

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SULU RADYANT SİSTEMLER

Ali İlker ŞENGÜL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI

GEBZE
2007

ÖZET

Isıtma ve soğutma, insan hayatının her alanında yer almış ve önemini her zaman korumuşlardır. Isıtmanın bir tüketim değil verimliliğini kanıtlamak zorunda olan bir yatırım olduğu düşünülmeli tercih edilecek olan sistemin ekonomik olmasının yanında, emniyet ve konfor açısından da üstün özelliklere sahip olması gerekir.

Konutlarda ve sanayi kuruluşlarında, enerji tüketiminin yıllık işletme giderleri verimliliği en çok dikkat edilen ve araştırılan konuların başında gelmektedir. Bu sistemlerinde uygun yöntemin seçilmesi ile yüksek enerji tasarrufu sağlanabilir.

Radyant ısıtma sistemleri, ülkemizde bilinen sıcak hava üfleli merkezi ısıtma sistemlerine karşı üstünlükleri kanıtlamıştır. Özellikle açık alanların, yüksek ve büyük hacimli ortamların ısıtılmasında en nemli yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Radyant ısıtma ve soğutma sistemlerinde, sıcak ve soğuk sulu radyant panellerin kullanımı ülkemizde yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır.

Radyant soğutma ile radyant ısıtma, aynı prensiplere dayanmaktadır. İki olayın sebebi de cisimlerin ısı yüklerinden dolayı ortama elektromagnetik dalgalarla enerji yaymalarıdır.

Bu çalışmada radyant ısıtma ve soğutma sistemlerinin genel prensipleri açıklanmış sistem yapısını oluşturan elemanlar çalışma kriterleri hakkında bilgi verilmiştir. Sistemin matematiksel modeli çıkarılmış, Radyant sistem ve Konvansiyonel sistem arasındaki farklar açıklanmıştır. Aynı zamanda, ortamda bulunanların konforunun sağlanması bakımından önemli olduğu düşünülen radyant ısıtma kavramları konfor parametreleri ile birlikte açıklanmıştır.

SUMMARY

Heating and cooling took its part on daily human life and preserved its importance since then. Heating should not be considered as a consumption but an investment, which its efficiency should be proved. Preferred systems must have over-qualified specialities like security and comfort besides being economical.

In house and industry systems, the most investigated topic is the yearly outcome efficiency of energy consumption. In these systems, big amount of energy savings can be made by choosing the appropriate method.

Radiant heating systems advantages against commonly well-known hot air blowing heating systems are already proved. Especially, it is the most humid way to heat high places with big volumes as well as open ranges.

In radiant heating and cooling systems, using " radiant panels with hot and cold water " is a new thing in our country.

Radiant heating and radiant cooling are based on different principles. Both systems are based on casting electromagnetic waves because of their heat loads.

In this study, basic principles of radiant heating and cooling systems are explained and information about the criteria of the elements in the system is given. Mathematical model of the system is extracted and the difference between radiant systems and conventional systems are explained. Also, radiant heating is explained with comfort parameters which is considered as an importance on the comfort of the consumers.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında bana her türlü konuda destek olan, anlayış ve yol gösteren ve yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde büyük emeği olan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Hasan SADIKOĞLU'na, değerli yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda ve destek olan sevgili anneme ve babama, beni büyüten bugünlere gelmemde üzerimde sonsuz emekleri olan dedem ve anneanneme, tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Merthan BENLİ ve Alaaddin Metin KAYA' ya yüksek lisansa girmeme ve okumama vesile olan Burcu GÖLBAŞI' ya katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ali İlker ŞENGÜL

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
RESİMLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. RADYANT ISITMANIN GENEL PRENSİPLERİ	4
3. RADYANT ISITMA KAVRAMLARI	5
3.1. Isıl Verim	6
3.2. Yayıcılık	6
3.3. Yansıtıcılık	7
3.4. Taşınım Kayıplar	7
3.5. Donanım Verimi	8
3.4. Radyant Verim	8
4. RADYANT SİSTEMLERİN KONVANSİYONEL SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI	8
4.1. Radyant Sistemlerin Avantajları	9
5. RADYANT ISITMA SİSTEMLERİNİN TEORİK ANALİZİ	10
5.1. Işınım Şiddeti	11
5.1.1. Hacimsel Açı	11
5.1.2. Işınım Şiddeti ve Enerjisi	12
5.2. Siyah Cisim Işınımı	14
5.2.1. Planck Kanunu	15
5.1.2. Stefan Boltzmann Kanunu	15
5.3. Gri Cisim Işınımı	16
5.3.1. Stefan Boltzmann Kanunu	16
5.4. Yüzeyler Arasında Işınım	16
5.4.1. İki Siyah Yüzey Arasında Işınım	16

6.ISITMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ	18
7.ISIL KONFOR PARAMERELERİ	23
7.1.Ortalama Radyant Sıcaklık	24
7.2.Konfor Sağlama	25
8. RADYANT SOĞUTMA SİSTEMİNİN ÇALIŞMA KRİTERLERİ	31
9.PANEL SOĞUTMANIN UYGULANABİLİRLİĞİ	34
10.PANEL SOĞUTMA SİSTEMİNİN KULLANIMININ GETİRDİĞİ AVANTAJLAR	35
11.SULU RADYANT ISITICININ İMALAT AŞAMALARI	37
12.RADYANT PANELLERİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ	52
13.RADYANT SİSTEMLERİN GELECEĞİ	62
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	67

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>sayfa</u>
3.1 Bazı malzemelerin yayma katsayıları	6
3.2 Bazı malzemelerin yansıtma katsayıları	7
4.1 Radyant ve konvansiyonel sistemlerin karşılaştırılması	9
6.1 Toplam ısı kayıpları	21
6.2 Şekil katsayısının yüksekliğe bağlı değişimi	22
6.3 Konveksiyonla ısıtma sistemi ile radyant ısıtma sisteminin enerji tasarrufu açısından karşılaştırılması	23
7.1 Farklı ışıınım şiddeti için ısıl reaksiyon süreleri	26
7.2 Farklı şiddetteki kızılötesi ışıınım için ısıl reaksiyon süreleri	27
7.3 Spot veya alan ısıtması için gerekli ısı giriş seviyeleri	28
7.4 Normal giyinmiş hafif çalışan kişiler için ısı giriş seviyeleri	29
7.5 Normal giyinmiş ağır çalışan kişiler için ısı giriş seviyeleri	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>sayfa</u>
5.1 Elektromanyetik ışıınım spektrumu	10
5.2 Bir yüzeyin yaydığı ışıınım	11
5.3 Radyan ve hacimsel açılar	12
5.4 Radyan ve hacimsel açılar	13
5.5 İki siyah yüzey arasında ışıınım	16
6.1 Radyatörlü ısıtma	20
6.2 Radyant ısıtma	20
8.1 Radyant panellerin tavana montajı	31
8.2 Radyant soğutma sistemlerinin şematik gösterimi	33
10.1 HVAC ile Panel tesisatının enerji bakımından karşılaştırılmaları	36

RESİMLER DİZİNİ

<u>Resim</u>	<u>sayfa</u>
11.1 Alüminyum boruların bükülmesi	37
11.2 Alüminyum boruların bükülmesi	37
11.3 Alüminyum boruların bükülmesi	38
11.4 Alüminyum boruların bükülmüş hali	38
11.5 Alüminyum sac'ın tava şeklini alması	39
11.6 Alüminyum sac'ın tava şeklini alması	39
11.7 Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılması	40
11.8 Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılması	40
11.9 Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılmış hali	41
11.10 Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılması	41
11.11 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	42
11.12 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	42
11.13 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	43
11.14 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	43
11.15 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	44
11.16 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	44
11.17 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması	45
11.18 Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılmış hali	45
11.19 Kaçak test'i	46
11.20 Moblama işlemi	47
11.21 Moblama işlemi	47
11.22 Moblama işlemi	48
11.23 Moblama işlemi biten panel	48
11.24 Boyanmış panel	49
11.25 Boyanmış panel	50
11.26 Panellerin izolasyon montajı	51
11.27 Panellerin izolasyon montajı	51
12.1 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	52
12.2 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	52
12.3 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	53

12.4 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	53
12.5 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	54
12.6 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	54
12.7 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	55
12.8 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	56
12.9 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	56
12.10 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	57
12.11 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	57
12.12 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	58
12.13 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	58
12.14 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	59
12.15 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	59
12.16 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	60
12.17 Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı	60
12.18 Panellerin okullarda kullanımı	61
12.19 Panellerin hastanelerde kullanımı	61

1. GİRİŞ

Yüzyıllardır insanoğlu rahat bir hayat sürmek için yaşadıkları ortamın şartlarını değiştirmeye, iyileştirmeye çalışmışlardır. Modern teknolojinin hayatımıza sağladığı imkanlarla doğadaki sorunları aşmasını öğrenen insan, yeni buluşlarla da yaşamı kolaylaştırmanın yollarını öğrenmiştir.

Ünlü İngiliz astronom W. Herschell 1800 yılında, bir prizma yardımı ile yayılan güneş ışığının ısısını ölçmek için kullandığı termometre üzerinde, mavi ışığın en az miktarda ısı artışına neden olduğunu ancak rengin kırmızı spektruma dönüşürken sıcaklığında arttığını fark etmesiyle kızılötesi spektrumun ısıtıcı etkisi olduğunu keşfetmiştir.

Amerikalı araştırmacılar Roberts ve Gorden 1950'lerde büyük yakıt ekonomisi sağlayan gaz yakmalı kızılötesi radyant tüp ısıtma kavramlarının gelişiminde büyük rol oynamışlardır. Bu tarihten itibaren ABD'de radyant sistemler sürekli gelişme göstermiş, özellikle soğuk olan kuzey bölgelerinde ve Kanada'da radyant sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır.

1970'li yıllarda doğalgazın yaygınlaşması ile Batı Avrupa'da, 1980'li yılların sonlarında ise ülkemizde gaz yakmalı radyant cihazlar önem kazanmıştır. Bu teknolojinin gelişimi ile sulu radyant sistemlerin kullanımı da artmıştır.

Radyant ısıtma sistemleri konvansiyonel sıcak hava ile ısıtma sistemlerinden çok farklı bir prensiple gerçekleşmektedir. Bilindiği üzere üç farklı ısı geçişi tarif edilmektedir. Bunlar; iletim, taşınım ve ışıınım şeklinde olmaktadır. Radyant ısı geçişi veya diğer ifade ile ışıınımla olan ısı geçişi, iletimle ve taşınımla olan ısı geçişinden tamamen farklı bir özelliktedir.

Kızılötesi radyant ısı enerji yukarıdan aşağıya doğru ortamı işgal eden cisimlere ve döşemeye yönlendirilmektedir. Enerji içerisinden geçtiği havayı ısıtmaksızın cisimleri yada insanları ısıtır. Ortamdaki havanın ısınması, ısınan cisimlerin aralarındaki ısı transferi gerçekleşir.

Işınım, maddenin sahip olduğu ısı enerjisini elektromagnetik dalgalarla sıcaklığı nedeniyle yaymasıdır. Tüm maddeler sıcaklıklarına bağlı olarak ışıınım ile ısı

yayarlar. Işınım ile ısı geçişinde ışınlar dalga mekaniği kuramlarına göre enerjiyi iletmektedir.

Işınlar gaz ortamlarında hareket edebildikleri gibi, boşlukta da yol alabilirler. Taşınım da akışkan bir ortamın bulunması zorunludur. Oysa ışınım ile ısı transferinde boşluk geçişi tam tersine iyileştirmektedir. Buna en canlı örnek olarak dünyadan yaklaşık 150 milyon km uzaklıktaki güneşin dünyayı ısıtması gösterilebilir. Dolayısıyla ışınım, dünyadaki canlı hayatın oluşmasını ve bu günkü hale gelmesini sağlamıştır. Diğer hiçbir ısı geçiş yöntemi ile izah edilemeyecek bu örnek ışınım için ışın teorisini ve dalga teorisini pekiştirmektedir.

Işınım ile ısı geçişinin açıklanması dalga ve kuantum teorileri ile yapılmaktadır. Radyant sistemlerde prensip yayıcılığı yüksek bir yüzeyin bir şekle ısıtılıp bu yüzeyin ışımayı sağlamasıdır. Elektromagnetik dalgalar cisimlerin yüzeyine çarptığında yüzeydeki molekülleri harekete geçirir ve sürtünmeden dolayı moleküllerin ısı üretmesi ile cisimler ısınır. Cisimler, yüzey sıcaklığına da bağlı olarak 1-10m dalga boyunda ışınım yayarlar.

Sıcaklığı nispeten yüksek olan cismin etrafına yayarak kaybettiği enerji, çevresinden ona gelen enerjiden büyük olduğu zaman soğumakta, sıcaklığı düşük olan cisimde bünyesine aldığı ilave enerji sayesinde ısınmaktadır.

Radyant soğutmayı radyant ısıtmadan ayıran ana unsur, soğutucu tavanın insanlardan ve çevredeki diğer kaynaklardan gelen termal ışıma enerjisini absorbe etmesidir.

Dünya genelinde radyant sistemler ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır.

Stetiu [1] yapmış olduğu çalışmada, pilot olarak seçtiği ticari bir bankada geleneksel soğutma sistemi yerine radyant soğutma sistemi seçilmesi ile %30 tasarruf edilebileceğini göstermiştir.

Imanari, Omari ve Bogaki [2] termal konfor ve radyant tavan sistemlerinin enerji tüketimlerini konvansiyonel hava sistemleri ile karşılaştırmışlar yapılan deneyler sonucunda radyant tavan panel sisteminin konvansiyonel sistemlere göre hava sıcaklığında daha az değişim yaptığı ve daha konforlu bir çevre sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Miriel, Serres ve Trombe [3] radyant panel ısıtma ve soğutma sistemlerinin performanslarını deneysel olarak incelemişler ve elde ettikleri deneysel verileri geliştirdikleri model ile benzeştirerek binalardaki termal konfor ve enerji tüketimlerini incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışma sonucunda, binalarda termal konfor ve enerji tasarrufu açısından sulu tavan panellerin kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Jeong ve Muma [4] tavan tipi radyant soğutma panellerinin kapasitesinin sisteme mekanik olarak integre edilecek karışık taşınım sistemi ile arttırılmasını incelemişler, ve radyant panellerin toplam soğutma kapasitesinin %5-35 arasında azaltılabileceği göstermişlerdir.

Louadi [5] yapmış olduğu çalışmada, binalardaki ısıtma ve soğutma için gerekli enerji miktarını, radyant ısıtma ve soğutma sistemi ile modelleyerek bir yazılım geliştirmiştir. Daha önce geliştirilen modellerle kıyaslandığında daha iyi sonuç veren bu modellerin kullanılmasıyla göreceli olarak daha düşük enerji gerektiren evlerde radyant ısıtma ve soğutma sisteminin kullanılmasının verimli olacağı gösterilmiştir.

Nagano ve Mochida [6] tavan radyant soğutmanın termal çevresel dizaynının insan üzerine etkilerini araştıran 28 adet deney gerçekleştirmişler, deneyler sonucunda, ortam için en uygun sıcaklığın 27°C olduğu sonucuna varmışlardır.

Ardehali, Panah ve Smith [7] radyant paneller için enerji transfer mekanizmalarının kavramsal modellemesini yapmışlardır. Geliştirdikleri modelleri deneysel verilerle kıyaslamışlardır ve modellerinin herhangi bir sistemde kullanılacak radyant ısıtma ve soğutma sisteminin dizaynında kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Jeong ve Muma [8] metal tavanlı radyant soğutma panelleri için soğutma yükünü tahmin edecek basitleştirilmiş model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri basit modelden elde ettikleri sonuçların, metal (alüminyum ve çelik) panel üreticilerinin ürettikleri paneller için önerdikleri verimlerle tam uyumlu olduğunu göstermişlerdir.

Strand ve Baumgartner [9] radyant ısıtma ve soğutma sistemlerinin modellenmesi ve tüm binanın simülasyon programı ile entegresini araştırmışlar, bu simülasyon programı içindeki radyant sistem modelini özetlemişlerdir.

Vangtook ve Chirattananon [10] sıcak ve nemli ortamda radyant soğutucuların uygulamasını deneysel olarak araştırmışlar ve paneldeki suyun

sıcaklığının 24°C'ye limitlenmesine rağmen radyant soğutma uygulaması ile termal konforun sağlanabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

2. RADYANT ISITMANIN GENEL PRENSİPLERİ

Radyant ısıtma, prensip olarak kalorifer, sıcak hava ile ısıtma gibi konvansiyonel sistemlerden çok daha farklıdır. Radyant ısıtma dışındaki her türlü ısıtma sistemlerinde taşınım ve ışıınım birlikte bulunurlar. Radyant sistemlerde ise taşınım, toplam ısı transferinde çok küçük bir oranda kalmakta olup, ısıtma ışıınım ile gerçekleştirilir.

Sanayi tesislerinde kullanılan ısıtma sistemlerini başlıca ikiye ayırabiliriz:

- 1) Taşınım ile ısı geçişi sağlayan (Konvektif) ısıtma sistemleri,
- 2) Işıınım ile ısı geçişi sağlayan (Radyant) ısıtma sistemleri.

Bütün cisimler yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak ışıınım ile ısı yayarlar. Yayılan ışıınım maddesel ortam olmaksızın her yönde yayılır. Radyant ısıtma sistemleri enerjiyi, kızılötesi ışıınlar ile yayarlar. kızılötesi, elektromagnetik dalgalar vasıtasıyla enerjinin iletilmesidir. kızılötesi ışıınları gözle görülmezler ve ışıık hızıyla hareket ederler. Görülebilen ışııktan biraz daha uzun dalga boyu olan kızılötesi ışıınları 0.7 ile 400 μ (1 μ = 10⁻⁶ m) dalga boyu aralığındadır. Bununla beraber radyant ısıtma sistemlerinde ışıınlar 2-12 μ dalga boyuna sahiptir. Kişilerle birlikte kızılötesi spektrumu alan ortam içerisindeki döşeme, cihazlar, duvar gibi elemanlar da ısıtılır. Isınan cihazlar ve bina yapısı taşınım ile ısı geçişi sağlayan çok önemli bir ısı kaynağı haline gelir. Isınmış yüzeylerden taşıınım ile ısı geçişi sonucu havanın sıcaklığı artar.

Radyant ısıtma sistemlerinin avantajlarının anlaşılması bakımından aşağıda kızılötesi ışıınımın faydaları açıklanmıştır.

Radyant ısıtma sistemlerinde kızılötesi enerjisi cisimleri, insanları ve yüzeyleri ısıtır. Havada bulunan su buharı ve karbondioksit radyant enerjiyi yutmalarına rağmen adı geçen maddelerin miktarı az olduğundan havadaki ısınma ihmal edilir. Cisimler ve döşemeye gelen enerji ısıya dönüşür. Bu ısı,

- Döşeme ve cisimlerin ısınıını arttırarak onların ısı deposu haline gelmesini sağlar.

- Taşınım yoluyla ısı geçişi sayesinde havayı ısıtır.
- Ortamda bulunan diğer yüzey ve cisimlere geçer.
- Ortam içerisinde havanın tabaka teşkil etmesi azaltılmış olur. Hava direkt olarak ısıtılmadığı için tavandan döşemeye doğru homojen bir ısı dağılımı sağlanır.
- Üst katmanlardaki hava sıcaklığının konvansiyonel sistemlere göre daha az olmasından dolayı çatı ve üst duvar civarındaki çatlak ve deliklerden sızıntı nedeniyle oluşacak hava değişim ısı kaybı daha az olur.

Radyant sistemlerin kullanılabileceği yerler,

- Hastaneler,
- Büyük çarşı ve alışveriş merkezleri,
- Sanayi siteleri ve organize siteleri,
- Fabrikalar,
- İmalathaneler,
- Uçak hangarları,
- Otomobil servisleri,
- Ambarlar,
- Her türlü bakım servis üniteleri,
- Okullar,
- Spor salonları ve stadyumlar,
- Restorantlar,
- Camiler,
- Müzeler,

- Çiftlikler,
- Seralar,
- Galeriler,
- Teşhir odalarıdır.

3. RADYANT ISITMA KAVRAMLARI

Radyant ısıtma uygulamalarında, ortama yeteri miktarda enerji vermek ve ortamda bulunanların konforunun sağlanması bakımından bazı kavramların anlaşılması önemlidir. Radyant ısıtma sistemiyle ilgili olan aşağıda sıralanan kavramların öneminin anlaşılması sistemin yüksek verimle çalışmasına imkan tanıyacaktır.

- Yayıcılık (emissivity),
- Yansıtıcılık (reflektivite),
- Taşınım kayıpları,
- Donanım (fixture) verimi,
- Model (pattern) verimi,
- Yutuculuk (absorptivity).

3.1. Isıl Verim

Radyant ısıtma uygulamasında ısı verim, mevcut enerji çıkışının girilen toplam enerjiye oranı olarak tarif edilir.

3.2. Yayıcılık

Yayıcılık malzemeye ait bir özellik olup bir yüzeyin toplam yayma gücünün aynı sıcaklıktaki siyah yüzeyin toplam yayma gücüne oranıdır. Siyah cisim üzerine düşen ışınımın tamamını yutan veya yayan cisim olup yayma sayısı bir olan teorik bir kavramdır. [Tablo 1], bazı malzemelere ait yayma katsayılarını göstermektedir.

Malzeme	Yayma katsayısı	Sıcaklık (°C)
---------	-----------------	---------------

Alüminyum (Çok parlatılmış)	0. 039-0. 057	237-576
Alüminyum (Pürüzlü parlak)	0.18	100
Dökme demir	0.44	22
Dökme demir (parlatılmış)	0.21	200
Kalay	0.043-0.064	23
Nikel (Parlatılmış)	0.07	260
[Çelik (Parlatılmış)	0.066	100
Galvanize çelik	0.028	40
Paslanmaz çelik (tip. 301)	0.16	23
Alüminyum	0.10-0.20	40

Tablo 3.1. Bazı Malzemelerin Yayma Katsayıları

Radyant ısıtma sistemlerinde toplam yayma gücü (bir yüzeyin birim alanından birim zamanda bütün dalga boylarında yaydığı ışıınım) Stefan-Boltzmann Kanunu yardımıyla hesaplanır.

3.3. Yansıtıcılık

Yansıtıcılık, bir yüzeyden yansıyan ışıının gelen ışıına oranıdır. Malzeme yüzeyine bağlı olup özellikle parlak ve pürüzsüz bir yüzeyin yansıtma özelliği fazladır. Yansıtıcılık aynı zamanda yayılan enerjinin dalga boyuna bağlı olmakla beraber kızılötesi enerji için değişim çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. [Tablo 2], değişik malzemelerin yansıtma katsayılarını içermektedir.

Malzeme	Yansıtma Katsayısı
Paslanmaz çelik	0.55 ($\lambda = 0.6 \mu\text{m}$)
Alüminyum	0.88 ($\lambda = 0.4 \mu\text{m}$)
Galvanize çelik	0.72
Nikel	0.90
Krom	0.92
Paslanmaz çelik (Parlatılmış)	0.80-0.90

Tablo 3.2. Bazı Malzemelerin Yansıtma Katsayıları

Yansıtıcı elemanların (Reflektörler) yansıtma açıları ortama doğru yönlendirilen enerji miktarını belirler. Bu nedenle malzemelerin yüksek yansıtma özelliğiyle birlikte yansıtıcıların yerleştirme biçimlen de önemlidir.

3.4. Taşınım Kayıplar

Radyant bir uygulamada taşınımınla olan ısı kaybı, ısıtılan ortam içinde tabaka oluşumu olarak bilinen bir duruma sebebiyet verir. Tabaka oluşmasından dolayı dış ortamla olan sıcaklık farkı artarak çatı ve üst duvar aralarında iletimle olan ısı kaybı artar. Ayrıca baca etkisinin bir sonucu olarak çatıda ve yakınındaki delik ve çatlaklar yüzünden hava değişim ısı kaybı artar.

Radyant ısıtma sistemleri ile ısıtılmış binalar için hava tabakası oluşumu fazla sorun olmaz.

3.5. Donanım Verimi

Donanım verimi, radyant ısıtma uygulamasında mevcut enerjinin ortama doğru yönlennesinin bir göstergesidir. Ancak taşınım kayıplarını kontrol etmedeki ve radyant enerjiyi dağıtmadaki yetersizlik donanım verimini düşürür

3.6. Radyant Verim

Radyant verim, yakıt giriş enerjisine göre, gerçek radyant enerji çıkışının göstergesidir (Çıkış seviyesi/Giriş seviyesi). Radyant verim, uygulamaya bağlı olarak %30 ile %60 arasında değişmektedir.

4. RADYANT SİSTEMLERİN KONVANSİYONEL SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Radyant ısıtma sistemlerinin konvansiyonel ısıtma sistemlerinden en büyük farkı yüzeyler arasında ışınlımla ısı geçişi ile ısıtmayı sağlamasıdır. Sistemin sessiz olarak çalışması ve ortama ısıyı homojen olarak vermesi de ayrıca bir farklılık göstermektedir. Radyant ısıtma ile doğrudan kişilerin konfor sıcaklığı hissetmeleri sağlanır.

Hava ısıtılmadığından, ısınan hava yükselir kuralı çerçevesinde, çalışma olmayan yüksek seviyelerde sıcaklığın yüksek, esas ısıtılması istenen alt birimlerde ise daha düşük sıcaklık gibi büyük enerji kaybı yaratan olumsuzluklar ortadan kaldırılır.

RADYANT ISITMA SİSTEMİ	MERKEZİ BUHAR ÜFLEMELİ ISITMA KONVANSİYONEL ISITMA SİSTEMİ
Radyant ısıtıcı üzerinde ısıtmayı sağlayan yüzeyler ısı transferine bütünüyle katılırlar.	Isıtma sisteminin döşemeden olduğu durumlarda yüzey kayıpları oluşur.
Isının taşınmasından ortaya çıkan ısı kayıplar çok azdır.	Taşıyım ile ısı geçişinden dolayı ısı kayıplar fazladır.
Esnek ve geliştirilmeye uygundur.	Esnek ve geliştirilmeye uygun değildir.
Isıtıcıların ömrü 30 yıldır	Isıtma sisteminin ömrü maksimum 15 yıldır.
Bakımı kolaydır	Çok sık bakım gerektirir, sızıntı olur.
Genel verim %80	Genel verim %50
Uygulama şekline göre %30 ile %50 arasında enerjiden tasarruf sağlar	
Geri ödeme süresi bir çok durum için 3 yıldır.	Oldukça uzundur
Yüzey ısıtma prensibine göre hareket eder.	Hacim ısıtma prensibine göre hareket eder. (sıcak hava sistemi- taşıyım)

Tablo 4.1. Radyant ve konvansiyonel sistemlerin karşılaştırılması

4.1. Radyant Sistemlerin Avantajları

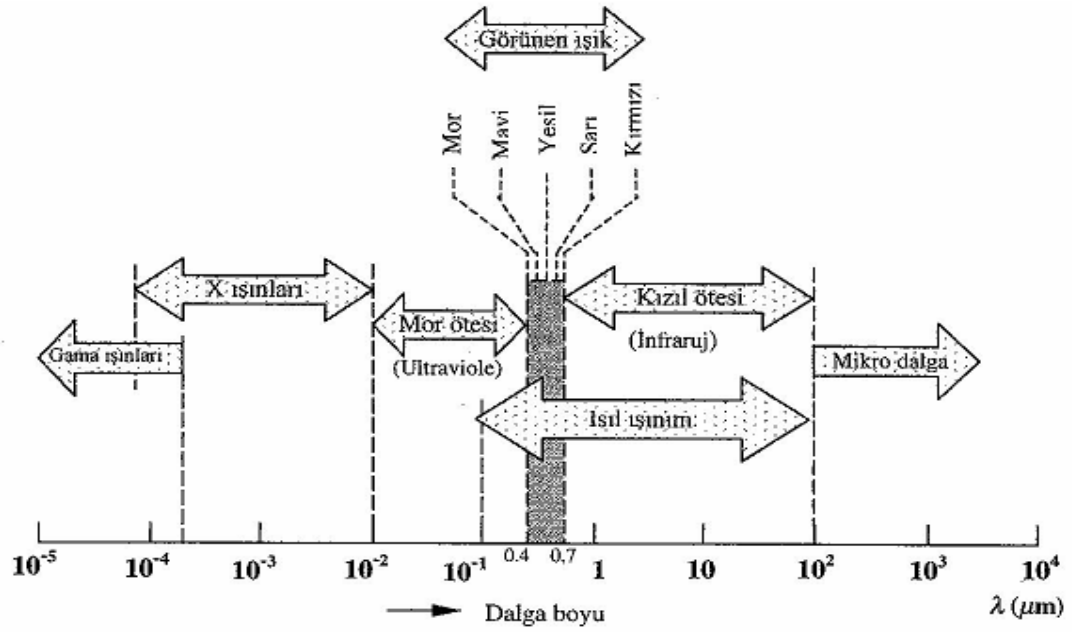
- a. Sıcak hava üflemeli sistemlere göre %30-50 tasarrufludur.
- b. Bakım masrafları son derece düşüktür.
- c. Çok kısa sürede ve konforlu ısıtma sağlar.
- d. Hava sirkülasyonu yapmadan tozsuz ve gürültüsüz çalışır.
- e. Estetiktir ve çeşitli konstrüksiyonlara uygulanabilir.
- f. Baca inşası problemi yoktur ve Çevre Dostu'dur.
- g. Bölgesel ısınmaya imkan verir.

5. RADYANT ISITMA SİSTEMİNİN TEORİK ANALİZİ

Radyant ısıtmada, hacim değil cisimler ısıtılır. Hacim havası ısıtılmadığı için, klasik yöntemle hesap yapılmaz. Yüzeyle düşen ısıma enerjisine göre hesap yapılarak, gereken ısı yükü tespit edilir.

Işınım için, kesin bir mekanizma açıklanamamış olmasına rağmen, başlıca iki teori, pratiğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Bunlar, Maxwell' in elektromanyetik dalga teorisi ve Max Planck' in Kuantum teorisi olarak bilinmektedir. Maxwell' in elektromanyetik dalga teorisine göre, ısı, elektromanyetik dalgalar ile yayılmaktadır. Max Planck' in Kuantum teorisine göre ise, foton denen enerji paketçiklerinin ısıtmayı sağladığı görüşü ileri sürülmektedir. Ancak, söz konusu fotonların da, belirli frekanslarda titreşip, dalga karakteri gösterdiği ifade edilmektedir. Ancak, ısıtım teorilerinin hepsinin birleştiği ortak nokta, ışınlama ısı geçişi olayının, bir yayma ve yutmadan ibaret olduğudur.

Tüm cisimler ışınlama yayar. Gazlar ve yarı geçirgen bazı katı cisimler için (örneğin cam) ışınlama, hacimsel bir olaydır. Diğer bir ifade ile, cismin bir noktasından yayılan ışınlama, diğer noktalar tarafından yayılan ışınlamadan etkilenir.



Şekil 5.1. Elektromanyetik ışıma spektrumu

λ =dalga boyu, C =ışık hızı, f =dalga'nın frekansı

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad C=2,998 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (1)$$

Siyah cisim: Bir cisim, üzerine gelen ışıma enerjisinin tamamını yutuyorsa, o cisme siyah cisim denir.

Beyaz cisim: Bir cisim, üzerine gelen ışıma enerjisinin tamamını yansıtıyor ise o cisme beyaz cisim denir.

Gri cisim: Uygulamada ne tam siyah ne de tam beyaz cisim vardır, bütün cisimler bunların arasındadır. Bu cisimlere gri cisim denir.

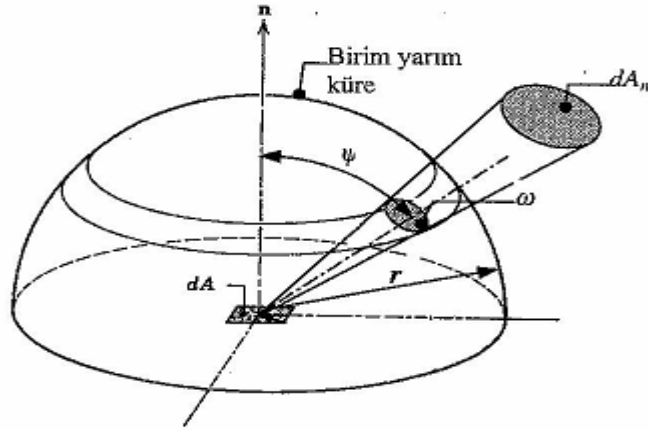
5.1. Işıma Şiddeti

Bir noktadan belirli bir doğrultuda yayılan ışıma enerjisini açıklayabilmek için koni şeklindeki ışıma demetini tanımlayabilmek gerekir. Bu da aşağıda tanımlanan hacimsel açı kavramı ile mümkündür.

5.1.1. Hacimsel Açı

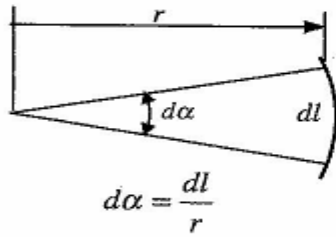
Şekil 5.2' de gösterilen birim yarıçaplı kürenin tabanında sonsuz küçük bir dA yüzey elemanının, yüzey normali ile ψ açısı yapan doğrultuda dA_n yüzey elemanına

bir koni şeklinde, belirli bir dalga boyunda ışınlam enerjisi yaydığı düşünölsün. Burada dA_n yüzeyinin kenarlarından geçerek merkezi birleştiren koninin, birim yarım küre ile ara kesitine hacimsel açı denir ve ω ile gösterilir.

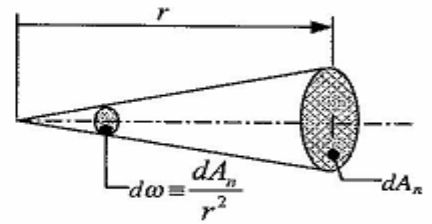


Şekil 5.2. Bir yüzeyin yaydığı ışınlam

Diferansiyel düzlemsel açı, daire yayı üzerinde alınan diferansiyel yay uzunluğunun yarıçapa oranı şeklinde tanımlanmıştır. Diferansiyel hacimsel açı ise, küre yüzeyinde normal doğrultudaki diferansiyel birim alanın, kürenin yarıçapının karesine oranı şeklinde tanımlanır. Hacimsel açının brimi steradyan dır. Bu tanıma göre kürenin hacimsel açısı;



Radyan açı



Hacimsel açı

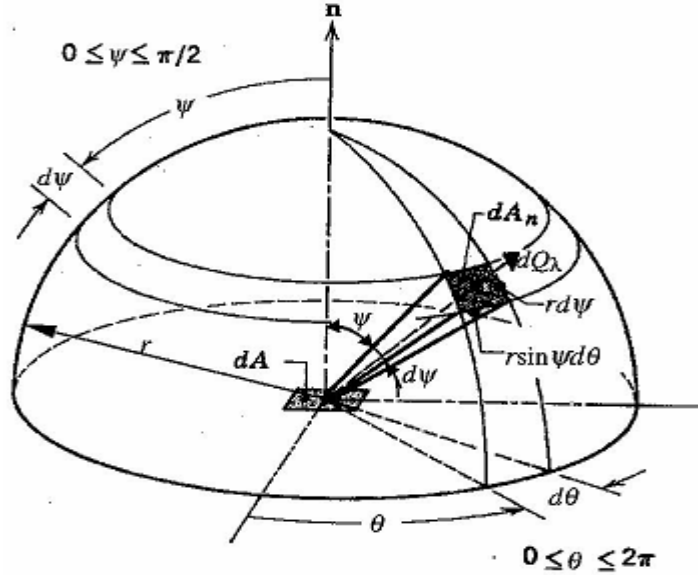
Şekil 5.3. Radyan ve hacimsel açılar

$$dw = \frac{dA_n}{r^2} \rightarrow w = \frac{A}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \quad (2)$$

denklemleri ile ifade edilir. Burada A ışınlara dik alan ve r kürenin yarıçapıdır. Steradyan boyutsuz bir brimdir. Yarım kürenin hacimsel açısı da 2π olur.

5.1.2. Işınım Şiddeti ve Enerjisi

Yarıçapı r olan yarım kürenin taban merkezinde ele alınan diferansiyel dA alanından yayılan ışınım enerjisinin, Şekil 4 de belirtilen yönde küre yüzeyinde dA_n alanından geçen kısmını bulabilmek için, küresel koordinatlarda aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.



Şekil 5.4. Radyan ve hacimsel açılar

$$dA_n = r^2 \sin \psi d\psi d\theta \quad (3)$$

$$dw = \frac{dA}{r^2} = \sin \psi d\psi d\theta \quad (4)$$

Burada ψ zenit açısı, θ azimut açısı ve dA_n ışınım doğrultusundaki dik yüzeyin alanıdır. Yüzeyin normali doğrultusunda birim yüzeyden birim hacimsel açı altında, birim zamanda birim dalga boyu bandında yayılan ışınım enerjisine bir dalga boyu ışınım şiddeti denir ve $I_{s\lambda}$ ile gösterilir. Şekil 5.4'de gösterilen küresel koordinatlarda yarım kürenin taban merkezinde ele alınan diferansiyel dA alanından verilen bir yönde, birim zamanda, birim hacimsel açı altında ve verilen yöne dik birim alandan yayılan ışınım enerjisi;

$$dQ_\lambda = I_{s\lambda} dA_n dw d\lambda \quad (5)$$

Denklemleri ile ifade edilir. Burada dA_n , dA yüzeyinin ışınım doğrultusuna dik alanı olduğundan; şu şekilde ifade edilir;

$$dA = dA \cos\psi \quad (6)$$

Denklem (6) denklem (5)' in içine yerleştirilirse denklem (7) elde edilir.

$$dQ_\lambda = I_{s\lambda} dA \cos\psi \, dw \, d\lambda \quad (7)$$

Işınım küresel olarak yayıldığından, yarım küre yüzeyinin, birim yüzeyinden $d\lambda$ dalga boyunda çıkan ışınım akısı denklem (8) ile ifade edilebilir.

$$E_{s\lambda} = I_{s\lambda} \oint \cos\psi \, dw \quad (8)$$

Birim yüzeyden ışınım ile yayılan ısı miktarı denklem (9) ile hesaplanabilir.

$$\oint \frac{dQ}{dA} = E_{s\lambda} d\lambda = d\lambda \oint I_{s\lambda} \cos\psi \, dw \quad (9)$$

Burada $E_{s\lambda}$ birim yüzeyden, birim dalga bounda yayılan ışınım akısı, $\oint$ işareti fonksiyonun yarım küre boyunca integralinin alınacağını gösterir. $I_{s\lambda}$ yöne bağlı olmadığından integral dışına çıkabilir.

Yarım kürede ψ açısı 0 olan $\pi/2$ ye, θ açısında 0 olan 2π ye kadar değişir. O halde birim yüzeyde birim dalga boyuna yayılan ışınım akısı;

$$E_{s\lambda} = I_{s\lambda} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \cos\psi \, \psi \, d\psi \, d\theta \quad (10)$$

$$E_{s\lambda} = \pi I_{s\lambda} \quad (11)$$

Denklemini ile ifade edilir. Toplam ışınım akısı için bütün spektrum boyunca integral alınırsa;

$$E_s = \int_0^\infty E_{s\lambda} d\lambda = \pi \int_0^\infty I_{s\lambda} d\lambda \quad (12)$$

$$E_s = \pi I_s \quad (13)$$

Denklem (13) elde edilir. Burada I_s bütün spektruma ait ışınım şiddeti ve E_s toplam ışınım akısıdır. Bu bağıntıdan yarım küre yüzeyinden yayılan toplam ışınım akısının, birim hacimsel açıdan yayılan ışınım akısının π katı olduğu görülür.

5.2. Siyah Cisim Işınımı

Siyah cismin ışınlımını açıklayabilmek için ışınlımla ilgili bazı kanunların açıklanması gerekir.

5.2.1. Planck Kanunu

Siyah cismin yaydığı ışınlım spektrumu daha iyi bilinir. Bu yüzden Max Planck kuantum teorisine dayanarak, siyah cismin sıcaklığına bağlı olarak boşlukta yaydığı bir dalga boyu ışınlım şiddeti için;

$$I_{s\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1} \quad (14)$$

Denklem (14)' ü önermiştir. Burada $C_1 = 1,19 \times 10^{-16} \text{ Wm}^2$, $C_2 = 1,44 \times 10^{-2} \text{ mK}$, λ dalga boyu (m) T mutlak yüzey sıcaklığı (K) ve $I_{s\lambda}$ ışınlım şiddeti W/m^3 boyutundadır.

5.2.2. Stefan-Boltzmann Kanunu

Planck kanunundan bulunan $I_{s\lambda}$ değeri denklem (12)'de yerine konulursa belirli bir sıcaklık için ; siyah cismin ışınlım akısı, E_s ;

$$E_s = \pi \int_0^{\infty} I_{s\lambda} d\lambda \quad (15)$$

$$E_s = \sigma T^4 \quad (16)$$

Denklemini ile ifade edilir. Burada σ Stefan-Boltzmann katsayısıdır. E_s 'nin birimi W/m^2 dir. Bu bağıntı önce 1879 da Stefan tarafından deneysel yolla bulunmuş, daha sonra da 1884 de Boltzmann tarafından teorik olarak elde edilmiştir. Bu yüzden bu bağıntıya Stefan-Boltzmann kanunu yada ısı ışınlımının temel kanunu denir. Bu bağıntıda denklem (14)' deki $I_{s\lambda}$ değeri yerine yazılıp, integral hesaplanır ise, Stefan-Boltzmann katsayısı, σ için, farklı birimlerdeki değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$$

$$\sigma = 4,96 \times 10^{-8} \text{ kcal/m}^2 \text{K}^4$$

Denklem (16)' ya göre ışınlım ile geçen ısı enerjisi mutlak sıcaklığın dördüncü kuvveti ile orantılıdır.

5.3. Gri Cisim Işınımı

5.3.1. Stefan-Boltzmann Kanunu

Gri cisimlerin ışınlımı sıcaklık ve dalga boyundan başka yüzey pürüzlülüğüne, ışınlımın yapıldığı açıya, yüzeyin rengine gibi bir çok faktöre bağlıdır. Gri cismin yaydığı ışınlım enerjisi, aynı sıcaklıktaki siyah cismin yaydığı ışınlım enerjisinden, daima daha azdır. Gri cismin yaydığı ışınlım enerjisinin, aynı şartlarda siyah cismin yaydığı ışınlım enerjisine oranına ışınlım yayma katsayısı denir ve ε ile gösterilir.

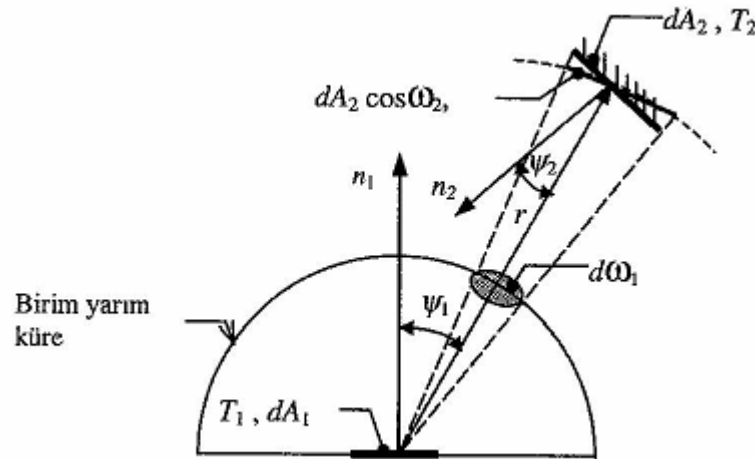
$$\varepsilon = \frac{E}{E_s} \quad (17)$$

Burada E gri cismin yaydığı ışınlım enerjisi ve E_s siyah cismin yaydığı ışınlım enerjisidir. Siyah cisim için $\varepsilon = 1$ dir. Gri cisimler için $0 < \varepsilon < 1$ dir. Bu bilgiler ışığında gri cismin yaydığı ışınlım enerjisi, denklem (18) ile hesaplanır.

$$E = \varepsilon E_s = \varepsilon \sigma T^4 \quad (18)$$

5.4. Yüzeyler Arasında Işınım

5.4.1. İki Siyah Yüzey Arasında Işınım



Şekil 5.5. İki siyah yüzey arasında ışınlım

Yüzeylerin birbirine olan konumları, ısı ışınlımını etkiler. Şekil 5.5' deki gibi T_1 sıcaklığındaki dA_1 yüzeyi ve T_2 sıcaklığındaki dA_2 yüzeyi ele alındığında $T_1 > T_2$ olduğu, cisimlerin her ikisinde siyah cisim olduğu ve aralarında da ışınlım yutmayan bir ortamın bulunduğu kabul edildiğinde; dA_1 yüzeyinden dA_2 yüzeyine olan ısı ışınlımı;

$$dQ_{1,2} = I_{s1} dA_1 \cos\psi_1 dw_1 \quad (19)$$

Denklemleri ile ifade edilirken, dA_2 yüzeyinden dA_1 yüzeyine olan ısı ışıınımı;

$$dQ_{2,1} = I_{s2} dA_2 \cos\psi_2 dw_2 \quad (20)$$

Denklemleri ile yazılır. Burada;

dw_1 : dA_1 ' in dA_2 ' yi gördüğü hacimsel açı

dw_2 : dA_2 ' nin dA_1 ' i gördüğü hacimsel açıdır.

Bu hacimsel açıları için r yarıçaplı birim yarım küre ele alınarak, denklem (6) denklem (4)' ün içine yazıldığında;

$$dw_1 = \frac{dA_2 \cos\psi_2}{r^2} \quad (21)$$

$$dw_2 = \frac{dA_1 \cos\psi_1}{r^2} \quad (22)$$

Denklemleri elde edilir. Diğer taraftan denklem (13)' den siyah cisimlerin ışıınım şiddetleri için;

$$I_{s1} = \frac{E_{s1}}{\pi} \quad I_{s2} = \frac{E_{s2}}{\pi} \quad (23)$$

Eşitlikleri göz önüne alınarak iki siyah yüzey arasında net ısı ışıınımı için,

$$dQ = dQ_{1,2} - dQ_{2,1} = (E_{s1} - E_{s2}) \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2 dA_1 dA_2}{\pi r^2} \quad (24)$$

Bağıntısı elde edilir. Bu bağıntının A_1 ve A_2 yüzeyleri için integrali alınırsa A_1 yüzeyinden A_2 yüzeyine giden net ışıınım enerjisi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Q_{12} = (E_{s1} - E_{s2}) \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2 dA_1 dA_2}{\pi r^2} \quad (25)$$

Şekil faktörü: A_1 yüzeyinden A_2 yüzeyine giden ışıınım enerjisinin, A_1 yüzeyinin tüm yaydığı ışıınım enerjisine oranına şekil faktörü denir ve F_{12} şeklinde gösterilir. O halde 1 yüzeyinden 2 yüzeyine şekil faktörü için;

$$F_{12} = \frac{\int_{w1=2\pi} dQ_{12}}{\int_{w1=2\pi} dQ_{12}} = \frac{\int_{A_1} \int_{A_2} \frac{E_{s1}}{\pi r^2} \cos\psi_1 \cos\psi_2 dA_1 dA_2}{E_{s1} A_1} \quad (26)$$

$$F_{12} = \frac{1}{A_1} \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2}{\pi r^2} dA_1 dA_2 \quad (27)$$

Denklemleri elde edilir. Şekil faktörü kullanılarak, 1 yüzeyinden 2 yüzeyine giden net ışıınım enerjisi, denklem (25) ve denklem (27) kullanılarak denklem (28) elde edilir.

$$Q_{1,2} = F_{12} A_1 E_{s1} = F_{12} A_1 \sigma T_1^4 \quad (28)$$

Aynı şekilde 2 yüzeyinin 1 yüzeyine göre şekil faktörü de aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$F_{21} = \frac{1}{A_2} \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2}{\pi r^2} dA_1 dA_2 \quad (29)$$

2 yüzeyinden 1 yüzeyine olan net ışıınım enerjisi için de;

$$Q_{2,1} = F_{21} A_2 E_{s2} = F_{21} A_2 \sigma T_2^4 \quad (30)$$

Bağıntısı elde edilir. Denklem (27) ve denklem (29) kullanılarak şekil faktörleri için denklem (31) elde edilir.

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \quad (31)$$

Bu bilgiler ışığında iki siyah yüzey arasındaki 1 den 2 ye olan net ışıınım enerjisi, denklem (28), denklem (30) ve denklem (31) kullanılarak denklem (32) bulunur.

$$Q_{12} = \sigma A_1 F_{12} (T_1^4 - T_2^4) \quad (32)$$

Burada, A ısıtıcı alanını (m²), T, ısıtıcı yüzey sıcaklığını (K) ve T₂ ısıtılan yüzey sıcaklığını (K) ifade etmektedir.

6. ISITMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ

Isıtmada sistem seçilirken ve yatırım kararı verilirken, aşağıda sıralanmış sorulara, objektif yaklaşımlar ve yanıtlar bulunmalıdır.

-Sistem seçimini belirleyecek değişkenler hangileridir ve neden?

-Isıtılacak hacimlerde, yalıtımın kötüleşmesi, ya da tavan yüksekliğinin artması veya azalması, hangi ısıtma sistemini avantajlı duruma sokar?

-Hacim değişim oranları, seçilecek ısıtma sistemini nasıl etkilemektedir?

-Radyant ısıtma sistemleri, hangi şartlarda, daha ekonomik bir ısıtma sağlayabilir?

-Değişik alternatifleri bulunan radyant ısıtma sistemlerinin arasından, hangileri, hangi kriterlere göre seçilebilir?

Ülkemizde, radyant ısıtma sistemlerinin kullanımı, yeni olduğundan, hangi koşullarda radyant ısıtma sistemlerinin, hangi koşullarda diğer konvansiyonel ısıtma sistemlerinin kullanılmasının uygun olacağı konusunda, henüz bir görüş birliği oluşmamıştır. Burada, ısıtma sisteminin seçimi ile ilgili örnek olarak, sanayi tesislerinin ısıtılması alınmıştır. Hacim darlığı ve konunun belirli bir noktaya odaklanması bakımından, sanayi tesislerinde kullanılan ısıtma sistemleri, iki grup altında toplanmıştır. Bunlar,

- Taşımınla ısı geçişi sağlayan ısıtma sistemleri (Konvektif ısıtma sistemleri)
- Işınım ile ısı geçişi sağlayan ısıtma sistemleri (Radyant ısıtma sistemleri)

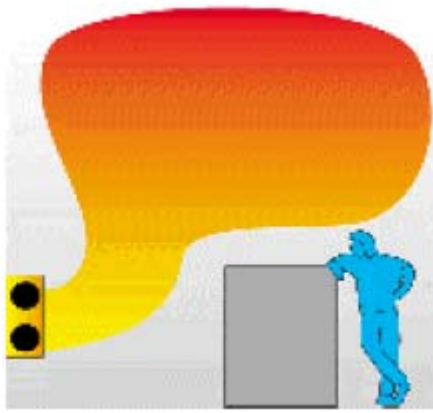
Büyük atölyeler veya fabrika binaları gibi sanayi tesislerinde, hem radyant ısıtma sistemleri, hem de konvansiyonel ısıtma sistemleri kullanılabilir. Hangi sistemin seçilmesi gerektiğine, yatırım ve işletme masraflarının ekonomikliği ve işin tekniği ışık tutabilir. Eğer bir sanayi tesisinde, yeterli miktarda türbin çıkış buharı veya proses çıktısı buhar mevcut ise, bu buharın direkt yoğunlaştıruculara gönderilmesi yerine, önce tesiste ısıtma amaçlı olarak kullanılması, ekonomik açıdan uygun olur.

Isı yalıtımının kötü olduğu veya pencere ve kapıların çok sık açılıp kapandığı binalarda, radyant ısıtma sisteminin seçilmesi, ısı yalıtımı iyi sağlanmış binalarda, konveksiyonla ısıtma sisteminin seçilmesi, işletme giderleri yönünden, daha ekonomik olur. Bilindiği gibi, ısı kayıpları binanın sürekli rejim haline ulaşmış hali için geçerlidir. Eğer, ısıtma sistemi çalışma saatleri sebebiyle, uzun süreli kapatılıp, kısa süreli açık tutuluyorsa, radyant ısıtma sistemi daha ekonomik olur.

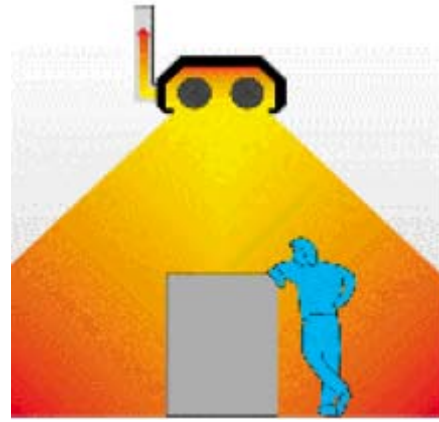
Radyant ısıtıcılarla ısıtılacak hacimlerdeki ısı kaybı hesapları bilinen yöntemlere göre yapılır. Örneğin DIN 4701' e göre hacmin ısı gereksinimi belirlenir. Zeminden 5m'den daha yükseğe yerleştirilecek radyant ısıtıcılarda hacmin ısı kayıplarına ilave her metre için %3,3 eklenti yapılmalıdır. Bulunan toplam ısı yükünün, bek ısı gücüne bölünmesi ile gerekli bek sayısı (veya radyant ısıtıcı sayısı) bulunur. Bek sayısının belirlenmesinde bir parça emniyetli davranılması öğütlenir. Sadece ısı kaybına dayanılarak ısıtıcı güçlerin belirlenmesi ve yerleştirilmesi, istenilmeyen sonuçlar doğurabilir. Aynı zamanda ısıtılacak yüzeyler üzerindeki ısı

yoğunluğunun da kontrol edilmesi gerekir. Kısmen kapalı hacimlerde yapılan ısıtmalarda ise, hesap yöntemi tamamen ısıtılacak yüzeylerde sağlanması gerekli ısı yoğunluğuna dayanır. Recknagel [22]' e göre insanlar için baş seviyesinde ısı yoğunluğu aşağıdaki değerleri geçmemelidir:

- a- Oda sıcaklığı 12°C iken $Q = 30-40 \text{ W/ m}^2$
- b- Oda sıcaklığı 15°C iken $Q = 17-30 \text{ W/ m}^2$
- c- Oda sıcaklığı 18°C iken $Q = 14-17 \text{ W/ m}^2$
- d- Oda sıcaklığı 20°C iken $Q = 12-14 \text{ W/ m}^2$



Şekil 6.1. Radyatörlü ısıtma



Şekil 6.2. Radyant ısıtma

Sanayi tesislerinde kullanılacak ısıtma sistemi seçiminde gözönüne alınması gereken önemli bir değişken ısı kayıplarıdır. Radyant ısıtma sistemi ile konveksiyonla ısıtma sisteminin ısı kayıpları yönünden karşılaştırılması sayısal bir örnek ile gösterilebilir. Fabrika binasının boyutları; Boyu 50 m, eni 10 m ve yüksekliği 5 m olarak verilmiştir. Bina yapı elemanlarının ısı geçiş katsayıları, duvarlar için $k = 2,3 \text{ W/m}^2\text{C}$, çatı için $k = 6,1 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, taban için $k = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Öncelikle fabrikanın ısı kaybı hesabını yaparsak;

Yapı Elemanı	Alan m ²	k değeri W/m ² °C	Sıcaklık farkı (t _{ei} -t _{ao})°C	Isı kaybı (Q _o) W
Duvar 1	250	2,30	17	9775
Duvar 2	50	2,30	17	1955
Duvar 3	250	2,30	17	9775
Duvar 4	50	2,30	17	1955
Çatı	500	6,10	17	51850
Taban	500	0,40	8	1600
*Toprak 9 °C alınmıştır.			Q _o = 76910 W	

Tablo 6.1. Toplam Isı Kayıpları

$$Q_s = N\delta c_p \Delta t V \quad (33)$$

Q_s : Hava sızıntısından veya hava değişiminden kaynaklanan ısı kaybı (W)

N : Hava değişimi sayısı (defa/sn)

δ : Dış havanın yoğunluğu (1,2 kg/m³)

c_p : Havanın özgül ısısı ($c_p = 1000,521$ J/kg°C)

Δt : İç ve dış sıcaklık farkı (°C)

V : Isıtılan yerin hacmi (m³)

Saatteki hava değişim miktarını $N=0$ olarak düşünürsek;

$Q_s = 0$ olarak bulunur.

Saatteki hava değişim miktarını $N=1$ olarak düşünürsek;

$Q_s = 1 \times 1,2 \times 1,000521 \times 17 \times 2500 = 51026$ W değeri bulunur.

Saatteki hava değişim miktarını $N=2$ olarak düşünürsek;

$$Q_s = 2 \times 1,2 \times 1,000521 \times 17 \times 2500 = 102053 \text{ W değeri bulunur.}$$

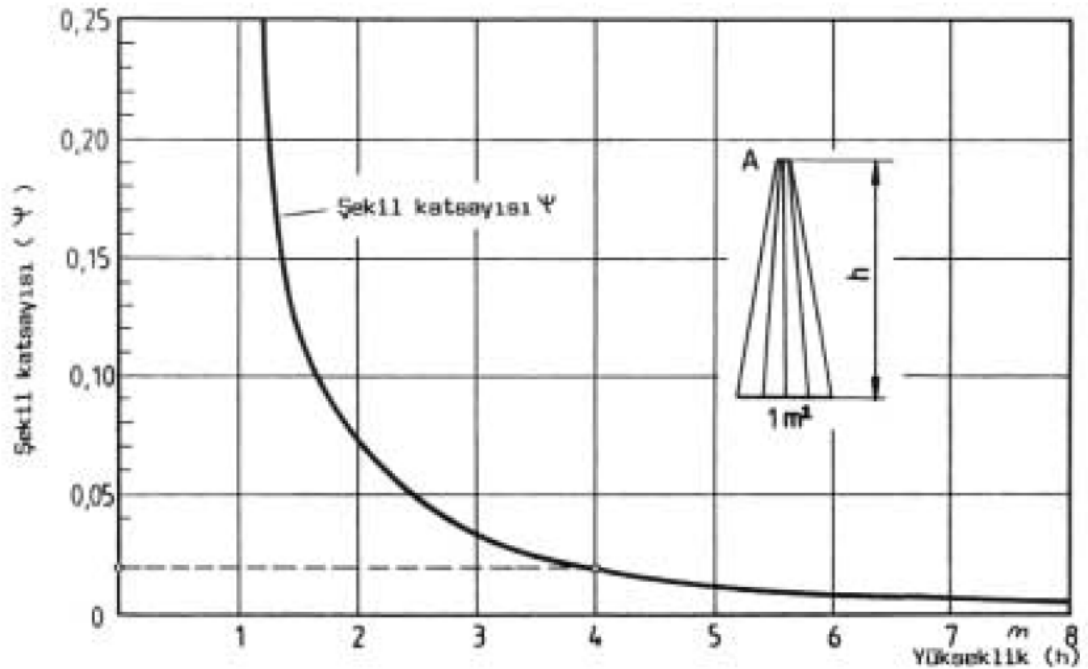
Q_T : Toplam ısı kaybı (W)

$$Q_T = Q_o + Q_s \quad (34)$$

$$N=0 \text{ için; } Q_T = 76910 + 0 = 76910 \text{ W}$$

$$N=1 \text{ için; } Q_T = 76910 + 51026 = 127936 \text{ W}$$

$N=2$ için; $Q_T = 76910 + 102052 = 178962 \text{ W}$ değerleri bulunur. Bulunan bu değerler konveksiyonla ısıtma için gereken toplam ısı yükleridir.



Tablo 6.2. Şekil katsayısının yüksekliğe bağlı değişimi

Radyant ısıtıcının 5m yüksekliğe asıldığında 1 m^2 'sinden elde edilen radyant enerjiyi hesaplırsak;

$$Q_r = a \cdot \psi \cdot A \cdot (t_s - t_m) \text{ W/m}^2 \quad (35)$$

a = Radyasyon ısı geçiş katsayısı olup, yaklaşık $88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ alınabilir.

ψ = Şekil katsayısıdır.

A = Radyant ısıtıcı yüzeyi (m^2)

t_s ve t_m = Sırası ile radyant ısıtıcı yüzey ve ortam sıcaklıklarıdır. ($^{\circ}\text{C}$)

$Q_r = 88 \times 0,0125 \times 1 \times 80 = 88 \text{ W/m}^2$ bulunan bu değer ile 1 m^2 radyant ısıtıcı, 5 m yüksekliğe asıldığında m^2 ’ ye 88 W radyant ısı enerjisi verdiği hesaplanmıştır.

Yüzeyde sağlanacak ısı yoğunluğundan hareket edersek, 1 m^2 için istenen radyant ısı enerjisi Recknagel’ e göre 30 W olarak kabul edersek 500 m^2 ’ lik fabrika alanı için sağlanması istenen radyant ısı enerjisi;

$$Q_f = 30 \times 500 = 15000 \text{ W} \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$r = \frac{Q_f}{Q_r} = \frac{15000}{88} = 170 \text{ m}^2$$

r = İstenen radyant ısıtıcı alanıdır.

Denklem (32)’ yi kullanarak 1 m^2 radyant ısıtıcı için gerekli enerjiyi hesaplırsak;

$$Q = \sigma A_1 F_{12} (T_1^4 - T_2^4)$$

$$Q = 5,67 \times 10^{-8} \times 1 \times 1 \times [(90 + 273)^4 - (17 + 273)^4] = 583,5 \text{ W} \text{ olarak hesaplanır.}$$

170 m^2 radyant ısıtıcı için; $Q_T = 583,5 \times 170 = 99195 \text{ W}$ olarak hesaplanır.

Hava Değişim Sayısı N	Konveksiyonla Isıtma Sistemi		Radyant Isıtma Sistemi		Karşılaştırma Sonucu ve Enerji tas. Oranı
	Hava değ. Kaybı	Toplam ısı kaybı	Hava değ. Kaybı	Toplam ısı kaybı	
0	0	76910	0	99195	Önerilmiyor
1	51026	127936	0	99195	%23
2	102052	178962	0	99195	%45

Tablo 6.3. Konveksiyonla ısıtma sistemi ile radyant ısıtma sisteminin enerji tasarrufu açısından karşılaştırılması

7. ISIL KONFOR PARAMETRELERİ

Isıl konfor, insanların ısıl çevreden tatmin olduğunu gösteren durum olarak tanımlanmakta olup, sağlanabilmesi için ilk şart insan vücudu ile çevresi arasında ısı

dengein olması veya dengesizliğin kabul edilebilir olması, başka bir deyişle insanın daha yüksek veya daha düşük hava sıcaklığını hissetmemesidir. Isıl konforu belirleyen en önemli parametreler şunlardır:

- Hava sıcaklığı,
- Aktivite/ çalışma seviyesi,
- Ortalama radyant sıcaklık,
- Hava hızı,
- Nem miktarı,
- Giyinme durumu. Bu parametreler,
- Dış iklim,
- Yapı elemanlarına (hacimdeki dış duvar, pencere sayısı, izolasyon, duvar ölçüleri, sızıntı vb.),
- Yapı kontrol bileşenlerine (ısıtma / soğutma yöntemi vb.),
- Yapı çevresine (yapının çevresinde iklimi etkileyen faktörler, gölgeleme vb.),
- Yapı içerisindeki insanların duruş pozisyonuna bağlıdır.

7.1. Ortalama Radyant Sıcaklık

Radyant ısıtma uygulamalarında kullanılan ortalama radyant sıcaklık, konforun sağlanmasında etkili bir kavramdır. Genel olarak döşeme, tavan ve duvarların sıcaklıklarının ortalaması olarak tanımlanıp, odanın içinde bulunan kişinin pozisyonuna göre değişir.

Ortalama radyant sıcaklığın hesabında, düzgün sıcaklık dağılımında N adet yüzeyden oluşan kapalı bir alan düşünülür. Duvarlar düzgün sıcaklık dağılımında değilse, daha küçük yüzeylere bölünerek düzgün sıcaklık dağılımında kabul edilir.

Bu durumda,

$$T_R = \sqrt[4]{T_1^4 F_{p-1} + T_2^4 F_{p-2} + \dots + T_N^4 F_{p-N}} \quad (36)$$

bağıntısıyla ortalama radyant sıcaklık değeri hesaplanır. Bu eşitlikte:

T_R = Ortalama radyant sıcaklık

$T_1, T_2, \dots, T_N$ = Yüzey sıcaklıkları,

$F_{p-1}, F_{p-2}, \dots, F_{p-N}$ = Kişi ile duvarlar arasındaki şekil sayısıdır.

Yüzeyler arasındaki sıcaklık farkının az olması durumunda,

$$T_R = T_1 F_{p-1} + T_2 F_{p-2} + \dots + T_N F_{p-N} \quad (37)$$

bağıntısıyla ortalama radyant sıcaklık hesaplanır.

Kübik odalar için kişi ile yüzeyler arasındaki şekil sayısından bağımsız olarak radyant sıcaklık,

$$T_R = \frac{T_1 A_1 + T_2 A_2 + \dots + T_N A_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N} \quad (38)$$

bağıntısıyla hesaplanır. (23) Nolu bağıntı mühendislik hesaplarında yaygın olarak kullanılmakla beraber bazı durumlarda iyi sonuç vermemektedir. Missenard (1959) ortalama radyant sıcaklığın hesaplanması için aşağıdaki bağıntıyı önermiştir.

$$T_R = \frac{\sum T \theta}{360} = \frac{T_1 + T_2 \theta_2 + \dots + T_N \theta_N}{360} \quad (39)$$

Bu eşitlikte:

1,2,..., N : Mahali işgal edenlerin yüzeyleri görme açısıdır.

7.2. Konfor Sağlama

Konfor duygusunun sadece ortamın termometreden okunan sıcaklığa bağlı değil, hava hareketi, nem ve özellikle ortamda bulunan cisimlerin sıcaklıkları gibi parametrelere bağlı bileşke sıcaklık olduğu bilinmelidir. Bunu rüzgarsız ve güneşli bir havada karın üzerinde hareketsiz duran bir kayakçının havanın soğuk olmasına rağmen üşümemesi ile açıklayabiliriz.

Winslow, Harrington ve Gagge (1949), hava hızının 0.8 m/s olması durumunda, çıplak bir adam için işletme sıcaklığını,

$$T = 0.48 T_R + 0.52 T_a \quad (40)$$

ve giyinmiş bir adam için ise,

$$T = 0.55 T_R + 0.45 T_a \quad (41)$$

bağıntılarıyla ifade etmişlerdir. Bu eşitlikte:

T = işletme sıcaklığı

T_R = Ortalama radyant sıcaklık,

T_a = Hava sıcaklığıdır.

Hava hızının yaklaşık olarak 0.1 m/s olması durumunda Missenard (1959), işletme sıcaklığı için aşağıdaki bağıntıyı önermiştir.

$$T = 0.45T_R + 0.55T_a \quad (42)$$

Nielsen ve Pedersen (1952) ise

$$T = 0.443T_R + 0.557T_a \quad (43)$$

bağıntısını önermiştir. Rietschl ve Raiss (1968) hissedilen hava sıcaklığı,

- Düşük hava hızlarında,
- Bağıl nemin %30- %70,
- Hava sıcaklığının 15- 22 °C olması durumunda,

$$T = \frac{T_a + T_R}{2} \quad (44)$$

bağıntısıyla ifade etmişlerdir.

Işınımın hissedilmesinde cilt rengi, cildin üzerine gelen ışınımın (irradiation) şiddeti ve süresi önemlidir. Bradtke (1952) 1 μ m den büyük dalga boylu ışınlarla koyu cilt rengine sahip kişiler üzerinde yapmış olduğu deneysel çalışmalarda; hava sıcaklığının 20 °C olması durumunda 28 W/m² ışınım şiddetinde ışınımın hissedildiğini saptamıştır. kızılötesi ışınlar ise 420-490 W/m² ışınım şiddetinde aynı hissi verebilmiştir. Bradtke sonuç olarak radyant ısıtma uygulamalarında insan yüzüne ulaşan ışınım yoğunluğunun 35 W/m²'yi aşmaması gerektiğini söyler. Farklı ışınım yoğunluğu için ciltteki ısıl reaksiyonlar [Tablo 7.1.] ve [Tablo 7.2.] da verilmiştir.

Yutulan Isı (W/m ²)	Alın Sıcaklığında Maksimum Artış (°C)	Isıl His
1050	10(<2dakika)	Bunaltıcı
150	6 (< - 5 dakika)	Sıcak, yüzde yanma hissi

35	3 (< 3- 5 dakika)	Ilık
12	0.1-0. 4 (< 10- 15 dakika)	Hafif ılık

Tablo 7.1. Farklı Işınım Şiddeti İçin Isıl Reaksiyon Süreleri

Yutulan Isı (W/m ²)	Isıl Reaksiyon Süresi
28-56	Sonsuza yakın
56-105	3- 5 dakika
105-175	40-50s
175-210	20-30s
210-280	15-20s
280>	3-5s

Tablo 7.2. Farklı Şiddetteki Kızılötesi Işınım İçin Isıl Reaksiyon Süreleri

Chrenko (1963) yapmış olduğu laboratuvar çalışmalarının sonucunda ısı konfor için aşağıda sıralanan şartları saptamıştır.

-İnsanın başı ile döşeme arasındaki sıcaklık farkı 2.5 °C yi mümkün oldukça aşmamalı,

-Baş yüksekliğinde ortalama radyant sıcaklık artışı 2.2 °C veya ışıının yoğunluğu 30 W/m² yi aşmamalıdır.

Radyant enerjiyi hafifçe değiştiren sıcak yüzeylerin sağlanmasıyla ortamı işgal edenlere enerjinin eşit olarak dağıtılmasıyla maksimum konfor hissi verilebilir.

Ayrıca giriş ve sütunların radyant gölgeleme yapabileceği gözönüne alınmalıdır. Dışarıya olan ısı kaybı ve dış duvarlara direkt ışıınınla olan ısı kaybını önlemek için ısıtıcılar dış duvarlardan yeterince uzağa yerleştirilmelidir.

Radyant enerjinin avantajlarını kullanmak için radyant bir sistemin yeteneği, genellikle bu sistemin döşemede rezerv bir ısı kapasite meydana getirmesine bağlıdır. Isıtıcılardan yüksek seviyede direkt ışıının alındığı yerlerde, örneğin spot ısıtma bölgesi için rezerv kapasite sağlanmaksızın konfor sağlanabilir. Yükseklik

düzeltilme katsayısı döşemede ısı deposu oluşturmak için yeterli radyant enerji şiddetini elde etmede önemlidir.

	Hava Hızı (m/s)										
Hava sıc.°C	0.254	0.305	0.355	0.406	0.447	0.894	1.341	1.788	2.235	4.47	6.705
-17,8	750,79	788,65	826,50	854,89	886,44	1119,9	1318,6	1492,1	1665,6	2589,9	3422,7
-15	697,16	719,25	772,87	801,27	826,50	1053,6	1233,4	1400,6	1567,8	2429,0	3217,7
-12,2	656,15	681,39	719,25	750,80	772,90	984,20	1157,7	1309,2	1533,1	2277,6	3012,6
-9,4	599,37	611,99	659,31	681,40	703,50	902,20	1066,3	1205,1	1347,0	2113,6	2794,9
-6,4	536,28	567,83	599,37	621,50	643,50	826,50	977,9	1104,1	1242,9	1946,4	2580,5
-3,9	498,43	514,20	536,28	567,80	583,60	750,80	892,70	1015,8	1135,7	1848,6	2378,6
-1,1	438,49	466,88	485,81	507,90	523,7	681,40	810,7	892,7	1037,9	1627,8	2170,4
1,7	384,86	410,10	422,72	447,90	460,6	605,7	719,20	813,90	924,30	1470,0	1952,7
4,4	324,92	344,0	362,78	384,90	400,6	529,9	618,3	719,2	810,7	1302,8	1741,3
7,2	277,60	296,53	309,15	324,9	340,70	454,3	545,7	627,8	712,9	1141,9	1536,3
10	227,13	242,9	258,68	271,3	287,1	384,9	660,6	536,3	605,7	984,2	1331,2
12.8	173.50	189.28	195.6	211.4	220.8	302.8	372.2	432.2	498.4	826.5	1119.9
15.6	113.57	129.34	135.6	145.10	157.7	227.1	280.8	340.7	384.9	656.2	902.2
18.3	69.40	75.71	82.02	91.50	97.80	151.4	195.6	242.9	287.1	498.4	697.20

**Tablo 7.3. Spot veya Alan Isıtması için Gerekli Isı Giriş Seviyeleri (W/m²)
(Normal Giyinmiş Oturarak Çalışan Kişiler)**

Hava Hızı (m/s)											
Hava sıc.°C	0.254	0.305	0.355	0.406	0.447	0.894	1.341	1.788	2.235	4.47	6.705
-17.8	574.10	612.0	630.9	687.7	712.9	964.4	1145.1	1318.6	1492.1	2416.4	3154.6
-15.0	523.7	545.7	567.8	627.8	649.8	876.9	1059.9	1227.1	1394.3	2255.5	3044.2
-12.2	476.3	507.9	545.7	574.1	599.4	810.7	984.2	1135.7	1293.4	2104.1	2839.1
-9.4	422.7	435.3	485.8	507.9	530.0	725.6	892.7	1028.4	1173.5	1936.9	2618.3
-6.7	362.8	394.3	422.7	447.9	470.0	656.2	801.3	930.6	1066.3	1772.9	2407.0
-3.9	318.6	340.7	362.8	394.3	410.1	574.1	719.2	839.1	962.1	1611.9	2189.3
-1.1	264.9	287.1	302.8	315.5	347.0	507.9	637.2	750.8	864.4	1454.3	2000.0
1.7	211.4	233.4	249.2	268.1	287.1	432.2	545.7	643.5	750.8	1293.4	1769.7
4.4	151.4	173.5	189.3	211.4	227.1	347.0	454.3	545.7	637.2	1129.3	1441.6
7.2	107.30	119.90	135.60	151.40	167.20	280.80	372.20	454.30	536.30	968.50	1362.8
10.0	53.60	69.40	88.33	97.8	119.90	211.40	302.80	362.80	432.20	810.70	1157.7
12.8	0	15.77	22.10	37.90	44.20	129.30	195.60	258.7	324.90	649.80	946.40
15.6		0	0	0	0	53.60	107.30	157.7	211.40	485.8	725.6
18.3						0	22.10	69.40	113.60	324.90	523.70

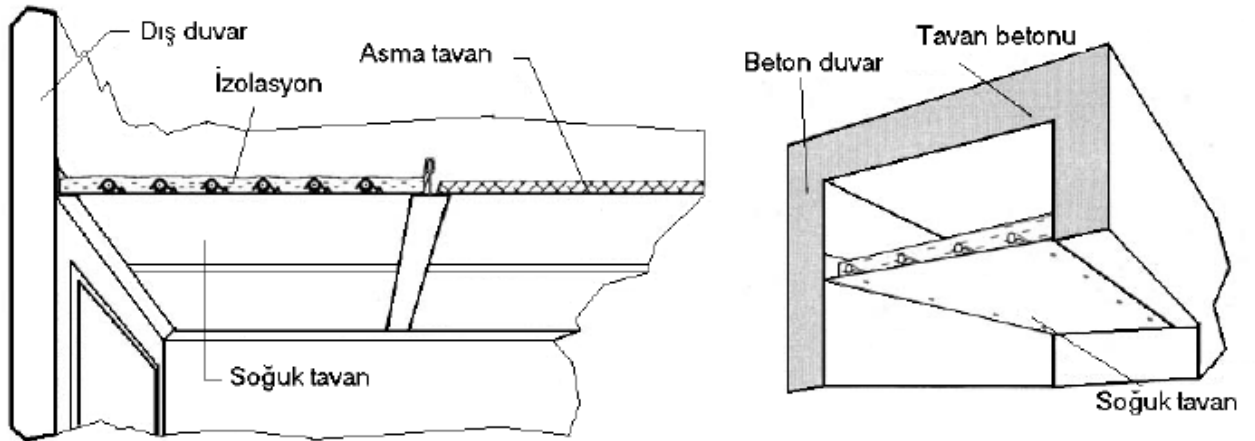
Tablo 7.4. Normal Giyinmiş Hafif Çalışan Kişiler için Isı Giriş Seviyeleri (W/m²)

Hava Hızı (m/s)											
Hava sic.°C	0.254	0.305	0.355	0.406	0.447	0.894	1.314	1788	2.235	4.47	6.705
-17.8	280.80	318.60	35650	384.90	416.40	649.80	911.70	1022.1	1192.4	2120.0	2826.5
-15.0	227.10	227.10	22710	334.40	356.50	538.60	763.40	933.80	1097.8	1962.2	2747.6
-12.2	183.00	211.40	22080	280.80	302.80	514.20	687.70	902.20	1000.0	1810.7	2542.6
-9.4	129.30	142.00	18930	211.40	233.40	432.20	599.40	735.00	877.00	1643.5	2324.9
-6.7	69.40	97.80	12930	151.40	173.50	536.50	507.9	637.20	772.90	1476.3	2132.5
-3.9	22.10	44.20	69.40	97.80	113.60	280.80	422.70	545.70	665.60	1318.6	1908.5
-1.1	0	0	15.80	37.90	53.60	211.40	334.40	454.30	567.80	1157.7	1728.7
1.7			0	0	0	135.6	249.20	347.00	454.30	1000.0	1482.7
4.4						53.60	183.00	249.20	340.7	832.8	1271.3
7.2						0	75.70	157.7	242.9	675.10	1097.8
10.0							0	69.40	142.00	514.20	684.40
12.8								0	31.50	356.50	649.80
15.6									0	189.30	558.40
18.3										31.50	227.10

Tablo 7.5. Normal Giyinmiş Ağır Çalışan Kişiler İçin Isı Giriş Seviyeleri

8. RADYANT SOĞUTMA SİSTEMİNİN ÇALIŞMA KRİTERLERİ

Ortam içerisindeki kaynaklardan soğuk panele doğru elektromagnetik dalgaların ışıması halinde sağlanan ortamdan ısı çekimi, ilk olarak bu kaynakların sıcaklığının düşürülmesini sağlamaktadır. Ortam içerisinde ki hava, bu kaynaklarla temasta bulunarak, konveksiyon yoluyla ısısının bir kısmını kaybederek soğur. Ortam havasının ısısının çekimi bu sebeple nispeten uzun sürmektedir. Fakat nesnelerden ısı direk olarak emildiğinden bu dezavantaj etkin olmamaktadır. Soğuk tavanların kullanıldığı ortamlarda hava ile panel arasındaki ısı transferi yaklaşık %60 oranında radyasyon yoluyla, geri kalan kısmı da konveksiyon yoluyla tamamlanabilmektedir. Isınan havanın yükselerek, panellere teması ile mahalin üst kısmında oluşan nispeten soğuk hava kütesinin ortamın alt katmanlarına inmesi ile konveksiyon akımı oluşmaktadır.



Şekil 8.1. Radyant panellerin tavan'a montajı

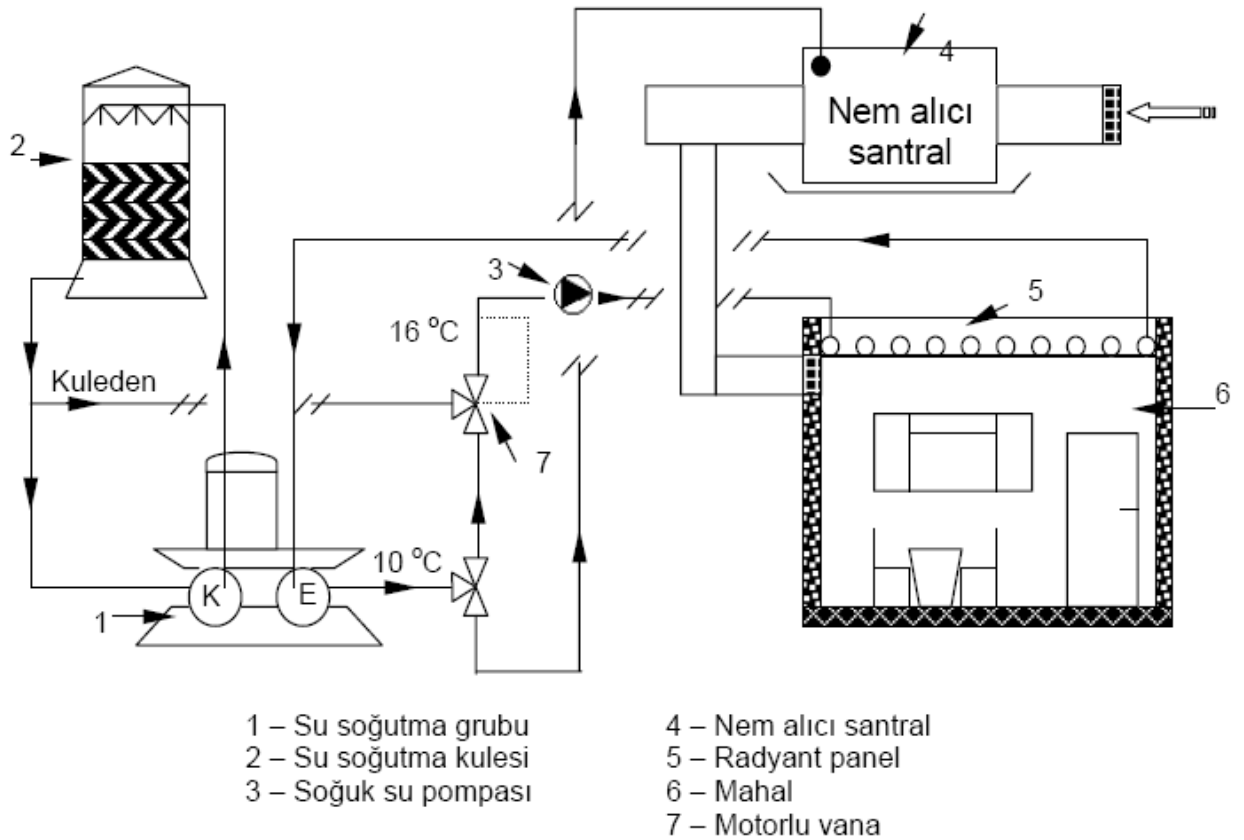
Konfor açısından ortam içindeki ısısının çekimi ile bereaber, iç hava kalitesinin korunması ve hava sirkülasyonunun sağlanması zorunluluğu, panel tesisatlarının

havalandırma sistemleri ile beraber kullanılmalarına neden olmaktadır. Aynı zamanda oda içerisindeki nem seviyesinin kontrolü de panel tesisatları için sınırlayıcı bir unsurdur. Soğutma amaçlı kullanılan panellerin yüzeyinde, ortam havası içindeki nemin yoğuşmaması için, panellerin çalışma sıcaklıkları, ortam havası içerisindeki nemin yoğunlaşma sıcaklığından 1°C yüksek tutulması gerekir. Tipik olarak ülkemizde yaz aylarında hüküm süren, kuru termometre sıcaklığının 35°C olduğu ve ortam havasının bağıl neminin % 40 civarında olduğu şartlarda, çiğ noktası sıcaklığı yaklaşık 19°C ' dir. Başlangıçta ortam havasının bu şartlarda olduğunu kabul ederek bir irdeleme yapalım. Ortam sıcaklığı 35°C ' den 22°C ' a düşürülecektir. Böyle bir durumda panele giriş suyunun sıcaklığı 20°C olabilir. Bu değerde o bölgedeki şehir şebekesi suyu sıcaklığına çok yakın bir değerdir. Bu şartlarda havanın yaş termometre sıcaklığı yaklaşık olarak 24°C ' dir. Bu değere göre, eğer tesisatta soğuk su hazırlamada bir su soğutma kulesi kullandığımızı varsayarsak, en iyi şartlarda 24°C ' ye ulaşabiliriz demektir. Bu değer bizim tesisata yatırım yapmamıza değecek midir? Bir paket tipi su soğutucu kullanıldığında da, bu şartlarda limitimiz 19°C olacaktır. Bu limit değere de tam olarak ulaşmak, panel yüzeyinde yoğuşma görülmesi açısından sakıncalıdır.

Konfor duygusu açısından insanların yaşadıkları ortamlardaki bağıl nem oranı %20' nin altına düşürülmemeli, %50' nin de üzerine çıkmasına izin verilmemelidir. Bu kriter göz önüne alınarak havalandırma sistemi ile beraber bir uygulama yapılır. Ortama gönderilen havanın sıcaklığını 22°C ' ye nem değerini de % 45' e indirerek gönderebiliriz. İç ortamında bu şartlarda olmasının istendiğini kabul edelim. Bu değerlere göre yaş termometre sıcaklığı $14,5^{\circ}\text{C}$, çiğ nokta sıcaklığı 9°C dir. Görüldüğü gibi ortam havasının nem seviyesinin ve sıcaklığının panel tesisatlarında önceden tespit edilmesi gereklidir. Dolayısıyla panel sistemlerinin kullanım etkinliğinin artırılabilmesi için, ortama gönderilen taze havanın nem seviyesinin azaltılması olumlu bir etki olarak görülür. Konfor noktasının koordinatlarından biri olan 22°C iç ortam sıcaklığına aynı özgül nem seviyesinde düşüldüğü kabul edilirse, ortam içerisindeki nem seviyesi yaklaşık %50 olmaktadır ki, bu da insanların konforu için sınır şartıdır. 22°C sıcaklıkta iç ortamın neminin %30 olması istendiğinde, dışarıdan alınan 35°C sıcaklıkta ve %40 bağıl nemindeki havanın

sıcaklığı 22°C ' a indirilerek ortama gönderilmesi uygun bir işlem olacaktır. Aynı şekilde soğutma ile beraber nemi de alınmalı ve istenen nem seviyesinde ortama gönderilmelidir. Bu işletme tarzı da panel soğutma sisteminin etkinliğinin artırılmasına ve aynı zamanda da konfor sağlanmasına da olanak sağlar. Bu tür bir tesisat için önerilen bir çalışma sistemi şekil 8.2. de şematik olarak gösterilmektedir.

Bu tesisatta üretilen soğuk suyun sıcaklığı, panele giriş sıcaklığından daha düşük tutularak, nem alma işleminde de kullanılabilir. Ayrıca yine bu suya bir motorlu vana ile kuleden gelen su karıştırılarak istenen çalışma sıcaklığı değerine ulaşılabilir. Görüldüğü gibi kompleks olmayan bir çalışma karakteristiği ile bu sistemler hayata geçirilebilir.



Şekil 8.2. Radyant soğutma sisteminin şematik gösterimi

Panel tesisatları ile ilgili olarak son zamanlarda Avrupa' da bazı çalışmalar yapılmıştır. Almanya' da 1994 yılı itibari ile, 300.000 m² den fazla soğuk tavan uygulamasının yapıldığı bilinmektedir.

Ayrıca Sulzer Ifra Ltd. ve Empa (İsviçre Malzeme test ve araştırma federal enstitüsü) evsel sistemler birimi tarafından yürütülen bir araştırma projesinde, soğuk tavanların enerji tüketimi bakımından optimizasyonunun teorik ve deneysel

yöntemlerle gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Proje ayrıca İsviçre ulusal enerji kurumu tarafından da desteklenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, Avrupa patent bürosuna da bazı başvurular olmuştur.

Sistemin gündüz çalıştırılmasına ilaveten geceleri de sistem kapatılmayarak çalıştırılmaya devam ettirilebilir. Bu sayede sistemin soğutma kapasitesine ihtiyaç duyulduğu çalışma günlerinde, sistemin daha rahat oda yükünü kaldırabilmesi sağlanır. Gündüz ısıyı depolayan bina duvarlarından, geceleri ısıнын emilmesi sayesinde, sistem yoğun çalışma tempolu günlerin, yoğun şartlarına hazırdır ve istenen şartları ortam içerisinde hazırlamıştır. Dolayısıyla sistemin kapasitesinin karşılamakta zorlanacağı, aşırı sıcak günlerde dahi uzun süre istenen şartlar sağlanacaktır. Bu tür çalışmanın etkinliği yine az önce bahsedilen araştırma projesi sonucunda kabul görmüştür. Ayrıca bu çalışma şeklinde gündüz devrede olan su soğutma ünitesinin yerine, geceleri bir su soğutma kulesinden faydalanılarak da sistemin ekonomikliğine katkıda bulunulur.

9. PANEL SOĞUTMANIN UYGULANABİLİRLİĞİ

Panel tesisatları genellikle halka açık olan büyük binalarda; örneğin; kütüphaneler, hastaneler, ofis binaları, müzeler, okullar, istasyonlar v.b. gibi yerlerde rahatlıkla kullanılabilir. Nispeten tavanların yüksek olduğu ortamlarda ve tavan yapısının bozulmasının istenmediği eski binalarda da uygun bir çözüm olabilmektedirler. Daha öncede belirtildiği gibi bu paneller tavanın akustiğine uygun olarak dizayn edilebilmektedirler. Yine unutulmamalıdır ki, bu paneller aynı zamanda ısıtma amacı ile de kullanılırlar ve bir uygulama yapılacağı zaman bu hususunda göz önünde bulundurulması zorunludur.

Mesken uygulamaları için bu sistemin uygulanabilirliğini irdelersek, mesken uygulamaları için iyi bir seçenek olmadığını görürüz. Radyant panellerde mahal havasının nemden arındırılmış olmasına ve dikkatli kontrol edilmesine gerek vardır. Bir mesken mahal içinde camların açık bırakılması veya çıkış kapılarının açık olması durumunda, nemli dış havanın mahal içine girmesine izin verilmiş olacaktır. Bu ortam içindeki yoğunlaşma noktası sıcaklığının artmasına sebep olabilir. Yoğuşmayı bu tür bir ortamda engellemek demek, panellerin nispeten yüksek sıcaklıklarda çalışması demektir. Panellerin soğutma kapasiteleri panel ve oda arasındaki sıcaklık farkına bağımlı olmasında dolayı, panel sıcaklığının düşük tutulması gereklidir.

Meskenlerde yoğuşmanın engellenmesi, panellerinde kullanımına bir engel teşkil etmektedir. Ayrıca mesken uygulamalarında, bu tür yatırımlar (klima v.b.) çoğunlukla lüks ve ihtiyaç dışı görüldüğünden, bu da kısıtlayıcı bir unsur olmaktadır.

İşyerleri ve resmi birimler gibi ortamlarda ise yoğuşma sorun teşkil etmemektedir. Çünkü, bu binalarda panel tesisatı ile beraber bir havalandırma ünitesi mevcuttur. Bu ünitelerde hava istenen nem seviyesinde tutulabilmektedir. Yine bu tür ortamlarda otomatik kontrol devreleri kullanılarak yoğuşmanın gerçekleşmesine izin verilmez. Oda içerisine konumlandırılan ve oda havasının çiğlenme noktası sıcaklığına duyarlı bir sensör vasıtasıyla sürekli kontrol altında bulundurulmuş panel girişinde, suyun sıcaklığı yoğuşma riski oluştuğunda modüle edilebilir veya giriş akımı tamamen kesilebilir. Bu sebeptir ki, panel tesisatları soğutma amacıyla yüzme havuzları v.b. gibi ortam neminin yüksek olduğu yerlerde kullanılmazlar.

10. PANEL SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN KULLANIMININ GETİRDİĞİ AVANTAJLAR

1. Soğuk tavanlar, nispeten daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabildiklerinden (16°C) mekanik soğutma sistemlerine göre işletme masrafları daha azdır.

2. Radyant sistemler, konvansiyonel ısıtma ve soğutma sistemleri ile karşılaştırıldıklarında, hem ısıtma hem de soğutma uygulamalarında kullanılabildiklerinden gerekli ekipman ve boruda azalma sağlamaktadırlar.

3. Soğuk tavanlar konvansiyonel sistemler ile karşılaştırıldığında sessizdir ve mahal için gereken ısı, hava ile taşınmadığından saatteki hava değişiminin konvansiyonel sistemlerde 6 ile 10 arasındayken, 2 ile 3'e indirgenebilmektedir.

4. Panel tesisleri, fan-coil sistemlerine göre, yenmeleri gereken basınç değerleri daha düşük olduğundan, kendilerini amorte edebilmektedirler. Özellikle yüksekliği fazla ortamlarda bu avantaj daha da etkin olmaktadır.

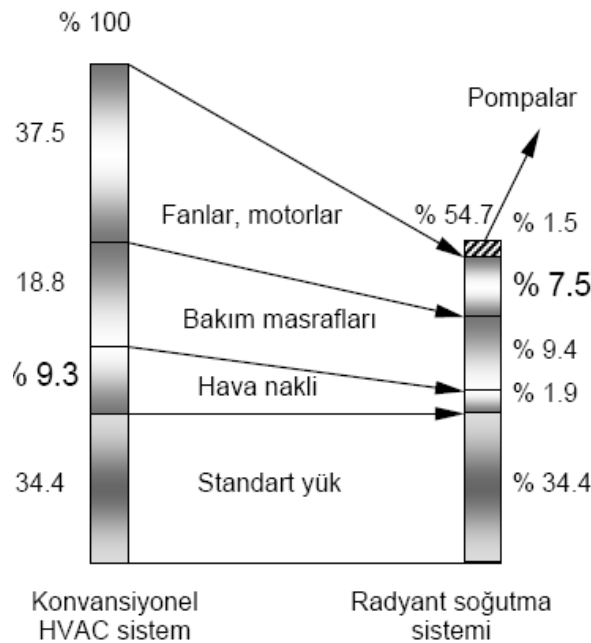
5. Sistem ısıtma amaçlı kullanıldığında oda içerisindeki hava değişim katsayısı, konvansiyonel sistemlere nazaran daha yüksek olabilmekte fakat sistem soğutma amaçlı kullanıldığında nem kontrolü açısından buna izin verilmemektedir.

6. HVAC sistemlerinin yanlış tesis edilerek kullanıldığı mahallerde yüksek soğuk hava akımı ile oluşan rahatsızlık duygusu, panel tesisatlarının kullanımında görülmez.

7. Meskenlere şartlandırılmış havayı taşımak, şartlandırılmış suyu taşımaktan daha zordur. Bu açıdan da panel tesisatları avantajlı sayılmaktadır. Sistemin gece işletilmesi de taze hava sistemi kapatılıp, sadece mahalden ısı çekimi yapılabilmesi de, bu sistemleri avantajlı kılmaktadır.

8. Sistemin geceleri de çalıştırılması ile gerekli panel yüzeyinde azaltmalar sağlanabilmektedir. Bu sistemlerin ilk yatırım masrafının yüksek olması nedeniyle oluşan dezavantajda bu şekilde nispeten etkisiz kılmak mümkündür.

Bir HVAC sistemin çektiği enerjinin yüzdeleri cinsinden yapılan bu tabloda, görülüyor ki, panel tesisleri soğutma amacıyla kullanıldığında, konvansiyonel bir sistemin %60' ı kadar enerji kullanarak aynı işi yapabilmektedir. Bu tablodan da anlaşıldığı gibi iki sistemin arasında bu denli bir farkın oluşmasına sebep, panel soğutma tesislerinde hava naklinin sadece ortam için gerekli taze havayı temin etmek için yapılmasıyla, kanallarda nakledilen hava debisinin azaltılmış olmasıdır. Aynı zamanda bu hava nispeten yüksek sıcaklıklarda mahale giriş yapması kompresörün daha az çalışması ile bir kazanım sağlamaktadır. Panel tesisatlarına ilave olarak eklenecek bir enerji tüketimi görüldüğü gibi su devir daim pompalarının çektiği enerjilerdir. Bu değerlerde toplam tüketimde çok fazla bir paya sahip değildir.



Şekil 10.1. HVAC ile panel tesisatlarının enerji bakımından karşılaştırılmaları

11. SU'LU RADYANT ISITICI'NIN İMALAT AŞAMALARI

1. AŞAMA:

Öncelikle 16 mm çapında ve et kalınlığı 1.25 mm olan alüminyum borular işaretli yerlerinden reismde görüldüğü gibi bükülür.



Resim 11.1. Alüminyum boruların bükülmesi



Resim 11.2. Alüminyum boruların bükülmesi



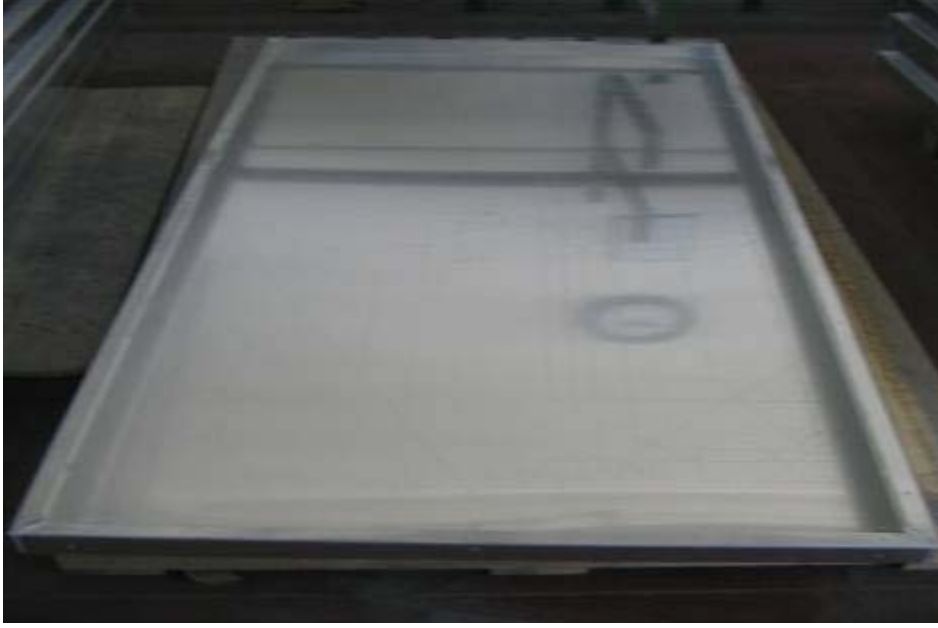
Resim 11.3. Alüminyum boruların bükülmesi



Resim 11.4. Alüminyum boruların bükülmüş hali

2. AŞAMA:

Büküm işlemi tamamlanan borularla kaynak işlemine tabi tutulacak alüminyum sac'ın kesim ve büküm işlemleri tamamlandıktan sonraki hali resimde görüldüğü gibi tava şeklindedir.



Resim 11.5. Alüminyum sac'ın tava şeklini alması



Resim 11.6. Alüminyum sac'ın tava şeklini alması

Büküm işemi tamamlanıp gelen paneller'in köşeleri tig kaynak'ı ile kaynatılır.

3. AŞAMA:

CNC tornada hazırlanan ½" lik rakor alüminyum borunun iki ucuna tig kaynak'ı ile kaynatılır.



Resim 11.7. Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılması



Resim 11.8. Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılması



Resim 11.9. Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılması



Resim 11.10. Alüminyum borunun uçlarına rakorun kaynatılmış hali

4. AŞAMA:

İmalatını ve tasarımını benim ve diğer mühendis arkadaşlarımın yapmış olduğumuz otomatik metot kaynağı çeken makinada alüminyum tava' ya alüminyum boru metod kaynağı olacak şekilde mig kaynak' ı ile kanatılır.



Resim 11.11. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



Resim 11.12. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



Resim 11.13. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



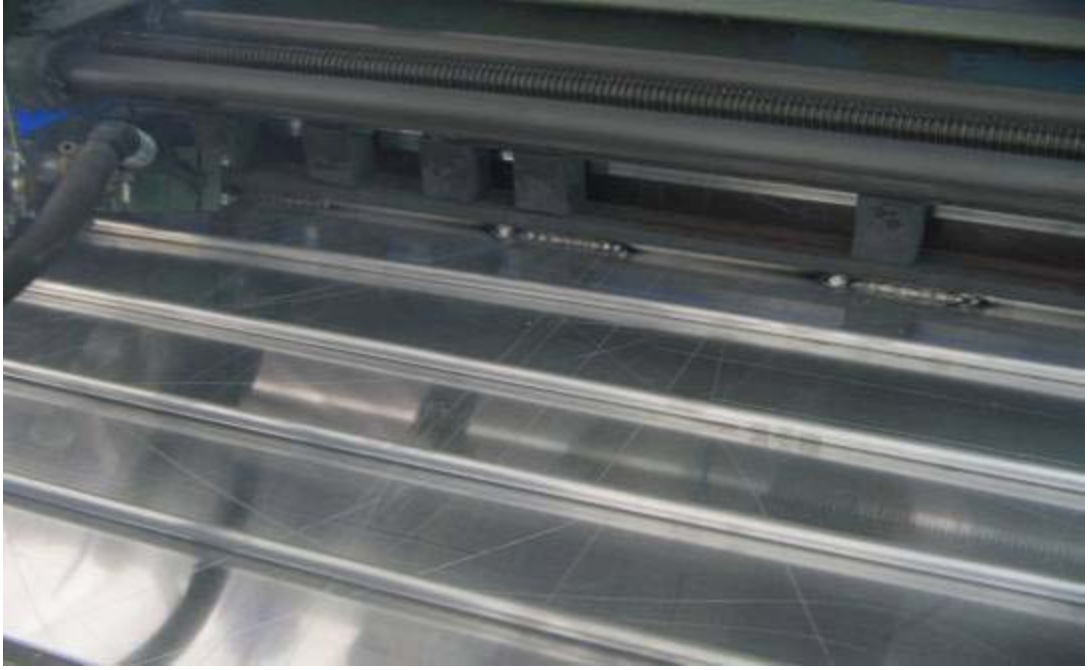
Resim 11.14. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



Resim 11.15. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



Resim 11.16. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



Resim 11.17. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılması



Resim 11.18. Alüminyum borunun tava'ya metod kaynağı ile kaynatılmış hali

5. AŞAMA:

Kaynak işlemlerinin tamamlanmasına müteakip borunun bir ucu kör tapa ile kapatılarak diğer ucundan 8 bar hava verilir ve kaynak yerlerinde kaçak olup olmadığı köpük ile tespit edilir.



Resim 11.19. Kaçak test'i

6. AŞAMA:

Test işlemi tamamlandıktan sonra alüminyum panel' in alt kısımlarına geçen kaynak izleri, tasarımı bana ait olan zımpara makinasında mob adı verilen zımparalama işlemine tabi tutulur. Önce 60' lık mob ile derin kaynak izleri yok edilir, sonrada 120' lik mob ile izler tamamen yok edilir.



Resim 11.20. Moblama işlemi



Resim 11.21. Moblama işlemi



Resim 11.22. Moblama işlemi



Resim 11.23. Moblama işlemi biten panel

7. AŞAMA:

Moblama işlemi biten panel elektrostatik toz boya ile boyanır.



Resim 11.24. Boyanmış panel

8. AŞAMA:

Boya aşamasında yüksek ısıya maruz kalan paneller, boya işlemi tamamlandıktan sonra yeniden sızdırmazlık testine tabi tutulur.

9. AŞAMA:

Alüminyum boru ve panelin birleşim yerlerine iletkenliği arttırıcı ısı iletim gres' i sürülür.



Resim 11.25. Boyanmış panel

10. AŞAMA:

Bir tarafı alüminyum folyo kaplı olan kaya yünü, alüminum folyolu tarafı alta gelecek şekilde panelin içerisine yerleştirilir. Kaya yününün üzeri 0.6 mm' lik gofrajlı alüminyum saç ile kapatılır. Hazırlanan paneller paketlenerek montaja hazır hale gelmiş olur.



Resim 11.26. Panellerin izolasyon montajı



Resim 11.27. Panellerin izolasyon montajı

12. RADYANT PANELLERİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ



Resim 12.1. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.2. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.3. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.4. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.5. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.6. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.7. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.8. Panellerin levant kanyon alışveriş merkezine montajı



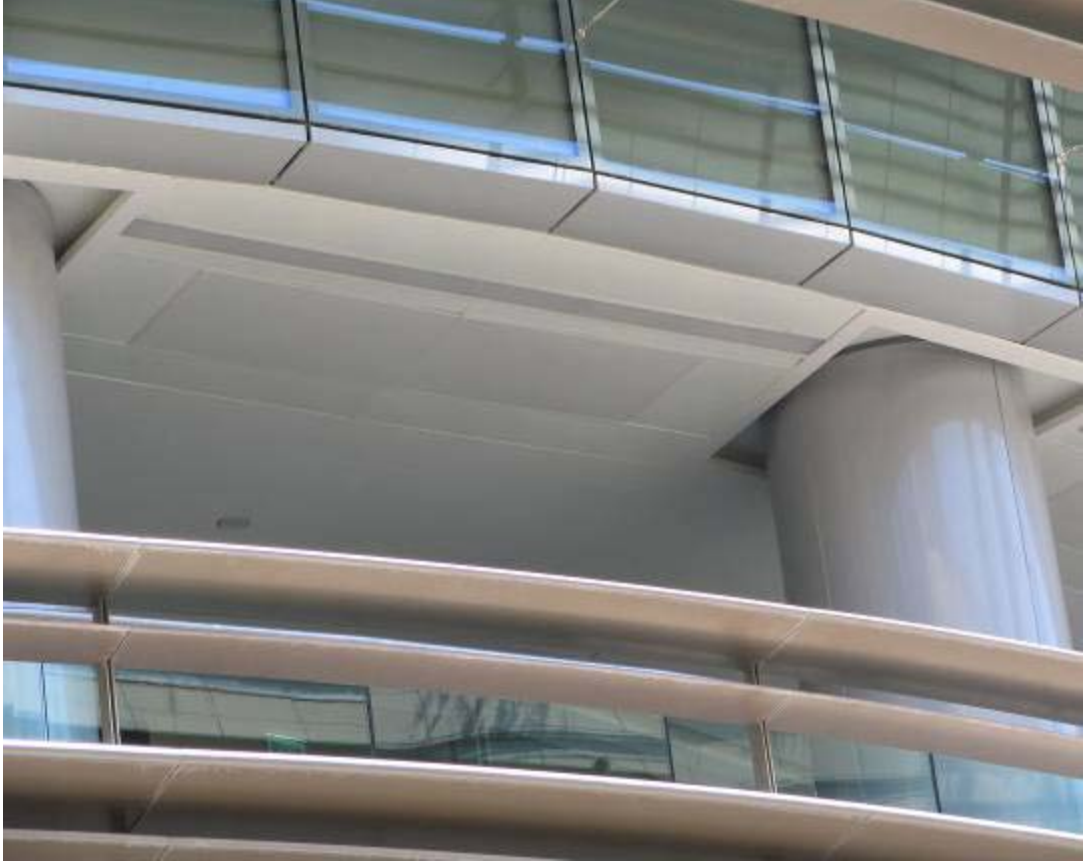
Resim 12.9. Panellerin levant kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.10. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.11. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.12. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.13. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.14. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.15. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.16. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.17. Panellerin levent kanyon alışveriş merkezine montajı



Resim 12.18. Panellerin okullarda kullanımı



Resim 12.19. Panellerin hastanelerde kullanımı

13. RADYANT SİSTEMLERİN GELECEĞİ

Radyant ısıtma sistemleri gerek genel prensipleri gerekse de sistem özellikleri açısından etkin ve verimli bir teknolojidir.

Bu sistemler için yapılan en büyük eleştiri, sistemin ilk kuruluş masrafına yönelmektedir. İyi bir sistem verimi ve hoş bir mimari için alüminyum ve bakır malzemelerin kullanılması nedeni ile maliyet artmaktadır. Fakat artık globalleşen Dünya’ da en çok önem verilen sistemin ne kadar enerji tükettiğidir. Eğer sistem, kendini belli zamanda amorte ediyorsa ve çok çok aşırı bir kuruluş masrafına neden olmuyorsa, tercih edilir. Artık ısıtma ve soğutma sektörü böyle bir dez avantajı, dez avantaj olarak kabul etmemektedir. Panellerin masrafı nispeten fazla olabilir ama elektrik enerjisi tüketimindeki tutumluluğu, onu rahatlıkla kullanılabilir yapmaktadır. Çünkü odaya sadece taze hava ihtiyacı kadar hava gönderilmekte ve dolayısıyla HVAC sistemlerdeki gibi havayla, odanın ısıl dengesi ayarlanmamaktadır. HVAC sistemleri ile yapılan tesislerde yanlış ayarlanan hava akımları ile oluşan rahatsızlık verici sıcak ve soğuk akımları bu sistemlerde oluşmaz.

Güneşin gezegenleri ısıtmasının küçük bir modeli olan radyant ısıtma, büyük hacimlerde konforlu bir ısıtma sağlamaktadır. Yapılan ekonomik analizlerin ışığında radyant ısıtma sistemlerinin, genel kanının aksine konvansiyonel sistemlerden daha ekonomik olabileceği görülmektedir. Gün geçtikçe artan yakıt fiyatları düşünüldüğünde % 50’ yi bulan yakıt tasarrufu kesinlikle göz ardı edilmemelidir. Gerek fabrika, depo, hangar gibi büyük hacimlerin ısıtılmasında, gerekse bu hacimlerin belirli zaman aralıklarında ısıtılmasında radyant sistemler büyük avantaj sağlarlar. Konstrüksiyonunun kolaylığı dahi tek başına radyant sistemin seçimi için yeterli bir sebep olarak sayılabilir.

Gelecekte, su, yakıt vb. gibi doğal kaynaklar ve enerji politikalarını iyi belirleyen ülkelerin ayakta kalacağı ve dünya yönetiminde söz sahibi olacağı düşünülürse, radyant ısıtma sistemleri gibi alternatif ve ekonomik ısıtma sistemlerinin bu noktadan sonra büyük önem kazandığı görülmektedir.

Bu sistemler ülkemizde birkaç yıl sonra gündeme daha etkili gelecek ve mutlaka kullanılacaktır. Çünkü bilime, araştırmaya ve enerjiye verilen önemin ülkemizdeki değerlerine göre çok fazla olduğu Batı medeniyetlerinde 300.000 m2

den fazla uygulaması yapılan ve bu işte bir sektör oluşturan güçlü firmaların varlığı, bu sistemlerin ekonomikliğini ve kullanılabilirliğini kanıtladığına en büyük delildir.

Bütün bu etkiler karşısında yapılması gereken, araştırma kurumlarımızın ve sanayimizin bir işbirliği yapması, bu sistemlerin temel kriterlerini kesin olarak belirlenmesi, çıkan sonuçların irdelenmesidir.

KAYNAKLAR

1. Corina Stetiu “Energy and peak power savings potential of radiant cooling systems in US commercial buildings” Lawrence Berkeley National Laboratory 1999
2. Takehito Imanari, Toshiaki Omori, Kazuaki Bogaki “Thermal comfort and energy consumption of the radiant ceiling panel system. Comparison with the conventional all-air system” a Energy Technology Research Institute, Tokyo 1999
3. J. Miriel, L. Serres, A. Trombe “Radiant ceiling panel heating–cooling systems: experimental and simulated study of the performances, thermal comfort and energy consumptions” a Equipe de thermique des Batiments, Civil Engineering Research Group (GRGC), INSA de Rennes, France 2002
4. Jae-Weon Jeon, Stanley A. Mumma “Ceiling radiant cooling panel capacity enhanced by mixed convection in mechanically ventilated spaces” Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University, 2003
5. Abdelaziz Laouadi “Development of a radiant heating and cooling model for building energy simulation software” Indoor Environment Research Program, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 2003
6. K. Nagano, T. Mochida “Experiments on thermal environmental design of ceiling radiant cooling for supine human subjects” Division of Urban and Environmental Engineering, Graduate school of Engineering, Hokkaido University, 2003
7. Morteza M. Ardehali, Nirvan G. Panah, Theodore F. Smith “Proof of concept modeling of energy transfer mechanisms for radiant conditioning panels” Energy Resource Station, Iowa Energy Center, Ankeny, Iowa, USA Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, 2003
8. Jae-Weon Jeong , Stanley A. Mumma “Simplified cooling capacity estimation model for top insulated metal ceiling radiant cooling panels” Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University, 2004
9. R.K. Strand, K.T. Baumgartner “Modeling radiant heating and cooling systems: integration with a whole-building simulation program” School of Architecture,

University of Illinois at Urbana-Champaign, 2004

10. Prapapong Vangtook, Surapong Chirarattananon "An experimental investigation of application of radiant cooling in hot humid climate" Energy Field of Study, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, 2005
11. F. Halıcı, M. Gündüz "Örneklerle ısı geçişi"
12. F.P.İncropera, D.P.Dewitt "Isı ve kütle geçişinin temelleri"
13. Banhidi, L. J. "Radiant Heating System Design and Applications, Pergamon Press, 1991.
14. Siegel, R. and Hovvell, J. R. Thermal Radiation Heat Transfer, McGraw-Hill. KAKAÇ, S. Örneklerle Isı Transferi, ODTÜ, Ankara, 1970.
15. Durukan, M. "Radyant Isıtmada Sistem Seçenekleri ve Seçme Esasları", Termodinamik Aylık Dergi, Kasım, 1993.
16. Dağsöz, A. K. Isı Geçiş (Transferi), 4. Baskı, AlpTeknik Kitaplar, İstanbul, 1990.
17. Radyant Isıtma El Kitabı, Çukurova Isı Sistemleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
18. Toksöz, M. "Isıl Konfor", 1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, Nisan, 1993.
19. Komut, M. "Isınmada Radyant Çözümler", Termodinamik Aylık dergi, Kasım, 1993.
20. Kayaalp, K. "Radyant Isıtma Sistemlerinin Sanayideki Uygulamaları", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Aralık, 1994.
21. Çukurova Isıtma Sistemleri-Blackheat Radyant Isıtıcı Katalog ve Broşürleri
22. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği(TTMD) Recknagel-Sprenger Schramek Çevirisi Isıtma + Klima Tekniği El Kitabı

ÖZGEÇMİŞ

Ali İlker ŞENGÜL

Doğum Tarihi:	26.01.1980
Medeni Durum:	Bekar
Askerlik:	Tamamlandı (20.03.2003)
Ehliyet:	B (1998)
Yüksek Lisans:	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (11.09.2003 -)
Fakülte:	Mühendislik Fakültesi
Bölüm:	Enerji sistemleri müh.
Üniversite:	Selçuk Üniversitesi (10.10.1996 - 20.02.2001)
Fakülte:	Müh. Mim. Fakültesi
Bölüm:	Makine Mühendisliği
Lise:	Bursa Erkek Lisesi (22.06.1996)
Bilgisayar Bilgileri:	Solidworks, Autocad, Microsoft Office Projects, MTH
Tecrübe:	
11.2004-07.2006	Tekno Elektromekanik HTL , Kocaeli Satınalma ve Dış Atölyeler Müdürü Proje Yönetmeni
03.2004-11.2004	Mata Makine , İstanbul Proje İmalat ve Şantiye Şefi
02.2001-10.2001	Bimat İnşaat , Bursa Şantiye Şefi
1999	İlet Gaz İşletme- Organizasyon Stajı
1998	AsilÇelik – İmalat Stajı

2000-2001 eğitim döneminde Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun olarak lisans eğitimimi tamamladım. 2001 yılında başlamış olduğum meslek hayatımda BİMAT İNŞAAT bünyesinde Mekanik tesisat konusunda proje ve şantiye şefliği görevinde bulundum. 2001-2003 yılları arasında askerlik hizmetimi 2. Zırhlı Tugay Cevizli - İstanbul' da servis kurtarma takım komutanı olarak tamamladım. 2003 yılında, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimime başladım.

2004 yılında MATA MAKİNE bünyesinde elektrostatik toz boya sistemleri kuran firmada, proje imalat ve şantiye mühendisliği görevinde bulundum. 2004 yılı sonunda TEKNO ELEKTROMEKANİK A.Ş. bünyesinde proje yönetmenliği görevini üstlenip Örsan Tekstil fabrikalarının paslanmaz işleri, Bodrum Atakol iş merkezi ve villa ısıtma soğutma havalandırma sisteminin kurulması, İlsan İlaç fabrikasının, gs cihazlarının ön soğutma sistemlerinin kurulması, APS ambalaj ısıtma soğutma havalandırma sisteminin kurulması, Aromsa, ısıtma soğutma havalandırma sisteminin kurulması, Shot Orim cam fabrikasının

plenyum sisteminin ve ses izolasyon sistemlerinin kurulumu, Milen İlaç, debi ayarları ve basınç dengelemeleri, Embil İlaç hepa kutularının ve filtrelerinin değiştirilmesi ve basınç dengelemelerinin yapılması ve Türkiye’de ilk yerli üretim olan sulu radyant paneller ile Kanyon alışveriş merkezi açık gezinti koridorlarının ısıtılması işlerini proje imalat ve şantiye sorumluluklarını alarak anahtar teslimi olarak gerçekleştirdim. Bunun yanında firmanın satın alma ve dış atölyeler sorumluluklarını üstlendim. Türkiye’de ilk ve tek yerli üretim olan sulu radyant paneller ile ilgili yüksek lisans tezimi hazırlamaktayım ve bu konu ile ilgili yazmış olduğum makale Tesisat dergisi 2006 ağustos sayısında yayınlanmıştır.