

EAHX (TOPRAK-HAVA ISI EŞANJÖRÜ)

Barış TURGAY

ÖZET

Toprak-hava ısı eşanjörü (earth-air heat exchanger - EAHX), binalar için yüzeysel jeotermik bir çözümdür. Bu ısı dönüşümü, gömülü bir boru sistemi tarafından binanın içine temiz hava sirkülasyonu ile sağlanır.

Sistem binalara girecek olan temiz havanın kış aylarında ısıtılmasını, yaz aylarında ise soğutulmasını amaçlamaktadır. Toprakaltı ısı dönüşümlerine dayanan, pasif bir çözümdür.

Kurulduğu yerde, toprak-hava ısı eşanjörü binanın ısı konforunun sağlanmasında aktif rol alır. Sistem dizaynı önceden belirlenen hedef değerlere bağlı gerçekleştirilir. Böylece, sistem kurulumu hedeflenen performans değerlerine ulaşacak şekilde yapılır.

Günümüzde binaların ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimini azaltacak tasarımlar giderek önem kazanmaktadır. Bu bildiride bu tasarımlardan biri olan toprak-hava ısı eşanjörü incelenecektir. Örneklerle edinilen tecrübeler paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermik, Isı dönüşümü, Temiz hava, Enerji gereksiniminin azaltımı, Isıl konfor.

ABSTRACT

An earth-air heat exchanger (EAHX) is a surface geothermic solution for buildings, made by a buried pipe system circulating fresh air.

It aims at warming up fresh air in buildings in winter and cooling it down in summer. Based on thermal airground exchanges, it is a passive solution.

Where installed, the earth-air heat exchanger takes an active part in the thermal comfort within the building. Depending on the assigned goals in the preliminary design, it is designed and installed to reach the targeted performances.

Today, designs, which reduce the need for heating and cooling energy of buildings, are becoming increasingly important. In this paper, one of these designs, earth-air heat exchanger will be examined. Experiences gained through the examples will be shared.

Key Words: Geothermic, Thermal exchange, Fresh air, Reducing energy need, Thermal comfort.

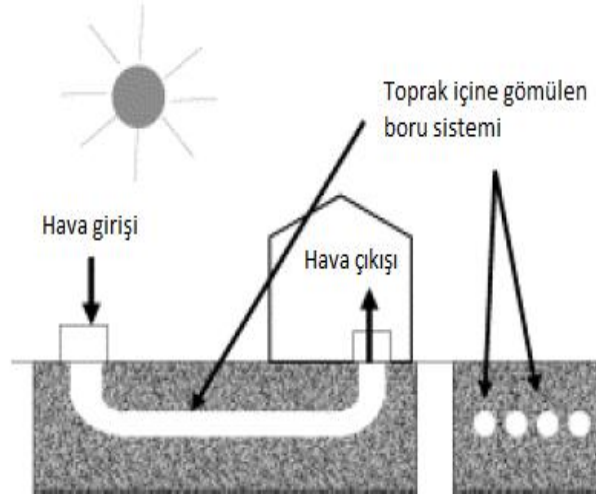
1. GİRİŞ

Binaların enerji tüketimi yüksektir. Her ne kadar rakamlar ülkeden ülkeye farklılık gösterse de, toplam enerji ihtiyacının %30-40'ını binalar oluşturur. Binalardaki ısıtma ve soğutma için harcanan enerjinin artmasıyla birlikte bu enerji gereksinimini azaltacak tasarımlar giderek önem kazanmaktadır.

Toprak-hava ısı eşanjörü (EAHX), binalarda ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji tüketimini azaltmak için uygulanabilecek bir tekniktir. Çeşitli binalar toprak-hava ısı eşanjörleri ile birlikte tasarlanmış, gözlemlenmiş ve sistemlerin gösterdiği yüksek performanslar kanıtlanmıştır. Toprak gibi bir doğal ısı kaynağından/emiciden binalara ısı veren veya binalardan ısı alan pasif ısıtma ve aynı zamanda soğutma tekniği günümüzde popüler hale gelmiştir. EAHX çalışma sisteminde, toprak altında biriken ve serbest halde bulunan enerji ısıtma ve soğutma amaçlarıyla kullanılır. Bunun sonucunda, daha az konvansiyonel enerji gereksinimi olur. (Ahmad, Tiwari and Singh 2010).

Yeraltı toprak sıcaklığının ortam hava sıcaklığından yaz aylarında daha düşük ve kış aylarında daha yüksek olduğunu araştırmalar göstermiştir. Bu günlük bazda kazanılan ısının büyük bir kısmının yüzeyin 30 cm'den daha az bir mesafedeki toprak ısı kütlesi tarafından biriktirilmesinin bir sonucudur. (Labs, 1989).

EAHX, toprak altına gömülen bir boru sistemiyle oluşturulur. Bu boru sistemi binanın içine temiz hava sikülasyonu sağlar. EAHX performansı, hava debisi, boru yüzeyindeki ısı iletkenliği, derinlik, boru sayısı ve boyutları ve toprak özelliklerine bağlıdır (De Paepe and Janssens, 2003). Hedeflenen performans değerlerine ulaşmak için sistem uygun biçimde tasarlanmalıdır.



Şekil 1. Tipik bir toprak hava ısı eşanjörü örneği.

Bu bildirinin amacı, EAHX sistem tasarımı için geliştirilen bilgisayar simülasyonlarının değişik iklim ve toprak özelliklerine sahip bölgelerde kullanılabilir olduklarını ortaya koymaktır. Ölçüm yapılan değerler ile simulasyondan elde edilen değerler karşılaştırılacaktır. Hedeflenen sistem performansını elde etmek için gerekli parametreler belirlenecektir.

2. ÖLÇME DENEYİ

2.1. Ölçme Deneyinin Yapıldığı Yer

EAHX deneyi için Fransa'nın merkezinde yer alan Beaucouzé kasabası seçilmiştir. Bu kasabadaki bir villanın bahçesinde EAHX sistemi kurulmuş ve buradaki iklim koşullarına bağlı olarak sistemin

gösterdiği performans gözlemlenmiştir. Deney, Ocak 2011 – Aralık 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

2.2. Toprak Özellikleri

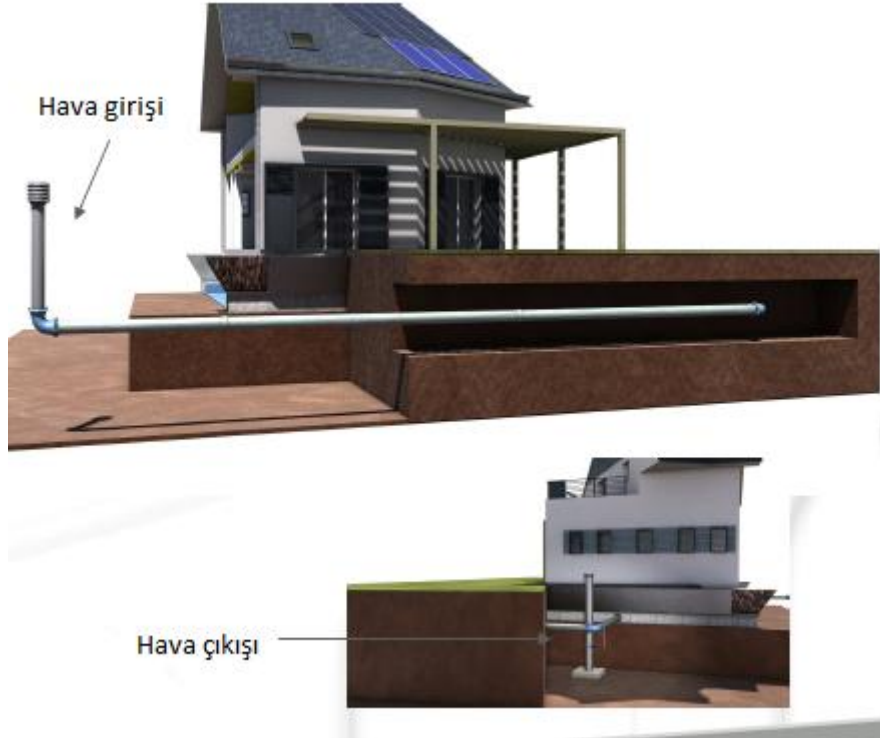
Toprak üç özelliği ile sistemin performansına etki eder:

- 1) Isıl iletkenlik
- 2) Isı kapasitesi
- 3) Yoğunluk

Deney yapılan toprak ıslak kildir.

2.3. EAHX Sisteminin Kurulumu

Sistem, villa dışında bulunan bir hava giriş ağızı, villanın içindeki hava çıkış ağızı ve bu iki uç arasındaki boru hattından oluşur.



Şekil 2. Deneyin gerçekleştirildiği villa ve boru güzergahı.

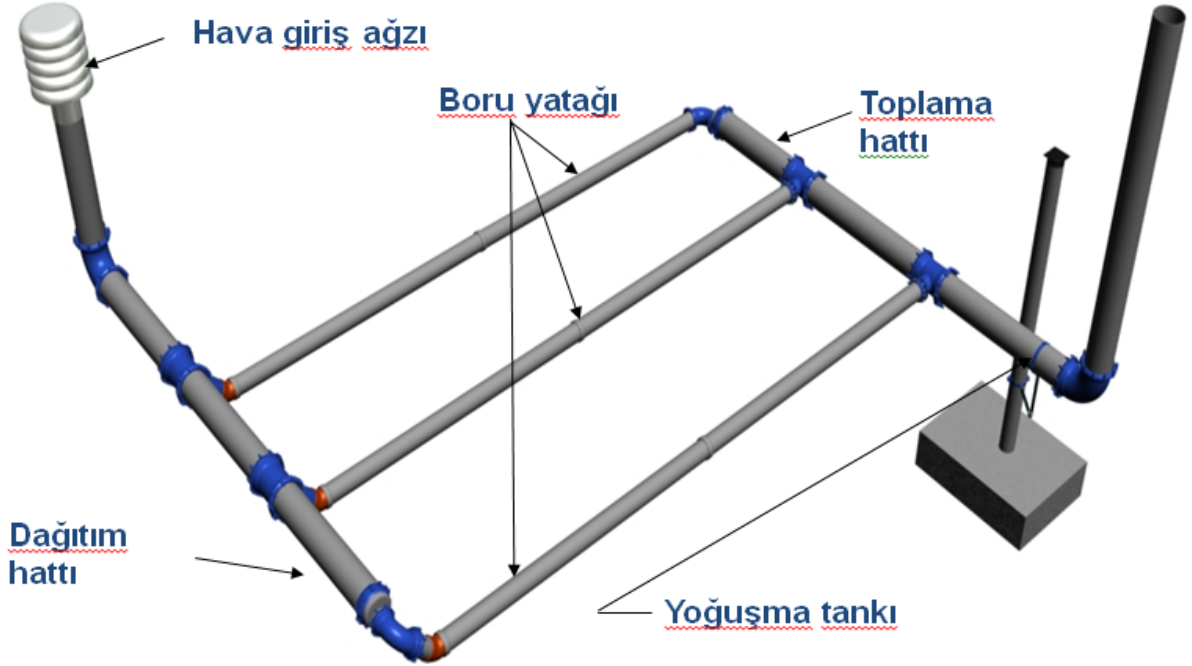
Ayrıca, oluşacak yoğuşma için hava çıkış ağızına yakın bir yoğuşma tankı yerleştirilmiştir. Bu tank sistemin performansına etki etmez.

2.3.1. Boru Hattının Boyutlandırılması

Isıl iletkenliği 50 w/mK bir boru tipi deneyde kullanılmıştır.

Boru hattının derinliği: 2 m
Toplam boru uzunluğu: 42 m

Boru iç çapı: 212 mm
Boru et kalınlığı: 3.4 mm



Şekil 3. Toprak altı boru sistemi.

2.3.2. Boru Hattının Yapımı

Hazırlanan boyutlandırmaya göre yapım işlerine başlanır. Toprak kazıldıktan sonra borular planlanan ölçülerde toprak altına yerleştirilir.

Boru hattının doğrusal ve sızdırmaz bir şekilde dizayn edilmesi ve uygulanması kritiktir.





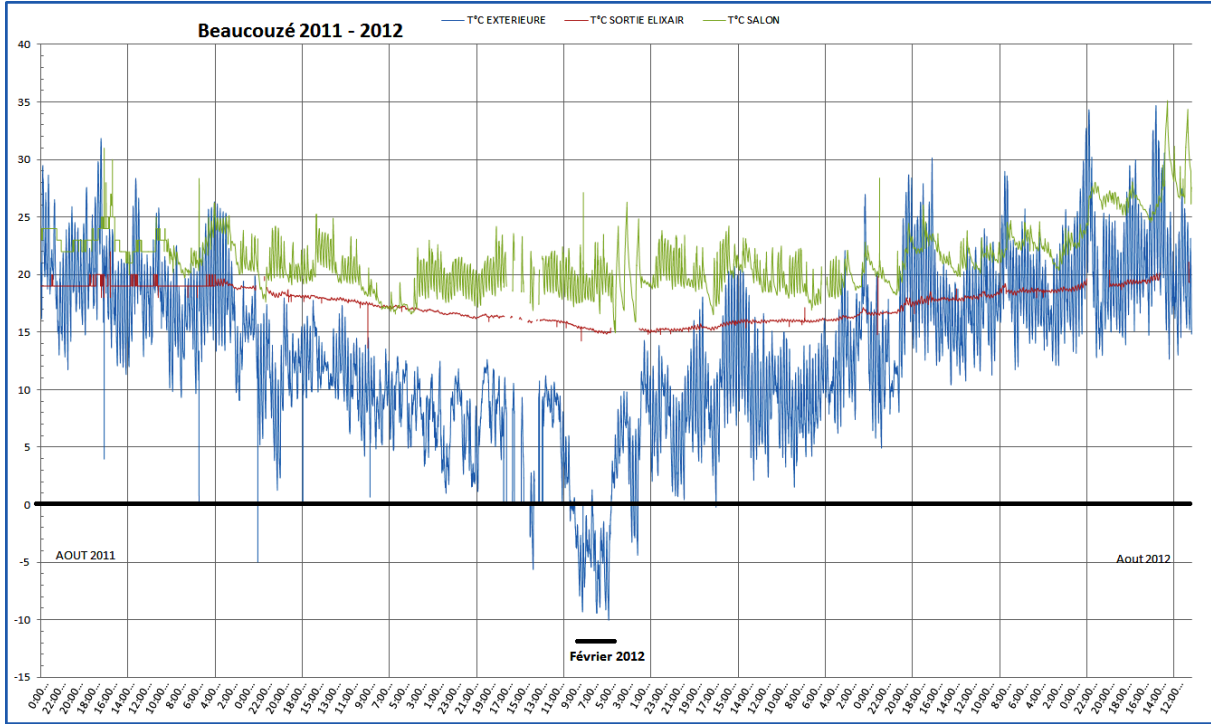
Resim 1. Toprağın kazılması ve boruların yerleştirilmesi, boru montajı ve hava giriş ağızı borusu

2.5. Deney Sonuçları

İki sene boyunca dışarısının sıcaklığı, hava çıkış ağızındaki sıcaklık ve villa içerisindeki ortam sıcaklığı ölçülmüştür.

Şekil 4’de Ağustos 2011 – Ağustos 2012 tarihleri arasında yapılan ölçümler mavi renkte dışarısının sıcaklığı, kırmızı renkte hava çıkış ağızındaki sıcaklık ve yeşil renkte villa içerisindeki ortam sıcaklığı olarak gösterilmiştir.

Buna göre, yazın dışarıda olan sıcaklığın 30°C’ye yükseldiği zamanlarda, hava çıkış ağızındaki sıcaklık en yüksek 20°C olmuştur. Öte yandan, kışın dışarıdaki sıcaklığın -10°C’ye düştüğü zamanlarda, hava çıkış ağızındaki sıcaklık 15°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Sıcaklık ölçümleri

3. BİLGİSAYAR PROGRAMINDA SİMULASYON

3.1. Simulasyonun Amacı

EAXH sisteminin bilgisayar simulasyonunun amacı, sistemin performansını etkileyen parametrelerin belirlenip, değişik iklim koşullarında ve toprak özelliklerinde tasarım yapılmasına olanak sağlamaktır. Climawin isiminde bir bilgisayar programında simulasyon gerçekleştirilmiştir.

3.2. Parametreler

3.2.1. İklim Bölgesi

Program, Fransız Termal Yönetmeliği RT2012'yi baz almaktadır. Bu yönetmelik doğrultusunda seçilen bölgeye göre, saat başı ölçülen, ortalama sıcaklık değeri verileri tayin edilir. Farklı bölgelerin iklim koşullarına göre ilgili veriler programa girilebilir.

3.2.2. Toprak Sıcaklığının Hesaplanması

Toprak tipi Tablo 1'e göre belirlenmiştir.

Tablo 1. Toprak tipleri, termal ve fiziksel özellikleri.

Toprak Tipi	Isıl İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı Kapasitesi (J/kgK)	Düzeltilme Faktörü gm
Nemli toprak	1,5	1400	1400	1,00
Kuru kum	0,7	1500	920	0,90
Islak kum	1,88	1500	1200	0,98
Nemli kil	1,45	1800	1340	1,04
Islak kil	2,9	1800	1590	1,05

Tablo 1’de sunulan düzeltme faktörünün (gm) değişik toprak tipleri için belirlenmesi, tablodan belirlenecek düzeltme faktörüne göre aşağıdaki förmüllerle toprak sıcaklığı belirlenir:

$$\theta_{sol} = gm \cdot (\theta_{AM} - AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin(2 \cdot \text{Pi} \cdot [JH - VS + 24 \cdot 25] / 8760))$$

$$AH = 1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 + 0,000335 \cdot Z^3$$

$$VS = 24 \cdot (0,1786 + 10,298 \cdot Z - 1,0156 \cdot Z^2 + 0,3385 \cdot Z^3 - 0,0195 \cdot Z^4)$$

θ_{sol} - Toprak sıcaklığı

gm - Düzeltme faktörü

θ_{AM} - Ortalama dış ortam sıcaklığı

AH - Toprak sıcaklığı için genlik düzeltme faktörü

$\Delta\theta_A$ - Dış hava sıcaklığının yıllık değişimi

JH - Yıllık saat

VS - Dış ortam sıcaklığına bağlı toprak sıcaklığı faz kayması

Z - Kazılan derinlik

3.2.3. Boyutlandırmaya Bağlı Olarak Hava Çıkış Ağzındaki Sıcaklığın Hesaplanması

Aşağıdaki forüller yardımıyla hava çıkış ağzındaki sıcaklık hesaplanır.

$$\theta_{air\ sortie} = \theta_e + \varepsilon \cdot (\theta_{sol} - \theta_e) + \Delta\theta_{vent}$$

$$\varepsilon = 1 - \text{EXP}[-Ug \cdot L \cdot n_d / (m_{air} \cdot Cp_{air})]$$

$$Ug = [\text{LN}[(d_i + 2 \cdot e_p) / d_i] / (2 \cdot \text{Pi} \cdot \lambda_{tube}) + 1 / h_i]^{-1}$$

$$h_i = [4,13 + 0,23 \cdot \theta_e / 100 - 0,0077 \cdot (\theta_e / 100)^2] \cdot vo_{0,75} / d_i_{0,25}$$

$$vo = V_{air} / [\text{Pi} \cdot (d_i / 2)^2]$$

$$V_{air} = m_{air} / (n_d \cdot \rho_{air})$$

$\theta_{air\ sortie}$ - Hava çıkış ağzı sıcaklığı

ε - İklim verimliliği

$\Delta\theta_{vent}$ - Hava ön ısıtma etkisi

Ug - Hava ve toprak arasındaki ısı transfer katsayısı

L - Toplam boru uzunluğu

n_d - Boru yatağı sayısı

e_p - Boru et kalınlığı

d_i - Boru iç çapı

λ_{tube} - Boru ısı iletkenliği

h_i - Hava ve borunun iç yüzeyi arasındaki korelasyon katsayısı

vo - Hava hızı

m_{air} - Hava

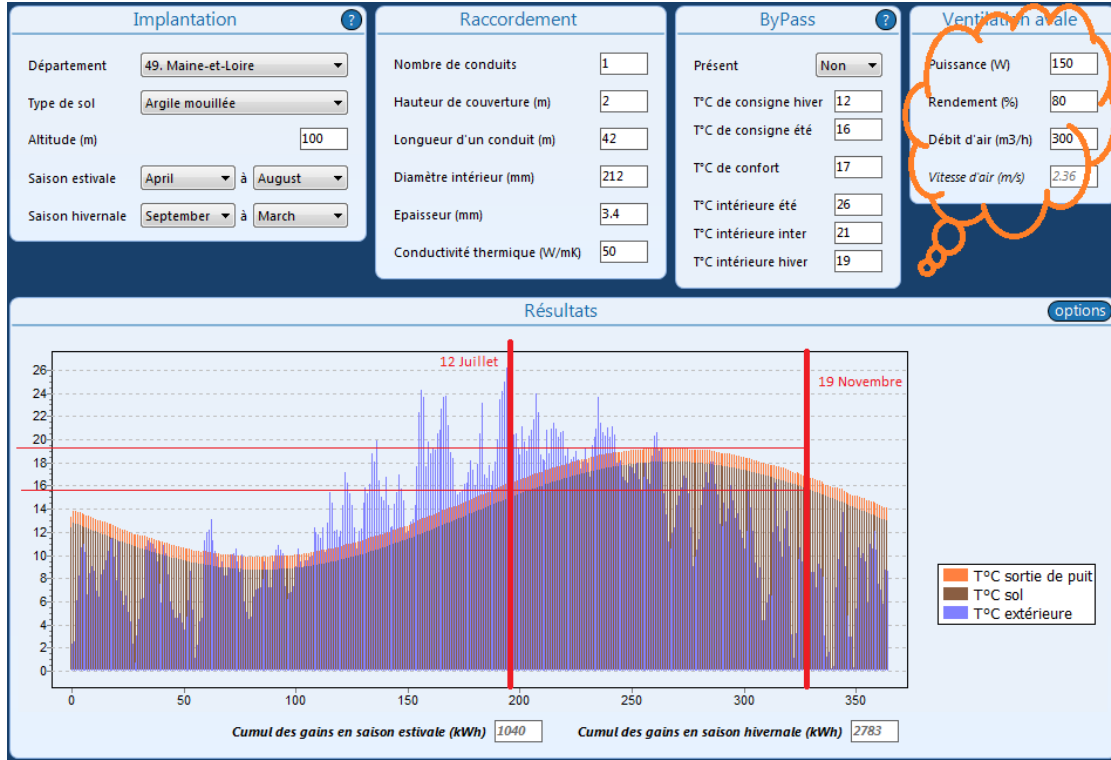
Cp_{air} - Havanın ısı kapasitesi

ρ_{air} - Hava yoğunluğu

V_{air} - Hava debisi

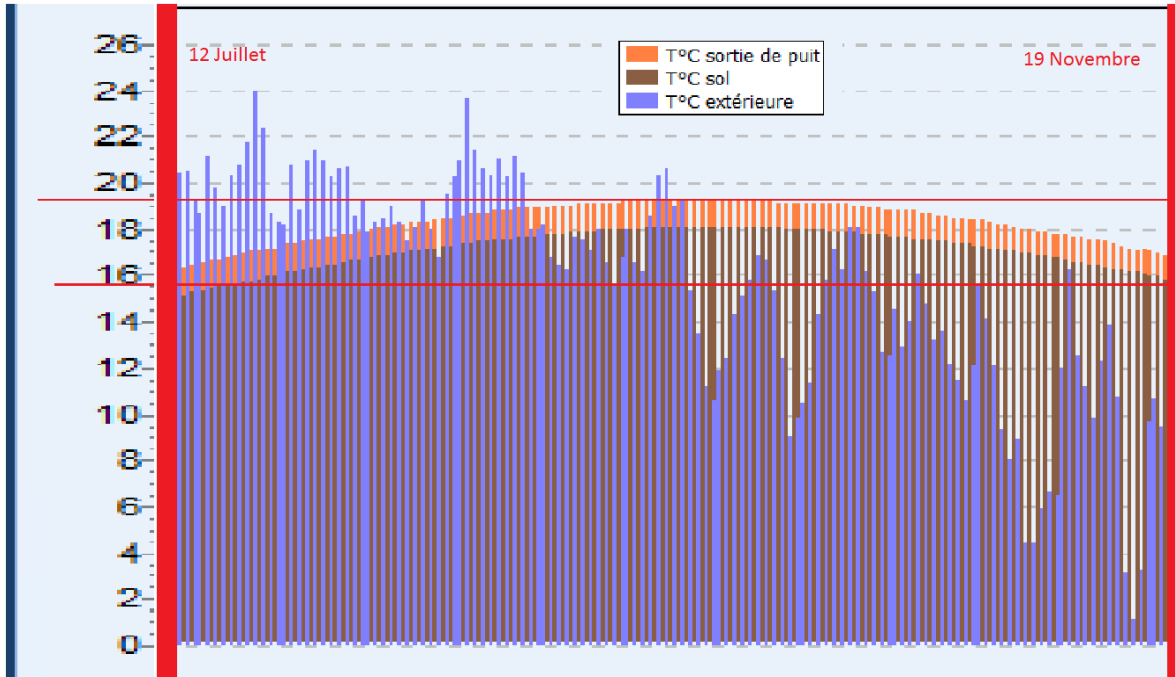
3.3. Simulasyonun Sonuçları

Simulasyon, daha önce deney yapılan Ocak 2011 – Aralık 2012 tarihleri arasında çalıştırılır ve aşağıdaki sıcaklık değerlerini gösteren şema elde edilir. Mavi renk dışarısının sıcaklığını, kahverengi renk toprak sıcaklığını ve turuncu renk de hava çıkış ağzındaki sıcaklığı temsil etmektedir.



Şekil 5. Bilgisayar simülasyonunun sonuçları.

Eğer 12 Temmuz – 19 Kasım 2012 dönemine yoğunlaşırsa, daha önce ölçme deneyi esnasında elde edilen ölçüm değerlerine çok yakın değerler elde edildiği belirlenir. Yine mavi renk dışarısının sıcaklığını, kahverengi renk toprak sıcaklığını ve turuncu renk de hava çıkış ağzındaki sıcaklığı temsil etmektedir.



Şekil 6. Bilgisayar simülasyonunda 12 Temmuz – 19 Kasım 2012 dönemi.

4. SONUÇ

Ölçme deneyi ve simulasyon sonuçlarından net olarak gözüktüğü üzere, farklı bölgelere ait iklim şartlarına ve toprak özelliklerine göre girilecek veriler doğrultusunda bilgisayar programı yardımıyla gerçekçi bir tasarım yapılabilir. Boru sisteminde kullanılacak standart bir boyutlandırma, farklı iklim koşullarında veya farklı toprak özelliklerinde farklı performans sergileyecektir.

EAHX sisteminin performansını etkileyen unsurlar arasında, boru sisteminin boyutlandırmasının yanı sıra, iklim şartları ve toprak özellikleri de rol oynamaktadır. Sistemin tasarımında bu unsurlar mutlaka hesaba katılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] AHMAD, N., TIWARI, G., SINGH, A (2010) Heating/cooling potential and carbon credit earned for dome shaped house. International journal of energy and environment Volume 1, Issue 1, 2010 pp.133-148.
- [2] LABS, K. (1989) Earth Coupling. IN COOK, J. (Ed.) Passive Cooling. London, MIT Press.
- [3] DE PAEPE, M., JANSSENS, A. (2003) Thermo-hydraulic design of earth-air heat exchangers. Energy and Buildings 35, 389-397.
- [4] SAINT-GOBAIN PAM: ELIXAIR – Ductile Iron Pipe System for EAHX

ÖZGEÇMİŞ

Barış TURGAY

1979 yılında İstanbul'da doğmuştur. 1998 yılında Alman Lisesi'ni bitirdikten sonra, 2003 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi'nden İnşaat Mühendisi olarak mezun olmuştur. 2005 yılında İngiltere'de Warwick Üniversitesi'nde Mühendislik Yönetimi alanında yüksek lisansını tamamlamıştır. Mezun olduktan sonra çeşitli şirketlerde çalıştıktan sonra, 1.5 yıldır Saint-Gobain PAM şirketinde bölge satış müdürü olarak çalışmaktadır.