

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YENİ YAPILARDA ENERJİ VE SU TASARRUFLU SİSTEMLERİN
KULLANILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim CAN

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Temmuz 2018

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YENİ YAPILARDA ENERJİ VE SU TASARRUFLU SİSTEMLERİN
KULLANILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim CAN
(Y1513.090019)

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

Temmuz 2018



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1513.090019 numaralı öğrencisi **İbrahim CAN**' ın “**YENİ YAPILARDA ENERJİ VE SU TASARRUFLU SİSTEMLERİN KULLANILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR**” adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 21.06.2018 tarih ve 2018/11 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *aybılığı.* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 05/07/2018

1)Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

2) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Orhan CANPOLAT

3) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Reşit ERÇETİN

.....
.....
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “YENİ YAPILARDA ENERJİ VE SU TASARRUFLU SİSTEMLERİN KULLANILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (05/07/2018)

İbrahim CAN





Aileme,



ÖNSÖZ

Sunulan bu tezde enerji ve su tasarruflu sistemlerin yaygınlaştırılması, geliştirilmesi ve tarihi serüveni hakkında bilgi verilmesi amaçlanmış ayrıca bazı yapıların tasarım ilkeleri ve hesapları hakkında bilgi verilmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde zamanını ve engin bilgilerini benimle paylaşan değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN Bey'e ve özellikle eğitim hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman üzerimden eksik etmeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz 2018

İbrahim CAN
İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Yapılarda Su Kaygıları.....	3
1.3 Yapılarda Termal Enerji Depolama	5
1.4 Yapılarda Su Tüketimini Azaltma.....	7
1.5 Yapılarda Aydınlatma	8
1.6 Literatür Araştırması	9
2. YAPI SİSTEM TASARIMI	11
2.1 Yapının Konumu ve Güneşle İlişkisi	11
2.2 Yapı Malzeme ve Çevre Kalitesi	12
2.3 Yapı Beton Isısı Kontrol Sistemi / İndüksiyon Ünitesi ile Soğutma.....	13
2.4 Yapı Güneş Duvarı Sistemi.....	15
2.4.1 Performans ve Ekonomi.....	18
2.5 Yapılarda Enerji Kapsamında Bütünleşik Bina tasarımı Yöntemi.....	21
2.6 Yapılarda Maliyet Tasarrufu Sisteminin Optimizasyonu.....	22
2.7 Yapılarda Soğutulmuş Su Depolama Sistemi Çalışması.....	23
2.8 Akıllı Yapı Sisteminin Yapısı	24
2.9 Ekipman ve Yeni Teknoloji	25
2.10 Yapı Enerji Sistemleri	26
2.10.1 Güneş ile Sıcak Su	27
2.10.2 Jeotermal	28
2.10.3 Fotovoltaik Sistemler	29
2.10.4 Rüzgar enerjisi	31
2.10.5 Yakıt hücreleri.....	32
2.11 Yapı HVAC Sistemlerinin Verimliliği.....	34
2.12 Yapılarda Enerji Yönetimi Sistemi	36
2.13 Yapı Enerji Performansının Belirlenmesinin Sağladığı Yararlar.....	36
2.14 Yapılarda Normalleştirilmiş Performans Göstergesi (NPG) ve Hesaplanması	37
2.15 NPG'nin Diğer Binalarla Kıyaslanması.....	41
2.16 Binalarda Enerji Verimliliği.....	42
2.17 Yapılarda Enerji Yönetim Sistemi Kurulmasını Önemi	42
3. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45

KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	49



KISALTMALAR

TES	: Termal Enerji Depolama
IEQ	: Kapalı çevre kalite
IAQ	: Kapalı hava kalite
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri
HRV	: Isı Geri Kazanım Ventilatör
NREL	: Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
CWS	: Sürekli Web Çözümleri
AWEA	: Amerikan Rüzgar Enerjisi Birliği
COP	: Etki (Tesir) Katsayısı
MEVO	: Mevsimsel Enerji Verim Oranı
EVO	: Enerji Verim Oranı
KSF	: Kullanım Saatleri Faktörü
NPG	: Normalleştirilmiş Performans Göstergesi
HFI	: Hidrojen Yakıt Girişimi
HDF	: Hava Düzeltme Faktörü



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Florida Üniversitesi'nde Rinker Hall yağmur suyu toplama sistemi	2
Şekil 1.2: Dünyadaki su kaynakları	4
Şekil 1.3: Binalarda termal enerji	6
Şekil 1.4: Binanın termal enerji değişken zaman ilişkisi.....	7
Şekil 2.1: Binanın gün ışığı modellenmesi 1	11
Şekil 2.2: Binanın gün ışığı modellenmesi 2	12
Şekil 2.3: Enerji karşılaştırması.....	14
Şekil 2.4: Beton ısısı kontrol sistemi ve indüksiyon ünitesi.....	15
Şekil 2.5: Güneş duvar sistemi aşamalar 1	16
Şekil 2.6: Güneş duvar sistemi aşamaları 2	17
Şekil 2.7: Güneş duvar sistemi aşamaları 3	17
Şekil 2.8: Güneş duvar sistemi aşamaları 4	18
Şekil 2.9: Güneş duvar sistemi sıcaklık performansı 1.....	19
Şekil 2.10: Güneş duvar sistemi sıcaklık performansı 2	20
Şekil 2.11: Tipik duvar güneş sistemi	20
Şekil 2.12: Okul kampüs planı	21
Şekil 2.13: Okul giriş (Kuzey) cephesi.....	22
Şekil 2.14: Okul giriş (Kuzey) cephesi, derslikler.....	22
Şekil 2.15: Akıllı yapı sisteminin yapısı.....	24
Şekil 2.16: Yeni nesil bina enerji sistemleri	27
Şekil 2.17: Bina güneş enerjisi sistemi	28
Şekil 2.18: Jeotermal enerji	29
Şekil 2.19: Bina fotovoltaik panel sistemi.....	31
Şekil 2.20: Yeni nesil binalarda rüzgar enerji	32
Şekil 2.21: Bina yakıt hücreleri enerji	34
Şekil 2.22: Bina ısıtma ve soğutma havalandırma sistemi	35
Şekil 2.23: Enerji, enerji olmayan ve insan sistemlerinin etkileşimi.....	42



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Su azaltma değişikliğinden önceki ölçümler.....	7
Çizelge 1.2: Su azaltma değişikliğinden sonraki ölçümler.....	8
Çizelge 1.3: Su azaltma değişikliğinden önce ve sonra karşılaştırma.....	8
Çizelge 1.4: Aydınlatma kontrol çözümü için yatırım maliyeti	9
Çizelge 2.1: Yakıtların kWh'e dönüştürmesinde kullanılan çarpım faktörleri	38
Çizelge 2.2: Bina durum faktörleri	39
Çizelge 2.3: Ofisler için yıllık standart kullanım saatleri	40
Çizelge 2.4: Ofisler için performans kıyaslama değerleri	41



YENİ YAPILARDA ENERJİ VE SU TASARRUFLU SİSTEMLERİN KULLANILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

ÖZET

Sürdürülebilirlik, insanı sosyalleştiren toplumumuzun ekonomik ve çevresel yönleri ile çok yönlü bir kavramdır. Gelecek nesillerin yaşamlarını etkilememek adına günümüz kaynaklarından kendi ihtiyaçlarımızı karşılamamız gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın meydana geldiği başlıca ticari işletmelerden biri; sürdürülebilir binanın ortaya çıkmasına neden olan inşaat sektöründeki yeşil binalar dır. Enerji ve su kullanımının daha verimli ve daha kontrollü olması ile inşaat safhasındaki savurgan uygulamaları frenlemek ve daha sağlıklı olmasını sağlamak hedeflenmektedir.

Bu sistemlerle yapılacak yeni yapıların ilk yapım maliyetleri yüksek olabilir ancak getirisi çabuk olacaktır. Su ve enerji tasarrufu ile verimlilik artışı olacaktır. Binalarda yapılacak tasarruflar ile yapının kullanım hayatı boyunca sahiplerine faydalı olması hedeflenmektedir. Sürdürülebilir yapı ya da yeşil yapıların ortaya çıkması ile bina endüstrisinde kullanılan fazla enerjiyi frenlemek adına neler oluşacağı dair bir farkındalık yaratacağı düşünülmektedir. Bu sayede israf en aza inecek ve sağlıklı ortamlar oluşacaktır.

Tez kapsamında inşaa edilecek olan yeni yapılarda enerji ve su tasarruflu sistemler irdelenmiştir. Yeşil binalar yaparken kullanılan yöntemler ile yeni nesil yapılarda kullanılan teknolojiler ve teknoloji kolaylıkları gösterilmiştir. Su ve enerji tasarrunda yeni yapıların tasarımı, bu yapıların yapısı ve faydalanılacak sistemler gösterilmiştir.

Enerji tasarrufu, iyileştirme yöntemlerini uygulayarak veya yeni teknolojiler kullanarak üretimi ve kaliteyi düşürmeden enerjiyi daha etkin bir şekilde kullanmak demektir. Enerji verimliliğinin artırılması ek yeni enerji kaynaklarının devreye sokulması için yapılacak yatırımlardan daha ekonomiktir. Günümüzde elektrik enerjisinin kullanımının ve enerji talebinin artması ile önümüzdeki yıllarda Türkiye 'de bir enerji açığının olabileceği sinyallerinin verilmesi enerji tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir. Enerjinin etkin kullanımının ülke ekonomisine sağlayacağı olumlu katkılar büyük boyutlara ulaşabilmektedir ancak bunun için her birey ayrı olarak üzerine düşeni yapmalıdır. Enerji tasarrufu yöntemleri anlatılarak bu bilincin insanlarımızı aşılması hedeflenmektedir.

Yeni yapılarda aydınlatmadaki enerji tasarrufu aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın şartları yerine getirilerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanacağı için aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür. Verimli bir aydınlatma ile hem daha az elektrik enerjisi tüketimi olacak hem de göz sağlığı korunacaktır. Bu çalışmada; enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin önemi üzerinde durularak aydınlatmada yapılacak enerji tasarrufunun sağlayacağı katkılar belirtilmiştir. Doğru ve verimli bir aydınlatma için

yapılması gerekenler ve aydınlatmada enerji tasarrufu yapılırken dikkat edilmesi gereken noktalar belirlenmiştir.

Yeni yapılarda farklı su ve enerji koruma stratejilerinin araştırılması yapılmıştır. Toplu alan nüfus sayımından ortalama olarak konut ev sistemlerinde su ve enerji tasarrufları olacaktır. Tez, farklı sistemler arasındaki mali sonuçları çapraz olarak inceleyecek ve yeni yapı inşaatlarında su ve enerji tasarrufu yöntemlerini araştıracaktır.

Anahtar Kelimeler: *Yeni Yapılarda Aydınlatma, Enerji Verimliliği, Enerji ve Su Tasarrufu , Yeni Yapılarda Verimlilik, Yeni Yapılarda Su Kullanımı*



WORK FOR USING ENERGY AND WATER SAVING SYSTEMS IN NEW STRUCTURES

ABSTRACT

Sustainability is a multifaceted concept that encompasses the human, social, economic and environmental aspects of our society. It has led to the emergence of a larger concept of sustainable development. By definition it can be described as meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations in meeting their own needs.

Green building development involves an integrated approach where building professionals collaborate closely on achieving sustainable goals and better efficiency in building projects. This new industry is expanding through the support of various organizations like in Turkey. Green Building Council, as well as public institutions and city governments that are requiring certain green standards in new construction of public facilities. Research shows that green building is a growing industry locally and across. Initial first costs can be higher, but the payback can be quick through energy savings and productivity gains. The result is significant savings for building owners over the life of the building. The emergence of sustainable building, or green building, has brought about an awareness of what the building industry can do to curb high energy use, minimize waste, and create environments that are healthy and productive.

With the energy and water saving systems in the new structures to be built under the thesis are examined. Making green buildings, providing energy and water saving systems, methods used, technologies and technologies used in the next generation construction have been demonstrated. In the design of water and energy, new structures, structures of structures, design, useful systems are shown.

Energy saving means using energy more effectively, by applying improvement methods or using new technologies, without lowering production and quality. Increasing energy efficiency is more economical than investing in additional new energy sources. Today, the increase in the use of electricity and energy demand in the coming years and in Turkey may be the signal of an energy shortage has made it mandatory energy savings. The positive contributions of efficient use of energy to the economy of the country can reach great dimensions. However, for this individual, each individual must fall on his / her own. This awareness needs to be vaccinated by telling people how to save energy.

Energy saving in lighting should be done by not compromising the quality of lighting and fulfilling the conditions of good lighting. It is possible to achieve the same lighting level with less energy consumption, since a good lighting will be provided by more efficient lighting elements. Efficient lighting will consume less electricity and conserve eye health. In this study; emphasizing the importance of energy saving and energy efficiency, the contribution that energy saving to make in lighting will be provided. The precautions to be taken for

correct and efficient lighting and the points to be considered when saving energy in lighting are determined. In addition, LED technology, which will launch a new era in lighting, has been briefly examined.

In the new structures different water and energy conservation strategies have been investigated. By taking an average of the population census, water and energy savings in residential home systems will be obtained. The thesis will cross-examine the financial results between different systems as a comparison and investment return. In addition, Social influences on passengers and their living standards and lifestyle changes. The thesis will investigate water saving ability in new housing constructions. will provide a specially sustainable and conscious schematic water design.

Keywords: New Illumination of Buildings, Energy Efficiency, Energy and Water Saving, New Efficiency in Construction, New Construction Water Use.



1. GİRİŞ

Enerji ve su, insan yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır. Dünyada kullanılan enerji kaynakları içerisindeki en büyük pay % 85–90 oranında fosil yakıtlara (kömür, petrol, doğal gaz) aittir. Ancak söz konusu yakıtların rezervleri sınırlı ve hızla tükenmektedir. Aynı hızla tüketilmeye devam edildiği takdirde, dünyamızdaki mevcut fosil yakıt rezervlerinden petrolün 40–45 yıl, doğalgazın 60–70 yıl ve kömürün 240–250 yıl sonra tükeneceği çeşitli uluslararası kaynaklarda ifade edilmektedir. Binalarda su tüketiminin azaltılması ve bina çevresi için kullanılan atık su stratejisinin yeniden düşünülmesi uygun su kaynaklarını önemli ölçüde genişletir, insan sağlığına verilen değeri artırır ve ekolojik sistem üzerindeki tehdidi azaltır. Aynı zamanda toplam enerji kaynaklarının %40'ının binalar tarafından tüketildiği gerçeği ile yenilenebilir enerji kullanan, az enerji tüketen ve yüksek performans sağlayan bina tasarımlarının önü açılmaktadır.

Binanın hidrolojik döngüsü ve enerji kullanımı, bina sahibine gözle görülebilecek etkilerinin küçük bir kısmıyla beraber birbirine sıkıca bağlıdır. Karmaşık ve pahalı sistemler içilebilir suyu yer altı su kaynaklarından çıkartırlar ve daha sonra arıtım ve ayırma işlemleri için pompalarlar. Pompalama işlemi için büyük miktarlarda enerji gerekmektedir. Benzer şekilde atık su, geniş kanalizasyon sistemleri ve göreceli olarak büyük miktarlarda enerji harcayan atık su işletim tesislerinin kaldırma istasyonları boyunca pompalanırlar. İşin iyi tarafı su tüketimini azaltmanın olumlu faydası sadece sistem boyunca akışın düşmesi değil aynı zamanda genel enerji tüketiminin ve enerji kaynakları yüzünden oluşan kirliliğin de düşmesidir.

Sürdürülebilir kalkınma günümüzün ihtiyaçlarının karşılanması şeklinde tanımlanabilir. Sürdürülebilir kalkınma ile gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğine fayda sağlanmış olacaktır. Yeşil bina gelişiminin enerji korunumumuz ile ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik üzerine faydaları olacaktır. Sürdürülebilir kalkınmanın ana odağı, inşa edilmiş çevre ya da içinde

yaşadığımız ve çalıştığımız binalar olacaktır. Türkiye'deki binalar ülkenin enerji arzının %36'sını ve hammadde kullanımının %30'unu tüketmektedir. Etkiyi net görebilmek için çevreyi bir bütün olarak ele almak gerekmektedir. Ayrıca zamanımızın %90'ını binalarda geçirdiğimizden dolayı iç mekan ve çalışma ortamımızdan önemli ölçüde etkilenmekteyiz.

Büyük ticari binalarda gün boyunca enerji ve su talebinde önemli farklılıklar vardır. Bu farklılıklar özellikle gün boyunca çalışan ofisler ve okullar için daha fazladır. Bu nedenle enerji tedarik şirketlerinin günün en yoğun saatlerindeki enerji taleplerini karşılayabilmeleri için genellikle enerji üretimlerini arttırmaları gerekmektedir. Ancak akıllı bina teknolojisi yükü pik saatlerden yoğun olmayan saatlere aktarmak için çeşitli yeni teknolojileri (güneş enerjisi ve termal enerji depolama gibi) kullanmaktadır. Bu, enerjinin daha verimli kullanılmasına fayda sağlar.

Aşağıdaki görselde Florida Üniversitesi'nde Rinker Hall yağmur suyu toplama sisteminin inşaat hali gösterilmektedir. Bu sistemde binanın güney merdivenleri altında bir sarnıç bulunmaktadır. Yağmur suyu binanın tuvaletlerinde sifon sistemi için kullanılmıştır.



Şekil 1.1: Florida Üniversitesi'nde Rinker Hall yağmur suyu toplama sistemi

1.1 Tezin Amacı

Tez kapsamında, enerji ve su kullanımını optimize eden akıllı bina teknolojisinin son birkaç yılda enerji ve su verimliliğini artırmak için önemli bir yol haline geldiği gösterilmiştir. Güç şebekesi optimizasyonu ile daha az enerji kullanan, daha az maliyetle çalışan, geleneksel binalardan daha az çevresel etki üreten, enerji ve su tüketimi açısından daha verimli bir yeni yapılanmanın ne kadar önemli olduğu irdelenmiştir. Akıllı bina teknolojisinin, en gelişmiş enerji ve su tasarruflu teknolojilerin kullanımını entegre eden ve aynı zamanda karşılayan bir bütünleşik tasarım yaklaşımı olarak gösterilmesi hedeflenmiştir.

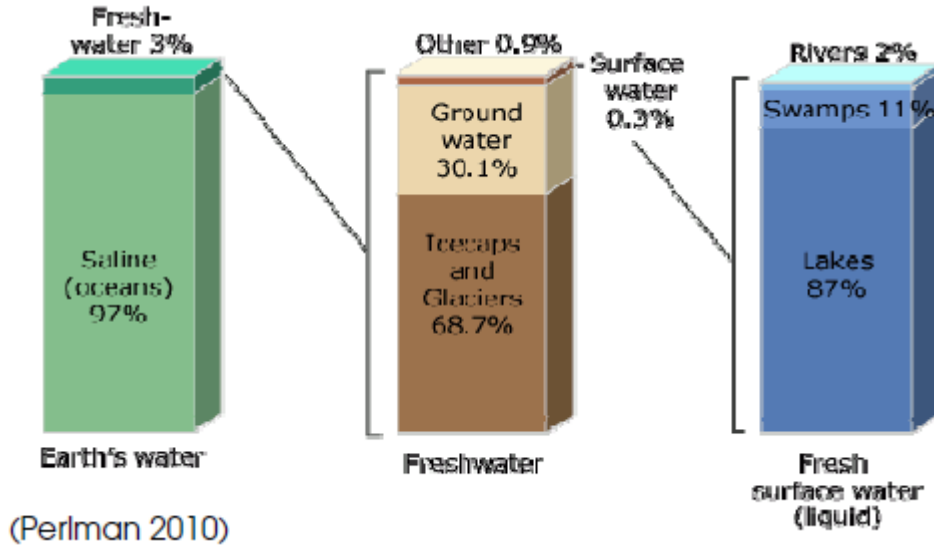
1.2 Yapılarda Su Kaygıları

Son yıllarda gelişmiş toplumlarda su kaygıları tartışmanın ana konusu haline gelmiştir. Su üzerindeki zararlı etkimizin artmasıyla birlikte kalite ve mevcudiyetimiz ile geleceğimizin ne olacağıyla ilgili kaygılar dile getirilmektedir. Popüler basının haber kaynaklarındaki tüm bölümleri ve başlıkları halkı eğitmek için çevreye ve sürdürülebilirliğe adanmasıyla birlikte bu kaygıların ne derece arttığı görülmektedir. 2014 yılına kadar kurumsal sürdürülebilirlik gelişimine yaklaşık 27,6 milyar dolar harcanmıştır. Şirketler doğal kaynakların azalmasıyla geleceğe yönelik işlerini devam ettirmek için yeşil binalara yönelmiş olacaktırlar. Uzman analistler önümüzdeki beş yıl içinde yeşil bina pazar payının en az iki katına çıkmasını ve bu pazarın % 20'sine 70 milyar dolar harcanmasını beklemektedirler. Modern toplumun odak noktası, gelişmemize devam etmemizi sağlayacak olan uzun vadeli ekolojik anlayış olacaktır.

Dünya çapında su kıtlığı diğer doğal kaynakların azalmasından daha büyük bir endişe kaynağıdır. Gelişmekte olan ülkelerdeki hastalıkların büyük bir kısmı su ile ilgilidir. Su kıt olduğunda insanlar asgari düzeyde yaşamak ve çaresizlik içinde potansiyel olarak kirlenmiş su kaynaklarını tüketmek zorunda kalırlar.

Gelişmiş ülkelerde ise su eksikliği yaşam tarzını tehdit etmektedir. İnsanların su kaynakları üzerindeki zararlı etkilerinin artmasıyla birlikte gelecek ile ilgili kaygılarda dile getirilmeye başlanmıştır. Los Angeles gibi büyük şehirlerde su kıtlığı, kuraklık sorunlarına ve yüksek yaşam standartlarını düşürmelerine neden

olacaktır. Büyük şehirlerde sadece yaşamak için günde ortalama 3 litre su tüketilmektedir. Şehirlerde su tüketimi çok yüksek seviyelerdedir ve insanlar bunu karşılayabilmek için daha akıllı kullanım yöntemleri bulmak veya yaşam standartlarını değiştirmek zorunda olacaktır.



Şekil 1.2: Dünyadaki su kaynakları

Gelişmiş toplumlarda yakın zamana kadar su endişe kaynağı olmadığından tüketimi azaltmaya yönelik çalışmalar son birkaç yılda gelişen teknolojiyle birlikte artmaya başlamıştır. Kuraklık, günümüzde Amerika Birleşik Devletleri'nde ulusal problem olarak görülmekle birlikte Asya gibi diğer alanlarda daha da yoğun olarak hissedilmektedir. Küresel nüfus dünyadaki su kaynaklarını hızla tüketmekte olup eğer doğal ve yerinde tüketimi azaltacak sistemler geliştirilmezse önümüzdeki zamanlarda tehlikenin boyutu giderek artacaktır. Dünyadaki bazı ülkelerde hükümetler su ve enerji kaynaklarını korumayı teşvik etmek amacıyla vergiler getirmeye başlamışlardır. Buna örnek olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde ki Los Angeles yönetimi su kullanımındaki %18,4'lük bir düşüşü garantilemek için sıkı düzenlemeler uygulamıştır.

Bu bilgiler ışığında yeni yapılarda tasarrufun neden önemli olduğu anlaşılmış olacaktır.

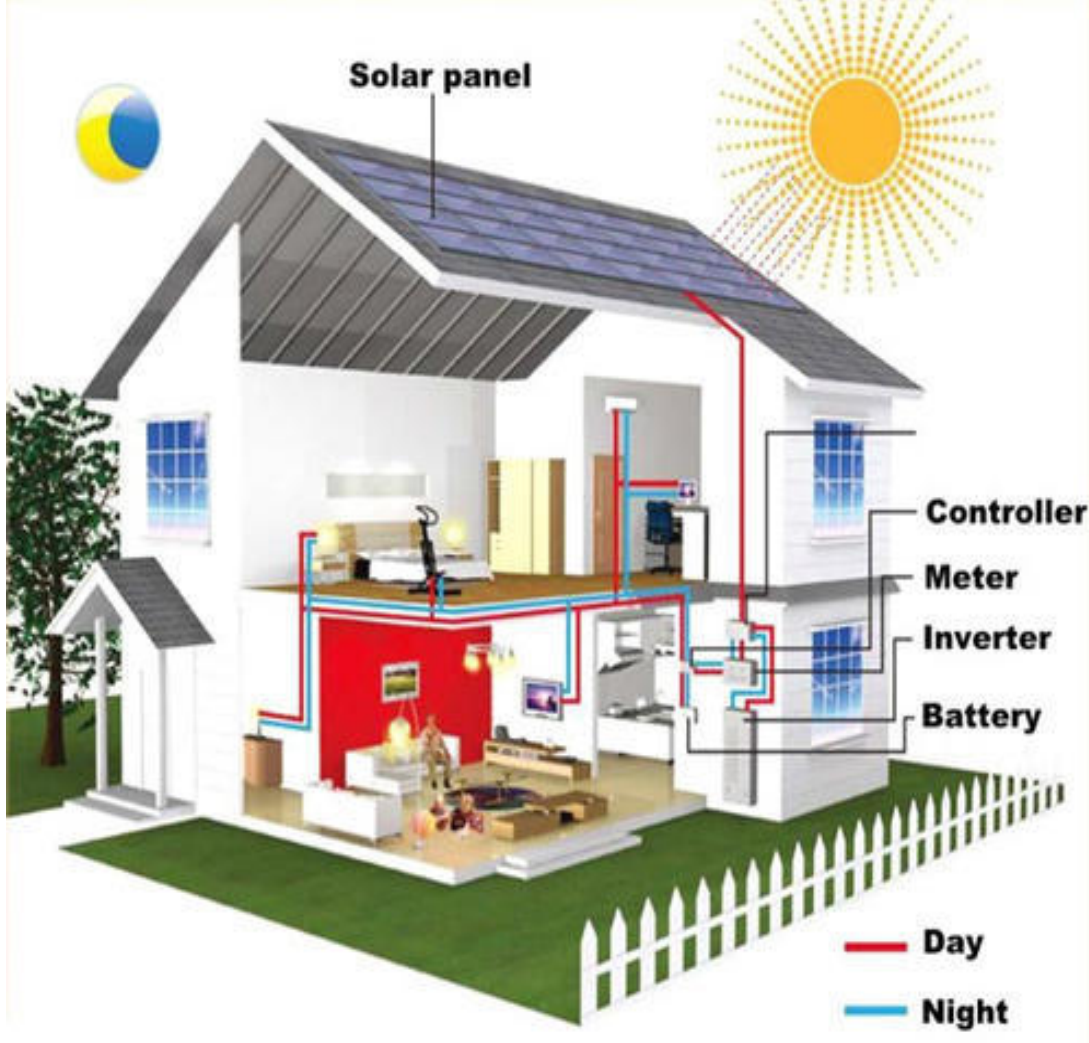
1.3 Yapılarda Termal Enerji Depolama

Termal enerji depolama, daha sonra kullanmak üzere termal enerjinin depolanmasını sağlayan bir teknolojidir. Isıl uygulamaların ısıtılması ve soğutulması için kullanılır. Örneğin gün içinde fazla ısı depolanabilir ve daha sonra sıcaklıklar düştüğünde depolanan bu ısıya erişilebilir. Diğer örneklerden biride binalarda veya evlerde depolanan soğutulmuş suyun klima ve soğutmanın bir yolu olarak kullanılmasıdır. Termal enerjinin depolanması için çoklu ortamlar vardır. Bunlar su veya buz depoları ile anakaya veya diğer katı malzemelerdir.

İki ana tip termal enerji depolama sistemi vardır. Bunlar duyarlı ve gizli termal enerji depolama sistemleridir. Depolama ortamı depolama çevrimi sırasında tek fazda kalırsa TES hassas bir sıcaklık kullanır. Hassas termal enerji depolama genellikle ısıtılmış veya soğutulmuş su tanklarının kullanımını içerir. Ortam bir faz değişikliğine uğrarsa (örneğin buzdan suya) bu bir latent TES sistemi olarak bilinir. Bu nedenle mantıklı TES sistemlerinde ortama ısı eklendiğinde veya çıkarıldığında (sistem şarj edildiğinde veya boşaltıldığında) sıcaklık değişiklikleri görülür. Diğer taraftan gizli TES sistemlerinde sıcaklık sabit kalır çünkü ısı eklendiğinde veya çıkarıldığında ortamın (örneğin sıvıdan buza) fazının değiştirilmesi için enerji kullanılır. Çoğu TES sistemi basitlik ve yüksek verim nedeniyle hassas tek fazlı depolama döngüleri kullanır. Bu sistemlerin dezavantajlarından biri gizli TES sistemlerinden daha büyük bir orta hacim gerektirmesi sayılabilir ancak sistemin sadeliği genellikle bunun üstesinden gelir. Buz gibi bir gizli sistemin kullanılmasının avantajı kompakt depolama hacmidir ancak dezavantajı ise suyun dondurulması için çok düşük sıcaklıklara ihtiyaç duymaları ve daha fazla yalıtımın gerekmesidir.

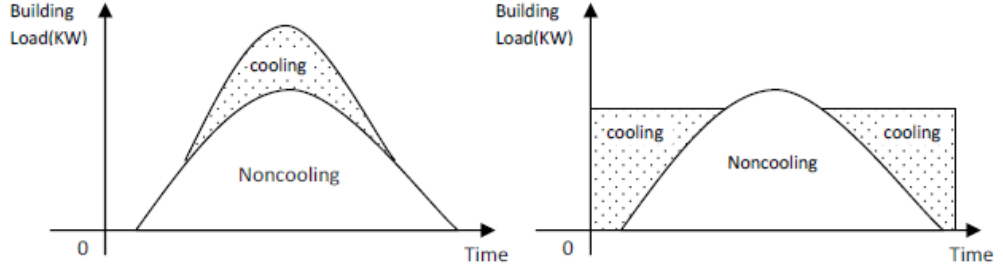
Elektrik üretildikten sonra kolayca ve verimli bir şekilde saklanması yeni yapılarda modern teknoloji ile mümkün olacaktır. Bu nedenle enerji santralleri ve şirketler tüketimin en yüksek zirvesini karşılayacak kapasitedeki enerjiyi yeterince üretebilmelidir. Termik enerji kolayca depolandığından dolayı bir termal enerji depolama sistemi daha sonra havalandırma uygulamalarında kullanılabilen soğutma veya ısıtma suyunun elektrik gücünü kullanarak günün en yoğun saatlerine aktarabilir. Bu nedenle TES sistemlerinin uygulanması bir binanın ısıtma ve soğutmasında daha verimli ve çevre dostu enerji kullanımı

için modern ihtiyaçları karşılamada önemli ölçüde yardımcı olacaktır. TES sistemlerinin kullanımının enerji tüketimi ile enerji maliyetlerini düşürdüğü ve daha verimli enerji kullanımını kolaylaştırarak sınırlı fosil yakıtları koruyabildiğini göstermiştir.



Şekil 1.3: Binalarda termal enerji

Termal enerji depolamanın önemli bir faydası da elektrik talebini azaltmak olacaktır. Yoğun saatlerde, elektrik talep süreleri boyunca ısıtma veya soğutma olacaktır. Soğutma ve ısıtma daha sonra yoğun olmayan saatlerde çalışmaya ayarlanacak ve termal enerji ile şarj olacaktır. Depolanan termal enerji, binanın tamamen veya kısmen soğutulması için işletim maliyetlerinde bir azalma sağlayacaktır. Yoğun saatlerde talebi ve maliyeti azaltmak için bir binanın yükünü yoğun saatlerden yoğun olmayan saatlere kaydırmanın bir örneği yapılmıştır.



Şekil 1.4: Binanın termal enerji değişken zaman ilişkisi

1.4 Yapılarda Su Tüketimini Azaltma

Yapılarda su tüketimini azaltmak amacıyla öncelikli olarak su tüketimi ile ilgili verileri toplamak, sürekli izleme ve raporlama yapmak, suyun bir binanın içinde nasıl tüketildiğini ve bu tüketimin nelerden etkilenebileceğini belirlemek gerekmektedir. Sonrasında da iyileştirme yöntemlerini uygulayarak geri bildirim sağlayıp amaca ulaşılmış olacaktır. Su tüketimini azaltmanın çözümü ile binaları inşa ederken gereksiz yere yapılan su israfı azaltılmış olacaktır.

Bir binanın temel su tüketimini belirleyebilmek ve su tasarruflarını ölçebilmek amacıyla bu binaya beş adet yeni su sayacı kurulmuştur. Daha sonra yapılan ölçümlerde su tüketimi ilk kez Ocak 2014'te (Çizelge 1.1)'de gösterildiği gibi su sayaçlarından görsel okumalarla toplanmış ve bir çevrimiçi uygulama yapılmıştır.

Çizelge 1.1: Su azaltma değişikliğinden önceki ölçümler

Timestamp	Main meter reading	Water consumption (m ³)
1-13-2014 10:23:38	15.704	12
1-14-2014 10:52:06	15.716	13
1-15-2014 10:32:53	15.729	12
1-16-2014 10:26:42	15.741	12
1-17-2014 10:40:33	15.753	12
	Total:	61

Veri toplamının ilk haftasından sonra ölçümler başlangıçtaki tüketimin 61 m³ olduğunu göstermiştir. Bu tüketim bina içerisindeki 35 adet musluk üzerinden ölçülmüştür.

Su tasarrufu sağlamak için armatürlere su akışını %50 oranında azaltacak şekilde havalandırıcılar eklenmiştir. Su tasarrufu sağlayan musluklar binanın sadece bir bölümünü temsil etmektedir.

Çizelge 1.2: Su azaltma değişikliğinden sonraki ölçümler

Timestamp	Main meter reading	Water consumption (m ³)
1-20-2014 10:27:18	15.765	12
1-21-2014 11:11:09	15.777	16
1-22-2014 10:24:17	15.793	10
1-23-2014 10:24:08	15.803	10
1-24-2014 10:40:22	15.813	10
Total:		58

Veri toplama işlemi (Çizelge 1.2)'de gösterildiği gibi su akış redüktörlerinin montajından sonra tekrarlanmıştır. Verilerin ikinci haftasında yapılan ölçümler tüketimin 58 m³ olduğunu göstermiştir.

Bu ölçümler sonunda temel tüketimin 3 m³ azaldığı görülmüştür. Birleştirilmiş sonuçlar ve tasarruf yüzdesi (Çizelge 1.3)'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.3: Su azaltma değişikliğinden önce ve sonra karşılaştırma

	Week total (before) [m ³]	Week total (after) [m ³]	Difference (%)
Water	61	58	-5

Bina için toplam su tasarrufu %5 olmuştur. Bu müdahaleyle birlikte bu binada ortalama su tasarrufu tahmini 151 m³ / yıl düzeyinde hesaplanmaktadır.

1.5 Yapılarda Aydınlatma

Aydınlatma kontrollerinde aydınlatmanın ekonomikliğini, tasarruf miktarını ve geri ödeme süresini değerlendirmek çözüme yaklaşımcı bir yöntem olacaktır. İlk olarak bu çözüm için yatırım maliyetleri kontrol edilecektir.

Çizelge 1.4: Aydınlatma kontrol çözümü için yatırım maliyeti

	Pieces	Price per piece [EUR]	Cost [EUR]
Actuators	30	48.67	1460
Sensors	15	77	1185
Installation			
		Total:	2645

(Çizelge 1.4) yatırım maliyetini göstermektedir. Bu yatırım maliyeti satın alınan sensörlerin ve aktüatörlerin maliyetlerinin toplamıdır. Tüm projede yazılım geliştirme ve kurulum maliyetleri dikkate alınarak uygulanan müdahale başına tutar bölünmektedir. Yazılım geliştirme maliyetinin arge maliyetlerinin bir parçası olduğu kabul edilir ve sistem geliştirilirken tek seferlik bir yatırım hesaplanır ayrıca bu hesaplama güç ağı veya sensör muhafazasının hazırlanmasını içermediğinden bu görevler tesis hizmetleri bölümü (bina ve arazi) tarafından olacaktır.

Aydınlatma kontrol çözümü için algoritmanın verimliliği büyük ölçüde değişmektedir. Sistemin kurulu olduğu alanın türünün (ör. karanlık alan) yanı sıra çok sayıda pencere veya parlak bir alan olmadan müdahalenin öncesinde uzaydaki ışıkların nasıl kullanıldığının bilinmesi gerekmektedir. Hava, enerji tasarrufunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu tasarruf miktarı hava koşullarına (örneğin güneşli veya bulutlu) bağlı olarak değişebilir örneğin restoranların doğal ışıktan önemli ölçüde fayda elde edilmesini sağlayan pencereler ile çevrilmesi ekonomi açısından çok önemlidir.

1.6 Literatür Araştırması

Akıllı binalar genellikle hem kurum içi hem de şirket içi birden fazla enerji kaynağını kullanmaktadırlar. Bu yüzden toplam enerji miktarını azaltmaya yönelik yapılacak çalışmalar şebekeden tedarik edilen enerji ihtiyacını azaltmış olacaktır. Birden fazla kaynaktan alınan gücün azaltılmasıyla hem kaynaklara olan talep azalacak hem de enerji maliyetinin azaltılmasına yardımcı olunacaktır. Akıllı bir binanın önemli faydalarından biri inşaat projelerindeki yatırımı geri getirmesidir. Organizasyonlar için sürdürülebilirlik ve enerji tasarrufu sosyal gelişim ve iyi bir imaj için fayda sağlayacaktır. Bir

organizasyonun yarattığı binaların kendi kendinin enerjisini sürdürülebilir hale getirmesiyle ciddi para tasarrufları olacaktır.

Akıllı binalar iklim kontrolünün optimizasyonu ve eşleştirme gibi çeşitli mekanizmalarla enerji maliyetlerini azaltmaktadırlar. Akıllı binalarda kullanım modellerine göre dinamik güç tüketimi ve proaktif yoluyla gerekli toplam enerjiyi azaltmaya yönelik önlemler hedeflenmiştir. Büyük sermaye yatırımlarına rağmen akıllı bir yapı inşa etmek sadece enerjinin korunumu için değil (bir bina tarafından genel enerjinin kullanımında azalma) ayrıca daha fazla enerjinin etkili kullanımı ile pik enerji sırasında saklanan ve yakalanan enerjinin talebinin en yüksek olduğu zamanlarda kullanılması ile ciddi para tasarrufu sağlanabilir. Enerji yönetimi ile sadece şebeke enerjisine dayanan yüksek maliyetli enerjinin gün içinde düşük maliyetli enerjiye aktarılmasıyla enerji giderlerinden tasarruf edebilmesi amaçlanmıştır.

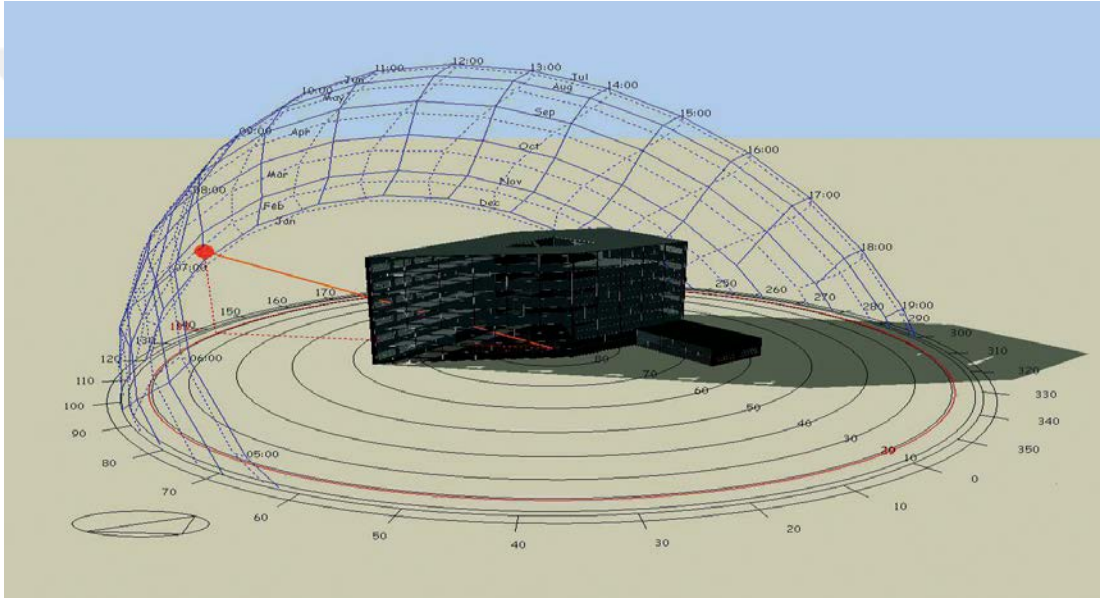
Enerji tasarrufu açısından uygun şekilde bir akıllı bina tasarlandığında ve kullanıldığında muazzam enerji tasarrufu sağlayabilmek mümkündür. Binaların enerji maliyetleri yüksek olduğunda insanların enerji şebekesine olan güvenleri azalabilir. Yüksek enerji ücretleri ödemekten kaçınmak için enerji yönetimi ile enerji tasarrufu yapılması hedeflenmiştir.

Akıllı binalar, bir binanın genel enerji kullanımını azaltabilir ancak gerçek maliyet hesabı enerji kullanımını akıllıca bir şekilde yani enerji yönetimi kullanılarak yapılabilir. Düşük maliyet ile depolanmış enerjinin kullanılmasıyla en yüksek tasarruf sağlanmış olacaktır. Bu nedenle enerji maliyetlerinin ne zaman yüksek olduğunu anlamak ve sonrasında yönetmek önemlidir.

2. YAPI SİSTEM TASARIMI

2.1 Yapının Konumu ve Güneşle İlişkisi

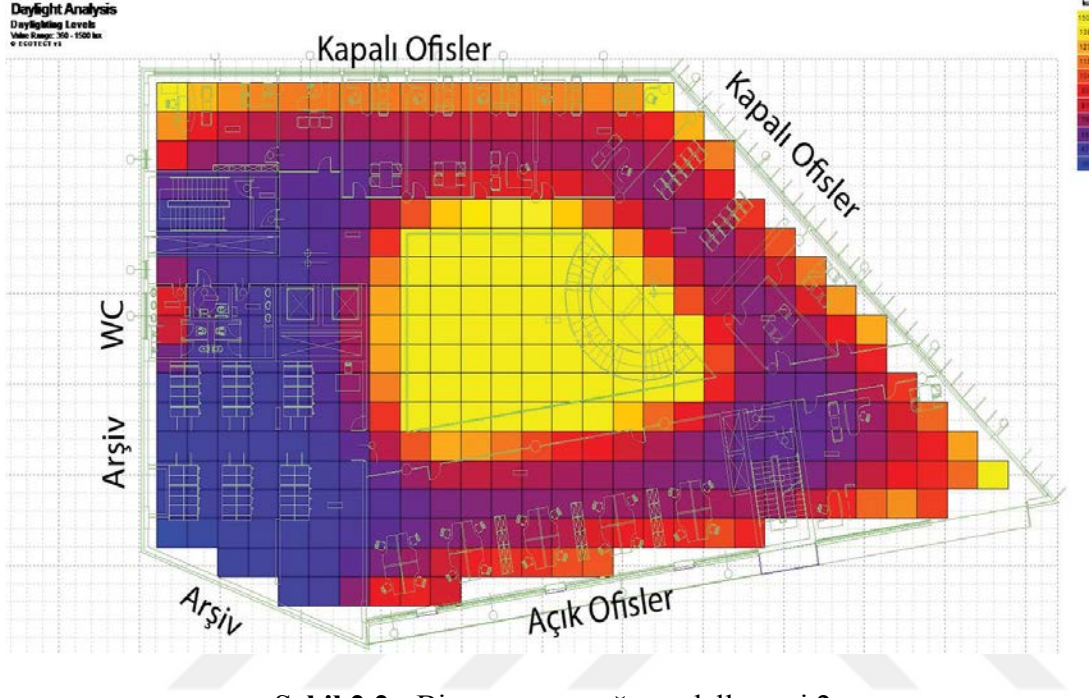
Güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmak için yıllık güneş hareketi göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre yönelimler belirlenmiş, cephe yüzeyleri şekillenmiş ve cephe optimizasyonu yapılmıştır.



Şekil 2.1 : Binanın gün ışığı modellemesi 1

Ofis binalarında yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %20'si aydınlatma kaynaklı olduğundan dolayı doğal aydınlatmadan faydalanmak büyük önem taşımaktadır fakat binanın soğutma yükünün yüksek oranda artmasına sebep olan güneş ısı kazancı da cephe tasarımı yapılırken dikkate alınmalıdır. Bundan dolayı binanın cam oranları ile güneş kırıcılarının yönünün ve boyutlarının belirlenmesi için doğal aydınlatma analizleri yanında enerji analizlerinden de yararlanılmıştır. Standartlara göre bilgisayar kullanımı olan ofislerin aydınlık seviyeleri 300 ile 500 lüks arasında olmalıdır. (Şekil 2.2)'de 300 lüksün altında gün ışığı alan bölgeler lacivert tonları ile 300 ile 700 lüks (optimum ofis aydınlık seviyeleri) arasında gün ışığı alan bölgeler ise mor tonlarında görülmektedir. Böylece açık ve kapalı ofislerde doğal aydınlatma yeterli ölçüde

sağlanmıştır. Doğal aydınlatma analizinden görüldüğü üzere çalışma alanları olan açık ve kapalı ofislerde ortalama olarak 300 ile 700 lüks arası aydınlatma sağlanmıştır. Karanlık olarak görülen mahaller düzenli olarak kullanılmayan arşivlerdir. Arşiv kütlesi güneybatıya yerleştirilerek cephe yüzeyi, güneş ışınımından ön ısıtma sağlayacak bir yüzey olarak kullanılmıştır.



Şekil 2.2 : Binanın gün ışığı modellemesi 2

2.2 Yapı Malzeme ve Çevre Kalitesi

Yeşil bina hareketiyle daha önce de belirtildiği gibi inşaat endüstrisinin önemli bir konusu olan binaların kullanıcıların sağlığını nasıl etkiledikleri ile ilgili endişeleri gidermek amaçlanmıştır. Kullanıcı sağlığı ile ilişkili problemlerin en önemlisi problemlili bina sendromudur. Problemlili bina sendromunda belirli bir sebebin tespit edilemediği yerlerdeki kişilerde yaşanan semptomlar vardır. Bu binalardan etkilenen kişilerden neredeyse tamamı binayı terk etmektedir. Bu eylem iç mekan hava kalitesi problemiyle doğrudan ilişkilendirilebilir. Kapalı çevre kalitesi (IEQ) kapalı ortamın fiziksel kalitesine karşılık olacaktır. IEQ'nun önemli bir kısmı kapalı hava kalitesidir (IAQ) .

Kapalı hava kalitesi şunlara bağlıdır:

- Bina içi hava kalitesi (yapı ürünü emisyonları , toz ve polen)
- Nem (havada nem)

- Hava hareketi (temiz hava ve taslaklar)
- Akustik (odalar arası gürültü iletimi)
- Işık yoğunluğu ve kalitesi (pencerelerden, tavandan ve yapay aydınlatmadan)

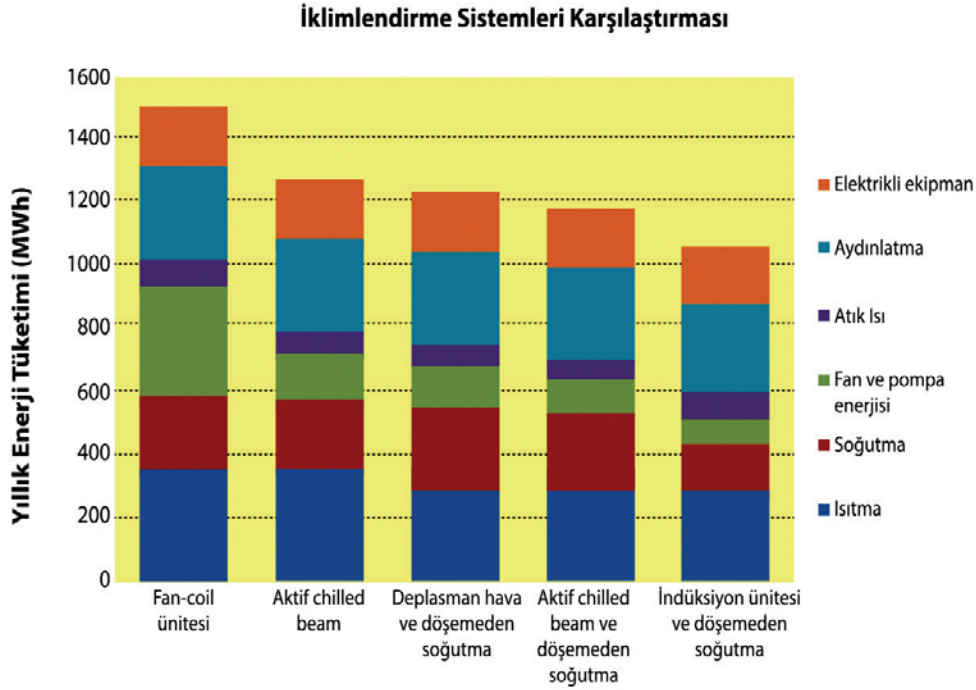
İç mekan hava kalitesi esas olarak kimyasalların solunum etkileriyle ilgilidir. Biyolojik etkiler ise daha sonra ayrıntılı olarak incelenip yapılar için uygulanmıştır. Hem konut hem de ticari sektörler benzer tasarım ve yapıya sahiptir. Kullanıcıların sağlığına zararlı olacak birçok unsur binalarda bulunmaktadır. Kapalı çevre kalitesi günümüzün bina tasarımlarında büyük endişe kaynağıdır. Sürdürülebilir bina hareketi ile bu sorun giderilmeye çalışılmaktadır. Evler ve ticari binalar için yalıtım çok önemlidir çünkü bir binanın sızdırmaz hale getirilmesi toksinleri kilitler ve taze hava sızmasını engeller.

Hava kalitesi iç ortamın en önemli yönlerinden biridir. Çevre Koruma Ajansı (EPA) iç mekan hava kalitesinin hastalık oluşumunda en önemli faktörlerden biri olduğunu ve yakın zamana kadar yaygın olarak kabul edilmeyen bir gerçek olduğunu belirtmektedir. İç mekanlarda ki birçok modern malzeme beraberinde kimyasalların olduğunu göstermektedir. Bu da birçok hastalığa neden olmaktadır. Ayrıca tahmin edilmektedir ki evlerimizde potansiyel olarak var olan zararlı kimyasalların sağlığınıza zararı çok fazladır.

2.3 Yapı Beton Isısı Kontrol Sistemi / İndüksiyon Ünitesi ile Soğutma

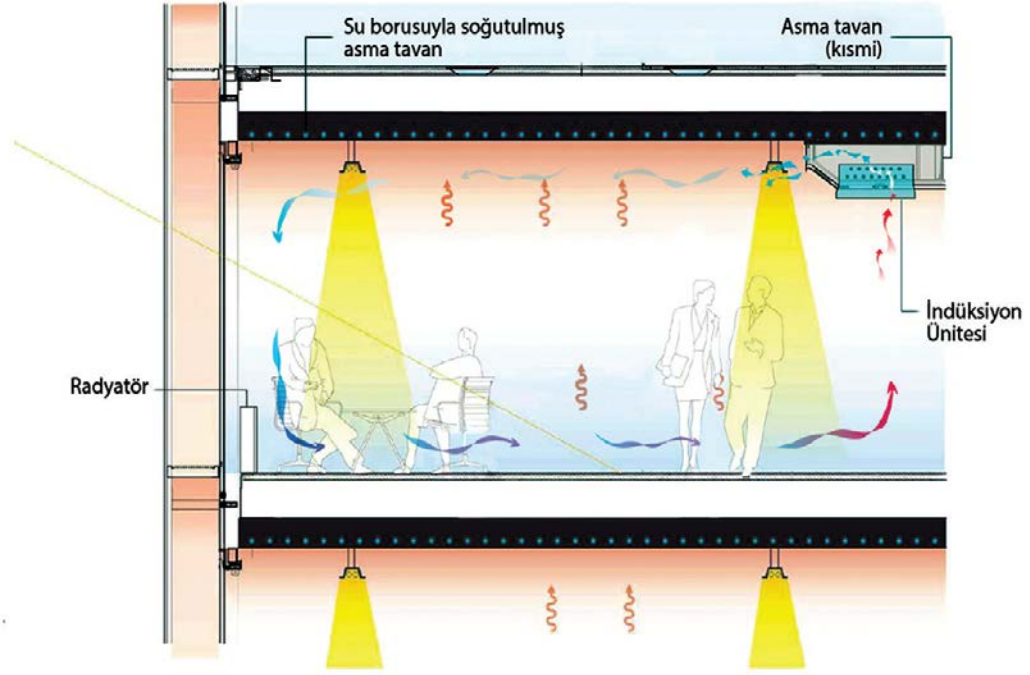
Mekanik tesisat kararları alınırken disiplinler arası iletişim sürdürülerek ısıtma-soğutma cihazlarının kapasitelerinin seçilmesinde ve en etkin fayda-maliyet oranını sağlayan mekanik sisteme karar verilmesinde enerji simülasyonları oldukça katkı sağlamıştır. Fan-coil sistemi en yüksek enerji tüketimine sahip olan sistemdir. Diğer alternatif sistemler fan-coil sistemine göre düşük soğutma ve düşük fan-pompa enerji tüketimine sahiptirler. Aktif chilled beam sisteminde fan ve pompa enerji ihtiyacı, hava çevrimi (fanlar aracılığı ile değil) ile doğal olarak sağlandığından dolayı çok düşüktür. Deplasman havalandırma ve döşemeden soğutma sisteminde ise soğutma ihtiyacının bir bölümü döşemede yaratılan ısı kütlesi ile sağlandığından soğutma enerji tüketimi daha düşüktür. Fan enerji tüketimi ise aktif chilled beam iklimlendirmesi ile benzerdir.

İndüksiyon ünitesi ve döşemeden ısıtma-soğutma sistemi ise simülasyonlara göre en düşük soğutma ve fan enerji tüketimlerine sahip sistemdir. Fakat yüksek ilk yatırım maliyetine sahip olduğundan dolayı bu sistem tercih edilmemektedir.



Şekil 2.3 : Enerji karşılaştırması

Değerlendirilen sistemlerin arasında düşük ilk yatırım maliyeti ile birlikte yüksek enerji performansı sağlayan soğutma sistemi olarak indüksiyon ünitesi ve döşemeden ısıtma/soğutma sistemi (Beton Isısı Kontrolü) uygun görülmektedir. Beton ısı kontrol sistemi döşemeleri ısıtma kütlesi olarak kullanarak aktif ısıtma / soğutmanın yanında binanın ısı kaybını veya kazancını herhangi bir aktif sistem çalışmadan da dengelemektedir. Bundan dolayı binanın ısıtma veya soğutma ihtiyaçlarını pasif olarak azaltmaktadır. Bu sisteme ek olarak indüksiyon ünitesi de binanın soğutulmasında havanın sıcaklık ile hareketinden faydalanarak fan enerjisinden tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 2.4 : Beton ısı kontrol sistemi ve indüksiyon ünitesi

2.4 Yapı Güneş Duvarı Sistemi

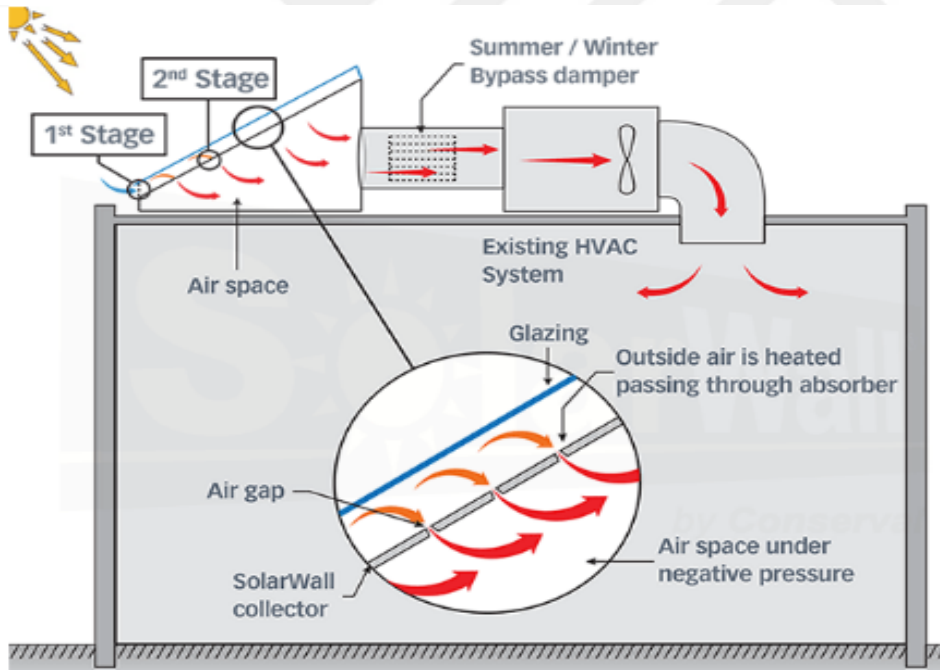
Güneş duvarı hava ısıtma sistemi birçok iç ve dış bileşen içeren özel tasarlanmış bir çözümdür. Yeni ve retrofit uygulamalarda iç mekanların ısıtılması ve havalandırılması ile üretim prosesi ve tarımsal ürün kurutma uygulamalarında havayı ısıtmak için güneş enerjisini kullanmak amaçlanmıştır. Sistem tasarımı hava akışında minimum miktardaki statik basınç ile enerji dağıtımını en üst düzeye çıkarmak için optimize edilmiştir.

Sistemin en gözle görülür bileşeni dış metal “güneş kaplaması”dır. Ancak güneş duvar sisteminin en önemli materyalleri iç çerçeveleme tasarımı ve bileşen şekillerindedir. Özel havalandırma yarıklı ve delikli kolektör panellerinin güney cephele bir duvardan birkaç santim içeri yerleştirilmesiyle bir hava boşluğu yaratılır. (Güneydoğu, güneybatı, doğu ve batı duvarı da mümkündür.) SolarWall kaplama (güneş enerjisi güneş kolektörü) güneşten gelen güneş radyasyonu ile ısıtılır ve havalandırma fanları aracılığıyla güneş enerjisiyle ısıtılan havanın çekildiği hava boşluğunda dış panel deliklerinden geçerek negatif basınç oluşturur. Bu, tüm duvar yüzeyi boyunca tutarlı bir çekiş

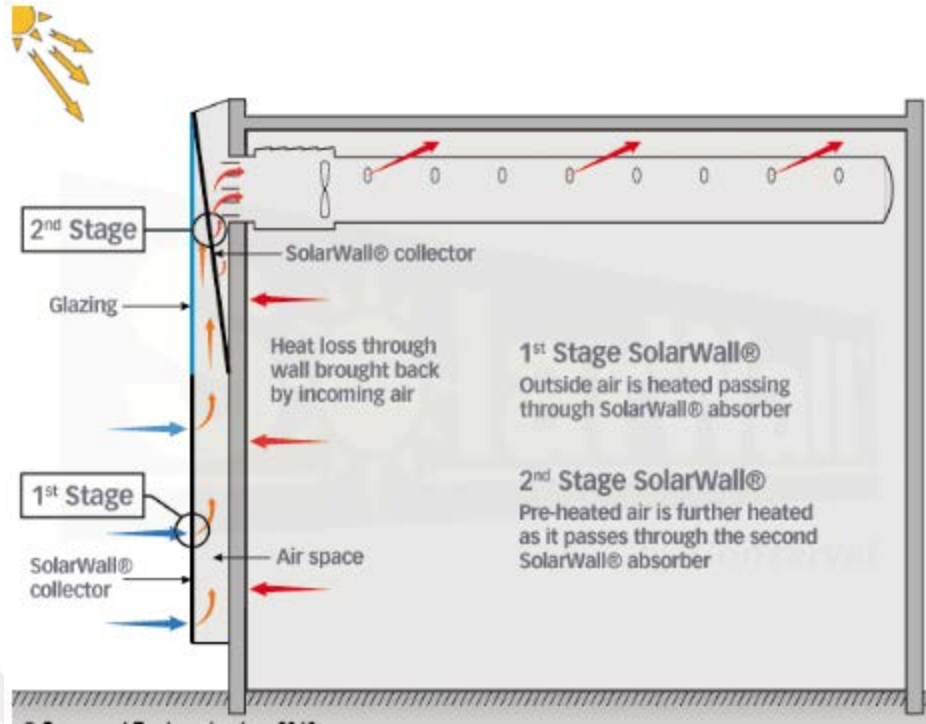
sağlar ve ısıtılmış sınır tabakasının ötesindeki daha soğuk havanın hava akışına sokulmamasını sağlar.

Hava genellikle duvarın üstünden alınır (sıcak hava yükseldiği için) ve üretilen güneş ısısının toplanmasını sağlar. Isıtılan hava daha sonra bağlantı yoluyla binadaki HVAC girişine kanalize edilir. Bu olay gün boyunca geleneksel ısıtma yükünü azaltır hatta ortadan kaldırabilir. Güneş ısıtmalı temiz hava daha sonra mevcut HVAC sistemi ile birlikte veya ayrı ayrı hava makyaj fanları ve delikli kanallarla binaya dağıtılır.

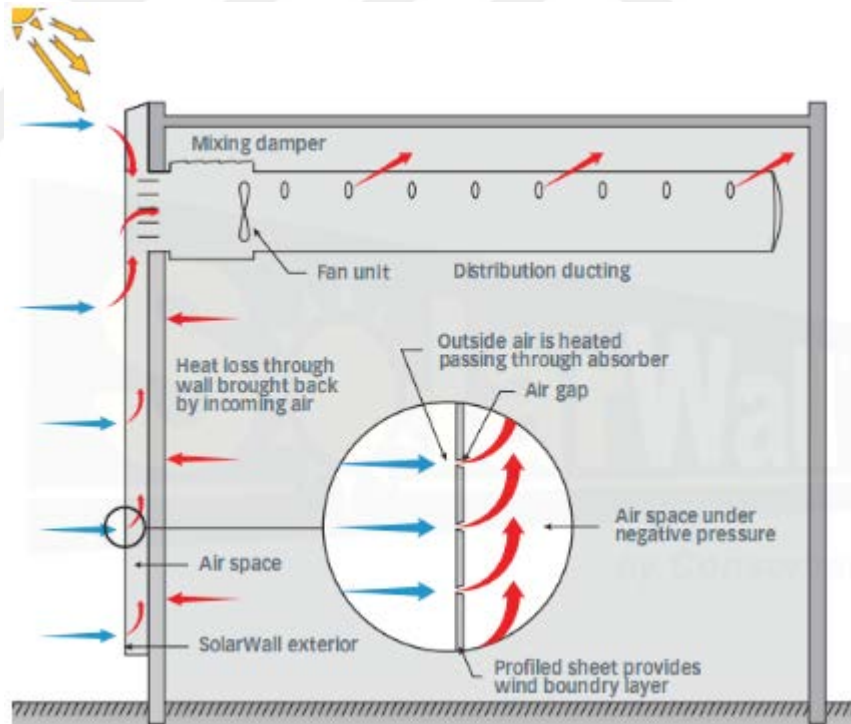
Bir binanın enerji gereksinimlerine veya müşterinin hedeflerine dayanan güneş duvar sistem teknolojisinde birçok varyasyon vardır. Bunlar çeşitli renklere şekillendirilebilen ve açılabilen geleneksel tek kademeli güneş duvar sistemleri veya daha yüksek sıcaklık artışları sağlayan iki kademeli güneş duvar sistemleridir. İki kademeli güneş duvar sistemlerine örnek olarak bina çatılarına kurulan güneş duvar sistemleri verilebilir.



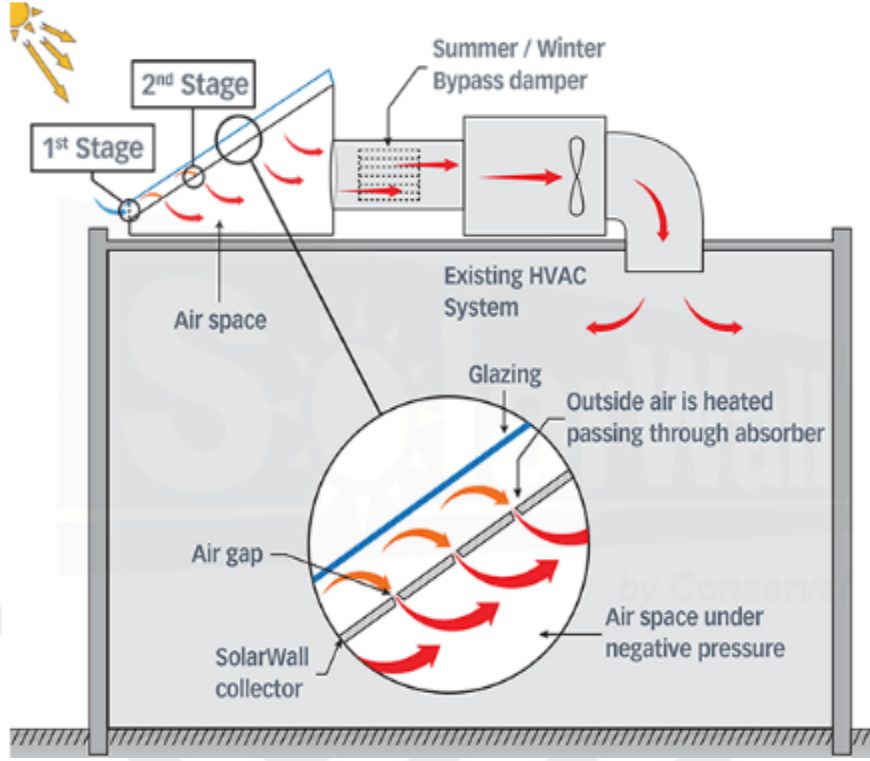
Şekil 2.5: Güneş duvar sistemi aşamalar 1



Şekil 2.6: Güneş duvar sistemi aşamaları 2



Şekil 2.7: Güneş duvar sistemi aşamaları 3



Şekil 2.8: Güneş duvar sistemi aşamaları 4

Güneş duvar teknolojisi yerinde yenilenebilir enerji sağlamanın yanı sıra daha fazla havalandırma havası gerektiğinde veya dış kaplamaların değiştirilmesi gerektiğinde iyileştirme amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Güçlendirme uygulamalarında güneş duvar sistemleri;

a) Mevcut bir binaya kolayca entegre edilebilir.

b) Büyük miktarda enerjinin azaltılmasında etkindir.

SolarWall teknolojisi ile gelen havalandırma havasını ön ısıtmak ve sistem verimliliğini artırmak suretiyle HRV (Isı Geri Kazanım Ventilatör) sistemine mükemmel bir ekleme yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Genel olarak onlarca yıllık araştırma ve saha deneyiminde tasarım gereklilikleri ne olursa olsun güneş duvar sisteminin optimum verimlilikte çalışmasının faydaları tecrübe edilmiştir.

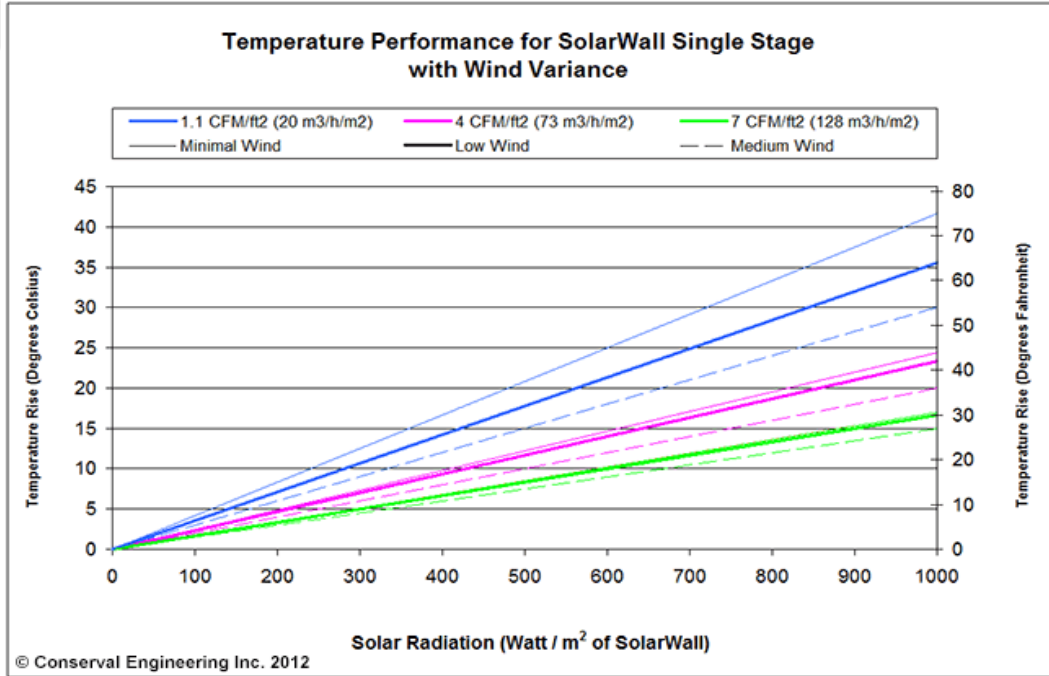
2.4.1 Performans ve Ekonomi

Güneş duvar teknolojilerinin performansını ölçmekte olan Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) ve

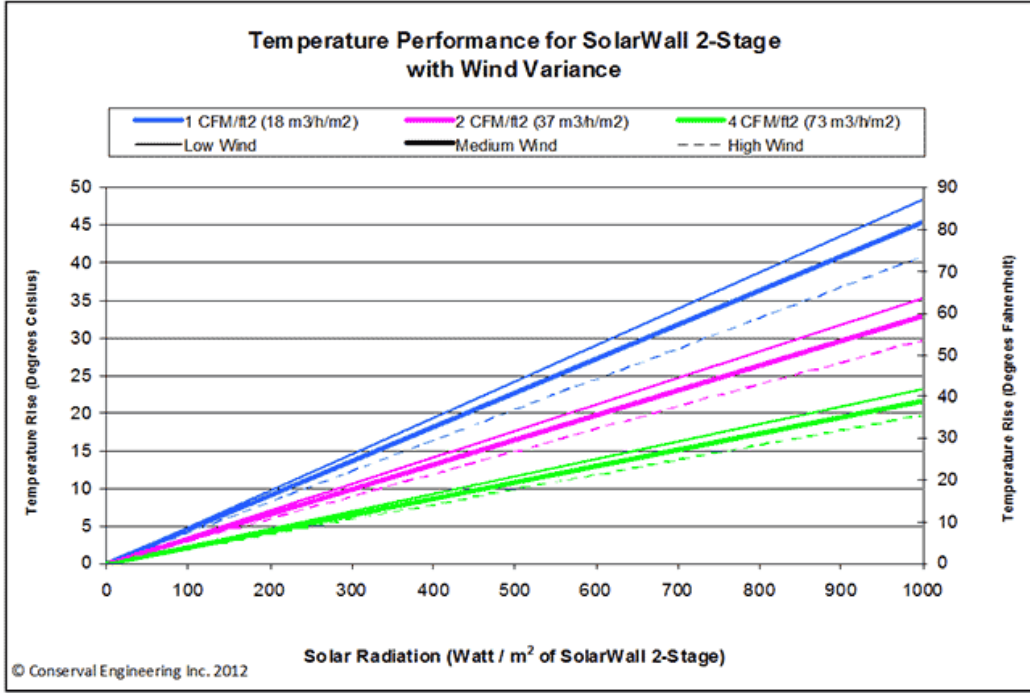
dünyanın çeşitli ülkelerinde sayısız başka kuruluşlar bulunmaktadır. Bu bağımsız kuruluşlar güneş duvar enerji tasarruflarını doğrulamaktadırlar.

Güneş duvar teknolojisi ;

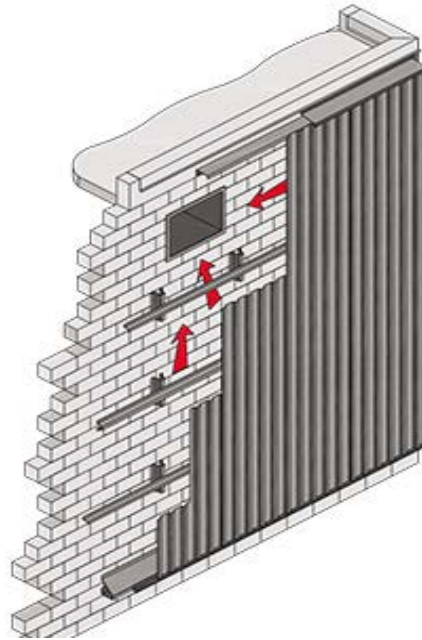
- Akış oranına bağlı olarak sıcaklığı 30-100 °F (16-55 °C) kadar yükseltir.
- 5 metrekarelik (50 fit kare) toplayıcı yıllık 1 ton CO2 tasarrufu sağlar.
- Yıllık ısıtma maliyetlerini yer değiştiren yakıtın türüne ve maliyetine bağlı olarak metrekare başına 2 - 8 \$ düşürür.
- Güneş ışığından koruyarak yazında maliyetleri düşürür.
- 40 yıl bakım maliyeti gerektirmez.



Şekil 2.9: Güneş duvar sistemi sıcaklık performansı 1



Şekil 2.10: Güneş duvar sistemi sıcaklık performansı 2



Şekil 2.11: Tipik duvar güneş sistemi

2.5 Yapılarda Enerji Kapsamında Bütünleşik Bina tasarımı Yöntemi

Binalarda enerji verimliliği kapsamında uygulanan bütünleşik bina tasarımı yönteminde; okul binası derslikler ve atölyeler olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Bunları birleştiren bir atriyumla şekillenmiş ana dolaşım aksı atriyum çevresinde sağlanmıştır. Tüm sınıflarda ve atölyelerde doğal havalandırma, iklimlendirme sistem prensibi ile uygulanmıştır.



Şekil 2.12: Okul kampüs planı



Şekil 2.13: Okul giriş (Kuzey) cephesi



Şekil 2.14: Okul giriş (Kuzey) cephesi, derslikler

2.6 Yapılarda Maliyet Tasarrufu Sisteminin Optimizasyonu

Enerji depolama sistemlerinin güç kaynaklarına ve şebekeye entegrasyonu özel tasarımlar ve kontroller gerektiren gelişmiş güç elektroniği ile olur. İsteğe bağlı

güç kaynaklarını sağlamak için sistemlerin maliyetli tasarımları ve hata ayıklama işlemleri etkin olacak ve bu güç geçişinin gerçek zamanlı olarak kontrolü yapılacaktır. Akıllı binalarda depolama sistemini çalıştırmak için güç sistemlerine ihtiyaç olacaktır. Güç akışı ve güç talebini kontrol etmek ve işletmek ile birlikte sistem içinde oluşan sorunları çözmek için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Optimize edilmiş bir sistem olmadan maliyet tasarruflarında sağlıklı sonuçlar elde edilemez.

Akıllı bina ve şebeke teknolojisi sadece optimize edildiğinde çalışır. Bu nedenle sistem optimizasyonu akıllı sistem kullanımını gerektirir. Kullanım için ortamların sürekli izlenmesini sağlamak ve gücü optimize etmek için ise zaman, kişi, talep ve sıcaklık kayıtlarına dayalı kullanım gerekmektedir. Bu sistemler ortamları kontrol eder ve optimize edilmiş enerji sağlarlar. Kullanım sürelerini kısaltmak ve önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlamak ortamların otomasyonu ile olacaktır.

2.7 Yapılarda Soğutulmuş Su Depolama Sistemi Çalışması

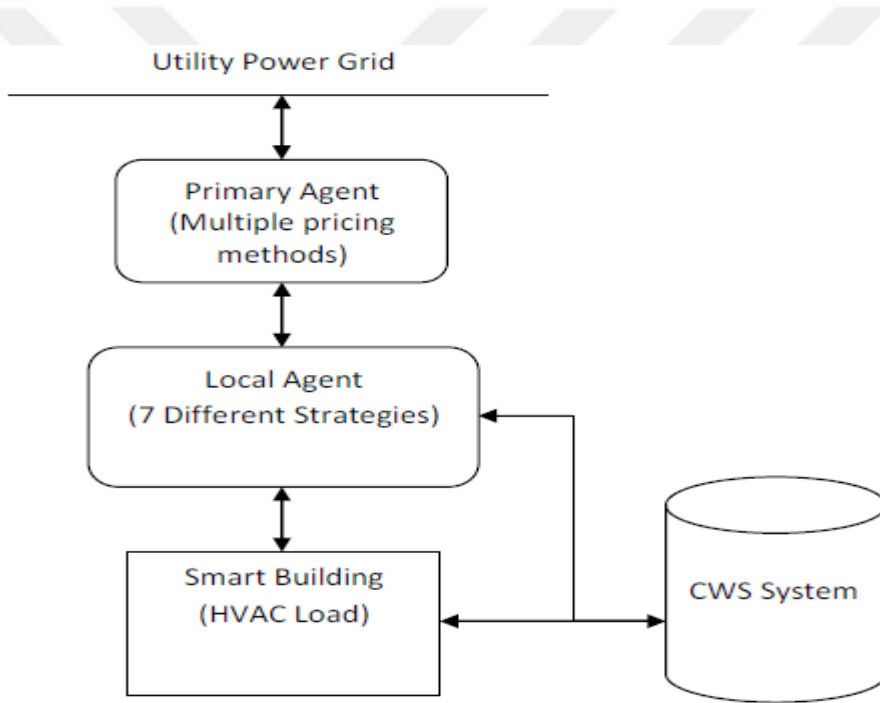
Soğutulmuş su depolama üniteleri de dahil olmak üzere termal depolama ünitelerinde genellikle yerinde kapalı pik sırasında enerji kullanarak sağladıkları ekonomik avantajdan dolayı periyot ve pik döneminde enerji kullanımının azaltılması hedeflenmiştir. Yaygın olarak kullanılan soğutulmuş su depolama sistemleri kısmi depolama sistemi ve tam depolama sistemidir. Kısmi depolama sistemi, enerji ihtiyacının pik döneminde yeterli miktarda enerji depolayabilme kabiliyeti sunmaktadır. Tam depolama sisteminde kapalı tepe dönem boyunca yeterli su soğutulur ve sonrasında yoğun saatlerde talebi karşılar. Yoğun saatlerde tüm soğutma soğutulmuş su deposundan yapılır. Bu sistemin avantajı yoğun olmayan dönemde elektrik kullanarak tasarrufları maksimize etmektir ancak tam tasarrufun sağlanması ve talebin karşılanabilmesi için depolama kapasitesinin çok yüksek olması gerekmektedir. Tam depolama sisteminde kullanılacak ekipman maliyeti kısmi depolama sistemine göre oldukça fazladır.

Kısmi depolama sisteminin ana tipi yük dengeleme sistemidir. Bu sistem her zaman tam kapasitede çalışır. Yoğun olmayan periyot boyunca su soğutulur ve talebin en yüksek olduğu zamanda bu depolanmış olan soğutulmuş su sisteme verilir. Bu genellikle yük dengeleme olarak adlandırılır. Soğutulmuş su

depolama sistemi, talebin sisteme verilen su miktarından daha az olması durumunda ücretlendirme yapar. Talep, sisteme verilen su miktarından daha fazla olduğunda ise sistem deşarj edilmek istenmiştir. Kısmi depolama sisteminin tam depolama sistemine göre avantajı bina maliyetine daha az etki yapmasıdır. Dezavantajı ise daha fazla tüketim yapılan elektriktir.

2.8 Akıllı Yapı Sisteminin Yapısı

Akıllı bir binada önerilen sistem oluşturucu, kontrollü CWS sistemidir. CWS sistemi şebeke ile güç şebekesi arasında iletişim kuran iki katmanlı bir sistemdir. CWS sistemi oluşturucu yönetimi yapısı (Şekil2.15)'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.15: Akıllı yapı sisteminin yapısı

Birincil oluşturucu yerel oluşturucu ile iletişim kurar ve elektrik şebekesinden güç şebekesine gelen elektriği kontrol eder ve akıllı binaya tedarikini sağlar. Ana işlevinde elektrik fiyatının mevcut elektrik yüküne göre ayarlanması hedeflenmiştir. Bir bütün olarak şebeke, güç şebekesi olacaktır. Birincil aracı genellikle birden fazla fiyatlandırma yöntemine sahip olacaktır. Bu fiyatlar genellikle satın alınan veya kullanılan elektrik miktarına göre değişebilir. Kullanımın ayı, günü ve saati fiyatlandırması olacaktır. Fiyatlar gerçek zamanlı

olarak ayarlanabilir. Bu, gücün mevcut yüküne bağlı olarak fiyatın her gün ve her saatte değiştiği anlamına gelir.

Öte yandan sistem yerel temsilci ile iletişim kurmaktan sorumludur. Akıllı binalarda kurulacak CWS sistemi ve birincil oluşturucu ile elektriğin kontrol edilmesi ve akıllı binaya tedariği hedeflenmiştir. Öncelikle yerel oluşturucu bilgileri toplar ve analiz yapar. Birincil oluşturucu ve CWS sistemi akıllı binanın HVAC yükleri, fiyatlandırma yöntemleri (birincil tarafından belirlenir), CWS kapasitesi ve CWS akım yükü bilgilerini toplar ve kullanıcı tanımlı girişe aktarır. Buna göre yerel ajan şarj işlemini optimize edecek uygun bir stratejiyi seçer. Kullanıcının amacını ve ihtiyaçlarını karşılamak için CWS'nin boşaltılması amaçlanmıştır. Bu yönetim sistemi ile akıllı binanın kolay ve optimal enerji kullanımı ile işletme maliyetleri azaltmış olacaktır.

2.9 Ekipman ve Yeni Teknoloji

Ekipman ve yeni teknoloji programları yüksek verimli enerji kullanımını teşvik etmektedir. Enerji kullanım verimliliğinin artması, yeni teknoloji sonucu üretilecek olan verimli ürünlerin kalitesi ile olacaktır. Ticari olarak desteklenecek su-enerji programları yüksek verimli enerji kullanımına fayda sağlayabilir. Tüm ticari müşterilere çeşitli su ve enerji tasarrufu sağlayan ürünler sunarak verimliliğinin artmasına ve bu bilincin yaygınlaşmasına yardımcı olmak gerekmektedir. Konut sektöründe olduğu gibi yüksek verimli ekipmanların ilk maliyetleri caydırıcı olabilir fakat fayda-maliyet analizi yapıldığında yararları görülecektir. Devlet yüksek enerji verimliliği sağlayan ürünleri satın alan müşterilere finansal teşvikler veya indirimler sunabilir. Güney Kaliforniya Edison ve San Diego Gaz ve Elektrik Şirketi elektrikte ki aylık her 1000 galonluk sürdürülebilir azalma için 200 dolarlık yatırım yapmıştır.

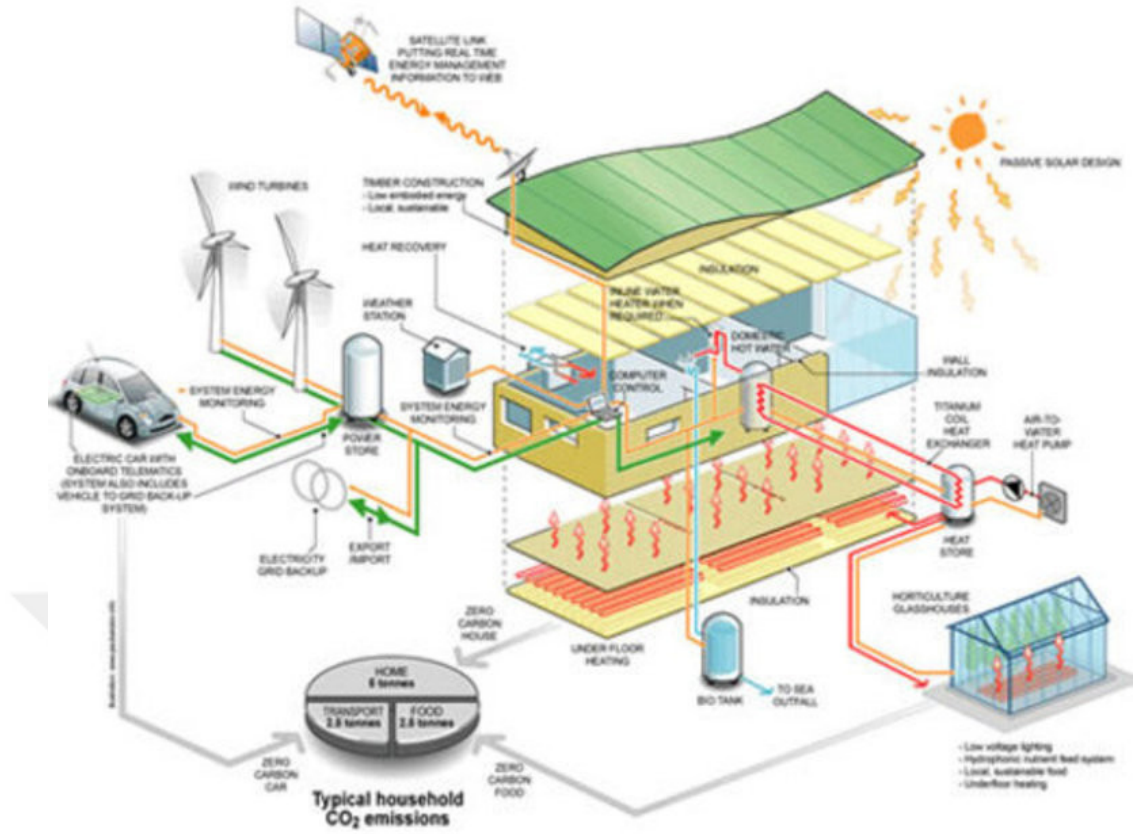
Verimli çalışmaya odaklanan programları uygulamak için ek olarak yardımcı programlar uygulanabilir. Bu programlarda su ve enerji arasındaki ortak tasarrufun önemi hakkında üreticiler ve emlakçıları eğitmek için hizmetler verilebilir. Örnek olarak Gelişen Teknolojiler Programı tarafından PG & E isimli iki su ajansı ile ortaklık kurulmuştur. Bu ortaklık su teknolojilerini belirleyecek ve telekomünikasyon teknolojilerini araştırma yapacaktır. Su

ajansları bu teknolojilerle daha verimli bir şekilde enerji dağıtılmasına yardımcı olduğu ve enerji tasarrufu için en iyi fırsatlardan birinin gerçek zamanlı pompa elektrik tüketiminin entegrasyonu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu program pompalama sisteminde tüketilen elektriğin gerçek zamanlı geri bildirimine izin ile yapılmıştır.

2.10 Yapı Enerji Sistemleri

Düşük enerji profili; enerji talebinin giderek artmasıyla yüksek performanslı yeşil binaların tasarımcıları için büyük bir zorluk yaratmaktadır. Enerji talebi büyümeye hızla devam etmektedir. Artmakta olan dünya nüfusu sınırlı kaynaklar ve artan enerji ihtiyacı gibi nedenlerden dolayı yeni inşa edilecek bina tasarımlarında yenilikçi enerji sistemleri kullanılarak binaların en az tükettiği enerji kadar enerji üretmesini sağlamak gerekmektedir. Günümüz inşaat sektörünün enerji tüketimi ancak yeni kullanılacak enerji sistemleri ile dengelenebilir. İnşaat sektörünün gelecekteki taleplerini karşılamak için yeni enerji tasarruf teknolojileri gerekli olacaktır. Enerji maliyetlerinin artması ve büyük ölçüde uluslararası rekabet nedeniyle yeşil binalar konusunda önemli kararlar vermek için hala zaman bulunmaktadır. Yeşil bina hareketi enerji performansını artırmaya çalışan ve aynı zamanda binaların nasıl tasarlandığı konusunda önemli bir değişime öncülük eden bir harekettir. Bu değişimin savunucuları inanıyor ki bu hareketle binaların net enerji ihtiyaçlarını karşılayacak kadar enerji tasarrufu yapılacaktır.

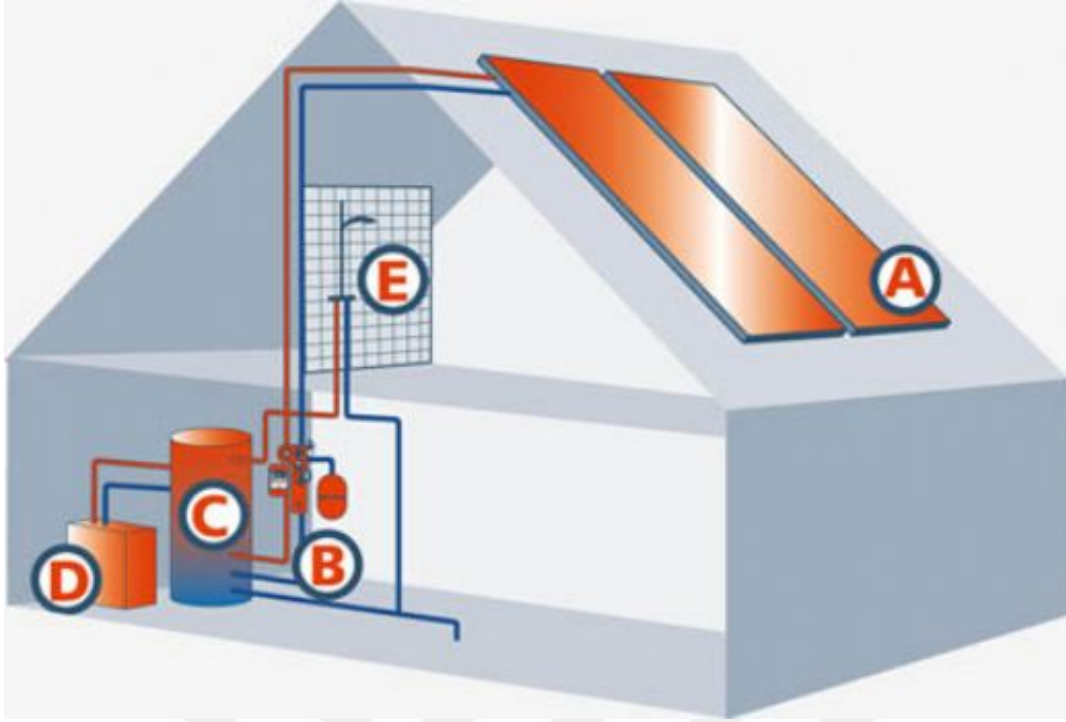
Güneş enerjisi sistemleri ve diğer yenilikçi enerji sistemleri ile binaların en az tükettikleri enerji kadar enerji üretmeleri hedeflenmiştir. Bu enerji tüketimini azaltmanın en önemli yollarından biri yeşil binalar olacaktır. Günümüzün yeşil bina ortamında çevresel etkiler nedeniyle artan bina enerji maliyetlerini azaltmaya yönelik yollar bulunmaktadır. Bunlar talebin azaltılmasına yardımcı olan etkin bina tasarımı ve HVAC sistemleri dir.



Şekil 2.16: Yeni nesil bina enerji sistemleri

2.10.1 Güneş ile Sıcak Su

Güneş enerjisi suyu ısıtmak ve evlerimize elektrik enerjisi sağlamak için kullanılır. Sıcak su sistemleri bazı yerel kamu hizmetleri için teşvik programları sunduğundan dolayı konutlarda daha yaygındır. Konutlarda kullanım sıcak suyunun ön ısıtmasını sağlayan bu enerji tasarruf sistemlerini kurmak ciddi tasarruflar sağlar. Bu enerji tasarruf sisteminde güneş ışığı “emici” bir yüzeye çarpar ve bu yüzeyi ısıtır. Bu ısı, emiciye bağlı tüpler aracılığıyla suya akar. Isıtılmış su ayrı bir ön ısıtmada depolanır ve gerekli olana kadar depoda kalır. Eğer ek ısı gerekiyorsa bu ısı elektrik veya fosil yakıt ile sağlanır. Geleneksel bir ısıtma sistemi tarafından sağlanan enerjiyi güneş enerjili su ısıtma sistemleri ile doğrudan temin edebilmek ciddi enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 2.17: Bina güneş enerjisi sistemi

2.10.2 Jeotermal

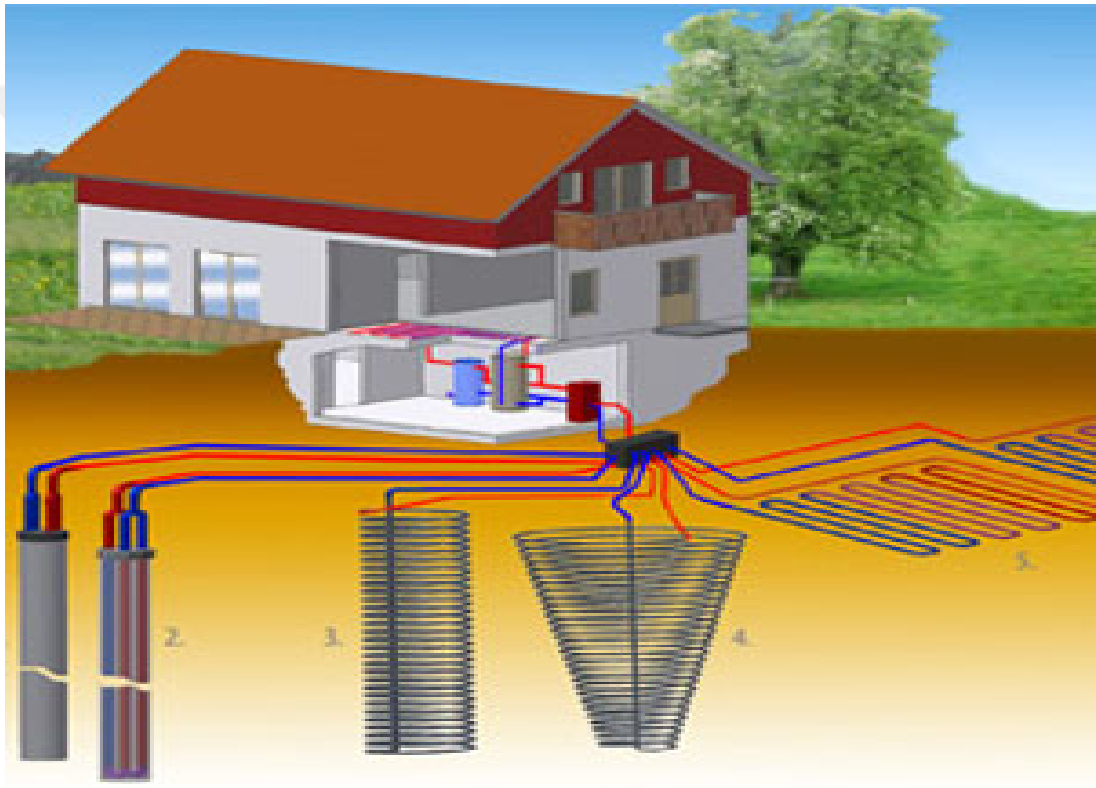
Jeotermal sistemler (toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri) sıradan pompalara ve klimalara benzerler fakat enerji için dış hava yerine zemini kullanırlar. Bu sistemler yaz aylarında soğutucu olarak hareket eder, kış aylarında ise sıcak su için ısı enerjisini çıkarırlar. Zeminde hava şartlarına göre değişmeyen sabit bir sıcaklık bulunur. Birçok yerde 6.5 feet derinliğin altında toprak sıcaklığı değişmez. Örneğin Louisiana'da açık havada kış mevsiminde sıcaklıklar 32 °F'ye, yaz mevsiminde ise 95 °F'ye kadar değişebilir. Toprak sıcaklığı asla 65 °F'den fazla değildir ve asla 64 °F'nin altına düşmez. Bu yüzden zemin sıcaklığı ile ilgili farklı sistemler termal olarak geliştirilmiştir. En yaygın iki sistem olarak düşey ve yatay sistemler kullanılır.

Yatay sistemler ısı değişimi için siperlere yerleştirilen plastik boruları kullanır. Bunun avantajı daha az enerji gereksinimi nedeniyle daha düşük maliyetli olmasıdır. Özel tasarım ve ekipman için yeraltı koşullarını daha fazla bilmek gerekir. Bu tür sistemlerin dezavantajları yüksek miktarda arazi kullanım gereksinimleridir.

Dikey topraklama boruları ticari olarak kullanılan en yaygın sistem türüdür. Dikey borular yüzeydeki deliklere ve manifoldlara yerleştirilir. Bu sistemin

avantajları düşük miktarda arazi alanı gereksinimleri ve sabit derin toprak sıcaklıklarıdır. Yeraltı suları ile ısı alışverişi için daha fazla potansiyele ve daha fazla siteye uyum sağlanması hedeflenmiştir. Dezavantajları ise potansiyel olarak daha yüksek maliyetleri, bazı jeolojik oluşumlardaki problemler ve tecrübeli delicilere ihtiyaç olmasıdır.

Isı pompası teknolojisindeki bu yeni gelişmeler jeotermal ısı pompalarının en verimli ve konforlu biçimlerinde kullanılmasına yardımcı olur. Jeotermal sistemlerin çevre dostu teknoloji olarak konutlarda ve ticari binalarda kullanılması enerji tasarrufu açısından faydalı olacaktır.



Şekil 2.18: Jeotermal enerji

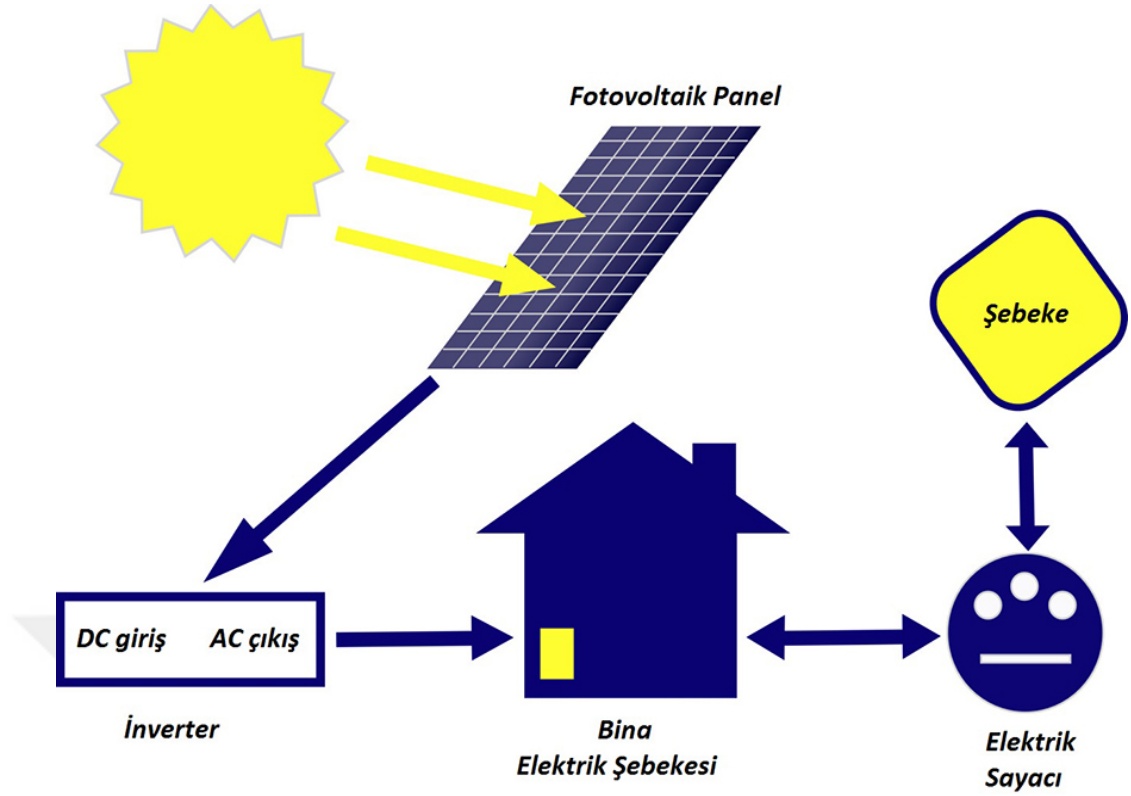
2.10.3 Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik hücreler güneş ışığını dönüştüren yarı iletken aygıtlardır. Bu hücrelerde güneş pilleri kullanımıyla elektrik üretimi yapılmaktadır. Fotovoltaik sistemler neredeyse bakım gerektirmez ve uzun ömürlüdür. Hareketli parçaları yoktur ve gerekirse enerji depolamaları pille sağlanır. Elektrik taleplerini dengelemek için evlerde ve ticari binalarda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda büyük ayna alanlarının güneşi toplayıp elektriğe dönüştürdüğü batı kıyısındaki büyük güneş santrallerinde de

kullanılmaktadırlar.Japonya gibi ülkeler bu yenilenebilir enerji kaynağının geleceğin yakıtı olduğuna inanarak fotovoltaik sistemlere önemli bir şekilde yatırım yapmaktadırlar. Sıradışı bir güneş pili kullanan Arizona araştırmacıları güneşten güç almak için yeni bir verimlilik kaydı oluşturdular. Araştırmacıların bu sistemi ucuza üretme şansları var çünkü bilgisayar çipleri yapan aynı fabrikalarda bu sistemi üretiliyor.Bu sistemler, güneş ışığının yüzde 20'sinden fazlasını elektriğe aktarılmakta ve dönüştürmektedir.

Fotovoltaik sistemler arasında özellikle en ilginç olanı binaya entegre fotovoltaik sistemlerdir. Fotovoltaik sistemler, yarı saydam yalıtımlı cam gibi yapı malzemelerine doğrudan entegre edilebilen sistemlerdir. Bina dış kaplamasının bir parçası olarak çatılara ve cephelere entegre edilebilirler. Fotovoltaik sistemler modüler olup diğer uygulamalara eklenebilir sonrasında çıkarılabilir ve tekrar kullanılabilirler.

Toplama ortamının türüne bağlı olarak binaya entegre fotovoltaik sistemi tam güneş ışığı altında toplayıcı alanının her bir karesi için yaklaşık 5 ile 10 watt arasında güç üretebilir. Bu, kilovat kapasitesi başına 100 ile 200 feet kare toplayıcı alanına ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Bu, binanın enlem ve iklim yönelimi ile değişebilir ancak yıllık enerji çıkışı kurulu sistem kapasitesi kilovat başına 1.400 ile 2.000 kilovat saat arasındadır.



Şekil 2.19: Bina fotovoltaiik panel sistemi

2.10.4 Rüzgar enerjisi

Rüzgar, eskiden beri harcanan ve bol miktarda bulunan enerji kaynağıdır. Alternatif enerji kaynakları arasında bulunan rüzgar enerjisi, alanında yıllarca süren durgunluğun ardından yel değirmeni ile sisteme geri dönüş yapmıştır. Yel değirmeni ile üretilen rüzgar enerjisi yıllık % 25'lik bir tahmini büyüme ile enerji üretiminin en hızlı büyüyen parçasıdır. Bu sistemler ilk olarak Oregon ve Kaliforniya'da bulunan büyük rüzgar çiftliklerinde küçük konut uygulamaları için tasarlanmıştır. ABD Enerji Bakanlığı Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından rüzgar enerjisinin maliyetinin 1980'lerde kilovat-saat başına 0.40 \$ olduğu tahmin edilmiştir. Günümüzde bu maliyet kilovat-saat başına 0.05 \$' dan daha azdır. Amerikan Rüzgar Enerjisi Birliği (AWEA) hükümet organlarının ve kamu hizmetlerinin desteğiyle rüzgar enerjisinin ülkenin elektrik arzının en az yüzde 6'sını 2020 yılına kadar sağlayabileceğini hedeflemiştir.

Rüzgar türbinleri çevre kirliliğine neden olmamaktadır ve rüzgar enerjisi kullanımı ile çevre kirliliği azalacaktır. Küçük bir konut rüzgar türbini kullanım

hayatı boyunca yaklaşık 1.2 ton hava kirleticisinin ve 200 ton sera gazının (iklim değişikliğine neden olan karbon dioksit ve diğer gazlar) oluşturduğu çevre kirliliğini dengeleyebilir. Bir rüzgar türbini “kes” ve “kes” e göre değişen koşullar altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Kesim hızı güç üretiminin olmadığı maksimum hızdır. Türbin rotor kanatlarının bir yardımcı programın güç şebekesine bağlanması için sabit hızda dönmesi gerekmektedir.

AWEA'nın 2006 yılının üçüncü çeyreği raporuna göre sektör 2006 yılında 2,750 megawatt üretim kapasitesi ile rekor kırmıştır. 2006 yılının son çeyreğinde tamamlanan projelerden biri ile de Teksas'taki rüzgar enerjisi üretim kapasitesi 735 megawatt olacaktır. ABD rüzgar enerjisi endüstrisi yeni talepleri karşılamak için yeni çalışmalar yapmaktadır. Şirketlerin 2007'nin ötesini planlamak için çok sayıda rüzgar çiftlikleri kurması gerekmektedir. Bu da rüzgar enerjisi üretimi sırasında devletin kredilerde kolaylıklar sağlaması ve vergilerin azaltılmasına yönelik teşvikler yapması ile olacaktır. Rüzgar çiftliklerinin önemli miktarda bir tasarruf sağladığı yapılan hesaplarda görülmektedir. Rüzgar enerjisi elektrik maliyetlerini azaltmaya yardımcı olmakta ve enerji güvenliğimizi güçlendirmektedir.



Şekil 2.20: Yeni nesil binalarda rüzgar enerjisi

2.10.5 Yakıt hücreleri

Yakıt hücreleri ters olarak tanımlanan bir işlemde elektrik üreten cihazlardır. Elektrolizde suyu elektriğe ayırmak için elektrotlar girer sonrasında hidrojen ve

oksijen ayrışımı olur. Bir yakıt hücresinde, birlikte su ve ısı üretmek için hidrojen ve oksijen molekülleri geri getirilir. Prensipinde bir akü hücresi gibi çalışır ancak aküden farklı olarak akmaz ve yeniden şarj edilmesine gerek yoktur. Mevcut jenerasyon yakıt hücrelerinin üretimi bir öncekinden altı yıl öncesine kadar sürer.

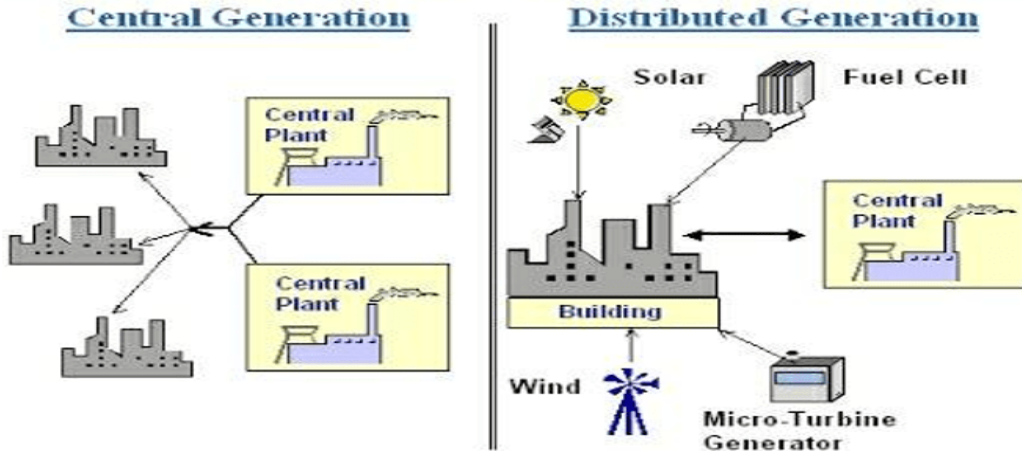
Yakıt hücreleri teknolojisinin ön plana çıkması için yaklaşık 130 yıl önce ABD tarafından çalışmalara başlanmıştır. Yakın zamanda ise ticari amaçlı güç üretimi gibi yeni teknolojilerle binalarda kullanılacaktır.

Yakıt hücrelerinin üretimi hala daha pahalı olsa da üretimi adına çalışmalar devam etmektedir. Yakıt hücrelerinin kullanımı binalar ve kamu hizmetleri için daha ekonomiktir. Ev ve ticari binaların güç sistemleri için yakıt hücrelerini kullanmak faydalı olabilir. Güç sistemlerinde bazı yakıt hücreleri tarafından üretilen ısının termal kojenerasyon için kullanılabilmesi hedeflenmektedir. Konutlarda ek güç sağlamak için bir jeneratör gibi elektrik şebekesine bağlanabilirler veya bir şebekeden bağımsız olarak kurulabilirler.

Sessiz çalışırlar. Gürültü kirliliğini, hava kirliliğini ve atık ısıyı azaltırlar. Bir yakıt hücresi binalar için sıcak su veya alan ısıtması sağlamak için kullanılabilir. Çoğu konut kullanımı için test edilen prototipler hidrojen veya propandan hidrojen gazı çıkarılarak yapılmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri yakıt hücresinin gelişimi konusunda olumlu çalışmalar yapmaktadır. Araştırma finansmanında cesur adımlar atmakta ve yakıt hücrelerinin geliştirilmesi için ulusal laboratuvarlar kurmaktadır.

Binalarda çeşitli alternatif enerji stratejileri ile enerji verimliliği artacaktır. Yeşil bina hareketi bu tür bir değişimi teşvik etmekte ve tasarımcılara yeni bina geliştirmede farklı teknolojiler sunmaktadır.



Şekil 2.21: Bina yakıt hücreleri enerji

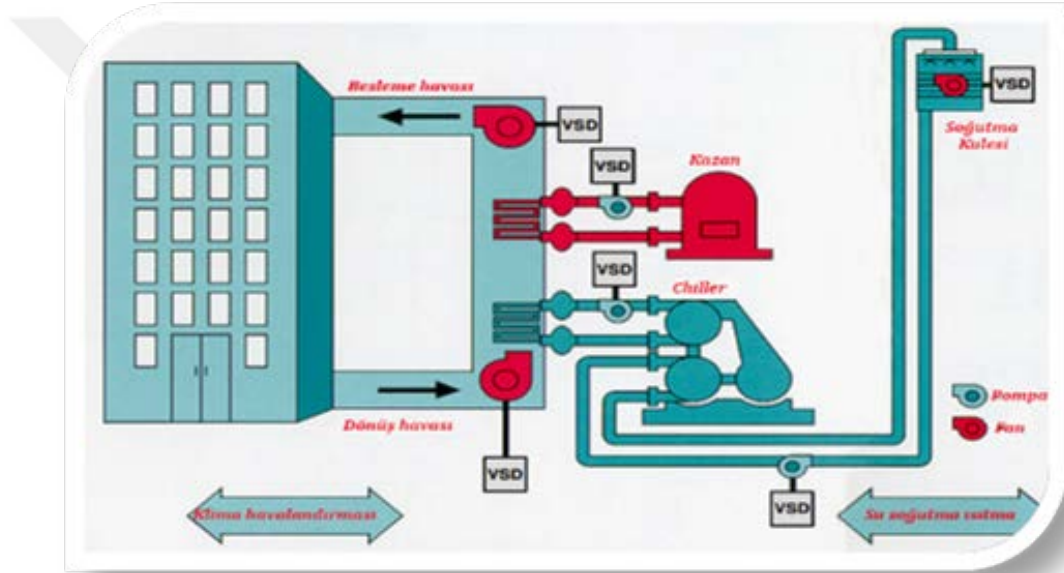
2.11 Yapı HVAC Sistemlerinin Verimliliği

Isıtma, iklimlendirme ve soğutma endüstrisinde etki (tesir) katsayısı (COP) ve yanma verimi gibi etkinlik ve verimi açıklayan birçok terim kullanılır. Bu terimlerin birçoğu eş anlamlıdır. Değişik HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemleri kıyaslandığı zaman bu terimlerin nasıl belirlendiğini ve ilişkisini anlamak çok önemlidir. Ülkemizde örneğin kazan veriminden söz ettiğimizde doğru bir kıyaslama yapabilmek için kazan veriminin hangi kural veya standarda göre hesaplandığını bilmemiz gerekir. Başka bir deyişle ekipman tarafından kullanılan enerjinin verimli olup olmadığına karar vermek ve performansını ölçmek amacıyla standartlar olmalıdır. Enerji fiyatlarının günden güne artması, tüketicinin bilinçlenmesi ve çıkarılan yasal yönetmelikler bizi enerjiyi daha verimli ve etkin bir biçimde kullanmaya zorlamaktadır. Bu çerçevede enerjinin ne denli verimli kullanıldığının belirlenmesinde verimlilik (veya etkinlik) ile ilgili kavramların ve bunların standart değerlerinin bilinmesi büyük önem taşır. Bilinçli müşteriler yeni bir araba satın alacağı zaman arabanın km başına (km/litre) kaç litre tükettiğini kontrol ederler. Benzin satın alacakları zaman oktan sayısına da bakarlar. Bir merkezi iklimlendirme sistemi satın aldıkları zaman ise Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı (MEVO veya SEER)ni gözden geçirirler. MEVO, otomobil endüstrisindeki (km/litre)nin karşılığı olup sistemin performansının bir göstergesidir. MEVO ne kadar yüksek ise cihaz o kadar fazla verimlidir ve cihaz ne kadar verimliyse işletme giderleri de o denli düşüktür. Bu bağlamda farklı model ve marka cihazların performansını kıyaslayabilmek için göz önüne alınan temel üç yol vardır .

Bunlar:

- Evin ısıtılması veya soğutulması için cihazın ne kadar enerji tükettiği; verim.
- Cihazın varlığının ne kadar hissedildiği; ses düzeyleri.
- Cihazın sağladığı his; konfor.

1992 yılında Amerika'da tüm ısıtma ve iklimlendirme ekipmanları için minimum verim (veya etkinlik) değerleri belirlenmiştir. Bu tarihten önce satın alınan ve montajı yapılan kazan, ısı pompası veya iklimlendirme sistemi gibi HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) ekipmanları Amerika'daki bugünkü standartlara kıyasla oldukça verimsiz olabilmektedir.



Şekil 2.22: Bina ısıtma ve soğutma havalandırma sistemi

HVAC sistemlerinin otomatik kontrolü hem enerji maliyetlerini minimize eder hem de daha konforlu ve yaşanabilir bir bina sunar. HVAC altyapılarının planlaması derin bir bilgi birikimi, uyumlu sistemlerin bir arada kullanılması ve doğru programlama ile desteklenmelidir.

Enerji tasarrufu denilince akla genellikle ilk gelen elektrik enerjisinin verimli kullanılmasıdır. Oysaki enerji sadece elektrik enerjisi olarak kullanılmamakta birçok farklı enerji türü olarak kullanılmaktadır. Özellikle sanayi kuruluşlarında enerji, karşımıza elektrik, basınç, termal vb. olarak çıkmaktadır. Gerçek ve

akıllı bir enerji tasarrufu için bu farklı enerji türlerini bir arada ölçümleyen ve analiz eden bir sistem varlığı gereklidir.

Sistematik enerji yönetimi, yeni bina yönetmeliklerinde binaların enerji sınıflandırması açısından ayrı bir önem arz etmektedir. Sistemlerdeki güç harcamalarının sürekli olarak ölçümleri ve bu ölçümlerin analizleri enerji yönetiminde önemli bir yer tutar. Enerji tasarrufu ancak hangi koşulda, nerede ve ne kadar enerji harcadığının bilinmesi ile optimize edilebilir.

2.12 Yapılarda Enerji Yönetimi Sistemi

Enerji verimliliğinin uygulama alanı; mağaza ve toptan eşya depolarından hastanelere, otellere, hapishanelere, mahkemelere, ofislere ve benzerlerine kadar çok geniş bir yelpazeyi içine almaktadır. Burada ele alınan ofis binaları ile merkezi ve yerel hükümet binaları ile ticari ve endüstriyel sektörlerdeki ofisler kastedilmektedir. Buradaki ofisler;

- a) Büyük Ofisler: Taban alanı 2000 m² 'den büyük olan iklimlendirilmiş ya da iklimlendirilmemiş.
- b) Küçük Ofisler: Taban alanı 2000 m² ve daha küçük olan iklimlendirilmiş veya iklimlendirilmemiş olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

2.13 Yapı Enerji Performansının Belirlenmesinin Sağladığı Yararlar

Bir binanın enerji performansının belirlenmesinin sağladığı yararlar aşağıda belirtilmiştir:

- Binadaki enerji tasarruf potansiyeli ile ilgili görüş bildirmek için standartlarla performansın kıyaslanmasını sağlar.
- Herhangi bir değişikliğin veya enerji tasarruf önlemlerinin etkisini belirlemek ve gelişmeyi gözlemek için daha önceki yıllardaki performansı kıyaslamayı mümkün kılar.
- Enerjinin nerede kullanıldığını ve atıldığını, tasarrufların nerede yapılması gerektiğini ortaya çıkarmada yardımcı olur. Bir binanın enerji performansının belirlenmesi için aşağıdakilerin bilinmesi gereklidir:

- Binanın yıllık enerji tüketimi: Bu bilgi yaygın olarak geçmiş yıllardaki faturalardan bulunabilir ancak bu bilginin bir yıldan oluşması ve “tahmini” olmaması büyük önem taşır. Ayrıca burada parasal değerler değil özellikle tüketilen “enerji birimleri” başka bir deyişle katı, sıvı ve gaz tüm yakıt değerleri ile elektrik göz önüne alınmalıdır.
- Yerin taban alanı: Bu alan dolaylı veya dolaysız olarak ısıtılan yapı kısımlarının taban alanı olmalıdır ve koridorlar, tuvaletler ile depolama yerleri göz önüne alınmalıdır. Dış duvarla çevrilen her katın toplam iç taban alanı alınmalı ama bodrum katları ve tavan boşlukları gibi kullanılmayan veya ısıtılmayan alanlar tamamen hesaba katılmamalıdır.
- Hacim ısıtması için kullanılan enerji: Sıcak suyu elde etmek için ayrı ısıtıcılar veya kazanlar kullanılmadığı ve bunlar tek tek ölçülemediği zaman bu hacim ısıtma enerjisinin belirlenmesi zorlaşır.
- Binanın bir yıl boyunca toplam kullanma saatleri: Bir yıldaki çalışma gün sayısı ile çalışanların (temizlikçi veya bakım personeli dışında kalanlar) normal ofis işini yürütmek için her gün çalıştığı toplam saatin çarpılmasıyla elde edilir. Çalışanların bir kısmının bazı işler için normal günden daha fazla bulunması durumunda ilave enerji tüketimi için bir tolerans ilave edilmelidir.

2.14 Yapılarda Normalleştirilmiş Performans Göstergesi (NPG) ve Hesaplanması

Farklı ofis binalarının tüketiminin kıyaslanmasında yakıt kullanımına etki eden bazı faktörlerin göz önünde bulundurulması büyük önem taşır. Bundan ötürü boyutları ve korunma şekilleri farklı olan yerlerin aynı bazda kıyaslanması amacıyla “Normalleştirilmiş Performans Göstergesi (NPG)” kullanılır. Kıyaslama standardının belirlenmesinde binanın taban alanı, yerel hava bilgisi ile binanın korunma şekli ve kullanım saatleri göz önüne alınır. Aşağıda NPG'nin hesaplama yöntemi verilmiştir.

- a) Enerji birimleri kWh'a dönüştürülür. Bir yıllık periyot boyunca her yakıt için faturalardan enerji tüketimi bulunur. (Çizelge 2.1)'de en fazla kullanılan yakıt tiplerinin kWh'e dönüştürülmesinde kullanılan faktörler verilmiştir.

Çizelge 2.1: Yakıtların kWh'e dönüştürmesinde kullanılan çarpım faktörleri

Yakıt Tipi	Kullanılan Birim	Isıl Değer	kWh'e Dönüştürmek için kullanılan Çarpım Faktörü
Dogalgaz	m ³	8250 kcal/ m ³	9,59
LPG	kg	11200 kcal/ kg	13,02
Fuel oil Kalorifer Yakıtı	kg	9700 kcal/ kg	11,28
Fuel oil No6	kg	9200 kcal/ kg	10,70
Motorin	kg	10200 kcal/ kg	11,86
Soma Kömürü	t	5500 kcal/ kg	6395
İthal Kömür	t	6000 kcal/ kg	6977

b) Hacim ısıtması için kullanılan enerji bulunur.

Hacim ısıtma enerjisinde ısıtmanın yapıldığı yerde tüketilen elektrik enerjisi hesaba katılmalıdır. Bunun belirlenmesi genellikle zordur. Hacim ısıtma ile sıcak su ihtiyacının her ikisinin merkezi tesisle karşılanması halinde bu tesiste tüketilen toplam yakıttan hacim ısıtması için kullanılan enerji miktarının hesaplanması gereklidir. Şayet hacim ısıtma enerjisi ayrı olarak ölçülemiyorsa aylık enerji tüketiminin gösterildiği histogram kullanılarak tahmini bir enerji tüketimi kabul edilir. Bu yöntem alternatif olarak aylık tüketimler mevcut olmadığı için histogram çizilemezse hacim ısıtma enerjisi kombine hacim ısıtma ve sıcak su yakıt tüketiminin % 75'i kabul edilir.

c) Hava düzeltme faktörü göz önüne alınarak hacim ısıtma enerjisi düzeltilir. Dış hava sıcaklığı azaldıkça bir binada daha fazla enerji kullanılır. Farklı yıllardan elde edilen veriyle uygun bir kıyaslama yapabilmek için bir düzeltme faktörü kullanılır. Bu faktör "Derece-Gün" bilgisinden bulunabilir. Derece-Gün; bir baz sıcaklık ile dış hava sıcaklığının 24 saatlik ortalaması arasındaki °C cinsinden farktır. (EIE Elektrik İşleri Etüt İdaresi, 1991). Baz sıcaklık Derece-Gün'ün en fazla kullanıldığı İngiltere'de 15,5°C olarak alınır. Ülkemizde ise binalarda iç hava sıcaklığının 18°C olması istenmiştir (Resmi Gazete, 1986). Kaloriferlerin veya diğer ısıtma sistemlerinin yakılması için 12°C'den daha az olma koşulu getirilmiştir. TÜBİTAK tarafından yapılan Derece-Gün çalışmalarında baz sıcaklık olarak 18°C esas alınmıştır. Buna göre dış hava

sıcaklığı 18°C'nin altına düştüğünde ısıtma yapılması gerekmektedir ancak yönetmelikler ise dış hava sıcaklığının 12°C'den az olması durumunda ısıtma yapılmasını öngörmektedir. Örnek olarak bir haftalık ortalama dış hava sıcaklığı 13°C ise bu; $(18 - 13) \times 7 = 35$ Derece-Gün demektir. "Hava Düzeltme Faktörü (HDF)"; standart bir yıldaki toplam Derece-Gün'ün enerji verisinin göz önüne alındığı yıldaki Derece-Gün'e bölünmesiyle hesaplanabilir. Standart yılda son 20 yılın ortalaması alınır ve içinde 2462 Derece-Gün vardır. $HDF = \text{Standard Derece-Gün (2462)} / \text{Enerji Verisinin Bulunduğu Yıl İçin Derece-Gün Hava düzeltme faktöründe yer alan her iki Derece-Gün çoğu durumda benzer oldukları için buradaki sonuç 1 değerine yaklaşacaktır. Şayet havayla ilgili veri elde edilemez ise HDF değeri 1 olarak kabul edilebilir. Ancak bu NPG'nin hesaplanmasında hassasiyetin azalmasına neden olacaktır.$

d) Binanın durumu göz önüne alınarak hacim ısıtma enerjisi düzeltilir. Bir binanın ısı kaybının bir kısmı pencere ve kapılardan olan hava sızması nedeniyle. Korunmamış binalarda aynı iç koşulları sağlamak için binada daha fazla enerji kullanılacağı doğaldır. Benzer olarak iyi korunmuş bir binada daha az enerji kullanılır. Bu amaçla bina durum faktörü göz önüne alınır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2: Bina durum faktörleri

Binanın Durumu	Durumun Açıklanması	Bina Durum Faktörü
Korunmuş	Bina, çevresindeki benzer yükseklikteki veya daha büyük binalarla çevrilmiştir. Bu, en fazla şehir merkez yerlerinde uygulanır.	1.1
Normal	Bina, şehir veya kırsal çevrede bulunmakta olup yer seviyesindedir tepelik yerler	1.0
Korumasız	Az olarak engellenmiş veya bitişik hiçbir engeli olmayan kıyı ve tepelik yerler	0.9

e) Hacim ısıtma enerjisi dışındaki enerji kullanımları göz önüne alınır.

Binada kullanılan tüm enerjiler daha önceden bulunan düzeltilmiş hacim enerjisine eklenir. Hacim ısıtma enerjisi dışında kalan enerji değerini normalleştirmeye gerek yoktur. Çünkü bu, hava ve binanın koruma şekline önemli derecede bağlı değildir.

f) Binanın kullanım saatleri faktörü bulunur.

Ofis binaları normalde iş amaçları için sürekli olarak kullanılmazlar ve kullanım saatleri bir ofisten diğerine göre farklılık gösterir. Bu güçlüğü gidermek amacıyla yıllık enerji tüketiminde kullanım saatlerinin göz önünde tutulduğu bir düzeltme yapılabilir. Bu düzeltme faktörü Derece-Gün düzeltmesine benzer şekilde (Çizelge 2.3)'teki referans değerlerin kullanılmasıyla hesaplanabilir.

Kullanım Saatleri Faktörü (KSF) = Standart Kullanım Saatleri/Binanın Kullanım Saatleri

Çizelge 2.3: Ofisler için yıllık standart kullanım saatleri

Ofisin Tipi	Kullanma Saatleri
2000m ² 'den büyük	2600
2000 m ² ' veya daha az	2400
Günde 24 saat kullanılan ofisler veya ofis kısımları	8760
Bilgi işlem merkezleri	8760

Binanın bir kısmı normalden daha fazla bir periyot için kullanılacaksa kullanım saatleri faktörüne bir ayarlama yapmak başka bir deyişle ilave kullanım saatleri toleransını göz önüne almak gereklidir. Bu ayarlama yöntemleri örnekle şöyle açıklanabilir. Bir ofis binasının yıllık toplam kullanma saatinin binanın %80'i için 3120 h ve %20'si için 8760 h olduğunu kabul edelim. Toplam enerji tüketimi bilinmekte olup burada normal ve ilave çalışma saatlerinin her ikisi için tüketim yer almaktadır. 3120 h çalıştırılan binanın %80'i için kullanım saati faktörü;

$$KSF = 2400 / 3120 = 0,77 \text{ dir.}$$

Geri kalan %20 için;

$$KSF = 2400 / 8760 = 0,27 \text{ dir.}$$

Tüm bina için; $KSF = 0,80 \times 0,77 + 0,20 \times 0,27 = 0,67$ olarak bulunur. Şayet ilave kullanım saati söz konusu olmasaydı tüm bina için $KSF = 0,77$ olarak bulunurdu.

g) Normalleştirilmiş performans göstergesi (NPG) hesaplanır. Normalleştirilmiş performans göstergesi; düzeltilmiş yıllık enerji tüketiminin taban alanına bölünmesiyle bulunur.

$NPG = \text{Düzeltilmiş Yıllık Enerji Tüketimi} / \text{Taban Alanı}$ NPG'nin bulunmasıyla standart koşullar altında binada tüketilen enerji miktarı belirlenir ve böylece benzer örnek binalar ile binanın performansının kıyaslanmasında kullanılabilir.

Çizelge 2.4: Ofisler için performans kıyaslama değerleri

Binanın Tipi	EVO İyi	EVO Orta	EVO Zayıf
<i>İklimlendirilmiş Ofisler</i>			
2000 m ² 'den büyük	250'den daha az	250-410	410'dan daha fazla
2000 m ² ve daha az	220'den daha az	220-310	310'dan daha fazla
Bilgi İşlem Merkezleri	340'tan daha az	340-480	480'den daha fazla
<i>Doğal Hav. Ofisler</i>			
2000 m ² 'den büyük	230'dan daha az	230-290	290'dan daha fazla
2000 m ² ve daha az	200'dan daha az	200-250	250'den daha fazla

2.15 NPG'nin Diğer Binalarla Kıyaslanması

Performans göstergesinin diğer binalarla kıyaslanmasında belirli performans kıyaslama değerleri alınır ve bu değerlerin seçimi kıyaslanmanın doğruluğu bakımından büyük önem taşır. Bu çerçevede (Çizelge 2.4)'te kıyaslama değerleri olarak örnek oluşturması bakımından İngiltere'deki değerler verilmiştir. Binanın enerji verim oranı (EVO) iyi, orta ve zayıf olmak üzere üç grupta değerlendirilmiştir. Burada ilgili standartların göz önüne alınarak ülkemiz koşullarına göre EVO'nun belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Aşağıda (Çizelge 2.4)'te kullanılan Enerji Verim Oranı (EVO) iyi, orta ve zayıfla neyin kastedildiği açıklanacaktır:

EVO İyi: Bu gruba giren binalarda genellikle iyi kontrol ve enerji yönetim prosedürleri vardır.

EVO Orta: Buradaki enerji tüketiminde orta düzeyde kontrol ve enerji yönetim prosedürlerinin uygulandığını gösterilmektedir.

EVO Zayıf: Enerji tüketimi gereksiz olarak yüksektir ve bunun düzeltilmesi için acil önlemler alınmalıdır.

2.16 Binalarda Enerji Verimliliği

Literatürde binaların enerji tüketiminin modellenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar söz konusudur. Bunlar arasında Brander (Baird vd., 1984), (Çizelge 2.5)'te gösterilen enerji sistemleri, enerji olmayan sistemler ve insan sistemleri olarak adlandırılan üç temel sistemi kullanmıştır. Enerji sistemleri; ısıtma, havalandırma veya aydınlatma gibi bazı yararlı hizmetlerin elde edilmesinde doğrudan enerjinin kullanıldığı sistemlerdir. Böyle sistemler genellikle işletme şeklini ayarlayan kontrol cihazları ile birlikte birkaç ekipmanı içerir ve normal olarak mühendislik modelleriyle ele alınır. Buna karşın enerji olmayan sistemlerde, doğrudan enerji kullanılmaz ama enerji sistemlerince tüketilen miktarı etkilenir. Bu sistemler bina zarfı karakteristikleri (örneğin; ısı direnci ve hava sızdırmazlığı), iç yüzeyler (konum ve yüzey yansımaları), kapılar, pencereler ve eşyalardır. Enerji ve enerji olmayan sistemlerin her ikisi insan sistemleriyle (çalışma saatleri, binada bulunanların davranışı, temizlik takvimleri, bakım ve termostat ayarları gibi) kontrol edilir. Bu üç sistemin davrandığı ve etkileşimde bulunduğu yollar bir binanın enerji performansını belirler.

1. Enerji Sistemleri Hacim Isıtması Mekanik Havalandırma Aydınlatma Ekipman Konut Sakinleri	2. Enerji Olmayan Sistemler Binanın bünyesi; kapılar, pencereler, duvarlar, döşemeler ve benzerleri	3. İnsan Sistemleri Çalışma zamanları Hacim kullanımı Konut sakinlerinin davranışları Bakım takvimi
4. Enerji Akışları Hava sızması Güneş enerjisi kazançları Isıl iletim	5. Dolaysız Enerji Kontrolleri Termostatlar Vanalar ve anahtarlar Zaman saatleri	6. Dolaylı Enerji Kontrolleri Pencerelerin açılması Perdelerin çekilmesi

Şekil 2.23: Enerji, enerji olmayan ve insan sistemlerinin etkileşimi

2.17 Yapılarda Enerji Yönetim Sistemi Kurulmasını Önemi

Ülkemiz binalarında özellikle de enerji tüketimi yüksek olan binalarda enerji yönetim sistemlerinin kurulması aşağıda belirtilen bazı nedenlerden ötürü kaçınılmazdır.

a) Ülkemizin binalarında tahmin edilen ortalama enerji yoğunluğu konutlarda 250 kWh/m² - yıl, ticari ve sosyal binalarda 400 kWh /m² -yıl olup gelişmiş ülkelerde belirlenen değerin 2-3 katı mertebelerindedir.

b) Özellikle kamu binalarında yakıt tüketimleri derece-gün bölgelerine göre aşağıda verilmiştir;

- 1. Bölge : 144 kWh /m²
- 2. Bölge : 251 kWh /m²
- 3. Bölge ; 262 kWh /m
- 4. Bölge : 353 kWh /m²

c) Bina sektöründe özellikle ısı olarak en az % 30 tasarruf potansiyeli söz konusudur.

d) Ülkemizdeki bazı binalarda (örneğin; bazı üniversite binalarında) yıllık enerji tüketimleri sanayide enerji verimliliği çalışmalarının yürütülmesinin ve böylece enerji yöneticilerinin gündeme geldiği 2000 TEP değerinin 3 ila 4 katı üzerindedir ancak buralarda herhangi bir enerji yönetim sistemi yoktur.

Binalarda enerji yönetimi dendiği zaman konfor, servis ve verimlilik standartları sağlanırken veya geliştirilirken enerji kullanımının ve enerji giderlerinin mümkün olduğunca düşük tutulması akla gelmelidir. Bu da ancak enerji verimliliğinden sorumlu olan bir kişinin (enerji yöneticisinin) varlığı ile mümkün olabilir. Bunun yanı sıra üst yönetimin kesin kararı ve desteği kaçınılmazdır. Bu bağlamda binalarda enerji yönetim sisteminin kurulması için çok farklı akış şemaları söz konusudur.



3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Değerli kaynaklarımızın en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak, su ve enerji ihtiyacımızı yeni sistemler kullanıp en aza indirmek ve yaşanabilir doğal ve çevreci ortamlar oluşturmak hem kendimiz hem de gelecek nesillerin refah ve sağlıklı olması için çok önemlidir. Enerji verimliliği enerji sektöründeki su kullanımını azaltmak için düşük maliyetli bir yoldur. Su verimliliğindeki iyileştirmeler su ve atık su tesislerinin enerji kullanımını azaltabilir. Tüketilen her damla suyu toparlamak elektrik gerektirmektedir. Benzer şekilde her elektrikle çalışan aleti soğutmak için de su gerekmektedir.

Bu prensipleri birleştirmek için verimli binalar veya yeşil binalar yapmak gerekmektedir. Bu tez çalışmasında yeşil bina ve inşaat işindeki rolünü araştırma çalışmaları yapılmıştır. Nasıl olduğunu göstermek, binaların inşa şeklini etkilemek, iç ve dış çevre ile bizler için fark yaratmak ve hedefe ulaşmak için pratik yöntemler sağlamak gerekmektedir. Ortak su ve enerji sağlayıcısı tarafından yürütülen programlarda bir dizi potansiyel fayda vardır.

Sunulan çalışmada yeni yapılarda enerji ve su tasarrufu irdelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Ortak su ve elektrik programları verimlilik önlemlerinin daha etkin bir şekilde yapılmasına yardımcı olmaktadır.
- Su ve enerji tesislerinin farklı üreticiler ve perakendeciler ile ilişkileri vardır. Programların ve teknolojinin pazara girişini arttırmak için kullanılabilir.
- Enerji ve su hizmetlerini bir araya getirmek, tasarruf fırsatlarının sağlanmasına yardımcı olacaktır.
- İkili su ve enerji denetimleri, indirim programları ile eğitim ve sosyal yardımların oluşturulması için yapılan çabalar kamu hizmetlerinin kapıları çalma sayısını azaltacaktır.

- Ortak programlar ile gelişmiş izleme,ölçme ve değerlendirme yapılarak enerji tasarrufuna yapılacak katkılar belirlenmektedir.
- Enerji ve su tasarrufu yeni yapılarda konaklayan insanların maddi ihtiyaçlarında büyük bir tasarruf sağlayacaktır.
- Yeni yapılardaki bu yapılaşma birçok çevresel soruna da çözüm olacaktır.
- Kamu hizmet binalarında enerji ve su tasarrufu ciddi bir ekonomik israfı önleyecektir.

Yeşil bina, bugün yapı endüstrisinde yükselen bir güçtür. Yeşil binaların gelişimi sahiplerin, hükümet organlarının ve kuruluşların destek ve istekliliğine bağlıdır. Bu gelişimin teşvik edilmesi enerji ve su tasarrufuna büyük katkı sağlayacaktır. Yeni yapılardaki enerji ve su tasarrufunun sadece genel bir fikir birliği ile değil bununla birlikte güçlü bir ilgi ile de büyümekte olduğu görülmektedir.

Kamu kurumları ortak programlardan faydalanacaktır. Su ve enerji tasarruf programları ile hedefleri genişletmeye ya da gelişmeye yapılan katkılar bu tezde değerlendirilmiştir. Tüm sektörler su ve enerji hizmetlerinin tasarımı ve yönetilmesi için fayda sağlamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Ghisi, E. (2017). Water savings in buildings Department of Civil Engineering, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil.
- [2] Yöntem, S. T. (2016). *Çevre dostu binalarda enerji verimliliği örnek uygulamalar*, (Binalarda enerji verimliliğini artırılması için teknik yardım projesi). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [3] Cook, J. (2011). Residential water conservation, Master of Science in Architecture The Faculty of California Polytechnic State University, California, ABD.
- [4] Elsadig, A. K. (2005). Energy Efficiency in Commercial Buildings, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, England.
- [5] Santamouris, M. (1999). *Energy and Buildings*, University of Athens, Athens, Greece
- [6] Chwieduk, D. (2014). Solar Energy in Buildings, Thermal Balance for Efficient Heating and Cooling
- [7] TMMOB (2016). Enerji Verimliliği ve Tasarrufu Kılavuzu, Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [8] Jadhav N.Y. (2016). Green and Smart Buildings, Nanyang Technological University Singapore.

İnternet Kaynakları

- [9] < <https://www.buildings.com/>>, erişim tarihi 15.04.2018.
- [10] < <http://www.ebso.org.tr/tr/duyurular/sektorel-haberler/4715-binalarda-aydinlatma-ve-enerji-verimliliği>>, erişim tarihi 19.04.2018.
- [11] <<http://www.eurekaselect.com/153133/chapter/prefac>>, erişim tarihi 15.05.2018.
- [12] < <http://www.greenbuildingenergysavings.com/>>, erişim tarihi 15.05.2018.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI SOYADI : İbrahim CAN
DOĞUM YERİ VE TARİHİ : Rize – 10.02.1991
MEDENİ HALİ : Bekar
ADRES (EV) : Fatih Mahallesi 1826.Sokak No:8 Kat:2
Bağcılar / İSTANBUL
E-MAIL : 29cannibrahimm@gmail.com

EĞİTİM DURUMU

2016 – 2018 Yüksek Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü İnşaat Mühendisliği
Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Bölümü (Tezli)
2010 – 2014 Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
2005 – 2009 Lise : Akşemsettin Anadolu Lisesi
1998 – 2005 İlköğretim : Malazgirt İlköğretim Okulu

