



FAZ DEĞİŞTİREN MADDELER İLE BİNA UYGULAMARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İSTATİSTİKSEL MODELLEME İLE TAHMİN EDİLMESİ

- Yrd.Doç.Dr.YELİZ KONUKLU
- Niğde Üniversitesi

- Prof. Dr. HALİME Ö. PAKSOY
- Çukurova Üniversitesi

- **III.Enerji Verimliliği
Kongresi**
- **Nisan 2011-Gebze**





Enerji Tüketimi

- Enerji tüketimi hızla artmaktadır
 - Artan nüfus,
 - Hızlı kentleşme,
 - Endüstriyel ve teknolojik alandaki yenilikler
- Ülkemizde enerjinin % 35 - 40 'ı binalarda tüketilmektedir.
- Binalarda tüketilen enerjinin % 85 'inin ısıtmada kullanılması, ısı yalıtımının önemini arttırmaktadır [1].



[1] Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Ve Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 2003

Neden Isı Yalıtımı?

- Kışın soğuktan yazın ise sıcaktan korunma,
- Yaşam standartlarını arttırma,
- Enerji tasarrufu sağlama,
- Soğutma için kullanılan elektrik tüketimini azaltma,
 - Elektriğe aşırı yüklenmeyi engelleyebilme,
- Isınma amaçlı fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonları azaltma,
 - Hava kirliliğini önleme





Bina yalıtımı amaçlı TED sistemlerinin kullanılması ile;

- Kloroflorokarbonlara (CFC) gereksinim duymadan ısıtma-soğutma yapılabilmekte,
- Yerli ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanabilmekte,
- Enerji güvenirliliği ve sürekliliği sağlanabilmekte,
- Ayrıca artan enerji sorununa ekonomik bir çözüm getirilmektedir.



Isı depolama; İki çeşittir

- **Faz geçişi ile Gizli ısı**

Erime/donma sırasında

Buz-Su: $\Delta H = 333$
kJ/kg

0°C'de 333 kJ/kg

- **Sıcaklık değişimi ile Duyulur ısı**

"Isı kapasitesi su için"

$c_p \approx 4.2$ kJ/kg · K

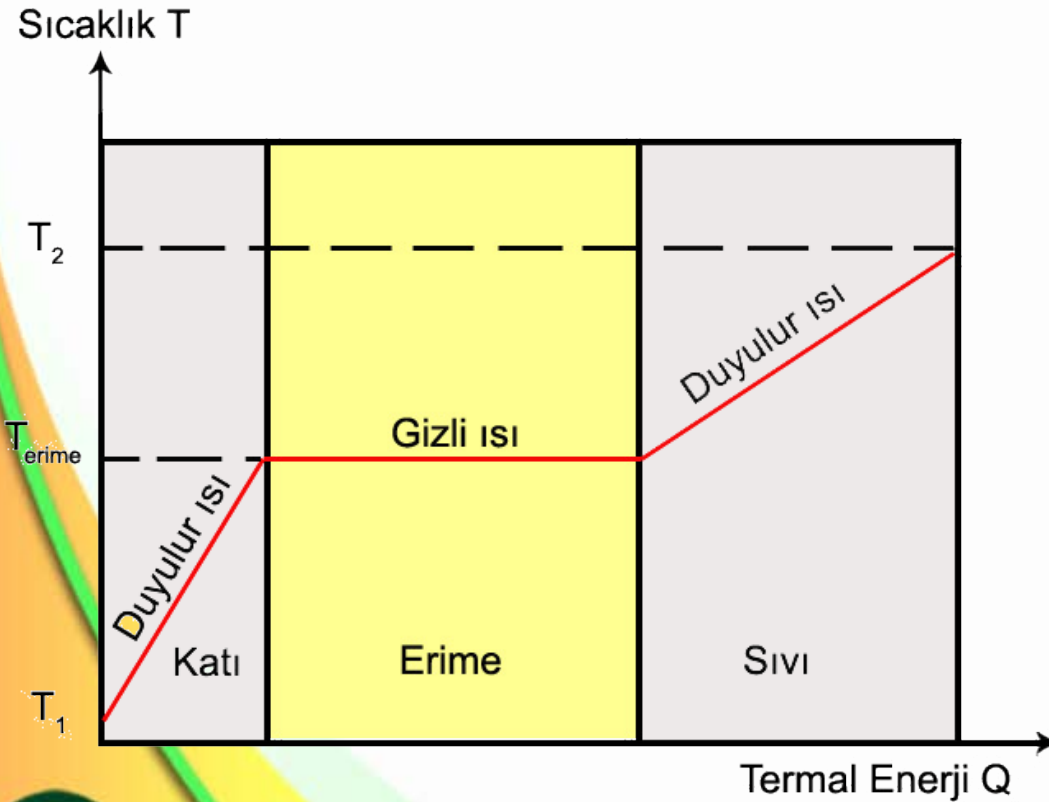
1°C → 80

332 kJ/kg





Faz Değiştiren Maddeler (FDM,PCM, Phase Change Material)



- Termal enerjiyi gizli ısı şeklinde depolayan maddelerdir.
- Uygun sıcaklıkta depolama materyalinin izotermal olarak faz değiştirmesi ile ortaya çıkan gizli ısı depolanabilir.
- FDM'ler hem ısıtma hem de soğutma sistemlerinde uygulanabilir.

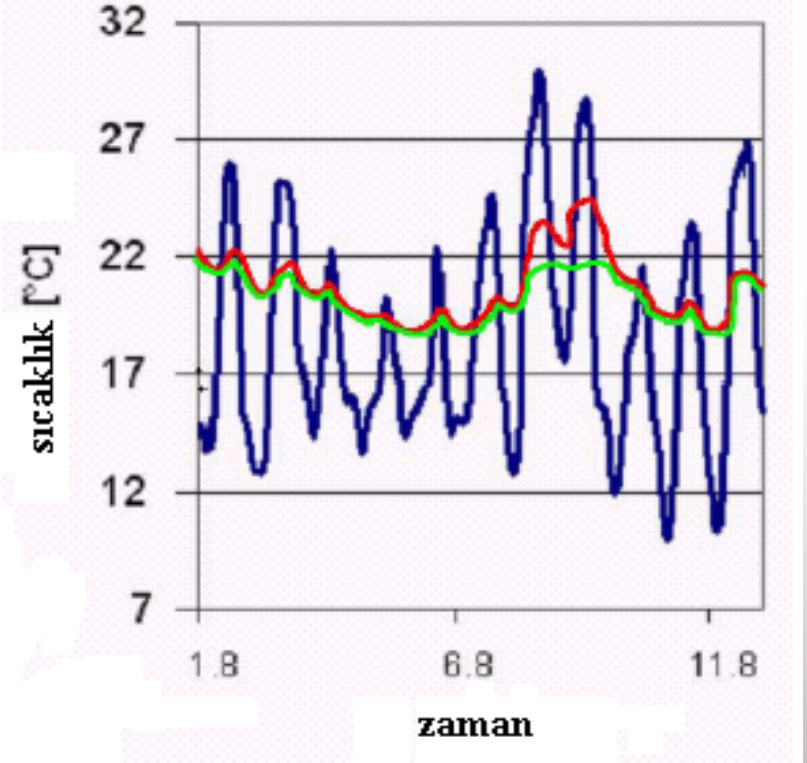
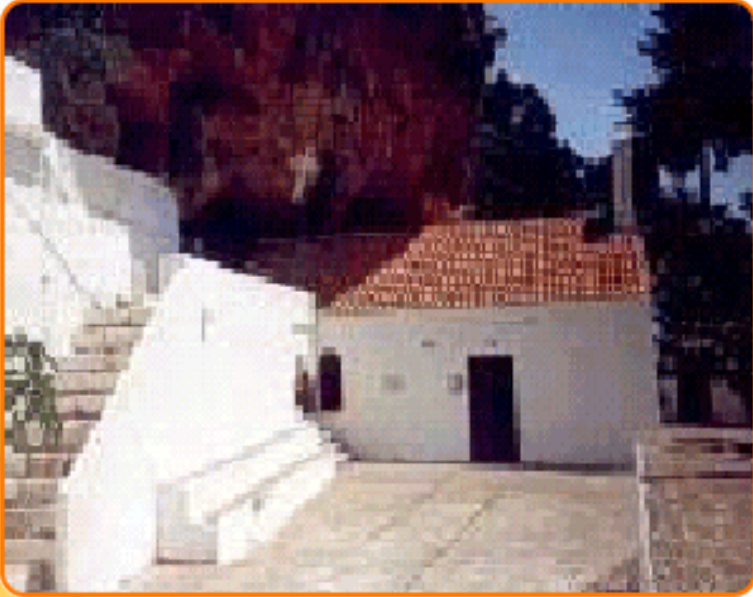




Binalarda neden FDM kullanılmalıdır?

Geçmişte

Kullanılan evlerin kalın duvarları ısı iletimini azaltıyordu



Kalın duvarların ısı iletimini azaltması ile gece ve gündüz arasında sıcaklık değişimi fazla iken evin içerisindeki sıcaklıklarda çok büyük farklar gözlenmemektedir.





Bina uygulamaları için FDM belirleme

- **FDM'ler incelendiğinde bina uygulamaları için uygun e.n'na sahip FDM'lerin;**
 - yağ asitleri ve karışımlarının
 - Tuz hidratları
 - Parafin
 - **Fakat yağ asitlerinin bina duvarlarından akabilme,**
 - **Tuz hidratlarında yaşanan çekirdeşleştirici sorunu ve sıcak hava ile birlikte nemlenme özelliği ayrıca suda çözünebilir olmaları**
- nedeni ile bina uygulamalarında kullanım kolaylığı mevcut değildir.**





Bina uygulamaları için FDM belirleme

- **Parafinler yağ asitleri ve tuz hidratları ile karşılaştırıldıklarında bina uygulamalarına daha uygun oldukları görülmektedir.**
 - **Fakat parafinlerin katı bir kütle şeklinde bulunmaları geniş bir yüzey alanına yerleştirilmesi sorun yaşatabilir.**
- **Bu amaçla mikrokapsülenmiş veya makrokapsülenmiş FDM'ler kullanım kolaylığı sağlar.**





Mikrokapsülleme

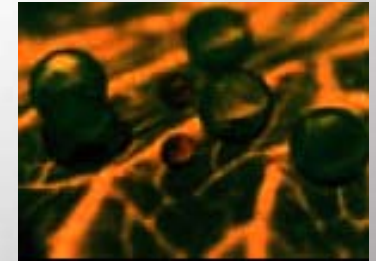
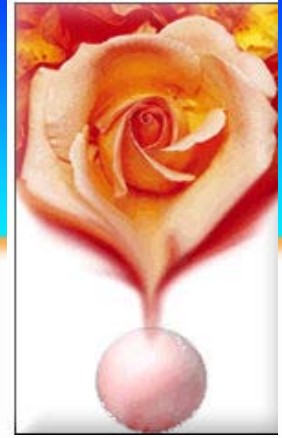
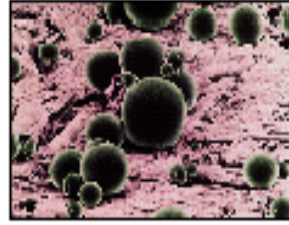
- Mikrokapsülleme işlemi aktif maddelerin mikroskobik kapsüller içerisinde paketlenmesidir.
- Daha kapsamlı bir tanım ile mikrokapsülleme, bir maddenin küçük kısımlarının çevresinin doğal veya sentetik polimerlerle veya sıvı yüzey yapıcı membranlarla sarılması işlemidir .
- Kapsül boyutu kapsül hazırlanışı sırasındaki kullanılan materyal ve yöntemine göre $1\mu\text{m}$ 'den 1mm 'ye ($=1000\text{mm}$) kadar değişiklik gösterir.





Mikrokapsüllerin kullanıldığı uygulama alanları

- Gıda sanayi
- Tekstil
- Farmokoloji
- Kozmetik
- Tarımsal ürünler
- fotoğraf malzemeleri,
- boya malzemeleri,
- temizlik maddeleri,
- Kopya kağıdı
- Bina ısıtma soğutma uygulamalarında (FDM)



(Tomlin and Heberle, 1990).

- Oak Ridge National Laboratory tarafından yapılan bir çalışmada geleneksel yapıdaki duvarlar içerisinde %10, %20, %30 oranlarında FDM'ler yerleştirilerek özellikleri incelenmiştir

Yapı malzemesi	Yoğunluk [kg/m ³]	Özgül ısı [kJ/kg K]	İletkenlik W/m K	Gizli ısı [kJ/kg]
Geleneksel	696	1089	0,173	0
%10 PCM	720	1215	0,187	19,3
%16 PCM	760	1299	0,192	31,0
%20 PCM	800	1341	0,204	38,9
%30 PCM	998	1467	0,232	58,3





ZHANG Y.P, LIN K.P., YANG R., DI H.F., JIANG Y., 2006. Preparation, thermal performance and application of shape stabilized PCM in energy efficient buildings, energy and buildings 38, s1262-1269.

- **Erime noktası 20.3°C olan bir parafinin gizli ısı kapasitesi DSC ile belirlenip daha sonra bu parafine;**
 - **Çeşitli katkı maddeleri ekleyerek, eklenen katkı maddelerinin ergime ısısına ve gizli ısı kapasitesine etkileri incelenmiştir.**

- **Yapılan uygulamalarda bina uygulamaları için en uygun FDM karışımının**
 - **erime noktası iç ortam sıcaklığına yakın düzeyde olanlar**





Dünyadaki Mevcut Uygulamalar

FDM-sıva —————> **Maxit (VP-ML)**

2000 yılından itibaren 5 adet ofis binası üzerinde deneme çalışmaları devam etmektedir.

FDM-alçıplaka —————> **Knauf (LP-PCM)**

İçerisinde %30 mikrokapsüllenmiş parafin içeren 2 adet deneme odası üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar.





FDM'in İç Duvar Üzerine Kullanılması (Maxit)

- Offenburg, Badenova.
- 1,200 m² iç duvar üzerine yerleştirilmiştir.



FDM'in tavanda kullanımı

(Dörken Delta®-Cool-System)



- Tuz hidratları
 - Maksimum sıcaklık 28°C
- Yeni bir karışım
 - Maksimum sıcaklık 25°C





FDM'in duvarlarda ince borular içerisinde kullanımı

- Ocak, 2004
- Berlin, GotzkowskystraÙe
- İçerisinde PCM bulunan kılcal borular 1.100 m^2 siva içerisine yerleştirilmiştir.

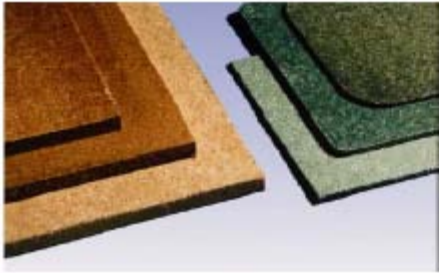




FDM ile zemin ısıtma yöntemi

FRÄNKISCHE ROHRWERKE, Rubitherm

- Konvansiyonel ısıtma sistemleri ile karşılaştırıldığında enerji tüketiminde %35 azalma





ÖZONUR Y., MAZMAN M., PAKSOY H.Ö., 2003. Termal enerji depolaması için parafinin mikrokapsüllemesi, Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul, Türkiye.

- Termal enerji depolama için kompleks koaservasyon yöntemleri ile parafinin mikrokapsülleri hazırlanmıştır.
- Kapsül boyutunu etkileyici parametrelerin,
 - karıştırma hızı,
 - süresi ve
 - dış duvar materyallerinin sıcaklığı olduğu gözlemlenmiştir.



Fotoğraf: Süleyman KONUKLU



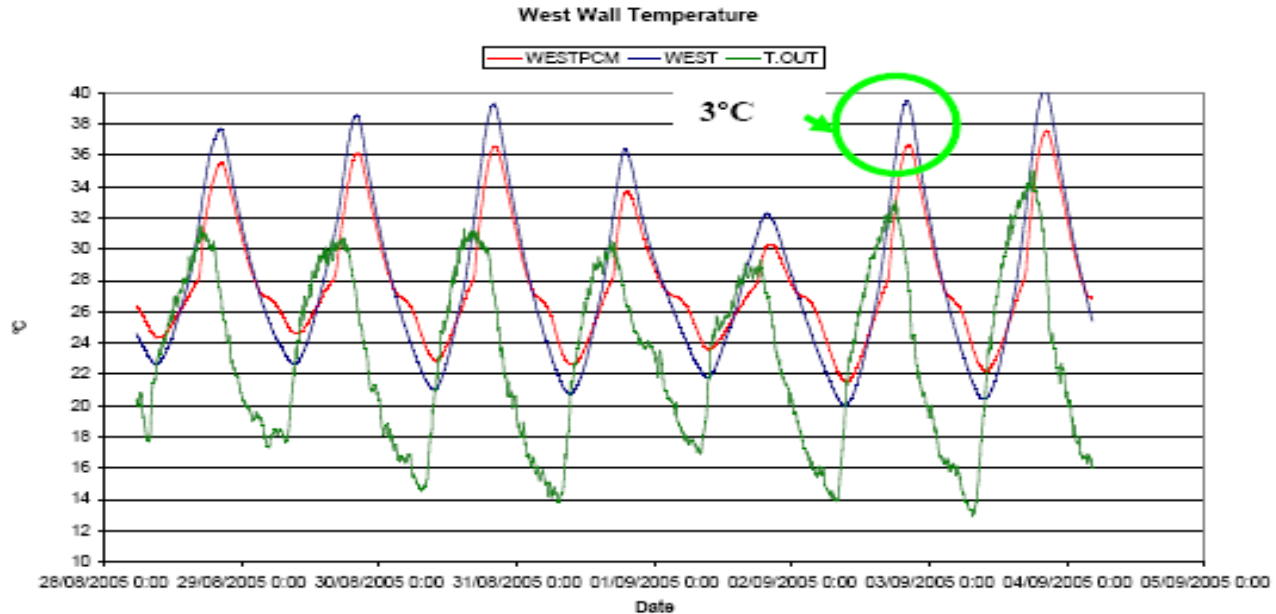
Fotoğraf: Süleyman KONUKLU





CASTELLON C., NOGUES M., ROCA J., MEDRANO M., CABEZA L. F., 2005. Microencapsulated Phase Change Materials (Pcm) For Building Applications, <http://intraweb.stockton.edu>.

- Erime noktası 26°C olan mikrokapsüllenmiş FDM kullanılmıştır.
- Kullanılan FDM yapı malzemesinin beton hazırlama sürecinde beton içerisine karıştırılmıştır.
- Dış ortam sıcaklığının maksimum 32°C olan dönemde
 - FDM'siz iç ortam sıcaklığı 39°C
 - FDM'li iç ortam sıcaklığı ise maksimum 36°C 'ye ulaşmıştır



KONUKLU Y., PAKSOY H.Ö, "Phase Change Material Sandwich Panels for Managing Solar Gain in Buildings", Journal of Solar Energy Eng., 2009, Volume 131, Issue 4



- Adana'da Çukurova Üniversitesi Kampüsünde bulunan 4 m²'lik bir pilot test kabininin soğutma yükünü azaltmak için mikrokapsüllenmiş FDM'de termal enerji depolama uygulaması yapılmıştır.
- Termal Enerji depolama amaçlı olarak İki farklı FDM (Micronal 5001 – Erime Noktası: 26°C ve Gizli Isısı: 110 kJ/kg ve Micronal 5008 - Erime Noktası: 23 °C ve Gizli Isısı: 110 kJ/kg) kullanılmıştır.
- Alüminyum folyo ile dikdörtgen şeklinde (0,35X0,30 m²) ve 0,05m kalınlığında FDM'lerin makro-paketleri hazırlanmıştır.
- Kullanılan FDM'lerin toplam miktarı 3,5 kg'dır. Yazın (Temmuz 2007) kabin içinde sıcaklık dağılımları FDM'siz ve yalıtımsız ve FDM'li durumlar için ölçülmüştür.
- ASHRAE metoduyla hesaplanan kabinin soğutma ihtiyacı 2391 W'tır
- Yazın, gün boyunca kabin içindeki ortalama sıcaklık azalması sadece FDM'li olduğunda 2,5 °C'dir.
- Bu sıcaklık düşüşünün soğutma yükünü yaklaşık %7 azalttığı belirlenmiştir..





KONUKLU Y., PAKSOY H.Ö, "Phase Change Material Sandwich Panels for Managing Solar Gain in Buildings", Journal of Solar Energy Eng., 2009, Volume 131, Issue 4

- Yılda 1440 saat soğutma için (Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında 16saat/gün) 4 m² lik test kabiniinde, FDM kullanıldığında soğutmada yıllık enerji tasarrufu 186 kWh/yıl olarak belirlenmiştir
- 1890 saat ısıtma için ise, (Aralık, Ocak ve Şubat aylarında 21 saat/gün) sandviç panellerle sağlanabilecek yıllık enerji tasarrufu 292 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır





Bu Çalışmada;

- Bu çalışmada faz değiştiren maddelerin Adana ili test odası sonuçlarının farklı yerlerde uygulama yapılmasına gerek kalmadan kullanılabilmesi amacıyla Design Expert programı ile geliştirilen istatistiksel model sunulmaktadır.



Materyal

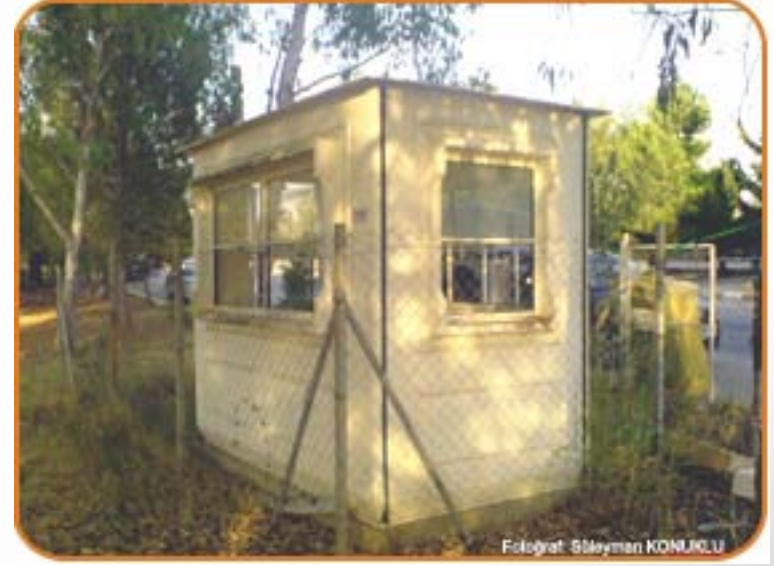
- Mikrokapsüllenmiş faz değiştiren maddeler, Adana ilindeki bir test odasının ısıtma soğutma yükünü azaltmak amacı ile denenmiştir.
- Design Expert 7.1 paket programı kullanarak istatistiksel modelleme çalışmaları hazırlanmiştir.



Prefabrik Test Kulübesi



- Mikrokapsüllenmiş FDM'lerin ve yalıtım malzemelerinin yalıtıma katkısını inceleme amacı ile prefabrik test kulübesi kullanılmıştır.
- Deneyler sırasında kullanılan test kulübesi 4 cephesi açık olan Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi arka bahçesinde bulunmaktadır.



Isı iletim Katsayısı	0,53 Kcal/m² h⁰C
	0,615 W/m²K
	0,615 W/m² °C



Design Expert 7.1



- Design Expert deneysel yolla elde edilen verilerin yorumlanması ve istatistiksel modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır.
- Deney analizi sırasında lineer, faktöriyel ve quadratik olmak üzere 3 farklı modelden yararlanılmaktadır.
 - Lineer model $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \varepsilon$
(9)
 - Faktöriyel model $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_{12}X_1X_2 + \varepsilon$
(10)
 - Quadratik model $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \varepsilon$
- Bu çalışma sırasında program içerisindeki faktöriyel tasarım (general factorial design) modeli kullanılmıştır.



Metod

- Design Expert yardımı ile iç sıcaklığı etkileyen parametrelerin ilişkileri analiz edilip sonuçlar etkileşim derecesine göre formülize edilmiştir. Elde edilen formül içerisine parametreler yerleştirilip simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma sırasında iç sıcaklığı etkileyen parametre olarak;
- Ölçüm alınan saat
- Dış ortam sıcaklığı
- Güneş ışınımı
- FDM miktarı
- seçilmiştir.



Metod

- Tasarım çalışmasına başlamadan önce parametrelerin özellikleri incelenip alt ve üst sınırları belirlenmiştir.
- Güneş ışınımı değerleri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt idaresi Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.
- Bir sonraki aşama replikasyon sayısının belirlenmesi olmuştur. Replikasyon sayısı ölçümlerin ne kadar süre ile test edildiğine ve kaç noktada ölçüm alındığını bildirir. Bu çalışmadaki replikasyon sayısı: 1440'dır.
- 120 saat boyunca 5 dk'da bir ölçüm alınmıştır. Replikasyon sayısının belirlenmesinin ardından istatistiksel model için tasarım matrisleri oluşturulmuştur. Tasarım matrislerin oluşturulmasından sonra matris verileri grafik üzerinde özetlenmektedir(Şekil 1).



Tasarım için oluşturulan matris verilerinin grafik üzerindeki gösterimi



Design-Expert® Software

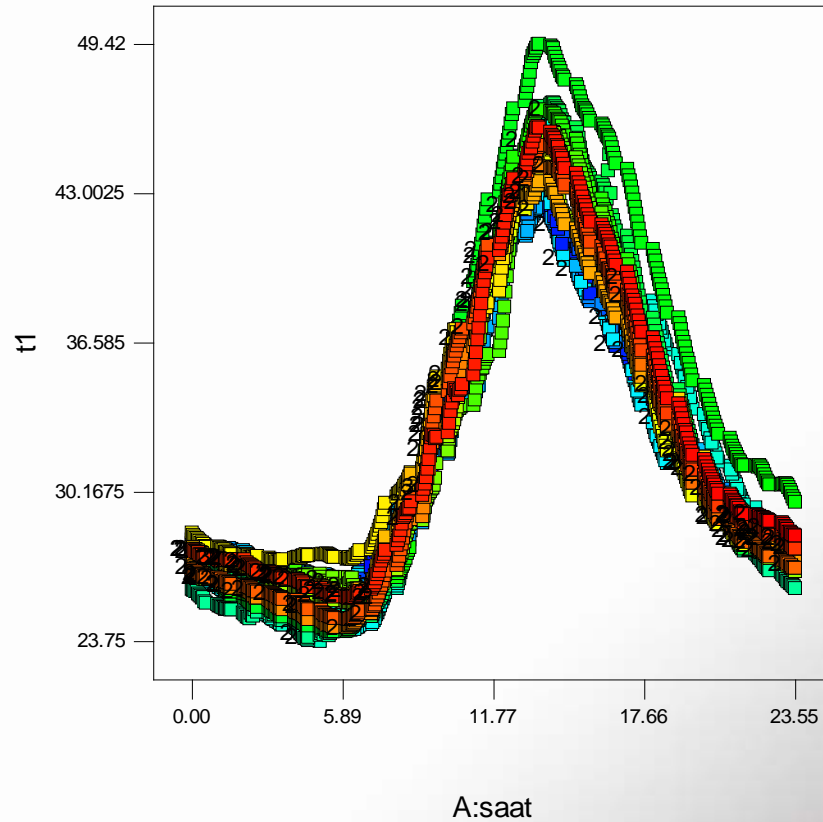
Correlation: 0.388

Color points by

Run

5760

1





Model

- Tasarım için oluşturulan matris ve grafiklerin incelenmesinden sonra model seçimi yapılır,
- Design Expert içerisinde tasarım matrisleri yerleştirildikten sonra ki-kare testleri yapılmıştır.
- Burada parametrelerin iç sıcaklığı hangi oranda etkilediğine dair sonuçlar hesaplanmıştır.
- Ki-kare sonucunun büyük olması parametrenin model üzerindeki etkisinin fazla olmasındadır.
- Seçilen parametrelerin ve modelin uygunluğu ANOVA test sonuçlarına göre kontrol edilir. Model için hesaplanan regresyon katsayısı $R^2 = 0,9647$ 'dir ve gerçek değerler ile modelden elde edilen değerlerin uygunluğunu göstermektedir



Kikare değeri'nin yüzdelik dağılımı 0,1'den büyük olan

- **A**; saat
- **B**; tdis
- **C**; güneş ışınımı
- **D**; PCM
- **E**; ES
- **AB**; Saat*tdis
- **AC**; Saat*güneş ışınımı
- **AD**; Saat*pcm
- **BC**; Tdis*güneş ışınımı
- **BD**; Tdis*PCM
- **ABD**; Saat*tdis*pcm
- değişkenlerinin modele eklenmesine karar verilmiştir.



Simülasyon çalışmaları sırasında, iç sıcaklığı etkileyen parametreler önem sırasına göre;



- $t_{dış}$,
- $t_{dış} * FDM$,
- $saat * güneş \text{ ışınımı}$,
- $güneş \text{ ışınımı}$,
- $saat$,
- FDM ,
- $saat * t_{dış} * FDM$,
- $t_{dış} * güneş \text{ ışınımı}$, $saat * t_{dış}$ ve $saat * FDM$ etkileşimi şeklindedir.





Simülasyon sonucunda elde edilen istatistiksel faktöriyel model;

Tiç ortam = $24,1353924 - 1,674633956 * \text{saat}$
 $+ 0,060557448 * \text{tdıs} - 0,01600323 * \text{güneş ışınımı} -$
 $1,216469438 * \text{FDM} - 0,000942169 * \text{ES}$
 $+ 0,066288153 * \text{saat} * \text{tdıs}$
 $+ 0,001060269 * \text{saat} * \text{güneş ışınımı}$
 $+ 0,456040658 * \text{saat} * \text{FDM}$
 $+ 0,000322405 * \text{tdıs} * \text{güneş ışınımı}$
 $+ 0,065184491 * \text{tdıs} * \text{FDM}$
 $- 0,017638493 * \text{saat} * \text{tdıs} * \text{FDM}$



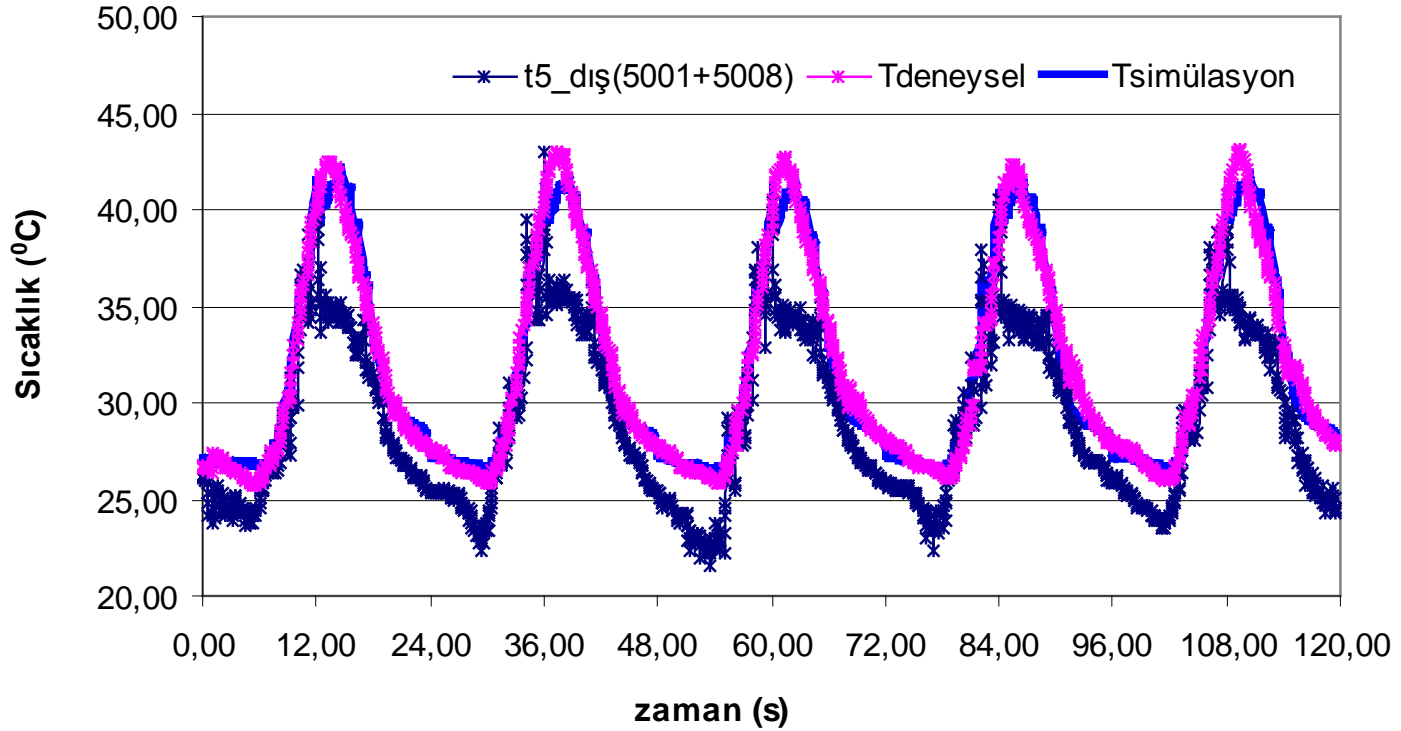
Model Uygunluğu

- Elde edilen faktöriyel eşitlik yardımı ile tahmin grafikleri oluşturulmuş ve elde edilen grafikler tüm çalışma sonuçları ile karşılaştırılmış olup, modelin uygun olduğuna karar verilmiştir.
- Elde edilen faktöriyel eşitliğin uygunluğu, boş kulübenin, Micronal FDM 5001 ve 5008'in yalnız ve ikisinin beraber kulübeye eklenmesi ile elde edilen iç sıcaklıklar üzerinde denenmiştir.

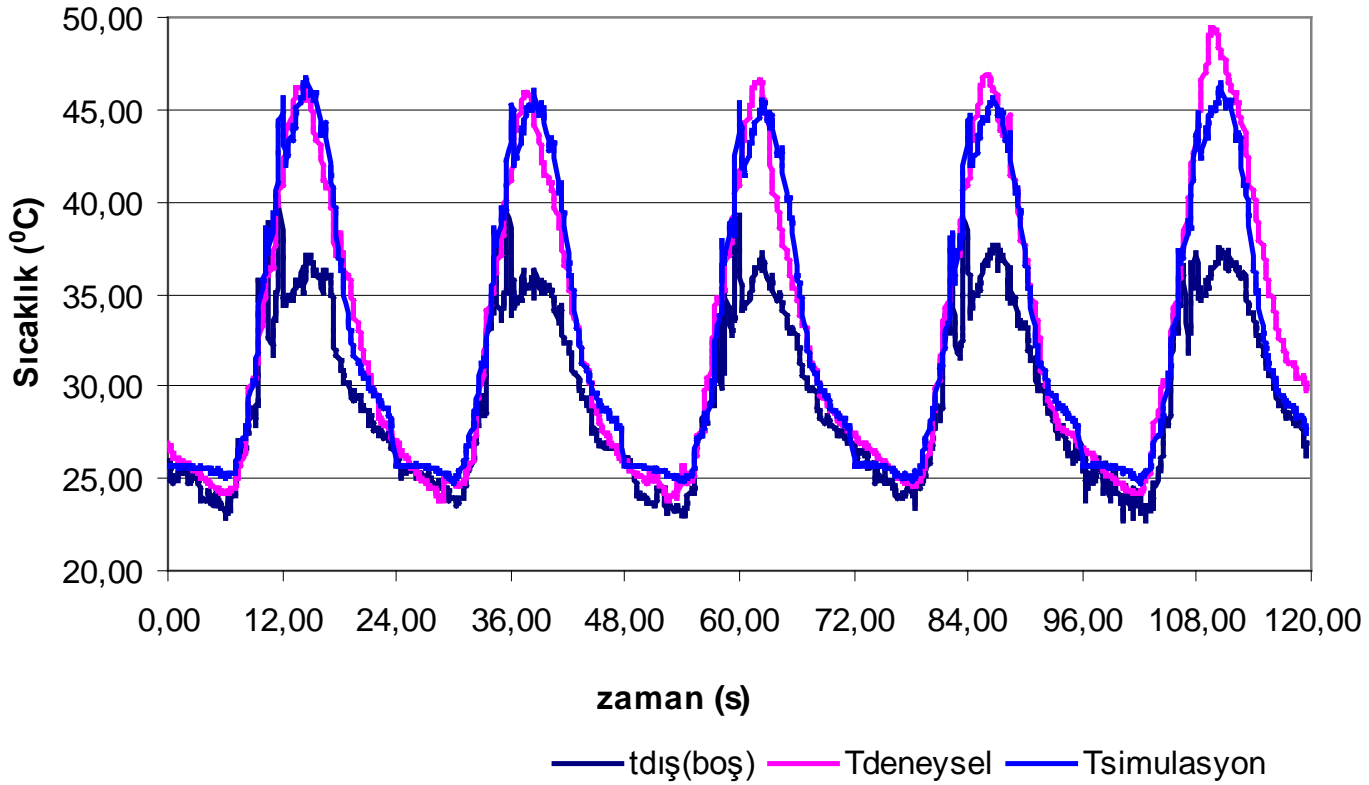




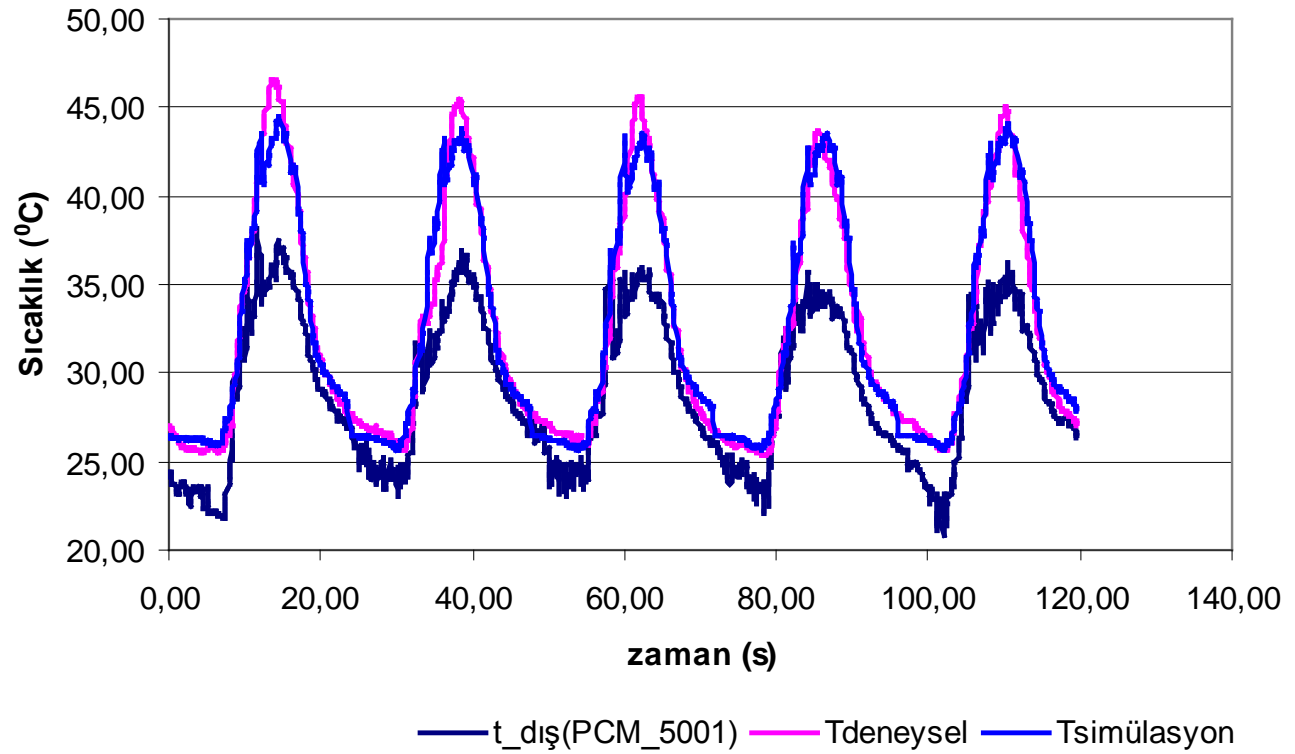
Kulübe içerisinde 5001 ve 5008'in eklenmesi ile simülasyon verilerinin deneysel değerlerle karşılaştırılması



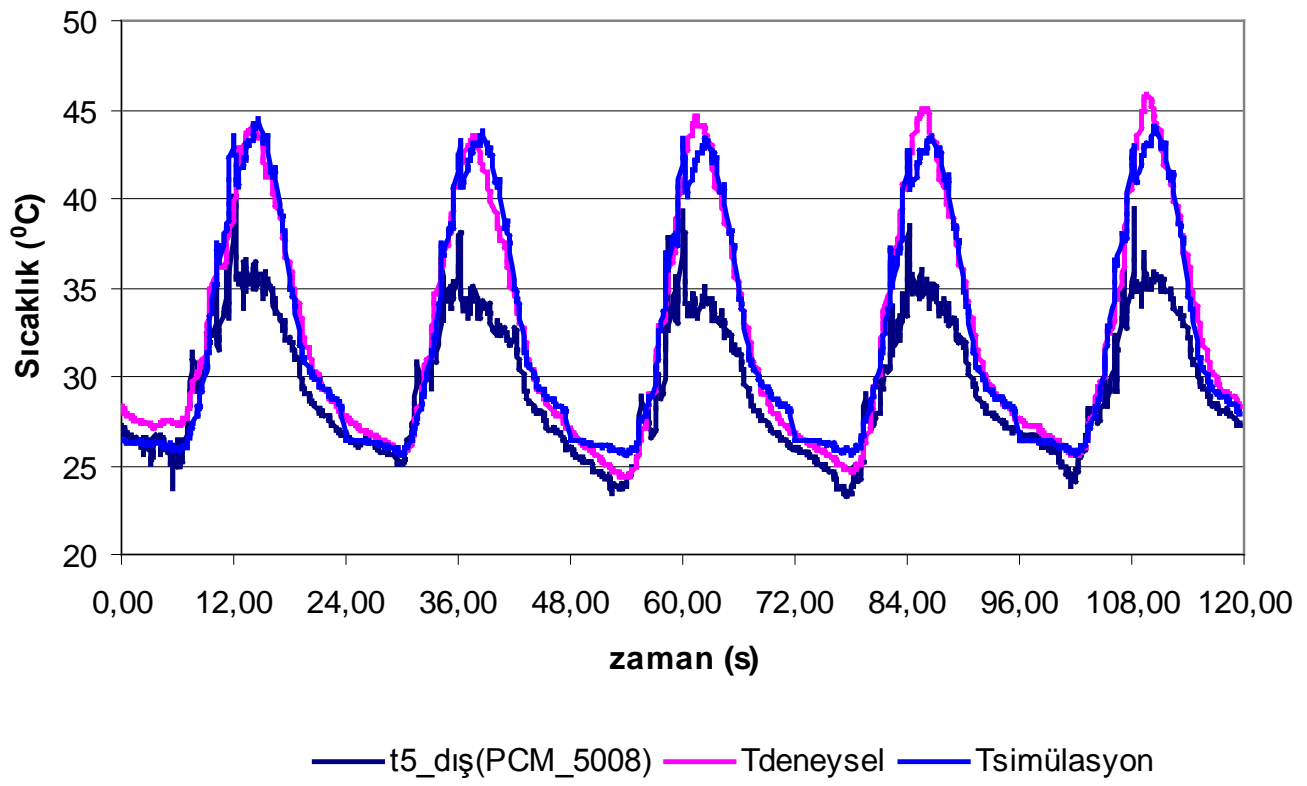
Boş kulübe sıcaklığı ile simülasyon verilerinin karşılaştırılması



Kulübe içerisine 5001'in eklenmesi ile simülasyon verilerinin deneysel değerlerle karşılaştırılması



Kulübe içerisine 5008'in eklenmesi ile simülasyon verilerinin deneysel değerlerle karşılaştırılması





Simülasyon Sonuç

- Simulasyon sonucunda elde edilen faktöriyel model;

t1=

24,1353924
-1,674633956*saat
+0,060557448*tdis
-0,01600323*gunes isinimi
-1,216469438*PCM
-0,000942169*ES
+0,066288153*saat*tdis
+0,001060269*saat*gunes isinimi
+0,456040658*saat*PCM
+0,000322405*tdis*gunes isinimi
+0,065184491*tdis*PCM
-0,017638493*saat*tdis*PCM

şeklindedir. Simulasyon çalışma sonuçlarından da görüldüğü gibi; PCM kullanımının tek etkileşimi -1,216469438*PCM şeklindedir. PCM'in diğer etkileşimleri dikkate alındığında bile;

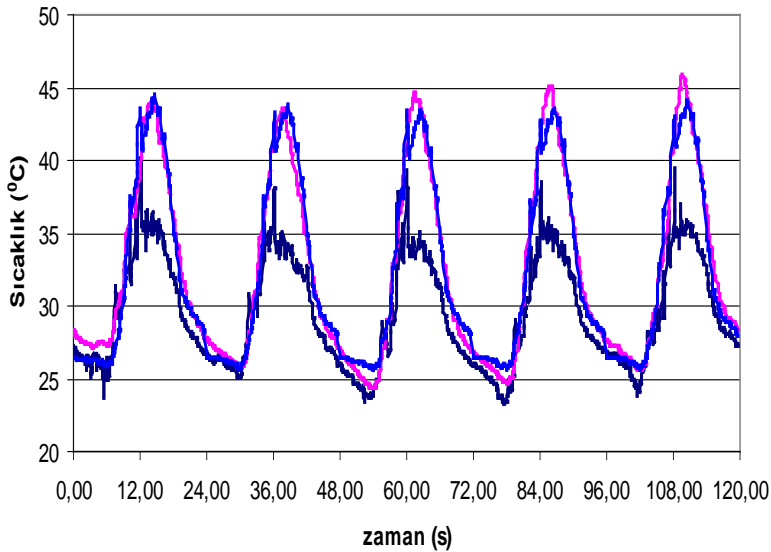
+0,456040658*saat*PCM
+0,065184491*tdis*PCM
-0,017638493*saat*tdis*PCM

- Etkileşim katsayılarının küçük olmasından kaynaklı olarak sonuçta PCM miktarının yeterli olduğu durumlarda dış sıcaklığı azaltacağı bu model ile anlaşılmaktadır.
- Elde edilen faktöriyel eşitliğin uygunluğu tüm çalışma sonuçları ile karşılaştırılıp olup modelin uygun olduğuna karar verilmiştir.

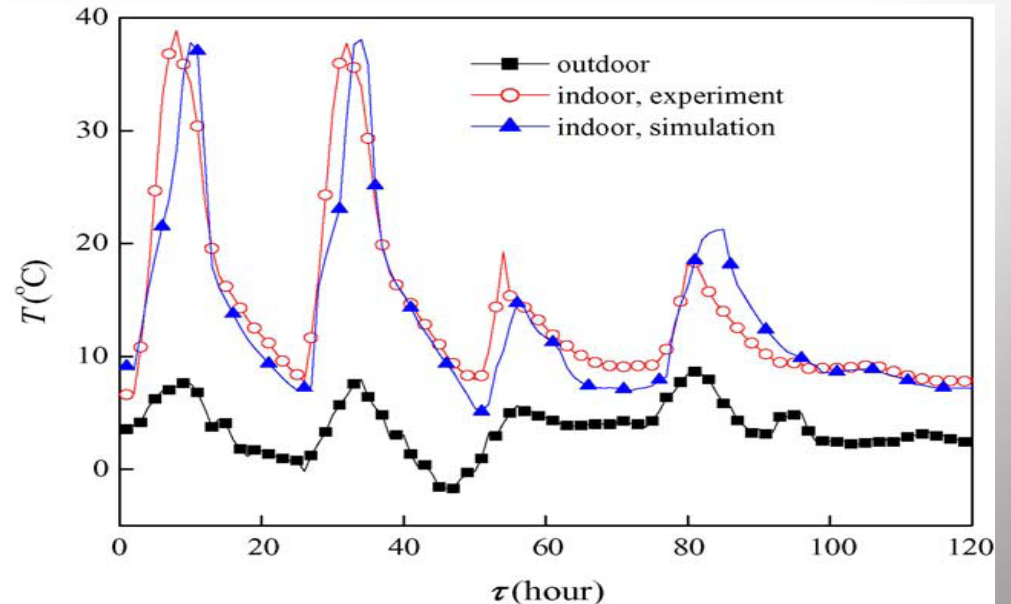


Simülasyon Sonuç

- Yapılan tüm çalışmalar simülasyon ile tekrar yapıldığında elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalardan* ;daha iyi sonuç verdiği anlaşılmıştır. Bu amaçla Design Expert yardımı ile elde edilen simülasyon denkleminin kullanılabilmesine karar verilmiştir.
- *(XU, X., ZHANG, Y., LIN, K., DI, H., YANG, R., 2005. Modeling and simulation on the thermal performance of shape-stabilized phase change material floor used in passive solar buildings, Energy and Buildings 37, s.1084-1091.)



— t5_dış(PCM_5008) — Tdeneysel — Tsimülasyon



Sonuç ve Öneriler

- Enerji gereksiniminin % 60'dan fazlası ithal kaynaklardan sağlanan ülkemizde yerli ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılmasını sağlayan termal enerji depolama (TED) sistemleri bina yalıtımına farklı bir çözüm önerisi oluşturmasının yanı sıra bu sistemlerin kullanılması ile;
- Fosil yakıt kullanımının azaltılması ile iklim değişikliğine yol açan sera gazı emisyonlarının azaltılması,
- Binanın soğutma yükündeki azalmaya bağlı olarak gerekli soğutma cihazının kapasitesinin daha düşük olabilmesi ile tüketicinin ekonomisine katkı sağlaması,
- Ozon tabakasına zarar veren soğutucu gaz gruplarına olan gereksinimin azaltılması,
- Soğutma için kullanılan elektrik tüketiminin azaltılması ile soğutma yükünün çok arttığı yaz aylarında elektrik arzında karşılaşılan sıkıntıların azaltılması,
- Ekonomikliğin yanı sıra enerji güvenirliliği ve sürekliliği gibi önemli katkılar sağlanabilir.



Sonuç ve Öneriler

- Simülasyon çalışmalarının önemi de her geçen gün artmakta ve farklı alanlarda uygulama bulmaktadır. Burada yapılan modelleme sonucunda iç sıcaklığın zamana ve belirlenen parametrelere bağlı değişimini gösteren bir ampirik eşitlik elde edilmiştir.
- İstatistiksel model sonuçları deney sonuçları ile uyum içinde olup modelin aynı iklime sahip bölgelerde benzer uygulamalar için kullanılabileceğine karar verilmiştir.
- Özellikle, henüz uygulama yapılmamış yerlerde kullanılacak olan FDM'lerin yalıtıma katkılarının, diğer bir ifade ile bina enerji verimliliğine katkılarının tahmin edilebilmesi için bir imkan sunmaktadır.
- Ayrıca bu tür istatistiksel modellerin kullanılması deney aşamasından önce hangi FDM'in bulunduğumuz iklim şartlarında daha etkili olacağı hakkında da bir tahmin yapmamıza yardımcı olacağından önem arz etmektedir.





Kaynaklar

- KONUKLU Y., PAKSOY H.Ö., "Phase Change Material Sandwich Panels for Managing Solar Gain in Buildings", Journal of Solar Energy Eng., 2009, Volume 131, Issue 4
- JAHNS, E., 1999. Microencapsulated Phase Change Material", 4th IEA Workshop Annex 10 Phase Change Materials and Chemical Reactions for Thermal Energy Storage IEA- Workshop Annex 10 Phase Change Materials and Chemical Reactions for Thermal Energy Storage , Germany.
- SCHOSSIG, P., HENNING, H.M., HAUSSMAN, T., RAICU, A., 2003. Encapsulated Phase-Change Materials integrated into construction materials, 5th Experts Meeting of Annex 17 to the Implementing Agreement on Energy Conservation through Energy Storage within International Energy Agency, Warsaw.
- HEIM, D., CLARKE, J.A., 2004. Numerical modeling and thermal simulation of PCM-Gypsum composites with ESP-r, energy and Buildings 36, s.795-805.
- RUBITHERM, GmbH/Germany, 2003.<http://www.rubitherm.com>.
- CASTELLON, C., NOGUES M., ROCA J., MEDRANO M., CABEZA L. F., 2005. Microencapsulated Phase Change Materials (Pcm) For Building Applications, <http://intraweb.stockton.edu>.
- ÖZONUR (KONUKLU), Y., 2004. Düşük Sıcaklıkta Termal Enerji Depolamasına Uygun Faz Değiştiren Maddelerin Mikrokapsüllemesi Ç.U. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi.
- KONUKLU, Y., 2008. Mikrokapsüllemiş Faz Değiştiren Maddelerde Termal Enerji Depolama İle Binalarda Enerji Tasarrufu, Ç.U. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi.
- Paksoy H.Ö., Hunay Evliya, Şaziye Abacı, Muhsin Mazman, Yeliz Konuklu, Bekir Turgut, Özgül Gök, Metin Yılmaz, Selma Yılmaz, Beyza Beyhan. CO2 Mitigation With Thermal Energy Storage. International Journal of Global Warming., (2008)
- XU, X., ZHANG, Y., LIN, K., DI, H., YANG, R., 2005. Modeling and simulation on the thermal performance of shape-stabilized phase change material floor used in passive solar buildings, Energy and Buildings 37, s.1084-1091.





Daha Güzel Bir Dünya için
Enerjiyi Verimli Kullanalım

Teşekkürler

Yeliz Konuklu

Niğde Üniversitesi

