen birim güç değeri ile çarpılarak mahalden soğurulaabilecek toplam ısı hesaplanmıştır.

Mahallere döşenen plakalar eşit devreler oluşturacak şekilde kendi aralarında gruplanmış ve Tichelmann Prensibi'ne göre toplanarak ana dağıtıcı hatta bağlanmıştır. Aşağıdaki Resim 6'da yer alan plan çıktısında yan yana bulunan iki ofis mahaline proje üzerinde yerleştirilmiş tavan plakaları görülmektedir.



Resim 6. Tavan plakalarının proje üzerinde görünüşü

Uygulaması tamamlanmış bir ofis mahalinin aydınlatma ekipmanları dahil tavan görünümü aşağıdaki Resim 7'de görülmektedir.



Resim 7. Bitmiş serin tavan uygulanmış mahal

Yapılmış uygulama sonrası mahal içerisinde kızılötesi kamera ile çekilmiş bir serin tavan resmi aşağıdaki Resim 8'de yer almaktadır.



Resim 8. Serin tavanın kızılötesi görüntüsü

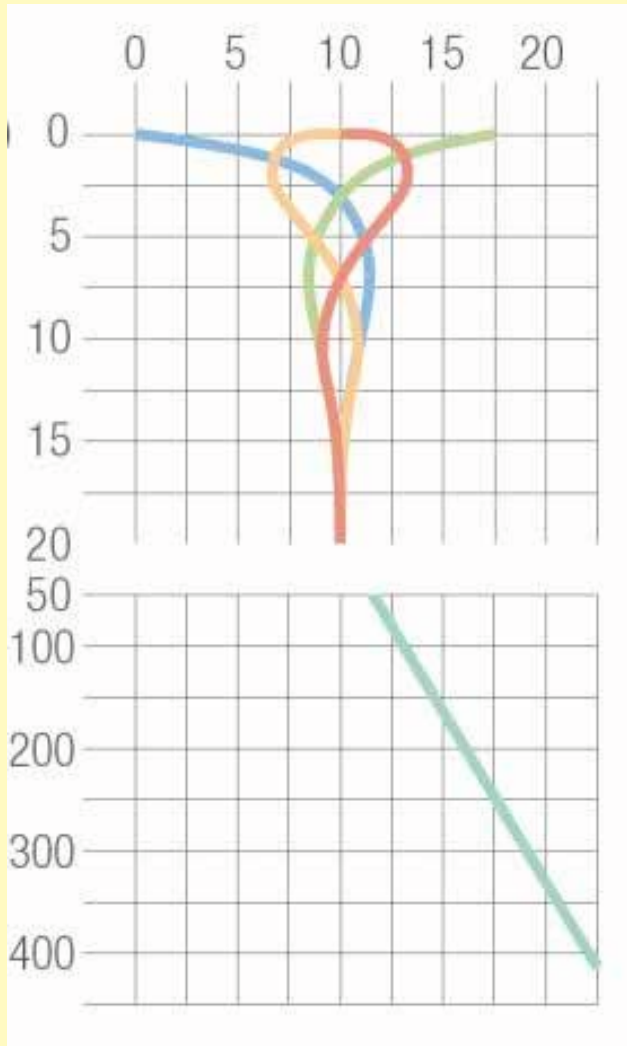
Projedeki toplam akustik serin tavan uygulama alanı 1.250 m²'dir; bu da 1.866 m²'lik brüt bina alanda yaklaşık %67'lik bir uygulama oranına tekabül etmektedir.. 2.3 Enerjinin verimli şekilde "üretilmesi"

Ofis binasının ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu ihtiyacının karşılanması için üç adet toprak kaynaklı sudan suya ısı pompası cihazı kullanılmıştır. İki adet 17 kW ısı pompası kaskad olarak tasarlanarak binanın ısıtma/soğutma ihtiyacının karşılanması planlanmış, bir adet 37 kW'lık ısı pompası ise kullanım sıcak suyunun hazırlanması için öngörülmüştür. Cihazların kondenser tarafına kaynak olarak toprakta gizli olan yer ısı kullanılmıştır. Yer ısının sağladığı en büyük avantaj, her zaman mevcut olması ve 10 m'lik derinliğin altında dış hava koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca 8 – 12°C sıcaklığın var olmasına imkan tanınmasıdır. Bu sıcaklık kışın topraktan ısı çekilmesine, yazın toprağa ısı gönderilmesine imkan tanır. Isı pompası kışın topraktan çekilen enerjiyi bina içerisinde kullanılabilir sıcaklıkta bir suyun üretilmesi için kullanırken, yazın ise

iç mahalden çektiği ısıyı yer altı devresinde dolaşan ısı taşıyıcı akışkan vasıtasıyla toprağa gönderir.

Mahal ısıtması için ihtiyaç duyulan suyun sıcaklığı ne kadar düşük, soğutması için ihtiyaç duyulan suyun sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, ısı pompasının gerekli sıcaklıkları sağlamak için yapacağı iş de o kadar az olacaktır. Cihazın verimi de o denli artış gösterecektir.

Aşağıdaki Resim 9'da yılın farklı mevsimlerinde toprak altındaki sıcaklık profilini gösterir eğriler yer almaktadır. Bu eğrilerden mavi olan şubat ayındaki, sarı olan mayıs ayındaki, yeşil olan ağustos ayındaki ve kırmızı olan kasım ayındaki sıcaklık profilini göstermektedir. X-ekseni sıcaklığı, Y-ekseni ise derinliği göstermektedir.



Resim 9. Derinliğe göre yer altı sıcaklığı grafiği

Ofis binasında yukarıda bahsi geçen kapasitelerdeki ısı pompalarını beslemek için 14 x 100 m derinliğinde sondaj kuyusu açılmış ve bu kuyulara PE-Xa malzemeden mamül DN 32 çift U (2 gidiş - 2 dönüş) sondalar gönderilmiştir. Bunlar 5- 5 ve 4 adet sondadan oluşan üç farklı zona ayrılmış ve ayrı kolektörler ile toplanarak kazan dairesine aktarılmıştır. Aşağıdaki Resim 10'da yapılan sondaj uygulaması sonrasında kolektör bağ-

lantı hatlarının tesisi esnasında çekilmiş bir fotoğraf görülmektedir.

Bu sondaj sayısının belirlenmesinden önce uygulama yapılacak arazideki toprağın ısıl davranışının belirlenmesi için bir toprak ısı duyarlılık testi (TIDT) yapılmıştır. Bu testte bir sondaj yapılır, kuyuya gönderilen ve çevresi dolgu malzemesi ile kaplanan sonda bir test cihazına bağlanır, cihaz sondanın içerisinde belirli bir sürede akışkan sirküle ettirir ve topraktan bu akışkana transfer edilen ısı verilerinden yola çıkarak toprağın ısı duyarlılığıyla ilgili nihai değerleri hesaplar.



Resim 10. Sondaj - kolektör bağlantı hatlarının tesisi

Yapılan TIDT sonucunda satış ofisinin ölçüm yapılan arazisindeki zemin için 1,850 W/mK gibi bir ısı iletkenlik, akışkan ve toprak arasında 0,0870 mK/W gibi bir ısı direnç ölçülmüştür. Bu değerlere, uygulama yapılacak bölgedeki ortalama toprak sıcaklığına, jeotermal ısı akışı verilerine, kullanılacak ısı taşıyıcı akışkana, kullanılacak sondaj dolgu malzemesinin ısı iletkenliğine, kullanılacak su rejimine ve ısı pompasının teknik verilerine, toprak tarafına gelecek olan sürekli ve uç ısıtma/soğutma yüklerine göre Earth Energy Designer (EED Ver.02) yazılımı ile bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu simülasyon 50 yıllık bir dönemi kapsamaktadır. Amaç uzun vadede toprak altı sıcaklığının aşırı artmasını veya azalmasını engellemek ve dengeli bir işletim sağlamak olmuştur.

Toprak tarafında salamura (ısı taşıyıcı akışkan) olarak %75 su - %25 monoetilenglikol karışımı kullanılmıştır. Yaz ve kış işletimleri için toprak tarafındaki dizayn sıcaklıkları aşağıdaki gibidir:

Isıtma işletimi

- Toprak tarafı gidiş suyu sıcaklığı : 5°C
- Toprak tarafı dönüş suyu sıcaklığı : 8°C

Soğutma işletimi

- Toprak tarafı gidiş suyu sıcaklığı : 17°C
- Toprak tarafı dönüş suyu sıcaklığı : 14°C

İki işletim döneminde de toprağa gönderilen veya topraktan çekilen enerji ile sağlanan 3 K'lık sıcaklık farkı ile ısı pompası işletimi sağlanmaktadır. Böylece ısı pompası bina içinde kullanılacak ısıtma/soğutma suyu rejimini sağlamaktadır. Bu rejimler aşağıda gibidir:

Isıtma işletimi

- Bina tarafı gidiş suyu sıcaklığı : 35°C
- Bina tarafı dönüş suyu sıcaklığı : 31°C

Soğutma işletimi

- Bina tarafı gidiş suyu sıcaklığı : 16°C
- Bina tarafı dönüş suyu sıcaklığı : 19°C

Bu bölümün başında da bahsedildiği gibi ısı pompaları kaskad olarak çalıştırılmaktadır. Temel yüklerin mevcut olduğu zamanlarda tek ısı pompası, kritik yüklerin mevcut olduğu zamanlarda ise çift ısı pompası devreye girmektedir.

Isı pompaları tarafından üretilen sıcak ve soğuk su her biri 1.000 l hacime sahip olan sıcak ve soğuk su depolarına gönderilmektedir. Soğutma için depolanacak suyun soğutma kapasitesi 36 kW, ısıtma için depolanacak suyun ısıtma kapasitesi ise 25 kW olarak hesaplanmıştır. Amaç bu depolarda kışın her daim 34°C sıcaklıkta, yazın her daim 16°C sıcaklıkta suyun bulundurulmasıdır. Isı pompaları otomasyon sistemi tarafından bu koşulları sağlayacak şekilde devreye alınırlar. Bu şekilde sistemin daha kararlı çalışması ve ısı pompası tarafındaki sarfiyatın azaltılması hedeflenmiştir.

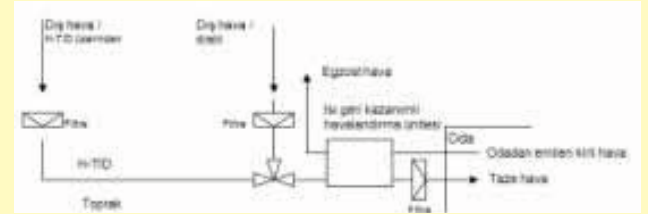
Yaz işletiminde sistemin verimini arttırmak ve elektrik sarfiyatını azaltmak için öncelikli olarak pasif soğutma işletiminin sağlanıp sağlanamayacağına bakılır. Pasif soğutma durumu, toprak tarafında sağlanan ısı transferinin, bina içerisinde gerekli olan veya bu projede ısı pompası tarafından soğuk su deposuna gönderilmesi planlanan 16°C'lik suyun elde edilmesine imkan tanıdığı durumdur. Bu durumda ısı pompasının ek bir soğutma işi yapmak için elektrik tüketmesine ihtiyaç yoktur, sadece toprak tarafındaki sirkülasyon pompası çalışmaktadır. Gerekli ısı transferini sağlamak için toprak tarafında ve bina içerisinde sirküle eden akışkanlar arasında bir plakalı eşanjör kullanılır. Bu projede pasif soğutma için 36 kW kapasitesinde bir plakalı eşanjör planlanmıştır. Pasif soğutma gerçekleştiği zaman bina tarafından 19°C sıcaklıkta dönen su, toprak tarafından dönen 14°C sıcaklıkta salamura ile bu eşanjörde ısı

transferine girer ve 16°C sıcaklıkta soğutma suyu deposuna aktararak depolanır. Böylece ısı pompası çalıştırılmadan soğutma suyu üretilmiş olur.

Hava-Toprak Isı Değiştiricisi (H-TID)

Binanın taze hava ihtiyacını enerji verimli bir biçimde karşılamak için ısı geri kazanımlı bir havalandırma sistemi planlanmıştır. Isı geri kazanım cihazının önüne ise bir hava-toprak ısı değiştiricisi planlanmıştır. Sistemin esas alınan taze havanın toprak altında 1,5 – 2 m derinlikte döşenmiş borular içerisinde geçirilerek, toprağın ısı ile ön şartlandırılmasına, yani kış işletiminde ön ısıtılmasına, yaz işletiminde ise ön serinletilmesine dayanmaktadır.

Genel prensip şeması aşağıdaki Resim 11'de yer almaktadır. Sol kısımda H-TID üzerinden taze hava alışı görülmektedir, özellikle geçiş mevsimlerinde dış hava sıcaklığının toprak altında şartlandırılmasının anlamlı olmadığı durumlarda kullanılmak ve havayı direkt olarak emmek üzere bir by-pass işletimi mümkün kılınmaktadır. Sonrasında ise ısı geri kazanımlı havalandırma cihazı üzerinden bina girişi gerçekleştirilir.



Resim 11. HTID şematik kurulumu

Aşağıdaki Resim 12'de ise sistemin bir ofis binasında uygulamasını gösterir illüstrasyon görülmektedir.



Resim 12. HTID illüstrasyon görünüşü

HTID sisteminin amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Taze hava, dış hava koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca belirli sıcaklık aralığında havalandırma santraline getirilir.



Resim 13. HTID çalışma aralıkları

- Kış koşullarında sağlanan ön ısıtma ile, ısı geri kazanım cihazının eşanjöründe egzost tarafında düşük sıcaklıkta taze hava kaynaklı oluşabilecek donmanın önüne geçilmiş olur.
- Yapılan ön ısıtma ve serinletme sayesinde ısı geri kazanım cihazının verimliliği iyileştirilir.
- H-TID kullanımı ile yaz şartlarında emilen taze havanın nemi kısmen alınabilir.

Sistemde yapılan borulamanın toprak ile hava arasında düzgün ısı transferi sağlayacak özellikte olması önem arz etmektedir. Örnek olarak PVC boruların λ -değeri 0,12 W/mK, PP boruların λ -değeri ise 0,19 W/mK mertebesinde. Projede kullanılan borular daha iyi ısı transferi sağlayacak şekilde $\lambda = 0,29$ W/mK değerine sahip optimize edilmiş PP malzemeden üretilmiştir.

Sistemden alınacak taze havanın VDI 6022 Ek 1 uyarınca taze hava hijyen koşullarını sağlaması da gereklidir. Özellikle yaz işletiminde boruların içerisinde meydana gelecek yoğuşma sonucunda, bakteri üremesinin daha rahat oluşabileceği göz önüne alındığında taşınan havanın hijyenik kalmasının önemi daha iyi anlaşılacaktır. Bu talebin sağlanabilmesi için borular iç cidarlarında gümüş iyonları kaplı bir katman ile birlikte üretilmişlerdir. Bu antimikrobiyel katman ile VDI 6022 standartının getirdiği hijyen talebi sağlanmıştır.

Ofis binası için seçilen ısı geri kazanımlı havalandırma santrali 8.000 m³/h'lik kapasiteye sahiptir. Kullanılan H-TID sistemi ise 5.500 m³/h'lik hava debisini taşıyacak şekilde planlanmıştır. Eksik kalan taze hava debisinin H-TID sonrası şartlandırılmış havaya ihtiyaca göre direkt dışarıdan eklenmesi planlanmıştır. İçeri alınacak taze havanın miktarı da bina otomasyonu tarafından kontrol edilmektedir. Tüm ofis katları CO₂ duyar elemanlarıyla donatılmıştır, referans bölgedesi CO₂ derişiminin tanımlı değeri (800 ppm) üzerine çıkması durumunda taze hava beslemesi tam kapasite ile devreye girmektedir. Bu değerin altındaki tüm değerlerde ise kısmi olarak çalışmaktadır.

Yukarıda yer alan ilüstrasyonda da görülebileceği gibi, H-TID, yüzeyin 1,5 m altında karşılıklı konumlandırılmış iki kolektör borusu ve bu borular arasına döşenmiş ısı

değiştirici borulardan meydana gelmektedir. Taşınacak hava debisine göre, kolektör borularının çapı DN 630, ısı değiştirici boruların çapı ise DN 200 olarak seçilmiştir. Kolektör borusu birer metre aralıkla 18 çıkışı olacak, her bir ısı değiştirici hat ise 30 m olacak şekilde planlanmıştır. Bu da toplamda yaklaşık 600 m²'lik bir alanda 540 m'lik bir borulamaya tekabül etmektedir. Sistemde yaz aylarında yoğuşan suyun toplanması için dönüş kolektörü çıkışındaki en derin noktada bir branşman tahsis edilmiş ve suyun bir menhol içerisinde toplanması sağlanmıştır.

Resim 14'de sistemin uygulama esnasında çekilmiş kısmi fotoğrafı aşağıda yer almaktadır. Bu resimde görülen turuncu renkli boru kolektör borusu, mavi renkli borular ise ısı değiştirici borulardır.



Resim 14. HTID uygulama fotoğrafı

Planlamaya temel teşkil eden zemin verileri şu şekildedir:

- Zemin tipi: Killi silt
- Zemin ısı iletkenlik değeri: 2,3 W/mK
- Isıl geçirgenlik: 1,1 x 10⁻⁶ m²/s
- Volumetrik ısı kapasite: 2,09 MJ/m³K

Bu verilere, yapılan borulamaya ve Viyana Bölgesi'nin iklim verilerine göre Ground Air Heat Exchanger Designer (GAHED) Yazılımı ile yapılan simülasyona ait çıktılar aşağıda özetlenmiştir:

- H-TID öncesi min. sıcaklık:-18,3°C
- H-TID sonrası min. sıcaklık:-1,0°C

Yani yapılan borulama ile alınan taze havanın kış şartlarında 17,3 K kadar ön ısıtılması planlanmıştır.

- H-TID öncesi maks. sıcaklık: 31,7°C
- H-TID sonrası maks. sıcaklık:13,2°C

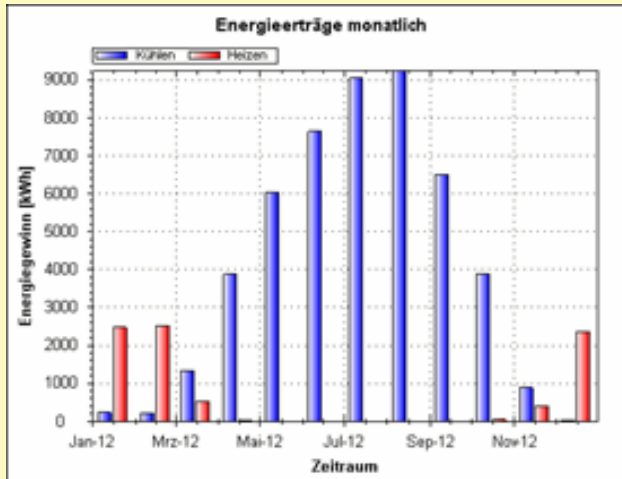
Yani yapılan borulama ile alınan taze havanın yaz şartlarında 18,5 K kadar ön soğutulması planlanmıştır.

Sistemin yılda 1.574 saat ısıtma işletiminde çalışacağı ve bu sürede 8.340 kWh'lık bir ısıtma işi yapacağı simüle edilmiştir. Bu şekilde yapılması planlanan CO₂ salım tasarrufu 1.798 kg'dır.

Aynı şekilde, sistemin yılda 3.646 saat soğutma işletiminde çalışacağı ve 48.895 kWh'lık bir soğutma işi yapacağı simüle edilmiştir. Bu şekilde yapılması planlanan CO₂ salımı tasarrufu ise 7.370 kg'dır.

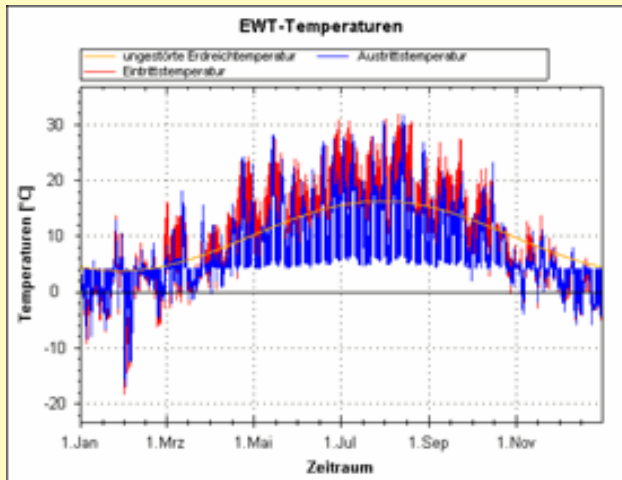
DN 200 çapındaki ısı değiştirici borularda hesaplanan hız 3,12 m/s, DN 630 kolektör borusunda hesaplanan hız ise 5,74 m/s mertebesindedir.

Sistemin simüle edilen aylık enerji kazanımını gösterir diyagram Resim 15'de yer almaktadır. Bu diyagramda x-ekseni ayları, y-ekseni ise kWh cinsinden enerji kazanımlarını göstermektedir.



Resim 15. HTID enerji kazanımları

Sistemin simüle edilen sıcaklıklarını gösterir diyagram aşağıda Resim 16'daki gibidir. Bu diyagramda x-ekseni haftaları/ayları, y-ekseni ise sıcaklıkları göstermektedir. Ortada görülen sarı eğri toprak sıcaklığını, kırmızı eğriler H-TID giriş sıcaklığını, mavi eğriler ise H-TID çıkış sıcaklığını göstermektedir. Grafiğin kesikli bir özellik göstermesinin sebebi sistemin gece saat 23:00 ile sabah saat 03:00 aralığında çalışmıyor olmasıdır.



Resim 16. HTID giriş ve çıkış sıcaklıkları

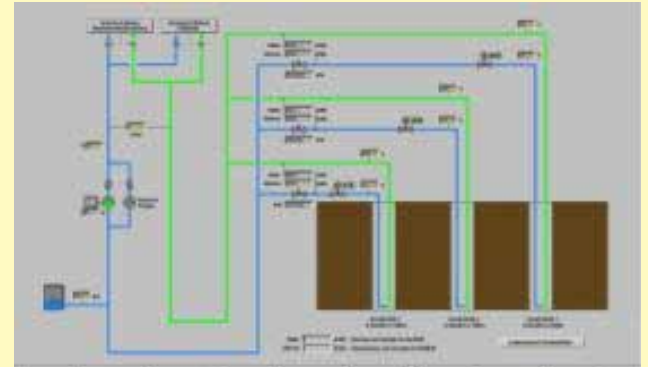
2.4 Bina Otomasyon Sistemi

Ofis binasında kullanılan tüm sistemler, kendi başlarına belirli bir enerji verimliliği ve konfor getirebilirler, bütünsel bir sistem olarak verimli şekilde çalışmaları, ölçümlenmeleri ve yapılan ölçümlere göre iyileştirilebilmeleri için bir bina otomasyon sistemi tarafından kontrol zaruri olarak değerlendirilmiştir.

Sistemi her an gözlemleyebilmek ve ölçümlenebilmek için öncelikle 500 noktada ölçüm yapacak bir ölçüm altyapısı oluşturulmuştur. Yapılan ölçümler her 2 dakikada bir yedeklenmekte ve her saat başında değerlendirilmek üzere Braunschweig Teknik Üniversitesi'ne aktarılmaktadır.

Merkezi ölçüm ünitesine aktarılan veriler, hazırlanan bir arayüz üzerinden anlık olarak gözlemlenebilir kılınmışlardır. Bundan sonraki kısımda, toprak tarafındaki enerji kazanımından başlanarak mahallerde bu enerjinin kullanımına kadar olan süreç bu arayüzün ekran çıktıları gösterilerek kısaca yorumlanacaktır.

Resim 17'de gösterilen ekran çıktısında toprak kaynaklı ısı pompası zonlarını görüntülemek ve ölçümlemek mümkündür. Bu ekranda hangi sondaj bölgesinin anlık olarak aktif olduğu, sonda gidiş ve kolektöre dönüş sıcaklıkları, yapılan ısı transferi sonucu sağlanan ısıtma/soğutma işleri ve elde edilen ısıtma/soğutma güçleri okunabilmektedir.



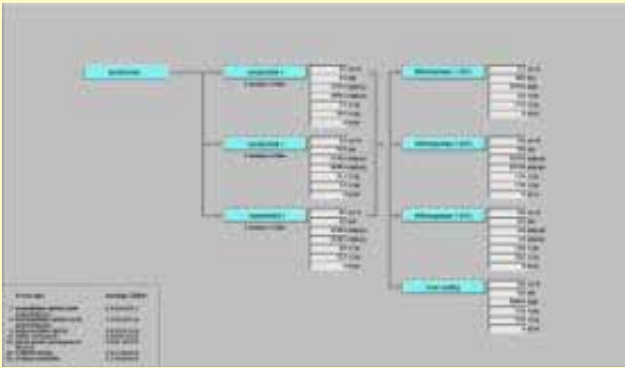
Resim 17. Sonda devreleri

Otomasyon sistemi ölçümlendiği değerlere göre geriye dönük olarak sondaj bölgelerinin doluluk oranını belirler ve eğer ısı pompası kısmı yük ile çalışacaksa devreler üzerindeki vanalara kumanda ederek ihtiyaç duyulan enerjinin öncelikle doluluk oranı müsait olan sonda grubu üzerinden transfer edilmesini sağlar. Böylece devrelerin sürekli birbirine yakın olarak yüklenmesi sağlanarak yer altı sıcaklığının dengesinin bozulması engellenir. Sonda gruplarının ısıtma ve soğutma işlemleri için ayrı ayrı ve toplam yüklenme durumunu gösteren ekran çıktısı ise aşağıdaki Resim 18'de görülmektedir.



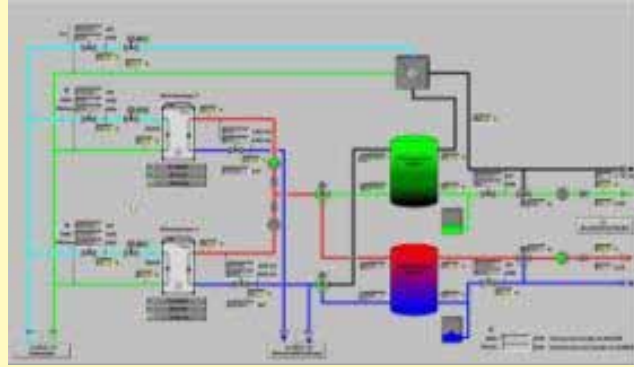
Resim 18. Sonda devreleri yüklenme durumları

Resim 19'da gösterilen ekran çıktısında toprak tarafına konumlandırılmış olan kalorimetreler tarafından ölçülen anlık ve kümülatif değerleri gözlemek mümkün olmaktadır. Böylece hangi sonda devresinin anlık olarak işletimde olduğu, işletimde ise hangi debi ile işletildiği, gidiş/dönüş suyu sıcaklıkları ve kümülatif ısıtma/soğutma işleri okunabilmektedir. Bir sonraki sütunda ise üretilen enerjinin anlık olarak hangi ısı pompasına gönderildiği görülmektedir. Yukarıda soğutma durumunda sağlanan ısı transferinin pasif soğutma için yeterli olması durumunda pasif soğutma eşanjörü üzerinden direkt soğuk su deposuna aktarıldığından bahsedilmişti. Bunun mümkün olması durumunda ölçülen değerler de bu ekranda gözlemlenebilmektedir.



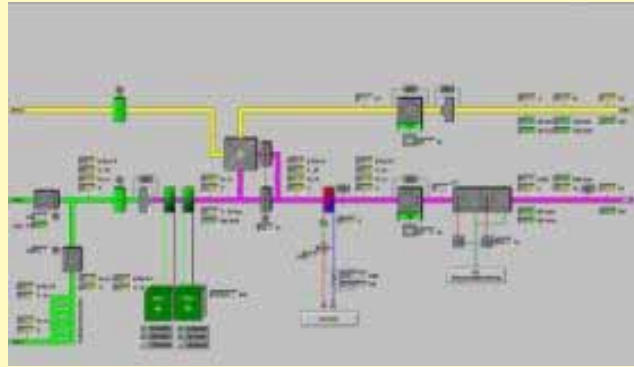
Resim 19. Toprak tarafı kalorimetreleri

Resim 20'deki ekran çıktısında toprak tarafından kazan dairesine giden devrelerin ve kazan dairesindeki yerleşimin otomasyonunun temsili planı görülmektedir. Isıtma ve soğutma için çalışacak ısı pompaları, yukarıda bahsi geçen sıcak ve soğuk su depoları ve kat yerleşimlerine giden hatlar ölçüm elemanlarıyla birlikte görülmektedir. Toprak tarafında üretilen ısıtma/soğutma enerjileri, ısı pompası giriş/çıkış su sıcaklıkları, pasif soğutma eşanjörü giriş/çıkış sıcaklıkları, ısı pompası-depolar arası sirkülasyon pompaları çalışma durumları, sıcak/soğuk su depoları giriş/çıkış sıcaklıkları, ısıtma/soğutma tarafı sirkülasyon pompa durumları, ısıtma/soğutma tarafı üç yollu vana açıklık durumları ve son olarak ısıtma/soğutma devreleri gidiş/dönüş suyu sıcaklıkları bu ekranda anlık olarak gözlemlenebilmektedir.



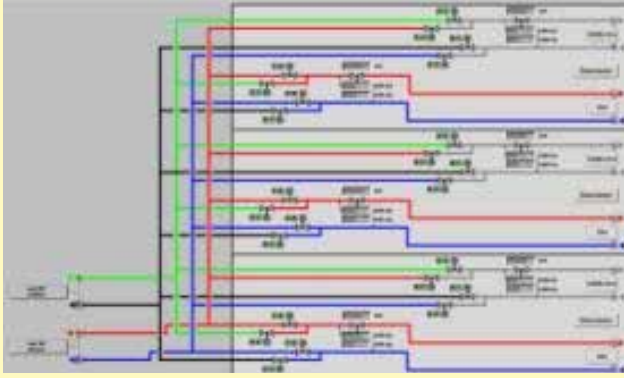
Resim 20. Kazan dairesi – ısıtma-soğutma

Resim 21'deki ekran çıktısında havalandırma sisteminin ölçülmesi gözlemlenebilmektedir. HTID'den geçirilen ve dışarıdan direkt alınan taze havanın damper açıklık konumlarını, santrale geliş koşulları, soğutma bataryalarının santral bağlantıları, ısı pompası santral besleme hatları, binaya aktarılan taze havanın ve bina-dan toplanan egzost havasının koşulları okunabilmektedir.



Resim 21. Kazan dairesi – havalandırma

Resim 22'deki ekran çıktısında ısıtma/serinletme kolon hatlarının kat dağılımları temsili olarak gösterilmektedir. Tavandan serinletme ve döşemeden ısıtma/serinletme hatları vana açıklık durumları, gönderilen ısıtma/soğutma güçleri, yapılan ısıtma/soğutma işleri bu ekranda gözlemlenebilmektedir. Tavanda uygulanan sistem günlük işletimde sadece serinletme yapacak şekilde tasarlanmış olmasına rağmen, gösterim amaçlı olarak ısıtma modunda da çalıştırılabilecek şekilde vanalar ile donatılmış ve otomasyon üzerinden serinletme işletimini ısıtmaya dönüştürme imkanı da sağlanmıştır.



Resim 22. Kat dağılımları

Resim 23'de mahal bazındaki uygulamaya yönelik ekran çıktısı görülmektedir. Sol tarafta her katta referans olarak belirlenmiş mahalın görünüşü, sağ tarafta ise normal bir mahalın görünüşü yer almaktadır. Referans mahal sıcaklığı, mahal bağıl nemi, zemin sıcaklığı, tavan sıcaklığı, çiğ noktası sıcaklığı ölçümleri yapılmakta, bunlara ve arzu edilen mahal sıcaklık değerine göre sistem gidiş suyu sıcaklığı belirlenmektedir. Yine referans mahalde pencere açıklık duyar elemanı konumlandırılmıştır. Pencerelerin açılması durumunda serinletme sistemi devre dışı bırakılmaktadır. Referans olmayan normal bir mahalde ise salt mahal sıcaklığı ölçümü yapılmaktadır.



Resim 23. Mahal görünüşü

Binadaki mekanik sistemler üzerinde konumlandırılmış olan kalorimetrelerin ölçülediği değerler ve tüm mekanik sistem bileşenlerinin tükettiği elektrik enerjisi de farklı ekranlar üzerinden gözlenlenebilmektedir. Bununla ilgili ekran çıktıları sırasıyla Resim 24 ve Resim 25'de gösterilmektedir.



Resim 24. Kalorimetreler



Resim 25. Elektrik sarfiyatı

Mekanik sistemlerin otomasyonuna ek olarak binanın farklı sistemleriyle ilgili bir otomasyon sistemi de göz önünde bulundurulmuştur.

Tüm mahallerde eş zamanlı aydınlık ve hareket ölçen bir duyar eleman yer almaktadır. Yapılan aydınlık ölçümüne göre mahale yeterli gün ışığı giriyorsa aydınlatma ekipmanları kapatılmaktadır. Mahalde 15 dakika boyunca hareket saptanamadığı durumda ise aydınlatma ekipmanları yine kapatılmaktadır. Yine bina otomasyonu tarafından kumanda edilen pancurlar ile güneş ışınlarının özellikle yaz koşullarında binaya nüfuz etmeleri kısıtlanmıştır. Alınan bu önlemlerle birlikte elektrik sarfiyatının azaltılması ve mahal iç soğutma yüklerinin sınırlandırılması hedeflenmiştir.



Resim 26. Bina kazan dairesinin genel görünümü

3. Sonuç

Döşemeden ısıtma ve serinletme sistemleri geniş yüzeyli ısı transferi imkanı sundukları için düşük sıcaklıkta ısıtma ve yüksek sıcaklıklı soğutma imkanı sunmaktadır. Bu özellikleriyle kullanımı giderek yaygınlaşan yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerle (ısı pompası, güneş enerjisi vb.) son derece enerji verimli şekilde kombine edilebilirler. Böylece enerjinin kullanımında olduğu gibi tedariğinde de tasarruflar sağlamak mümkün olacaktır.

Bununla birlikte bu sistemleri salt enerji verimliliği veya enerji maliyetleri bakış açısından değerlendirmek de yeterli değildir. Döşemeden ısıtma ve serinletme sistemleri ağırlıklı olarak ısıtma ile ısı transferi yaptıkları için ısıtma ve soğutma esnasında işletilen mahal-

de oluşan hava hareketi göreceli olarak azdır. Özellikle ülkemiz gibi ısı kazançlarının yüksek olduğu bölgelerde mahallerin temel yüklerinin öncelikle döşemeden serinletme sistemleri ile karşılanması, mahalin toplam soğutma yükünü karşılamak üzere tasarlanan konvansiyonel bir havalandırma sisteminin debisinin daha düşük olmasını sağlayacaktır. Bu da ısı konfor şartlarının iyileştirilmesine katkıda bulunur.

Ayrıca bu sistemler bu yazıda da bahsi geçen örneğin akustik özellikler ile birlikte kombine edildikleri zaman, ısı konforun yanında, mahaldeki gürültü seviyesinin de

kısmen azaltılmasına katkıda bulunabilir ve, bir ofis binasında kullanıldıkları zaman çalışanların verimliliğinin artmasına yardımcı olabilir. Günümüzün ofis binalarının çalışanlar için iletişim, konsantasyon ve konfor unsurlarının önemli yer tuttuğu “düşünme fabrikaları” olduğu göz önünde bulundurulduğunda, çalışanlara yönelik sağlanan her türlü konfor iyileştirmesinin kuruluşun toplam verimliliği üzerinde olumlu etkilerinin olacağı rahatlıkla anlaşılabilecektir.

Yazar

Yoni ALTARAS

2005 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2006 - 2008 yılları arasında Galatasaray Üniversitesi'nde yüksek lisans yaptı. 2004 yılından bu yana REHAU Polimeri Kimya San. A.Ş.'de çalışmakta ve 2007 yılından bu yana Yapı Tekniği Departmanı bünyesinde Teknik Planlama Takım Liderliği görevini sürdürmektedir. Bu süre içerisinde çalışmaları özellikle evsel / endüstriyel döşemeden ısıtma / serinletme, toprak - kaynaklı ısı pompası, hava - toprak ısı değiştiricisi gibi enerji verimli sistemler üzerine yoğunlaşmıştır.

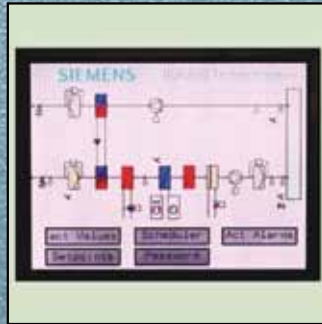
Türkiye'nin En Çok Tercih Edilen Hijyenik Klima Sistemi



Paket Hijyenik Klima



Laminar Air Flow



Touch Screen
Kullanıcı Paneli



Hepa Filtre

MERKEZ & FABRİKA Tel: (312) 818 63 00 (pbx) Faks: (312) 818 61 50 fabrika@untes.com.tr
SATIŞ & ANKARA Blg. Md. Tel: (312) 287 91 00 (pbx) Faks: (312) 284 91 00 untes@untes.com.tr
İSTANBUL Blg. Md. Tel: (216) 456 04 10 (pbx) Faks: (216) 455 12 90 istanbul@untes.com.tr
İZMİR Blg. Md. Tel: (232) 469 05 55 (pbx) Faks: (232) 459 12 92 izmir@untes.com.tr
ADANA Blg. Md. Tel: (322) 459 00 40 (pbx) Faks: (322) 459 01 80 adana@untes.com.tr

ÜNTEŞ[®]
ISITMA KLİMA SOĞUTMA HAVALANDIRMA
"İklimlendirme Uzmanı"
www.untes.com.tr