

GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERDE KULLANILAN DEPOLARIN HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE İNCELENMESİ

Utku Şentürk¹

Dr.,
utku.senturk@ege.edu.tr

Hasan Koçyiğit¹

live_arth@hotmail.com

Ali Güngör^{1*}

Prof. Dr.,
ali.gungor@ege.edu.tr

¹ Ege Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü,
Bornova, İzmir

ÖZET

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde, uygun büyüklük, geometri, iç yerleşim elemanlarının kullanımı, yatay veya dikey kullanım, çap-boy oranı, soğuk su girişinin ve sıcak su çıkışının yer ve diğer özellikleri gibi çok sayıda parametrenin, deponun işletme karakteristiğine etkileri vardır.

Bu çalışmada, bir dik depo, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile incelenmiştir. Soğuk suyun depoya giriş debisi, soğuk su girişinin konumu gibi değişik parametrelerin olası etkileri, yapılan değişikliklerle belirlenmiş ve ideal bir depo tasarımında dikkat edilmesi gerekli noktalar aktarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, su deposu, hesaplamalı akışkanlar dinamiği

Investigation of the Solar Hot Water Storage Tank Using Computational Fluid Dynamics

ABSTRACT

Many parameters such as size, geometry, choice of the placement of components, horizontal vs. vertical positioning, diameter-to-length ratio, cold water inlet and hot water outlet influence the operating characteristics of a hot water storage tank.

In this study, a vertical storage tank is investigated using Computational Fluid Dynamics. Effects of several parameters such as cold water inlet flow rate and position are determined by investigating several cases and certain aspects on designing an ideal storage are emphasized.

Keywords: Solar energy, water storage tank, computational fluid dynamics.

* İletişim yazarı

Geliş tarihi : 07.12.2012

Kabul tarihi : 21.12.2012

7-8 Ekim 2011 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Mersin’de düzenlenen 5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu’nda sunulan bildiri, yazarlarınca güncellenerek ve genişletilerek bu makale hazırlanmıştır.

Şentürk, U., Koçyiğit, H., Güngör, A. 2012. “Güneş Enerjili Sistemlerde Kullanılan Depoların Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile İncelenmesi ,” TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 634, s. 51-59

1. GİRİŞ

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin bir bileşeni olan sıcak su depolarının tasarım aşamasında tercih edilen geometrik özellikleri, sistemin işletme karakteristiği üzerinde belirleyici etkilere sahiptir. Ayrıca, su deposu içerisindeki akışkanın ısı tabakalaşmasının, depo performansını arttıran bir etki olduğu bilinmektedir.

Değişik firmaların üretimlerine bakıldığında sıcak su depolarının çok farklı tasarım ve yerleşime sahip olduğu ve birbirinden farklı yapılara sahip olduğu gözlenebilir. Sıcak su deposu özellikle ısı tabakalaşma da isteniyor ise dik olarak yerleştirilen bir yapıda güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılmaktadır.

Alizadeh [1], silindirik bir depolama tankının ısı davranışını deneysel ve nümerik olarak incelemiştir. Dört aşamada yapmış olduğu deneysel çalışmanın ilk aşaması, başlangıçta ısı tabakalaşmaya sahip bir tankın tabanındaki akışkan sıcaklığı ile tanka giren akışkan sıcaklığının eşit olduğu durumdur. İkinci aşamada, tankın tabanındaki akışkan sıcaklığının tanka giren akışkan sıcaklığından düşük olduğu durum incelenmiş, üçüncü aşamada ise eşil bir tank ele alınmıştır. Dördüncü aşamada, giriş borusu yerine tank tabanına doğru bükülmüş iraksak bir lüle koyarak sıcaklık tabakalaşmasını incelemiştir. En iyi tabakalaşmanın dördüncü durum olduğu vurgulanarak, iki farklı boyutlu nümerik model ile deneysel bulguların doğrulanması gerçekleştirilmiştir. Depolama tanklarındaki ısı tabakalaşmanın HAD ile üç boyutlu nümerik simülasyonları, Cònsul vd. [2] tarafından incelenmiştir. Tankta giren kütleli debinin ısı tabakalaşma üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Tank içerisindeki sıcaklık dağılımları, Alizadeh'in [1] deneysel bulgularıyla karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Eames ve Norton [3], Sonlu Hacimler Yöntemi'ni kullanan nümerik bir model ile, tabakalaşmaya sahip sıcak su depolama tanklarının ısı performansını araştırmış ve sıcaklık ölçümlerinin gerçekleştirildiği deneysel bir çalışmayla doğrulanmıştır. Shah ve Furbo [4], depolama tankı girişindeki su jetinin formunu bozarak, ısı tabakalaşmaya olan etkisini incelemiştir. Bu amaçla, üç farklı tipteki tank girişini, ticari HAD yazılımı Fluent ile nümerik olarak incelemiştir. Daha sonra, bu depolama tankları deneysel olarak ele alınmış, akış görselleştirmeyle giriş etkileri gözlenmiştir. Shah [5] çalışmalarında, dikey, ceketli, üstten giriş ve alttan çıkışlı ısı değiştiricileri için iki yeni ısı transferi korelasyonu geliştirmiştir. Bu korelasyonlar, dikey, ceketli tankların HAD ile modellenmesi bulgularına dayalıdır. Morrison vd. [6], güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan yatay, ceketli ısı değiştiricilerin özelliklerini incelemiştir. Bu ısı değiştiricinin deneysel incelenmesi, serpantin içindeki akım çizgilerini ve ısı transferini değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, akış ve ısı transferi problemleri, ticari yazılım Fluent ile nümerik olarak modellenmiştir. Yatay, ceketli ısı değiştiricinin, giriş debisi, sıcaklığı ve konumu gibi parametrelerinin etkileri ele alınmıştır.

Zachár vd. [7], depolama tanklarının girişine yerleştirilen akış engelleyici plakaların boyutunun, ısı tabakalaşmayı arttırmaya yönelik etkisini değerlendirmişlerdir. Üstten ve alttan giriş koşullarında, hız ve sıcaklık alanları, Fluent ticari yazılımıyla nümerik olarak bulunmuş ve deneysel bulgularla karşılaştırılmıştır. Altuntop vd. [8], sıcak su depolama tankının içine yerleştirilmiş akış engelleyici plakaların, ısı tabakalaşmaya etkisini incelemiştir. Fluent ticari yazılımıyla gerçekleştirilen nümerik simülasyonlarda, 12 farklı tipte plaka ele alınmış ve bulgular, Zachár vd. [7] tarafından verilen deneysel bulgularıyla karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Ievers ve Lin [9], çeşitli boyutlardaki sıcak su depolama tanklarının nümerik simülasyonlarını, Fluent yazılımı kullanarak gerçekleştirmiştir. Tank içerisindeki ısı tabakalaşma incelenmiş, tabakalaşma derecesinin belirlenmesi amacıyla nümerik bulgulara dayalı bir ekserji analizi de sunulmuştur.

Bu çalışmada, örnek bir dik depo ele alınarak, depo içerisindeki sıcaklık dağılımının zamansal değişimi, çeşitli durumlar için, nümerik olarak incelenmiştir. Analizlerde, ticari HAD yazılımı Fluent kullanılmış; üç boyutlu, sıkıştırılmaz, daimi olmayan, türbülanslı akış kabulleri ile Navier-Stokes ve enerji denklemlerinin nümerik çözümleri elde edilmiştir. İki farklı depo modeli söz konusudur. Bunlardan birincisinde; soğuk akışkan girişi, depo tabanında olup, ikinci modelde ise, tabana yakın; ancak depo yanal yüzeyi üzerindedir. Nümerik araştırma kapsamında, öncelikle en uygun ağ çözünürlüğü araştırması, ardından ise uygun zaman adımının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, alttan girişli deponun, iki farklı soğuk akışkan debisinde çalışması durumunda, depo içerisindeki sıcaklık dağılımları elde edilerek karşılaştırılmıştır. Son olarak, soğuk akışkan girişi kapatılarak, altı saatlik bir ısıtma gerçekleştirilmiş, ardından, soğuk akışkan girişi tekrar açılarak, ısınan suyun çıkış sıcaklığının zamansal değişimi hesaplanmıştır.

2. MATEMATİKSEL MODEL

Depo geometrisinin sınırlarıyla belirlenen üç boyutlu problem bölgesinde, ısı transferinin de söz konusu olduğu akış temsil eden diferansiyel denklemler, Süreklilik Denklemi,

$$\nabla \cdot V = 0 \quad (1)$$

Navier-Stokes Denklemleri,

$$\rho = \frac{\partial V}{\partial t} + (\rho V \cdot \nabla) V = -\nabla P + \nabla \cdot \tau - \rho \beta (T - T_\infty) g \quad (2)$$

ve Enerji Denklemi'dir [2]:

$$\rho c_p = \frac{\partial V}{\partial t} + \rho c_p V \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) \quad (3)$$

Bu denklemlerde, hız alanı $V=ui+vj+wk$, basınç alanı P , gerilme tensörü τ ve yerçekimi ivmesi vektörü $g=g_x i+g_y j+g_z k$

olmak üzere; akışkanın yoğunluğu ρ , dinamik viskozitesi μ , sabit basınçta özgül ısı c_p , ısı genleşme katsayısı β ve ısı iletim katsayısı k ile temsil edilmektedir.

Denklemler 1-3 ile tanımlı problemin analitik bir çözümü mevcut olmayıp, ilgili sınır koşulları altında, Sonlu Hacimler Yöntemi temelli Fluent ticari yazılımı kullanılarak, problemin nümerik çözümüne başvurulacaktır.

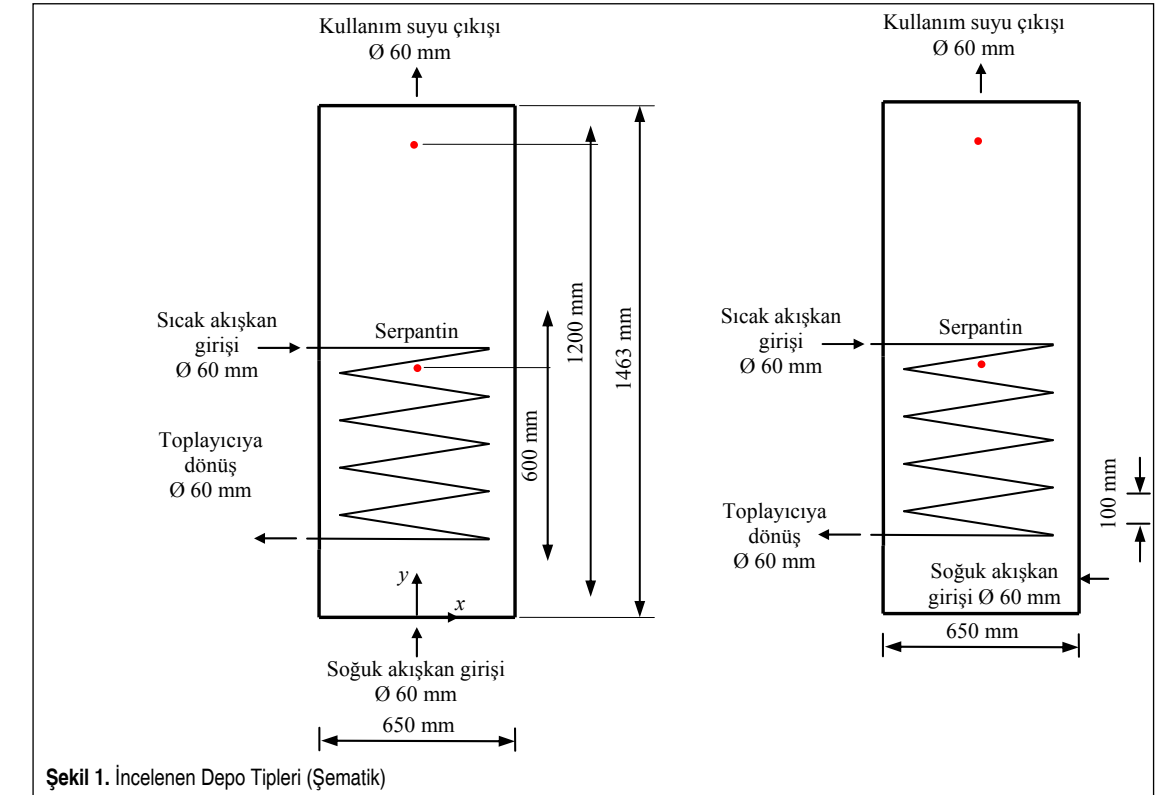
3. HAD SİMÜLASYONLARI

3.1 Geometri, Ağ, Sınır Koşulları ve Çözüm

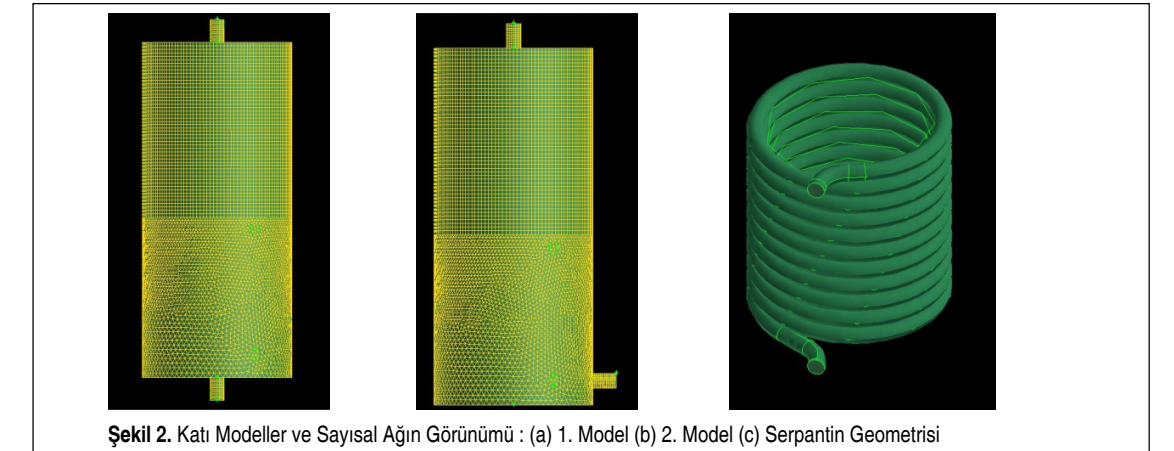
Bu çalışmada incelenen iki farklı tipteki depo modeli, Şekil 1'de verilmiştir.

Üç boyutlu modelin sonlu sayıda kontrol hacimlerine bölündüğü ağ örme işleminde, dört yüzlü ve altı yüzlü hücrelerin birlikte kullanıldığı melez ağ düzeni tercih edilmiştir (Şekil 2). Ağ çözünürlüğündeki değişimin, nümerik inceleme sonucunda bulunan problem parametreleri üzerine etkisinin belirlenmesi ve mümkün olduğunca azaltılması gerekir. Bu amaçla yürütülen ağdan bağımsızlık çalışmasında, 1. depo modelinde, üç farklı ağ oluşturulmuştur. Buna ait veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Sıkıştırılmaz ve daimi olmayan akış simülasyonlarında, ayrıştırılabilir ve çözüm için, SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) yöntemi ve İkinci Mertebe Akım Yönü Düzeni (Second Order Upwind Scheme) seçil-



Şekil 1. İncelenen Depo Tipleri (Şematik)



Şekil 2. Katı Modeller ve Sayısal Ağın Görünümü : (a) 1. Model (b) 2. Model (c) Serpantin Geometrisi

Tablo 1. Ağdan Bağımsızlık Araştırmasında Kullanılan Ağ Çözünürlükleri

İsim	Hücre Sayısı
Depo_1_ağ_1	135138
Depo_1_ağ_2	172668
Depo_1_ağ_3	335361

miştir. Çalışma akışkanı su olup ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 0,001003 \text{ kg/m/s}$, $c_p = 4182 \text{ J/kg/K}$ ve $k = 0,6 \text{ W/m/K}$), helisel serpantin içinde ve dışındaki akış göz önünde bulundurularak, farkedilebilir (Realizable) $k-\varepsilon$ Türbülans Modeli kullanılmıştır.

Tüm analizlerde, toplayıcıdan gelen sıcak suyun serpantin girişindeki debisi $\dot{m}_{sıcak} = 0,04 \text{ kg/s}$ ve sıcaklığı $T_{sıcak} = 350 \text{ K}$ olarak sabit alınmıştır [10]. Kullanım suyu debisinin belirlenmesi için, tam açık bir musluktan şebeke suyu debisi ölçümü yapılmış, $\dot{m}_{soğuk,1} = 0,0985 \text{ kg/s}$ değeri alınmıştır. Bunun dışında, kısmen açık musluk durumu da değerlendirilerek $\dot{m}_{soğuk,2} = 0,075 \text{ kg/s}$ olmak üzere toplam iki farklı kullanım suyu debisi için analizler gerçekleştirilmiştir. Kullanım suyunun depoya giriş sıcaklığı, $T_{soğuk} = 288 \text{ K}$ olarak belirlenmiştir. Adyabatik depo içerisindeki akışkanın başlangıç anındaki sıcaklığı $T_0 = 293 \text{ K}$ olarak alınmıştır.

Bu çalışmada incelenen temel problem parametresi akışkan

sıcaklığıdır. Dolayısıyla, depo taban dairesinin merkezinden yukarı doğru ölçülmek üzere $y = 600; 1200 \text{ mm}$ olan iki noktada sıcaklığın zamansal değişimi hesaplanarak kaydedilmiştir. Bunun dışında, serpantin çıkışında ve depo çıkışındaki su sıcaklıkları da kaydedilmiştir.

Zaman adımının belirlenmesi amacıyla, Depo_1_ağ_1 modeli alınarak, $\Delta_t = 0,25; 0,5; 1; 2 \text{ s}$ olmak üzere dört adet zaman adımıyla, iki saatlik çalışma için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan sıcaklık hesaplamalarının karşılaştırılması sonucunda, tüm analizlerde $\Delta_t = 2 \text{ s}$ alınması uygun görülmüştür. Kullanım suyu debisi değişiminin incelendiği tüm durumlar için iki saatlik simülasyon süresi belirlenmiştir.

Son olarak, kullanım suyu vanasının kapatılarak, depo içerisinde gerçekleştirilecek altı saatlik bir ön ısıtmanın ardından kullanım durumu ele alınmıştır. Bu analizler sonucunda, depo içerisindeki ısı tabakalaşmanın zamansal değişimi gözlenmiştir. Vananın açılmasının ardından, iki saatlik kullanım için, depo çıkışındaki kullanım suyu sıcaklığının değişimi, hesaplanarak kaydedilmiştir.

4. BULGULAR

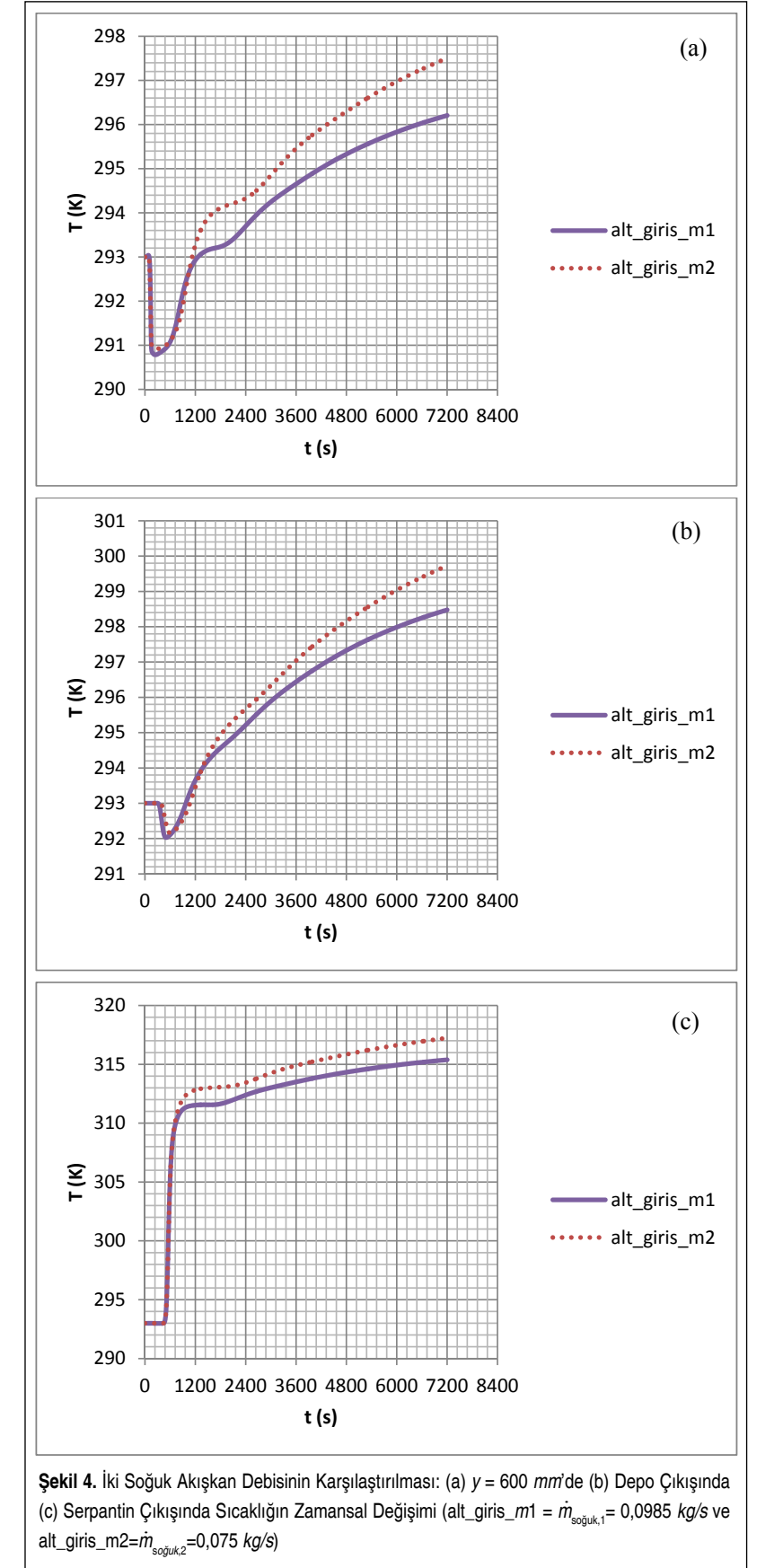
4.1 Ağdan Bağımsızlık

Üç farklı ağ çözünürlüğü için yapılan daimi olmayan akış analizleri sonucunda, $y = 1200 \text{ mm}$ ve serpantin çıkışındaki sıcaklıkların zamansal değişimi, Şekil 3'te verilmiştir.

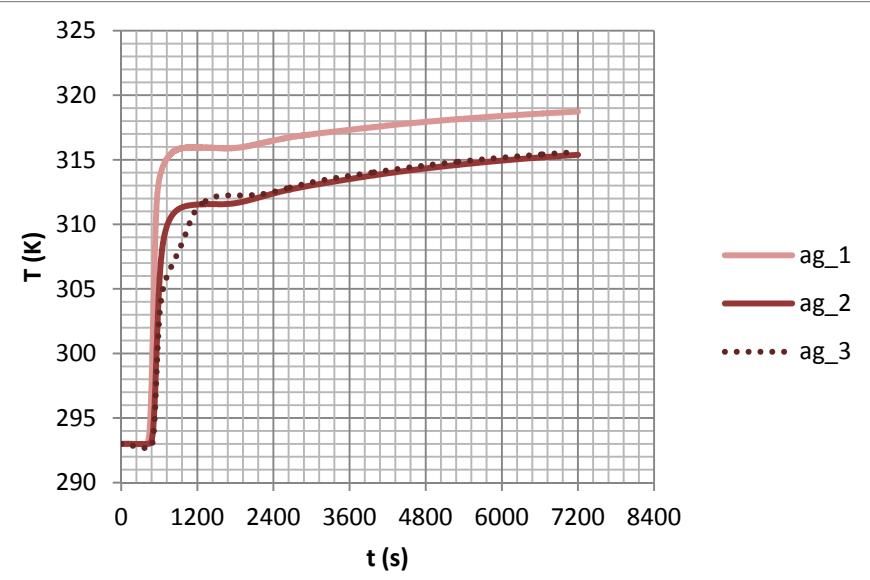
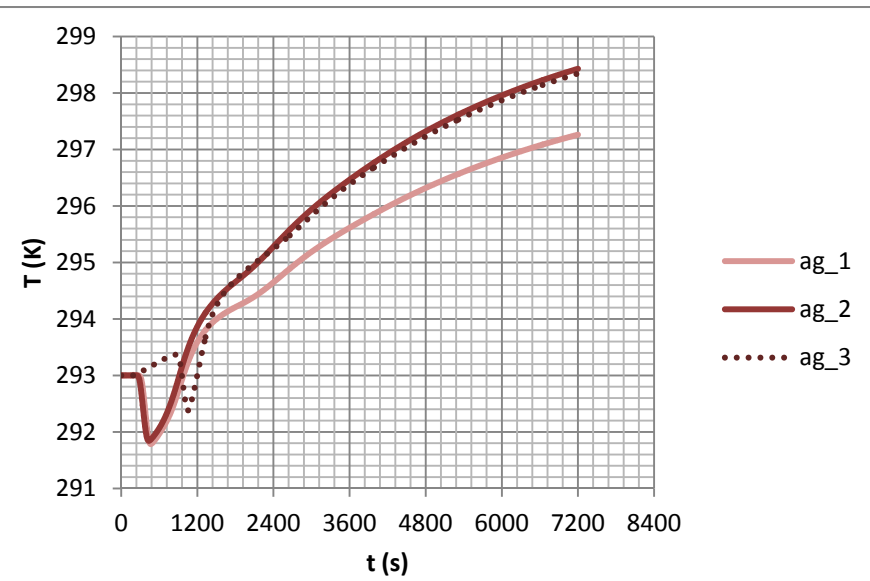
Buna göre, ag_2 ve ag_3 çözünürlüklerinde yakın sonuçlar elde edilmiş, ancak, ag_1 çözünürlüğünde sıcaklığın zamansal değişimi diğer durumlara kıyasla daha farklı bulunmuştur. Bu bilgilere dayanarak, hücre sayısının, toplam simülasyon süresine yaptığı olumsuz etki dolayısıyla ag_2 çözünürlüğünün en uygun olduğu kanısına varılmıştır ve simülasyonlarda kullanılmıştır.

4.2 Soğuk Su Debisi Değişimi

Soğuk akışkanın depoya alttan girişinin söz konusu olduğu birinci modelde, iki farklı çalışma debisi için, iki saatlik analizler gerçekleştirilerek, debi değişiminin sıcaklık dağılımına etkisi incelenmiştir. Tam açık musluk için $\dot{m}_{soğuk,1} = 0,0985 \text{ kg/s}$ ve kısmen açık musluk durumunda $\dot{m}_{soğuk,2} = 0,075 \text{ kg/s}$ olmak üzere toplam iki farklı



Şekil 4. İki Soğuk Akışkan Debisinin Karşılaştırılması: (a) $y = 600 \text{ mm}$ 'de (b) Depo Çıkışında (c) Serpantin Çıkışında Sıcaklığın Zamansal Değişimi (alt_giris_m1 = $\dot{m}_{soğuk,1} = 0,0985 \text{ kg/s}$ ve alt_giris_m2 = $\dot{m}_{soğuk,2} = 0,075 \text{ kg/s}$)



Şekil 3. Tablo 1'de Verilen Ağ Çözünürlüklerinin Karşılaştırılması: (a) $y=1200 \text{ mm}$ 'de (b) Serpantin Çıkışında Sıcaklığın Zamansal Değişimi

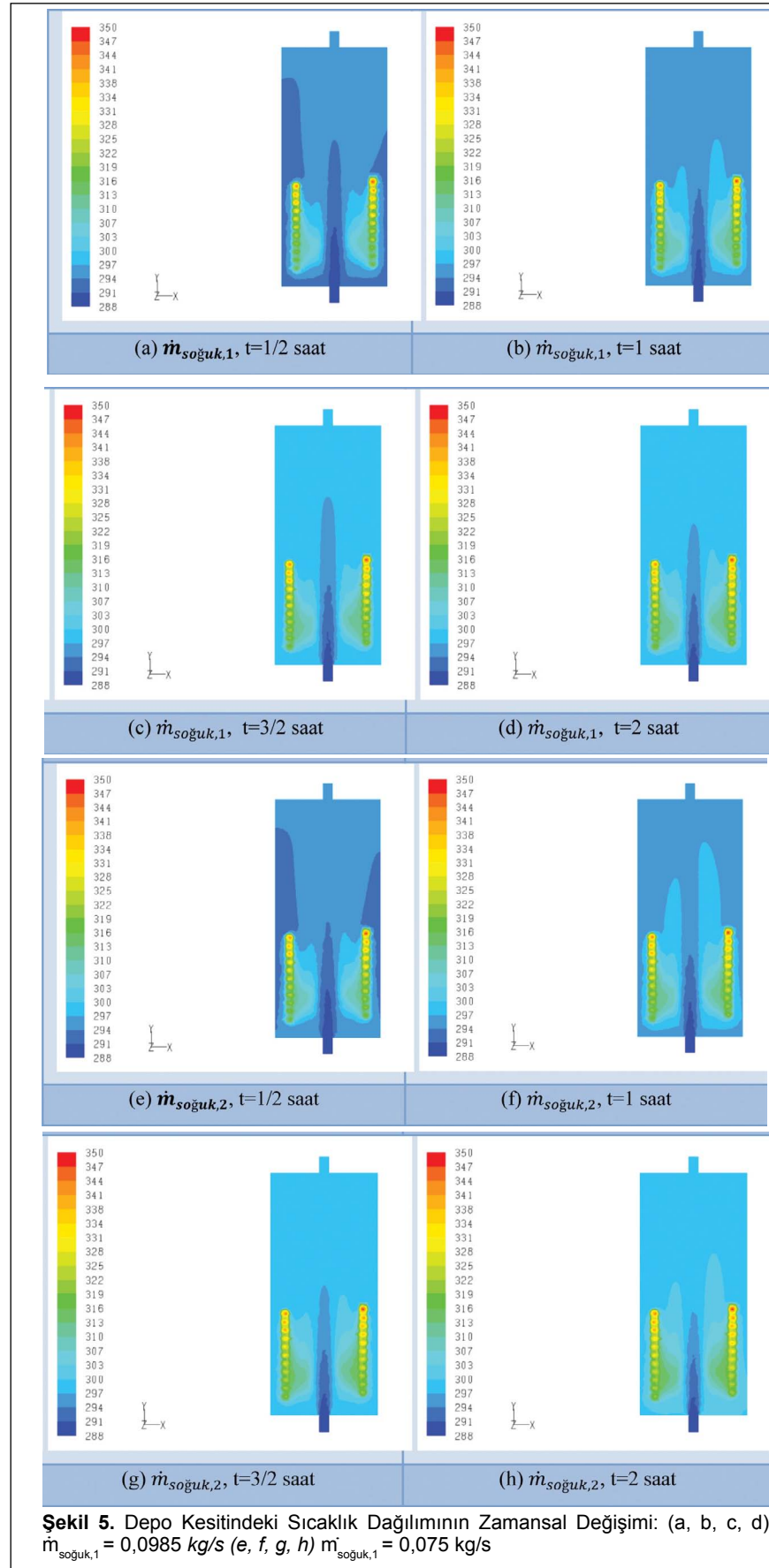
kullanım suyu debisi için, $y = 600$ mm konumunda, depo çıkışında ve serpantin çıkışındaki soğuyan sıcak suyun sıcaklıklarının zamansal değişimi Şekil 5'te sunulmuştur.

Buna göre, soğuk akışkanın depoya alttan girişinin söz konusu olduğu durumda, azalan hacimsel debi sonucunda, kullanım suyu sıcaklığının arttığı gözlenmektedir. Bunun sebebi, soğuk su girişinin depoya bağlandığı konum itibarıyla, su jetinin, helisel serpantin içinden yüksek hızla geçmesidir. Hacimsel debinin azalmasıyla, serpantin çeperlerinde gerçekleşen ısı transferi artmıştır. Her iki debi için, depo kesitindeki sıcaklık dağılımlarının zamansal değişimi, Şekil 6'da verilmiştir.

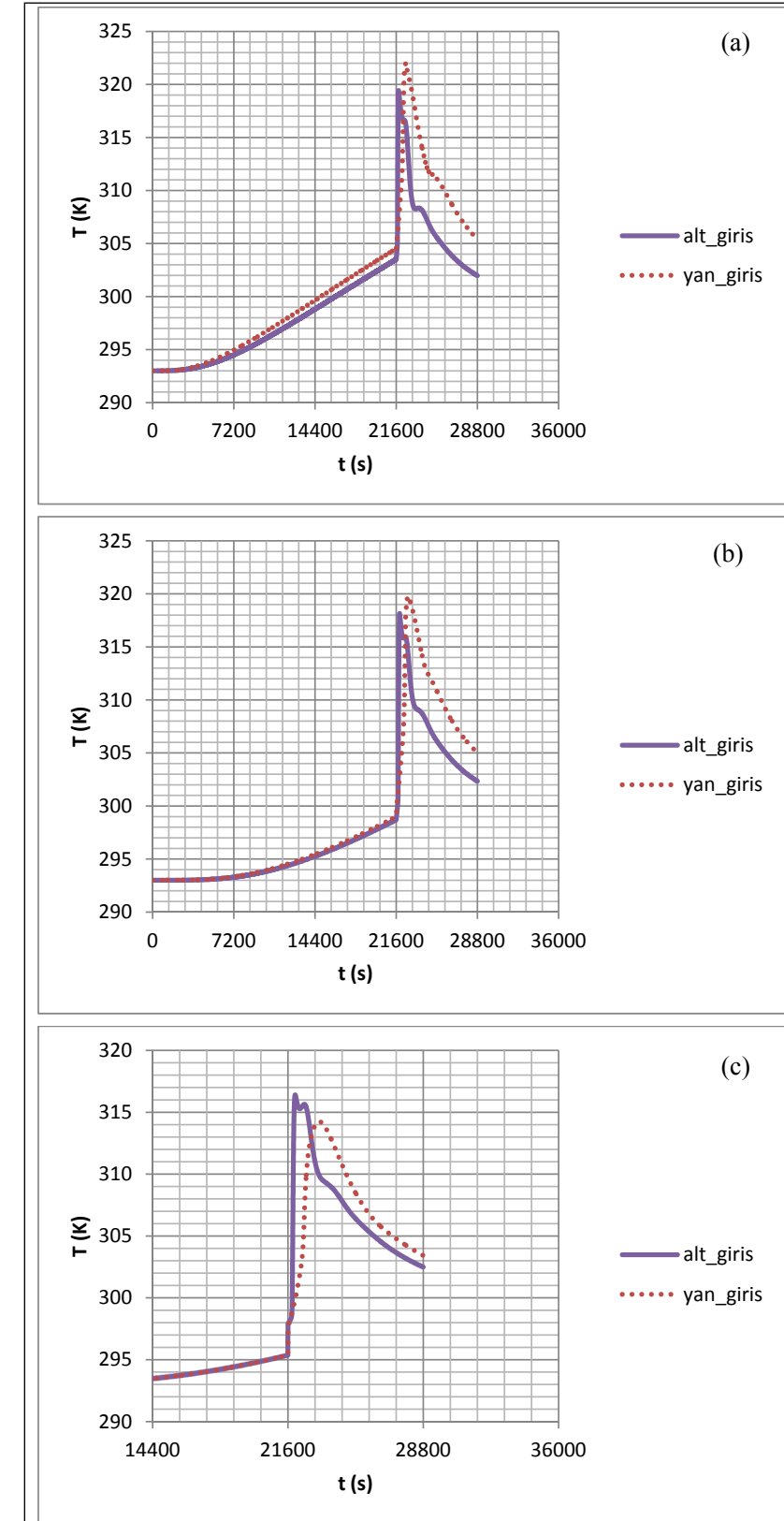
4.3 Altı Saatlik Ön Isıtma Durumu

Her iki depo modelinin, kullanım suyu vanasının kapatılarak, depo içerisinde gerçekleştirilecek altı saatlik bir ön ısıtmanın ardından kullanımı durumu ele alınmıştır. İki saatlik kullanım esnasında da sıcak su devresi açıktır. Altı saat ardından vananın açılmasıyla, $y = 600$ mm, $y = 1200$ mm konumlarında ve depo çıkışındaki su sıcaklıklarının zamansal değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. Bu analizlerde, kullanım suyu debisi, ($\dot{m}_{soğuk,1}$) = 0,0985 kg/s olarak alınmıştır.

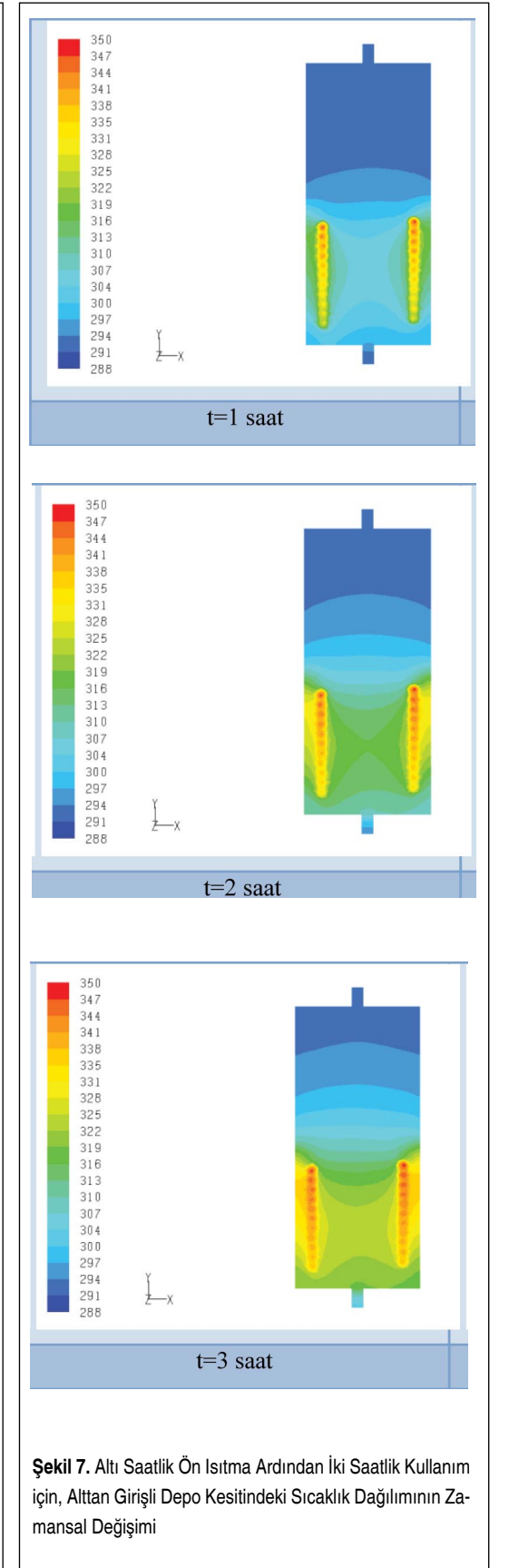
Sonuçlar irdelendiğinde, soğuk su girişinin depo yan yüzeyi üzerinde olduğu modelde, kullanım suyu sıcaklığının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, depoya eksel yönde giriş yapan soğuk suyun, sıcak boru demeti üzerinden akışıyla ısı transferinin artırılmasıdır. Birinci depo modelinde, 7. saat sonunda 306,4 K ve 8. saat sonunda 302,4 K su sıcaklıkları elde edilmiştir. İkinci depo modelinde, 7. saat sonunda 308,5 K ve 8. saat sonunda 303,5 K su sıcaklıkları elde edilmiştir. Alttan girişli depo kesitinde, sıcaklığın zamansal değişimi ise, Şekil 8'de verilmiştir.



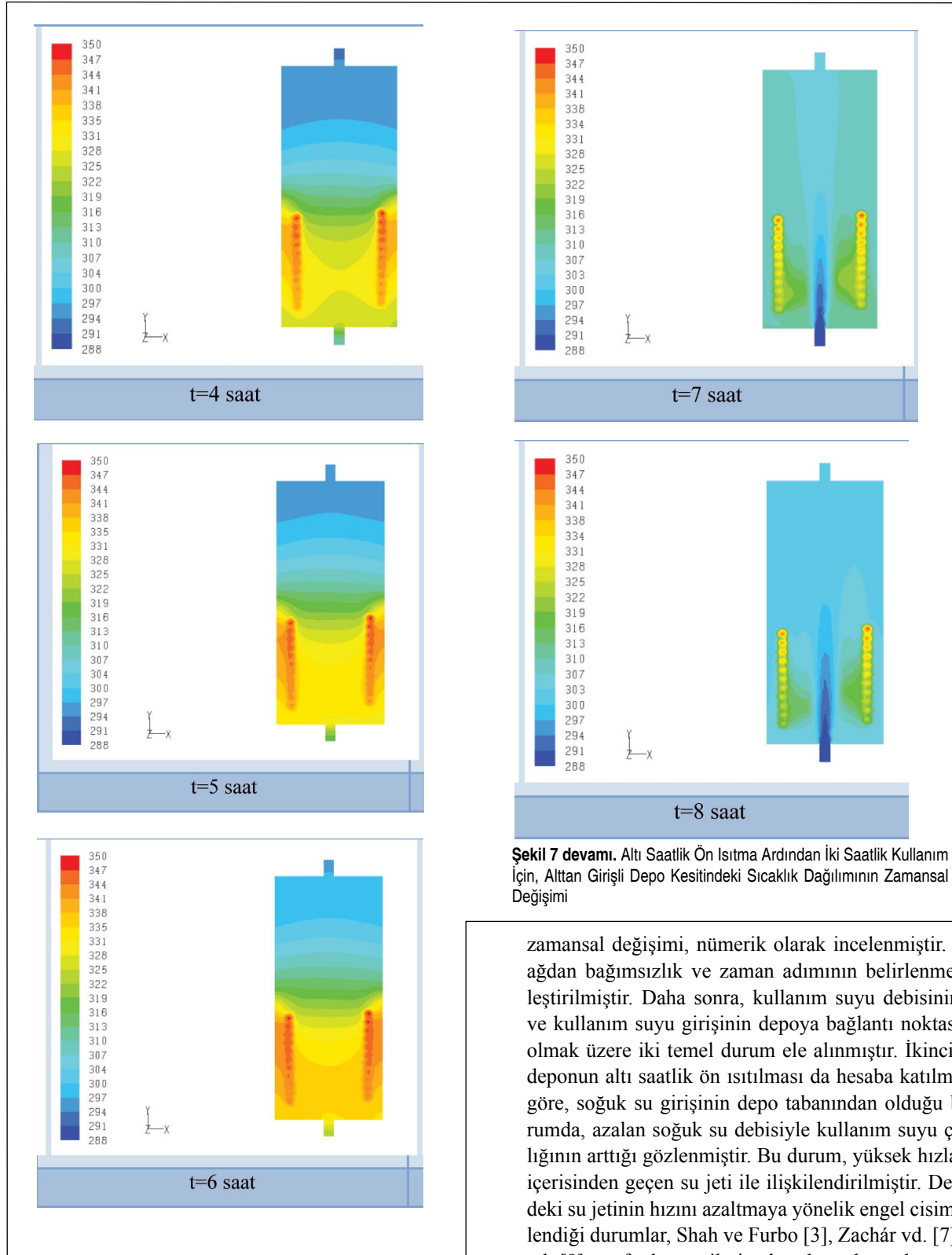
Şekil 5. Depo Kesitindeki Sıcaklık Dağılımının Zamansal Değişimi: (a, b, c, d) $\dot{m}_{soğuk,1} = 0,0985$ kg/s (e, f, g, h) $\dot{m}_{soğuk,2} = 0,075$ kg/s



Şekil 6. Altı Saatlik Ön Isıtma Ardından İki Saatlik Kullanım İçin İki Depo Modelinin Karşılaştırılması: (a) $y = 600$ mm'de (b) $y = 1200$ mm'de (c) Depo Çıkışında Sıcaklığın Zamansal Değişimi



Şekil 7. Altı Saatlik Ön Isıtma Ardından İki Saatlik Kullanım İçin, Alttan Girişli Depo Kesitindeki Sıcaklık Dağılımının Zamansal Değişimi



5. SONUÇ

Bu çalışmada, güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan örnek bir dik depo içerisindeki sıcaklık dağılımının

zamansal değişimi, nümerik olarak incelenmiştir. Öncelikle, ağdan bağımsızlık ve zaman adımının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, kullanım suyu debisinin değişimi ve kullanım suyu girişinin depoya bağlantı noktasının etkisi olmak üzere iki temel durum ele alınmıştır. İkinci durumda, deponun altı saatlik ön ısıtılması da hesaba katılmıştır. Buna göre, soğuk su girişinin depo tabanından olduğu birinci durumda, azalan soğuk su debisiyle kullanım suyu çıkış sıcaklığının arttığı gözlenmiştir. Bu durum, yüksek hızla serpantin içerisinden geçen su jeti ile ilişkilendirilmiştir. Depo girişindeki su jetinin hızını azaltmaya yönelik engel cisimlerin incelendiği durumlar, Shah ve Furbo [3], Zachár vd. [7], Altuntop vd. [8] tarafından verilmiş olup, bu çalışmada seçilen düşük debinin ($m_{soğuk,2} = 0,075$ kg/s) tercih edilmesi gerektiği görülmektedir. İncelenen ikinci durumda, altı saatlik ön ısıtmanın ardından, kesintisiz iki saatlik kullanım durumu değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, soğuk su girişinin depo yanal yüzeyi

üzerinde olmasıyla, ısı transferinin arttığı ve kullanım suyu sıcaklığının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, kapsamlı HAD analizlerinin, değişik yerleşim ve parametrelerin depo tasarımında kullanılabileceği belirlenmiştir. Bunun dışında, ısı tabakalaşmayı kolaylaştıracak engel ve düzenekleri de depo tasarımlarında kullanılmalıdır. Depo tasarımlarında ısı değiştirici yerleşimi, alanı ve yönlendirmeler, sıcak ve soğuk akışkan debileri, ısı tabakalaşma ile istenen sıcaklık dağılımlarına ulaşmak için tasarımlarda değerlendirilmelidir.

SEMBOLLER

- c_p : Sabit basınçta özgül ısı (J/(kgK))
 V : Hız alanı (m/s)
 g : Yer çekimi ivmesi vektörü (m/s²)
 P : Basınç alanı (Pa)
 T : Sıcaklık (K)
 k : Isı iletim katsayısı (W/(mK))
 β : Isıl genleşme katsayısı (1/K)
 μ : Dinamik viskozite (kg/(ms))
 ρ : Yoğunluk (kg/m³)

KAYNAKÇA

1. Alizadeh, S. 1999. "An Experimental and Numerical Study of Thermal Stratification in a Horizontal Cylindrical Solar Storage Tank," Solar Energy, vol. 66, no. 6, p. 409-421.
2. Cònsul, R., Rodríguez, I., Pérez-Segarra, C. D., Soria, M. 2004. "Virtual Prototyping of Storage Tanks by Means of Three-Dimensional CFD and Heat Transfer Numerical Simulations," Solar Energy, vol. 77, p. 179-191.
3. Eames, P. C., Norton, B. 1998. "The Effect of Tank Geometry on Thermally Stratified Sensible Heat Storage Subject to Low Reynolds Number Flows," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 41, no.14, p. 2131-2142.
4. Shah, L. J., Furbo, S. 2003. "Entrance Effects in Solar Storage Tanks," Solar Energy, vol. 75, p. 337-348.
5. Shah, L. J. 2000. Heat Transfer Correlations for Vertical Mantle Heat Exchangers, Solar Energy, vol. 69 (Supplements, 1-6), p. 157-171.
6. Morrison, G., Nasr, A., Behnia, M., Rosengarten, G. 1998. "Analysis of Horizontal Mantle Heat Exchangers in Solar Water Heating Systems," vol. 64, no. 1-3, p. 19-31.
7. Zachár, A., Farkas, I., Szlivka, F. 2003. "Numerical Analysis of the Impact Plates For Thermal Stratification Inside a Storage Tank With Upper and Lower Inlet Flows," Solar Energy, vol. 74, p. 287-302.
8. Altuntop, N., Arslan, M., Özceylan, V., Kanoğlu, M. 2005. "Effect of Obstacles on Thermal Stratification in Hot Water Storage Tanks," Applied Thermal Engineering, vol. 25, p. 2285-2298.
9. Ievers, S., Lin, W. 2009. "Numerical Simulation of Three-Dimensional Flow Dynamics in a Hot Water Storage Tank, Applied Energy," vol. 86, p. 2604-2614.
10. Duffie, J., A., Beckman, W. A. 2006. Solar Engineering of Thermal Processes, 3rd Edition, Wiley, ISBN: 0471698679, New Jersey, USA.

DEĞERLİ ÜYELERİMİZE

Bugün, her zamankinden daha fazla siz değerli üyelerimizin örgütlü gücüne ihtiyaç duymaktayız.

İktidarın, kamusal denetimi geriletan uygulamaları, halkın can güvenliğini ortadan kaldırmakla birlikte, Odamızın hizmet alanlarının daralmasına da yol açmaktadır.

Bütün ekonomik zorluklara rağmen, bilimsel gerçeklikler ışığında, mühendislik uygulamalarının önemini ortaya koyan raporlar yayınlama; mesleğimizi geliştirmeye ve toplumu bilinçlendirmeye yönelik bülten, dergi, kitap, broşür vb. yayın çalışmalarımızı sürdürme kararlılığımızdayız.

Bu nedenle sizlere ve halkımıza verdiğimiz hizmetlerin yanında çok temsili kaldığına inandığımız üyelik aidatlarının ödenmesi konusunda katkılarınızı bekliyoruz.