



2nd International Mediterranean
SCIENCE AND ENGINEERING CONGRESS
OCTOBER 25-27, 2017
ÇUKUROVA UNIVERSITY, CONGRESS CENTER, ADANA / TURKEY

2. Uluslararası Akdeniz
BİLİM VE MÜHENDİSLİK KONGRESİ
25-27 EKİM 2017
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, KONGRE MERKEZİ, ADANA/TÜRKİYE

2nd International Mediterranean **SCIENCE AND ENGINEERING CONGRESS**

DRAFT

OCTOBER
25-27, 2016
ADANA
TURKEY

Proceedings Book

Organizer of the Congress
Çukurova University





2nd International Mediterranean SCIENCE AND ENGINEERING CONGRESS
OCTOBER 25-27, 2017
ÇUKUROVA UNIVERSITY, CONGRESS CENTER, ADANA / TURKEY

2. Uluslararası Akdeniz BİLİM VE MÜHENDİSLİK KONGRESİ
25-27 EKİM 2017
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, KONGRE MERKEZİ, ADANA/TÜRKİYE

2. Uluslararası Akdeniz BİLİM ve MÜHENDİSLİK KONGRESİ

DRAFT
Bildiri Kitabı

Editörler

Doç. Dr. Mustafa Özcanlı
Doç. Dr. Hasan Serin
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Çalık



<http://www.imsec2017.org>

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Farklı Boru Dizilişlerine Sahip Toprak-Hava Isı Değiştiricisi Sistemlerinin Isıl Performans Analizi

Hüsamettin Bulut¹, Yunus Demirtaş^{1*}, Nesrin İlgin Beyazıt¹, Baran Peker²

¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

² Şimşekler A.Ş., Ankara, Türkiye

Özet

Yenilenebilir enerji ile ilgili çalışmalar oldukça geniş bir alanda artarak devam etmektedir. Bu enerji çeşitlerinden biri olan toprak enerjisinden farklı uygulamalarla yararlanılmaktadır. Toprak - Hava Isı Değiştiricisi (THID) sistemleri; içinden havanın geçtiği belli bir derinlikteki toprağa yerleştirilen boru sistemi ve hava hareketini sağlayan bir fan dan meydana gelmektedir. Toprak sıcaklığının dış ortam sıcaklığından yazın daha düşük ve kışın ise daha yüksek olmasından ısıtma ve soğutma uygulamalarında bu sistemler kullanılabilir. THID sistemlerinin performansına etki eden çok sayıda faktör bulunmakta ve bunların deneysel olarak tespiti zor olmaktadır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımlarının kullanılması mühendislik problemlerinde karşılaşılan basınç kayıpları, akışkan davranışı ve ısı transferi gibi hesaplamalarda zaman ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada toprak altına yerleştirilen boruların farklı dizilişlerinin THID sistemlerinin ısı performansına etkisi Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile incelenmiştir. Autodesk Simulation CFD programı kullanılarak; THID sistemlerinde U, S ve ızgara tipi boru dizilişinin farklı hava hızlarında basınç kaybına ve hava çıkış sıcaklığına etkisi analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Basınç kayıpları açısından en yüksek değer ızgara tipi boru sisteminde tespit edilmiştir. Boru dizilişinin çıkış sıcaklıkları üzerine çok büyük etkisi olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, Toprak enerjisi, Toprak-hava ısı değiştiricisi, Boru dizilişi, Simülasyon,

Thermal Performance Analysis of Earth-Air Heat Exchangers with Different Pipe Layouts by Computational Fluid Dynamics

Abstract

The researches about renewable energy are going on to increase in a quite large area. The soil energy, which is a kind of these renewable energies is used with various practises. Earth-Air Heat Exchanger(EAHX) systems are consist of a fan that provides air movement and a pipe system that is fixed into a certain depth to soil, in which the air passes through. Because the soil temperature is lower than the outdoor in summer and higher in winter, these systems can be used for heating and cooling processes. There are many factors that affect the performance of EAHX systems and it is difficult to detect them experimentally. Using Computational Fluid Dynamics (CFD) softwares gives advantage of time and cost in calculations such as pressure losses, fluid behaviour and heat transfer which are encountered in engineering. In this research the effect of various arrangements of pipes that is fixed into the soil to EAHX systems heat performance is searched by CFD. In EAHX systems by using Autodesk Simulation CFD program, the effect of U, S and grid type pipe arrangements on presure losses and air outlet temperature at different air velocities was analyzed and the results were compared. The highest value in terms of pressure losses was determined in the grid type pipe system. It was seen that the pipe arrangements did not have a significant effect on the outlet temperatures.

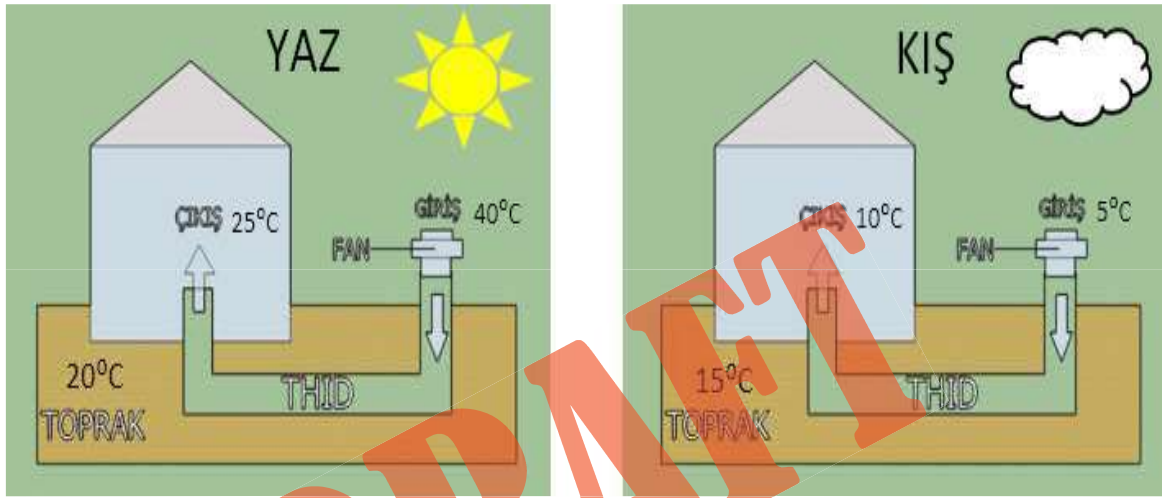
Keywords: Computational fluid dynamics, Earth energy, Earth-air heat exchanger, Pipe arrangements, Simulation

(*) Corresponding author

1. GİRİŞ

Türkiye’de özellikle son on yılda enerji talebi hızlı bir şekilde artmıştır. Ülkemiz başta güneş, rüzgar ve jeotermal olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları için yüksek bir potansiyele sahiptir. 2015 yılında, yenilenebilir enerjinin toplam birincil enerji arzındaki payı % 12.1, elektrik üretimindeki payı ise % 32.3’ tür. Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığının %75 seviyesinde olduğu düşünüldüğünde; ülkemiz için yenilenebilir enerjiye yapılacak yatırımların ve bu alanda yapılan çalışmaların önemi daha iyi anlaşılmaktadır [1, 2].

Toprak-Hava Isı Değiştirici (THID) sistemi havanın soğutulması veya ısıtılması amacıyla kullanılan bir teknolojidir. Ekonomik ve çevresel yararları sahip olan bu sistemler toprağın sahip olduğu ısı potansiyelinin kullanımına dayanır. Uygun bir derinlikte, toprak sıcaklığı dış ortam sıcaklığına göre yazın daha düşük, kışın ise daha yüksektir. Bu sıcaklık farkı kullanılarak, hava, toprağa gömülmüş kanal veya borulardan geçirilerek, yazın soğutulabilir ve kışın ise ısıtılabilir. THID sistemleri toprak altına yerleştirilmiş borulardan ve hava hareketini sağlayan bir fanndan meydana gelir. Şekil 1’ de THID sistemlerinin kış ve yaz durumları için şematik şekli verilmiştir. THID sistemlerinin ısı performansına etki eden pek çok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin başında toprak derinliği, toprak çeşidi, hava akış hızı, boru çapı, boru uzunluğu, boru malzemesi ve boru dizilişi gelmektedir [3].



Şekil 1. THID sistemlerine ait şematik görünüm

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), akışkanlar mekaniği problemlerinin analizi ve çözülmesi için sayısal yöntem ve algoritmaların kullanıldığı bir akışkanlar mekaniği bilimi dalıdır. Sıvı ve gazların katı yüzeyler ile etkileşimleri bilgisayar yardımı ile simüle edilir. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), ilgili alanda detaylı hesaplamaların yapılabilmesi, akış alanı ve diğer fiziksel detayların gösterilebildiği, bilgisayar tabanlı bir mühendislik yöntemidir.

THID sistemleri ile ilgili literatürde karşılaşılan birçok deneysel çalışmada HAD yazılımlarının da kullanıldığı görülmüştür. Deneysel sonuçlarla desteklenen HAD yazılımlarının kullanılması, mühendislik problemlerinde karşılaşılan basınç kayıpları, akışkan davranışı ve ısı transferi gibi hesaplamalarda zaman ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadır.

Serageldin ve ark., THID sisteminin Mısır iklim şartlarındaki ısı performansını inceledikleri çalışmada deneysel uygulamanın yanında matematiksel ve HAD simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Farklı sınır şartlarının uygulandığı çalışmada HAD yazılımı olarak ANSYS FLUENT v. 15.0.7. kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada ısıtma ve soğutma durumları için farklı parametrelerin ısı performansına etkisi HAD yazılımı kullanılarak tespit edilmiştir [4]. Bhopal’ ın (Orta Hindistan) sıcak ve kuru iklim koşulları için THID sisteminin yıllık ısı performansını değerlendirmek için yapılan çalışmada; sistemin ısıtma ve soğutma potansiyelini belirlemek için HAD yazılımına dayanan 3 boyutlu bir model geliştirilmiştir. Deneysel verilerle karşılaştırılarak doğrulanmış simülasyon sonuçlarının enerji analizi ile THID sistemi için enerji geri ödeme zamanı ve mevsimsel enerji verimliliği oranı hesaplanmıştır [5].

Niu ve ark., THID sisteminin performansını simüle etmek için tek boyutlu ve kararlı halde bir kontrol hacmi modeli geliştirmişlerdir. Mevcut bir yenilenebilir enerji test merkezinden alınan deneysel verilerle karşılaştırılarak kalibre edilen model kullanılarak; dış hava sıcaklığı, dış hava bağıl nemi, boru girişindeki hava hızı, boru yüzey sıcaklığı, boru uzunluğu ve boru çapının performans üzerine etkisi analiz edilmiştir [6]. Gan Fluent programında havanın ön ısıtması için kullanılan THID sisteminin toprak ve atmosfer ile dinamik etkileşimlerinin simülasyonu yapmıştır. THID sisteminin toprak ve atmosfer ile dinamik etkileşiminin göz ardı edilmesinin sistem performansının yanlış belirlenmesine sebep olacağını belirtmiştir. Ayrıca dinamik ısı simülasyonunun sistem tasarımı veya analizi için önemi ifade edilmiştir [7].

Mathur ve ark. tarafından farklı çalışma süreleri dikkate alınarak farklı toprak koşulları altında THID sisteminin ısı performansı incelenmiştir. HAD analizi üç boyutlu zamana bağlı bir sayısal model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. FLU-

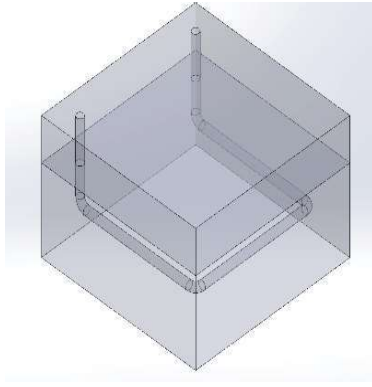
ENT (sürüm 6.3) kullanılarak simüle edilen model, daha sonra deneysel verilerle doğrulanmıştır [8].

Bansal ve ark. tarafından toprak ısı iletkenliği ve sürekli çalışmanın THID' in ısı performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Farklı boru uzunlukları için deneysel sonuçlar üzerinden HAD simülasyonu yapılmıştır. HAD olarak Fluent programı kullanılmıştır. Çalışmada boru çevresindeki sıcaklık dağılımı ve çalışma periyodunun THID' nin ısı performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Isıl etkinin gözlemlendiği boru etrafındaki toprak halkasının kalınlığı toprağın iletkenliğine ve THID sisteminin sürekli çalışma periyoduna bağlı olduğu ve toprak halkasının kalınlığı boru çapına eşit olduğu tespit edilmiştir [9]. Misra ve ark. THID sisteminin 3 boyutlu zamana bağlı HAD analizini yapmışlardır. Toprak ısı iletkenliğinin THID ısı performansı üzerine geçici etkisi incelenmiştir. Hava ve toprağın zamana bağlı sıcaklıklarının tahmini yapılmış olup boru ve toprak özelliklerinin sıcaklığa bağlı olarak değişmediği ve CFD modelinde kullanılan mühendislik malzemelerinin izotropik ve homojen olduğu kabul edilmiştir [10]. Trzaski ve Zawada, çevresel ve geometrik faktörlerin THID enerji verimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla bir sayısal model geliştirmişlerdir. Isı değiştiricinin çevresindeki işlem karmaşıklığından dolayı ölçüm ve analitik çözümlerin, inceleme için yeterli olmadığını ifade etmişlerdir. Bir THID'in verimini etkileyen çoklu ve birbirine bağlı değişkenler olduğundan, performans optimizasyonu özel durumlar için yapısı, çalışma parametreleri, ilk yatırım ve enerji maliyetleri dikkate alınarak yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Fluent yazılımı, THID simülasyonlarında ve sayısal analizinde en çok kullanılan yazılımlardan biridir. Bir THID' in ısı davranışı Brezilya, Viamao şartlarında yeni bir sayısal modelleme ile incelenmiştir. Sayısal modellemede Fluent programı kullanılmıştır. Toprak derinliğinin THID ısı performansı üzerine etkisi çalışılmıştır. 5 m' ye kadar olan toprak derinliği her 1 m için incelenmiş ve 3 m' den daha aşağı derinliklerin THID sisteminin ısı potansiyeli kullanmasında önemli bir fark yapmadığı sayısal olarak da tespit edilmiştir [11]. Vaz ve ark., Bir THID' nin deneysel ve sayısal analizini Brezilya için yapmışlardır. Sayısal analizde Fluent kullanılmıştır. Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında %15 fark tespit edilmiştir. Sayısal analizin THID sistemlerinde, araştırmalarda ve proje geliştirilmesinde kullanılabileceği ifade edilmiştir [12]. THID sistemlerinin tasarım ve çevresel değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada THID ile soğutma ve ısıtmanın; havalandırma ısı kayıplarını azalttığı ve binalardaki ısı konforu arttırdığı ifade edilmiştir. Peretti ve ark. tarafından yapılan çalışmada farklı boru dizilişlerinin THID sistemlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir [13]. Bulut ve ark. tarafından Şanlıurfa' da yapılan çalışmada THID sistemlerinin performans analizleri ısıtma ve soğutma durumu için analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçlarının, ölçülen deneysel sonuçlar ile uyum içinde olduğu ve deneysel sonuçlardan ortalama sapmasının ısıtma durumunda %10, soğutma durumunda ise % 3 olduğu tespit edilmiştir [14].

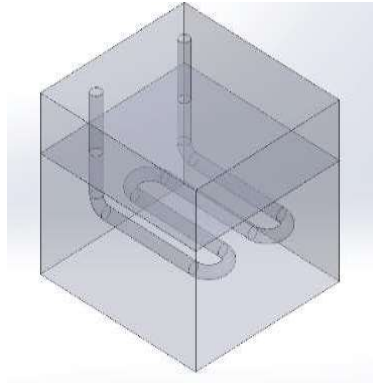
Literatür taramasından THID sistemleri üzerine bir çok çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada özellikle HAD ile analiz yapılan THID uygulamalarından örnekler verilmiştir. THID sistemine etki eden çok parametre olması ve değişik şartlarda farklı performans göstermelerinden dolayı her bir durum için ayrı ayrı teorik ve sayısal çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada HAD programlarından olan Autodesk Simulation CFD kullanılarak farklı boru dizilişlerinin THID sisteminin performansına etkisi analiz edilmiştir.

2. METOD

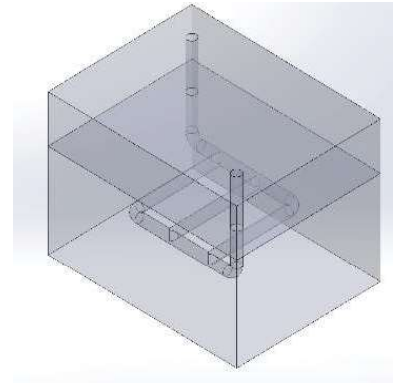
Mühendislik hesaplamalarında, akışkan davranışının doğru tespit edilmesi oldukça önemlidir. Analitik yöntemlerle direkt olarak hesaplanamayan karmaşık problem ve modellerde, ısı transferi, basınç kayıpları, akış hızları gibi verilerin nümerik yöntemlerle, parçanın tasarım aşamasında iken belirlenmesi, zaman ve maliyet açısından üreticiye önemli avantajlar sağlamaktadır [15]. HAD, akışkanlar mekaniği problemlerinin analizi ve çözümlenmesi için sayısal yöntem ve algoritmaların kullanıldığı bir akışkanlar mekaniği bilimi dalıdır. HAD, akış ve ısı transferinin olduğu enerji, iklimlendirme, sağlık, savunma sanayi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada; U, S tipi ve ızgara olmak üzere 3 farklı boru dizilişine sahip THID sistemleri ele alınmıştır. Şekil 2' de gösterilen sistemlerin toplam boru uzunluğu (10 m), boru çapı (0.1 m) ve toprak derinliği (2 m) birbirine eşittir. Soğutma durumu için yapılan HAD analizlerinde farklı hava hızındaki durumlar için karşılaştırma yapılmıştır.



a) U tipi



b) S tipi

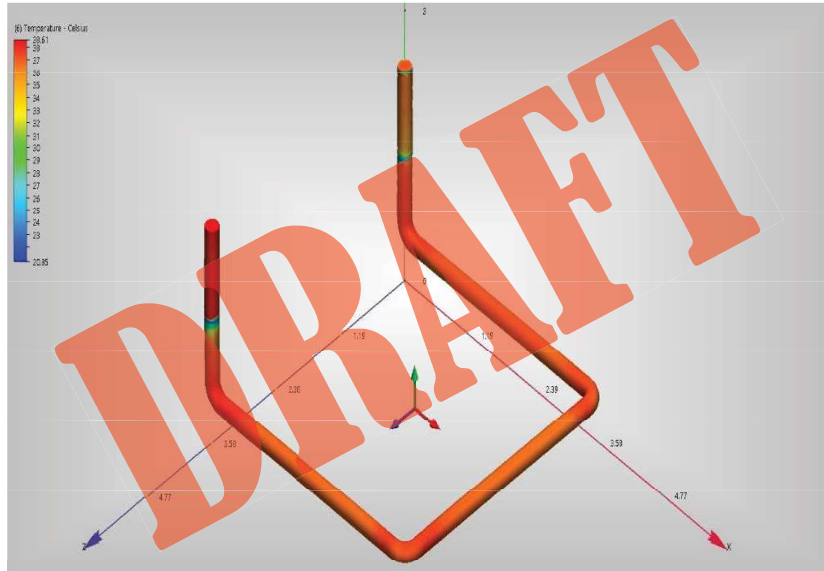


c) ızgara

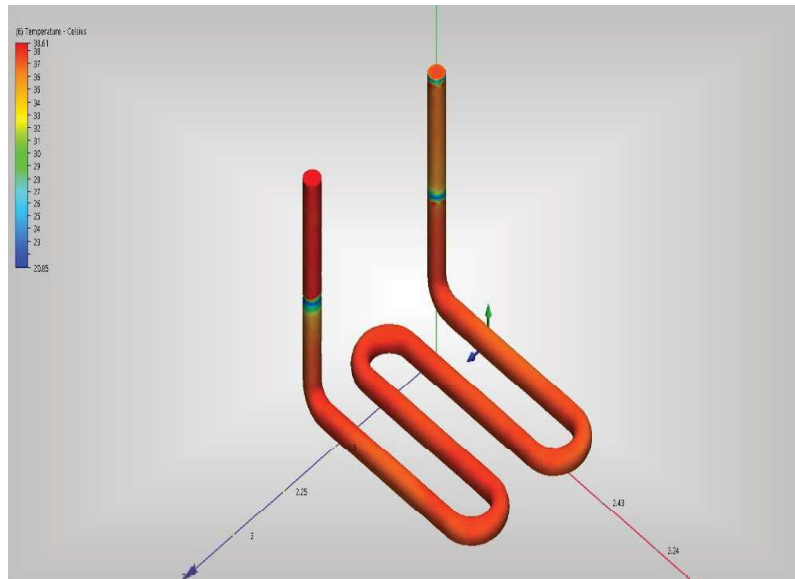
Şekil 2. Farklı boru dizilişlerdeki THID sistemleri

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

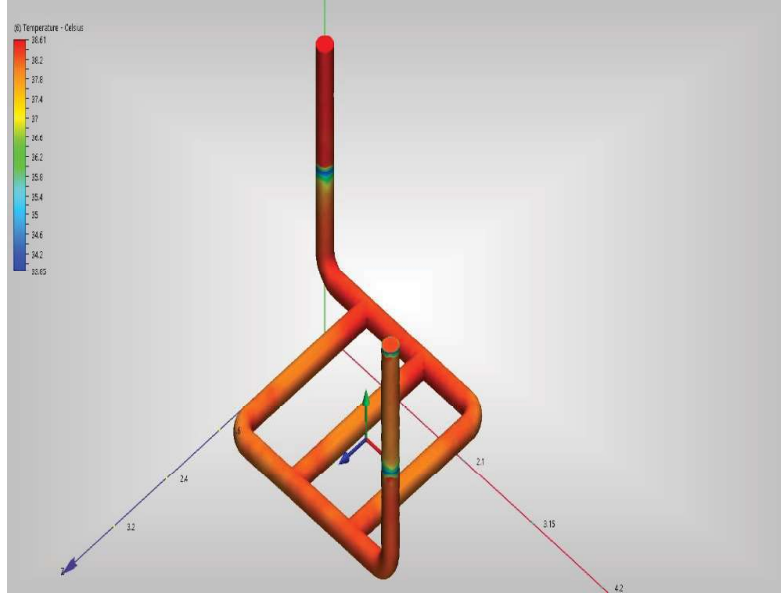
THID Sisteminde boru dizilişinin performans üzerine etkisini tespit etmek için U tipi, S tipi ve ızgara boru dizilişi HAD analizinde ele alınmıştır. Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te toplam boru uzunluğu, boru çapı ve toprak derinliği eşit olan THID sistemlerine ait sıcaklık değişimi 3 farklı boru dizilişi için sırasıyla verilmiştir. Farklı boru dizilişine sahip THID sistemlerinin çıkış sıcaklıklarının birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. U boru dizilişli THID sisteminde sıcaklık değişiminin HAD analiz görünümü

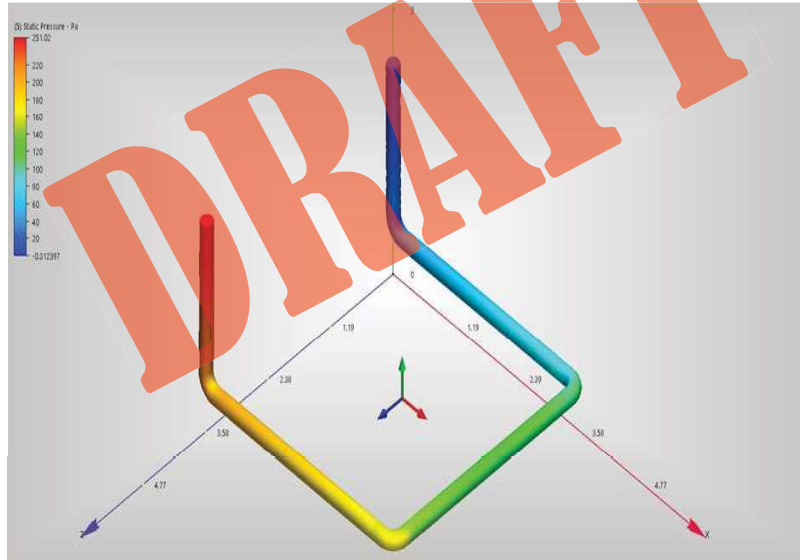


Şekil 4. S boru dizilişli THID sisteminde sıcaklık değişiminin HAD analiz görünümü

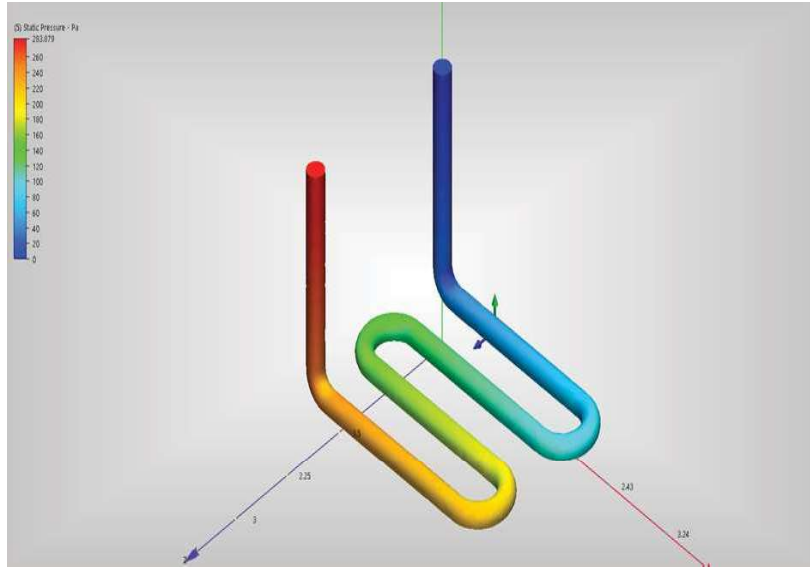


Şekil 5. Izgara boru dizilişli THID sisteminde sıcaklık değişiminin HAD analiz görünümü

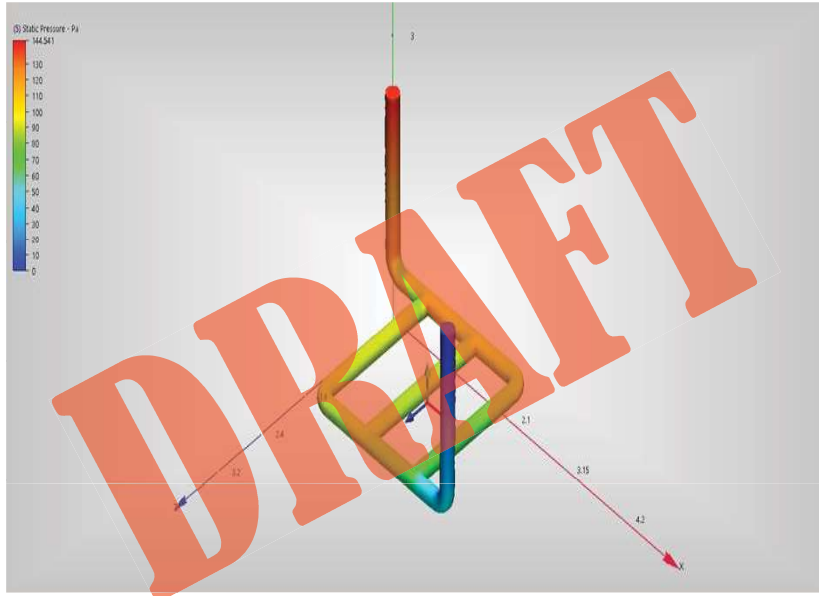
Ele alınan THID sistemlerindeki basınç farkı 3 farklı boru dizilişi için Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’ de sırasıyla verilmiştir. Autodesk Simulation CFD programı kullanılarak elde edilen farklı boru dizilişlerine ait THID sistemlerinin basınç kayıpları yapılan analizler sonucunda incelendiğinde U boru dizilişli THID sistemindeki basınç kaybı değerinin en düşük olduğu, ızgara boru dizilişli THID sisteminin ise en yüksek basınç kaybı değerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. U boru dizilişli THID sisteminin basınç farkının HAD analiz görünümü



Şekil 7. S boru dizilişli THID sisteminin basınç farkının HAD analiz görünümü



Şekil 8. Izgara boru dizilişli THID sisteminin basınç farkının HAD analiz görünümü

Tablo 1’ de farklı boru tiplerine ait THID sistemlerinin; giriş ve çıkış hava sıcaklıkları, hava hızı ve basınç kaybı değerleri verilmiştir. Çizelgeden U boru dizilişine göre S tipi dizilişte basınç kaybının arttığı fakat çıkış sıcaklığının önemli bir derecede değişmediği görülmektedir.

Boru Tipi	Hız (mm / s)	Basınç Kaybı (ΔP) Pa	Giriş Sıcaklığı($^{\circ}C$)	Çıkış Sıcaklığı($^{\circ}C$)
U	6400	246.696	38.61	33.901
S Tipi	6400	258.881	38.61	33.9412
Izgara	6400	277.890	38.61	33.895
U	7200	285.912	38.61	34.019
S Tipi	7200	301.125	38.61	34.105
Izgara	7200	335.156	38.61	34.254

4. SONUÇLAR

Autodesk Simulation CFD programıyla, farklı boru dizilişine sahip (THID) sistemlerinin performans analizleri soğutma durumu için incelenmiştir. THID sistemlerinin basınç kayıpları ve çıkış sıcaklıkları farklı hava hızı durumları için karşılaştırılmıştır. Boru dizilişinin basınç kaybında önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. THID sistemlerinin çıkış sıcaklıklarında ise farklı boru dizilişinin etkisinin çok düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Isı transferi açısından olumsuz bir etki yapmaması için borular arasındaki mesafenin yeterli olması gerektiği tespit edilmiştir. HAD yazılımı ile THID sistemlerinin termoakış analizleri her türlü çalışma durumunda yapılabileceği ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.

REFERANSLAR

- [1] Energy Policies of IEA Countries 2016 Review Turkey, International Energy Agency Publications, 2016, France.
- [2] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2014 Ankara
- [3] Bulut, H., Karadağ, R., Demirtaş, Y. and Hilali, İ. Şanlıurfa Kış Şartlarında Bir Toprak-Hava Isı Değiştiricisinin Performans Analizi. Tesisat Mühendisliği, 2016, 152: p. 54-66.
- [4] Serageldin, A.A., Abdelrahman, A.K. and Ookawara, S. Earth-Air Heat Exchanger thermal performance in Egyptian conditions: Experimental results, mathematical model, and Computational Fluid Dynamics simulation. Energy Conversion and Management, 2016. 122:p. 25–38.
- [5] Bisoniya, T.S., Kumar, A. and Baredar, P. Energy metrics of earth–air heat exchanger system for hot and dryclimatic conditions of India. Energy and Buildings, 2015. 86:p. 214–221.
- [6] Niu, F., Yu, Y., Yu, D. and Li, H., Heat and mass transfer performance analysis and cooling capacity prediction of earth to air heat exchanger. Applied Energy, 2015. 137:p. 211–221.
- [7] Gan, G., Simulation of dynamic interactions of the earth–air heat exchanger with soil and atmosphere for preheating of ventilation air. Applied Energy, 2015. 158:p. 118–132.
- [8] Mathur, A., Srivastava, A., Agrawal, G.D., Mathur, S., Mathur, J. CFD analysis of EATHE system under transient conditions for intermittent operation. Energy and Buildings, 2015. 87:p. 37–44.
- [9] Bansal, V., Misra, R., Agrawal, G.D. and Mathur, J. Transient effect of soil thermal conductivity and duration of operation on performance of Earth Air Tunnel Heat Exchanger. Applied Energy, 2013,103:p. 1-11.
- [10] Misra, R., Bansal, V., Agrawal, G. D., Mathur, J. and T. K. Aseri., CFD analysis based parametric study of derating factor for Earth Air Tunnel Heat Exchanger. Applied Energy, 2013. 103:p. 266–277.
- [11] Trzaski, A. and Zawada, B. The influence of environmental and geometrical factors on air-ground tube heat exchanger energy efficiency. Building and Environment, 2011.46:p. 1436-1444.
- [12] Vaz, J., Sattler, M.A., Santos, E.D. and Isoldi, L.A. Experimental and numerical analysis of an earth–air heat exchanger. Energy and Buildings, 2011. 43: p. 2476–2482.
- [13] Peretti, C., Zarrella, A., DeCarli M. and Zecchin R. The design and environmental evaluation of earth-to-air heat exchangers (EAHE) A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013. 28: p. 107–116.
- [14] Bulut, H., Peker, B., Demirtaş, Y. and Hilali, İ., Toprak-Hava Isı Değiştiricisi Performansının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği İle Analizi, Uluslararası Enerji ve Mühendislik Konferansı (UEMK 2016). p. 520-531.
- [15] HSK Ar-Ge, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği. Teknik Bülten, 2011. 5:p.1-6.