

GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU TANKI İÇERİSİNE YERLEŞTİRİLEN ENGELLERİN GEOMETRİLERİNİN VE KONUMLARININ SICAKLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Necdet ALTUNTOP*

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ - altuntopt@erciyes.edu.tr

Veysel ÖZCEYHAN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ - ozceyhan@erciyes.edu.tr

Yusuf TEKİN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ - ytekin@erciyes.edu.tr

Sibel GÜNEŞ

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ - sgumus@erciyes.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjili ısıtma sistemlerinde kullanılan ve içerisinde zorlanmış taşınım ile ısı transferi gerçekleşen, silindirik sulu ısıtma enerji depolama tankı içerisine yerleştirilen farklı geometriye sahip engellerin ve bu engellerin konumlarının sıcaklık tabakalaşmasına etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Silindirik tankın içerisine üç farklı tipte engel, su tankının tabanından itibaren farklı mesafelerde konularak, tankın alt ve üst tarafında bulunan soğuk ve sıcak suyun, birbirine karışması engellenerek, sıcaklık tabakalaşmasının muhafaza edildiği en iyi engel tipi ve pozisyonunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Sonuç olarak; her bir engel (A, B ve C) için tanktan alınan kullanım suyu (T_3) ile kolektöre giden su (T_1) sıcaklıkları arasındaki fark, zamana göre altı farklı (f) mesafesi için incelenerek, sıcaklık tabakalaşması açısından en iyi engel geometrisi olarak B engeli ve engelin tank tabanından optimum mesafesi $f=0.8$ m olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl tabakalaşma, sıcak su depolama tankı, tank engelleri

Numerical Analysis of The Effect of Obstacle's Geometry and Its Positions on Thermal Stratification in the Solar Powered Hot Water Tank

ABSTRACT

In this study, the effect of the geometry of an obstacle placed in a hot water storage tank used in solar powered heating systems in which forced convection heat transfer occurs and obstacle position on thermal stratification are numerically investigated. It is focused on to determine the best obstacle type and position by placing three different obstacle types at various distances from the bottom of the hot water tank in order to keep the thermal stratification by avoiding the mixing of cold and hot water existing at the bottom and to provide the tank, respectively. As a result, the obstacle B was determined to be the best obstacle and optimum distance from the bottom of the tank was determined to be $f=0.8$ m by examining the difference between the usage temperature (T_3) and temperature of water going to the collector (T_1) for six different distances by time.

Keywords: Thermal stratification, hot water storage tank, tank obstacles

* İletişim yazarı

Geliş/Received : 17.07.2008

Kabul/Accepted : 16.09.2008

GİRİŞ

Güneş enerjisi ile ısı enerjisi depolama, evlerde ve endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisini, su ısıtma uygulamalarında kullanmak için bu enerjinin bir kısmını depolayarak güneş olmadığı günlerde kullanıma verilmesi gerekmektedir. Sulu ısı enerjisi depolama ünitelerinde, depolanan sıcak su, kullanılmaya başlandığında, eksilen suyun yerini, şehir şebekesinden gelen soğuk su doldurmakta ve tanktaki sıcak su ile karışması sonucu, tanktaki karışım suyu sıcaklığı hızla düşmektedir. Bu çalışmada belirtilen olumsuzluğun ortadan kaldırılması için su tankının içerisine engeller yerleştirilerek çok kısa sürede sıcak ve soğuk suyun birbirlerine karışmalarının engellenmesi ve daha iyi bir sıcaklık tabakalaşması sağlanarak kullanıcıya daha uzun süreli sıcak su sağlanması hedeflenmektedir.

Uygun geometriye sahip engel, uygun pozisyonda tank içine konulduğunda, içinde engel bulunmayan tank modellerine göre, tank içindeki sıcaklık tabakalaşmasını çok olumlu olarak etkilemektedir. Sıcak su tankları içerisine engeller yerleştirilmesi, tank içerisindeki sıcak ve soğuk suyun birbirine hızlı bir şekilde karışmasının engellenmesinin yanı sıra, engelin üst kısmında bulunan sıcak suyun tabakalaşarak, en üst kısma, en sıcak suyun, engelin alt kısmına ise soğuk suyun toplanmasını sağlamaktadır. Sıcak su tankı içinde iyi sıcaklık tabakalaşması sağlayan bir engel, kullanıma yüksek sıcaklıkta su sağlamanın yanı sıra güneş kolektörüne düşük sıcaklıkta su gitmesini sağlayarak, kolektör veriminin artmasına yardımcı olmaktadır. Çünkü, tekrar ısıtma için sıcak su tankından güneş kolektörüne gönderilen akışkanın sıcaklığı ne kadar düşük olursa, güneş kolektörünün verimi de o kadar yüksek olmaktadır. Bu durum sıcak su depolama tankından yüksek sıcaklıkta kullanım suyu temin edilmesinin yanı sıra, özellikle güneş enerjili sıcak su ısıtma sistemleri için, ek bir fayda sağlamaktadır.

Literatürde ısı enerjisi depolama konusu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. [1-17]. Isı enerjisi depolama metodları, duyulur ısı depolamada ısı transferi ve sıcaklık tabakalaşması, ısı enerjisi depolama sistemlerinin termodinamik olarak optimizasyonu, Dincer ve Rosen tarafından seçilmiş uygulamalar ile ayrıntılı olarak verilmiştir [1]. Kenjo ve diğerleri [2] tarafından bölgesel yaklaşım kullanılarak mantolu güneş enerjisi depolama tankı modellenerek dinamik simülasyon ve sıcaklık tabakalaşması için optimizasyon çalışmışlardır. Alizadeh [3], silindirik paralel depolama tankının ısı davranışını nümerik ve deneysel olarak çalıştı. Nümerik çalışmada bir boyutlu "Turbulent Mixing" ve "Displacement Mixing" modelleri kullanarak, bu

modellerin kullanımı ile tank içindeki dikey sıcaklık dağılımının kararsız davranış göstermesi engellenmiştir. Choi ve Kim [4] tarafından dört farklı türbülans model kullanılarak ısı tabakalaşmanın nümerik olarak tahmin edilmesi araştırılmış ve her bir türbülans modelin sınır şartlarına ve ısı tabakalaşmanın olduğu bölgeye göre ısı tabakalaşmayı tahmin etmedeki başarısı test edilmiştir. Sıcak su tankındaki sıcaklık tabakalaşmasının artırılması için tank girişine katı ayırıcı yerleştirilmesinin etkisinin incelenmesi sayısal olarak ve deneysel olarak PIV sistem kullanılarak Shah ve diğerleri [5] tarafından gerçekleştirilmiştir. Ayırıcının 5-8 litre/dakika debiler arasında çok verimli olduğu bildirilmiştir. Al-Nimr [6] sıcak su depolama tanklarında, çeşitli dizayn parametrelerinin tankta oluşan ısı tabakalaşma üzerindeki etkisini ve suyun tanktan istenilen sıcaklıkta çıkması için gereken zamanı analitik olarak belirlemiştir. Helwa ve Mobarak [7], güneşli su depolama tankında oluşan sıcaklık dağılımı üzerinde sıcak su tüketiminin etkisini araştırmışlardır. Hariharan ve Badrinarayana [8], sıcak su depolama tanklarında oluşan sıcaklık tabakalaşmasını sayısal ve deneysel olarak çalışmışlar ve sistem üzerinde, işletme ve çevrenin ısı tabakalaşmaya etkileri araştırmışlardır. Sonuçta, su debisinin azaltılmasıyla oluşan sıcaklık farkının artması ile tabakalaşmanın iyileştiğini ve H, su depolama tankının boyu ve D, tank çapı olmak üzere; sistem için yükseklik/çap H/D'nin optimum değerinin 3-4 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Hahne ve Chen [9], sıcak su depolarında akışkan ve ısı transferi karakteristikleri konusunda çalıştılar. Bu çalışmada depolama verimini, sıcaklık tabakalaşmasını elde etmek için kullandılar ve sonuçta, Richardson ve Peclett sayılarındaki artışın dolma verimliliğini artırdığı belirlendi. Prapas ve Tsiamouris [10], güneşli sıcak su sistemlerinin işletme modeli ve birbirine bağlantılı depolama tankları üzerine sayısal olarak çalıştılar. Yüksek performans için; Depolama tankları ile yüksek sıcaklık tabakalaşması arasındaki ilişki ve kullanıcıya yüksek derecede çabuk ısı enerjisi transferi için sistem modeli tahminleri yapmışlardır. Mo ve Miyatake [11], ısı tabakalaşma oluşan depolama tanklarında kararsız türbülans akış alanı üzerine sayısal olarak çalıştılar. Çalışmada türbülans k-ε modeli kullanıldı. Çalışma, sıcak akışkan ile soğuk akışkanın yer değiştirmesi ile oluşan kararsız türbülans akış alanının, tank da ki ısı tabakalaşmaya etkisini içermektedir. Yoo ve Kim [12], değişken giriş sıcaklıklarında depolama tanklarında oluşan ısı tabakalaşma üzerine analitik çözümler yaptılar. Bu çalışmada, süper pozisyon prensibi kullanılarak plug akış bölgesindeki sıcaklık profilleri başarılı bir şekilde formülize edilmiştir. Eames ve Norton [13], düşük Reynolds sayısına sahip akışlar için, hissedilir ısı enerjisi depolamada oluşan ısı tabakalaşma üzerinde, tank geometrisinin etkisini araştırdılar. Çeşitli oranlar

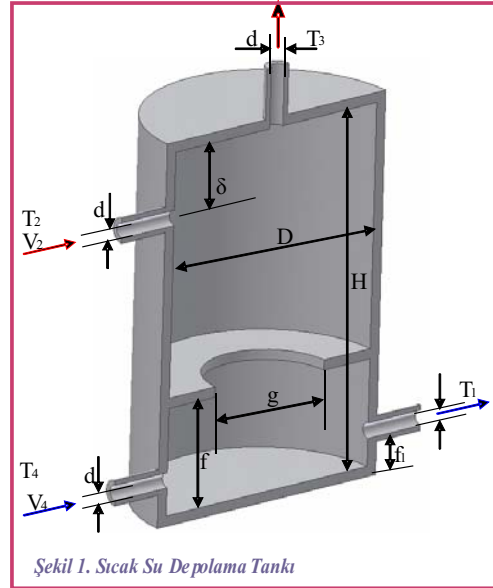
için bulunan depolama performansı üzerinde akışkanın giriş ve çıkış etkilerini, parametrik analiz olarak ortaya koydular. Arslan ve arkadaşları [14], zorlanmış taşınım ile ısı geçişin de, farklı engel tiplerinin kullanılması durumunda, silindirik depolama tanklarında engellerin sıcaklık tabakalaşmasına etkisini çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda tank tabanına yakın konumda ortası boş silindirik düzlem levha engel tipinin en iyi sıcaklık tabakalaşması sağladığını belirlediler. Altuntop ve arkadaşları [15], yaptıkları çalışmada, değişik geometrilere sahip on üç farklı engeli, düşey tip silindirik, tankların içinde sıcaklık tabakalaşmasına etkilerini araştırdılar. Araştırmanın sonucunda, ortası boş silindirik engelin tank içerisine, f , engelin tank tabanına olan mesafesi ve H , tank yüksekliği olmak üzere; engelin $f/H = 0.133$ konumunda yerleştirilmesi durumunda, en iyi sıcaklık tabakalaşmasının sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Altuntop ve arkadaşları [16] yaptıkları başka bir çalışmada silindirik ısı enerji depolama ortamı olarak su kullanılan tanklarda, tanka giren su debisinin, ısı tabakalaşmaya etkilerini belirlemeye çalıştılar. Sonuçta engelin tank içerisinde, engelin tank tabanına mesafesi f 'nin tank yüksekliği H ya oranı $f/H=0.133$ ve alttaki engelin ortasındaki boşluğun çapı g 'nin tank çapı D ye oranı $g/D=0.2$ oranların da yerleştirilmesi durumunda su hızının 0.8 m/s değerinde en iyi sıcaklık tabakalaşmasının sağlandığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada, güneş enerjili ısıtma sistemlerinde kullanılan ve içerisinde zorlanmış taşınım ile ısı transferi gerçekleşen, silindirik sulu ısı enerji depolama tankı içerisine yerleştirilen farklı geometriye sahip engellerin ve bu engellerin konumlarının sıcaklık tabakalaşmasına etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Silindirik tankın içerisine üç farklı geometriye sahip engeller, su tankının tabanından itibaren farklı mesafelerde konularak, tankın alt ve üst tarafında bulunan sıcak ve soğuk akışkanların, birbirine karışması engellenerek, sıcaklık tabakalaşmasının muhafaza edildiği en iyi engel tipi ve pozisyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak; her bir engel (A, B ve C) için tanktan alınan kullanım suyu (T_3) ile kollektöre giden su (T_1) sıcaklıkları arasındaki fark, zamana göre altı farklı (f) mesafesi için incelenerek, sıcaklık tabakalaşması açısından en iyi engel geometrisi olarak B engeli ve engelin tank tabanından optimum mesafesi $f=0.8$ m olarak belirlenmiştir.

TEORİK MODEL VE MATEMATİKSEL TANIMLAMASI

Bu çalışmada, zorlanmış taşınım ile ısı transferi gerçekleşen sulu ısı enerji depolama tankında oluşan sıcaklık tabakalaşması Şekil 1'de gösterilen silindirik dikey tank için

sayısal olarak incelenecektir. Sayısal problemi tanımlayan genel korunum denklemlerin çözülebilmesi için, problemle ilgili olarak bazı kabuller yapıldı. Akışın türbülanslı zamana bağımlı ve akışkan özelliklerinin sabit olduğu yapılan kabuller arasındadır. Tank çeperlerine ve konulan engellere, soğuk-sıcak akışkanların çarpması ve radyal doğrultudaki giriş kanallarının etkisi sonucu akım çizgilerinde geri dönmeler, vorteksler oluşmaktadır. Bu nedenle çözümler; FLUENT 6.1 paket programında duvar fonksiyonu metodu kullanılarak standart k-türbülans akış modelinde yapılmıştır.



Şekil 1. Sıcak Su Depolama Tankı

Bu fiziksel modele göre problemi tanımlayan temel korunum denklemleri, sırasıyla aşağıda verilmiştir. Genel olarak kütle korunumu denklemini sıkıştırılmayan akışkan ($\rho=\text{sabit}$) ve süreksiz akış için, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri üç boyutlu silindirik koordinatlarda akış için aşağıdaki gibi ifade edildi. Süreklilik denklemleri;

$$\frac{1}{t} \left[\frac{1}{r} \frac{(rV_r)}{r} - \frac{1}{r} \frac{V}{r} - \frac{V_z}{z} \right] = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemleri, gövde üzerinde hareket eden dış kuvvetlerin toplamına eşit olan, ivme ve kütle üretimini belirten Newton'un İkinci Kanunu'ndan türetildi. Akışkan hareketinde dış kuvvetler, gövde ve yüzey kuvvetleri olarak düşünüldü.

r yönündeki momentum denklemleri;

$$\begin{aligned} & \frac{V_r}{t} + \frac{1}{r} \frac{(rV_r V_r)}{r} - \frac{(V V_r)}{r} - \frac{(V_z V_r)}{z} \\ & = \frac{P}{r} - \frac{1}{r} \frac{(rV_r)}{r} + \frac{1}{r^2} \frac{^2 V_r}{2} - \frac{^2 V_r}{z^2} \end{aligned}$$

$$+ \frac{2}{r^2} \frac{V}{r} + \frac{V^2}{r} \quad g_r \quad T \quad (2)$$

θ - yönündeki momentum denklemi:

$$\begin{aligned} & \frac{V}{t} + \frac{(rV_r V_r)}{r} - \frac{(V_r V_r)}{r} - \frac{(V_z V_z)}{z} \\ & = \frac{1}{r} \frac{P}{r} - \frac{1}{r} \left(\frac{rV_r}{r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{^2V_r}{r^2} - \frac{^2V_z}{z^2} + \\ & \frac{2}{r^2} \frac{V_r}{r} - \frac{V_r V_r}{r} \quad g \quad T \end{aligned} \quad (3)$$

z - yönündeki momentum denklemi:

$$\begin{aligned} & \frac{V_z}{t} + \frac{(rV_r V_z)}{r} - \frac{(V_r V_z)}{r} - \frac{(V_z V_z)}{z} \\ & = \frac{P}{z} - \frac{1}{r} \left(\frac{rV_z}{r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{^2V_z}{r^2} - \frac{^2V_z}{z^2} \quad g_z \quad T \end{aligned} \quad (4)$$

Enerjinin korunumu denklemi silindirik koordinatlarda üç boyutlu akış için;

$$\begin{aligned} & \rho C_p \left(\frac{T}{t} - V_r \frac{T}{r} - \frac{V_r}{r} \frac{T}{r} - V_z \frac{T}{z} \right) = \\ & k \left\{ \frac{1}{r} \frac{T}{r} - \frac{1}{r} \left(\frac{rT}{r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{^2T}{r^2} + \frac{^2T}{z^2} \right\} + \end{aligned} \quad (5)$$

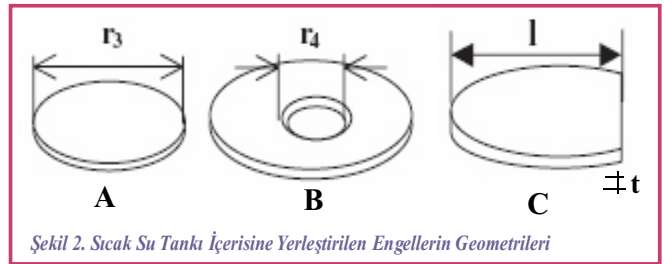
şeklinde. Bu ifadelerde, V_r , V_θ , V_z sırası ile r , θ , z yönlerindeki hızlar, T ; sıcaklık, μ ; dinamik viskozite, ρ ; yoğunluk, β ; ısıl genleşme katsayısı, k ; ısı iletim katsayısı; g_r , g_θ , g_z ler ise sırası ile r , θ , z yönlerindeki yerçekimi ivmeleri, c_p ise akışkanın sabit basınçtaki özgül ısıdır.

Tankın içerisindeki akışkanın ilk andaki hızları sıfır, tanktan kullanım için sıcak su alınmaya başlandığı anda su sıcaklığı 320 K ve sistemin çalışma basıncı 1 atmosfer alınmıştır. Sıcak su depolama tankından sıcak kullanım suyunun alınmaya başlandığı ve bittiği an çözüm aralığı olarak kabul edilmiştir. Bu süre 30 dakika olup, problem zamana bağlı olarak çözülmüştür.

Çalışma için depolama ünitesi olarak, yüksekliği 1.5 m, çapı 1 m olan silindirik tank seçilmiştir. Sıcak su giriş hızı, (zorlanmış taşınım sınırları içerisinde) 0.2 m/s, kullanıma verilen su sıcaklığı 333 K alınmıştır. Şehir şebekesinden gelen suyun hızı 1 m/s ve sıcaklığı 285 K olarak seçilmiştir. Tankın üst kısmında eksensel yönde sıcak kullanım suyu (T_3) kanalı, tankın üst kısmına yakın silindirik yüzeyde ve radyal doğrultuda sıcak su

giriş kanalı (T_2), tankın alt kısmına yakın silindirik yüzeyde ve radyal doğrultuda soğuk su giriş (T_4) kanalı, soğuk su giriş kanalına tam simetrik olarak radyal doğrultuda silindirik yüzeye yerleştirilmiş soğuk su çıkış (T_1) kanalı bulunmaktadır. Sıcak su giriş kanalının, tankın üzerine olan mesafesi $\delta_1 = 0.2$ m alınarak, tank içinde oluşacak sıcaklık tabakalaşmasına etkisi araştırılmıştır. Tankın üst kısmında, sıcak su kullanım kanalının bulunduğu bölgede, kullanım esnasında yüksek sıcaklıkta uzun süre su bulundurulması istenmektedir. Bu nedenle, bu bölgede sıcaklık tabakalaşmasını oluşturmak için tankın içine farklı geometrilerdeki engeller farklı f mesafelerinde yerleştirilerek, f mesafesinin ve engel geometrisinin sıcaklık tabakalaşması üzerine etkisi sayısal olarak araştırılmıştır.

Daha önceki yapılan çalışmalarda [14-17] araştırılmış olan bu üç engel tipinde en iyi sıcaklık tabakalaşmasının sağlandığı görülmüştü. Bu sebeple, Şekil 2'de gösterilen engel tipleri korunarak boyutlarında değişiklik yapılmış ve en iyi sıcaklık tabakalaşmasını sağlayan engel boyutları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Sıcak Su Tankı İçerisine Yerleştirilen Engellerin Geometri

Tablo 1. Tank İçerisine Yerleştirilen Engellerin Fiziksel Boyutları

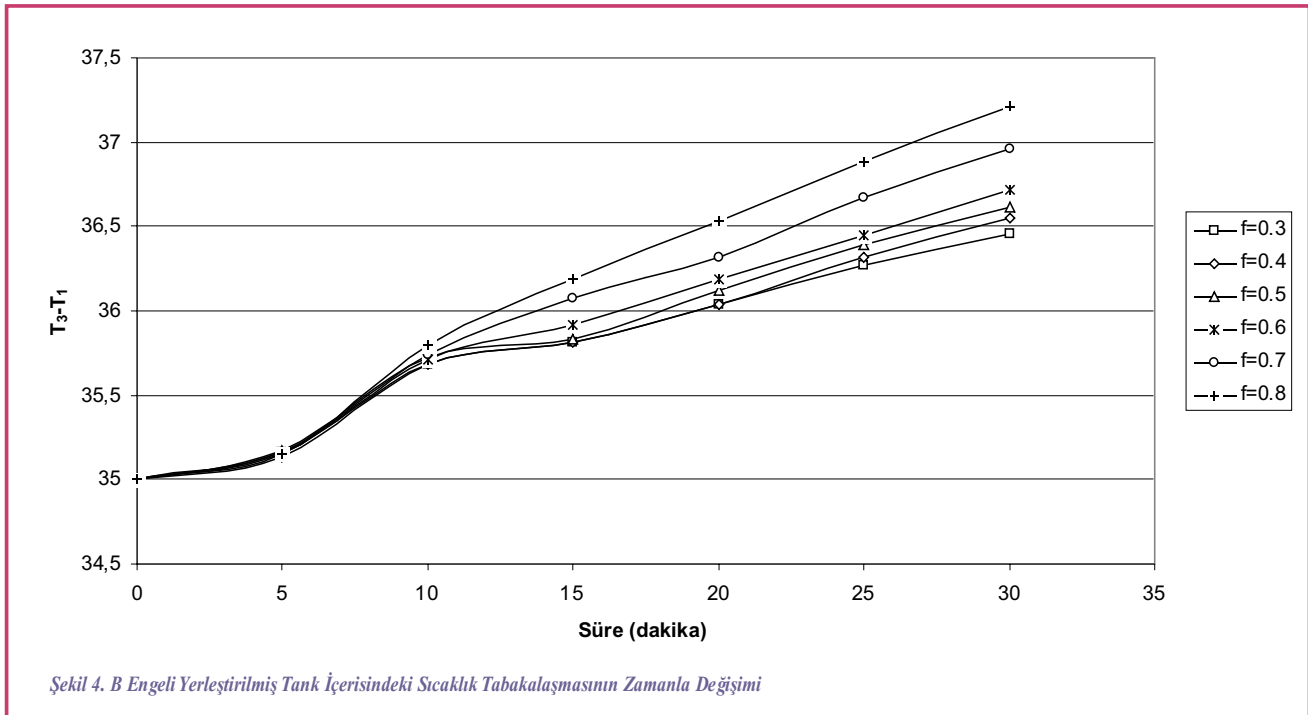
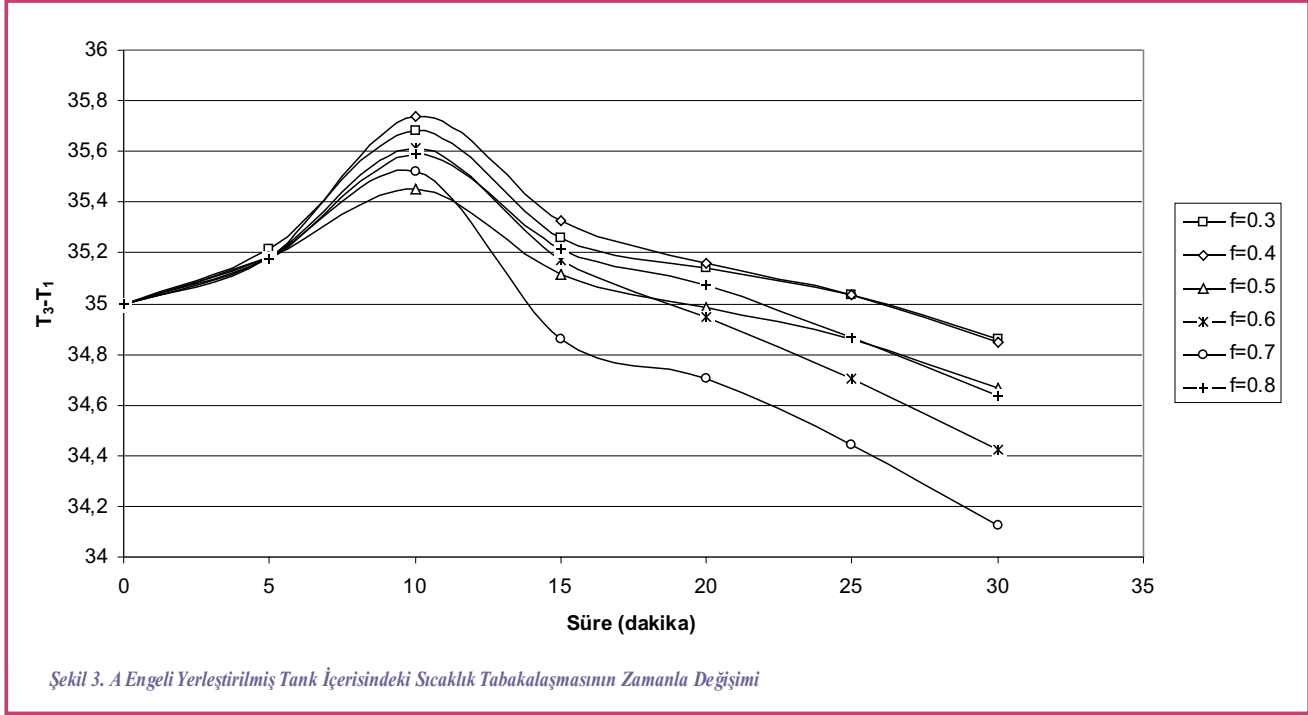
Engel	t (m)	r ₃ (m)	r ₄ (m)	l (m)
A	0.01	0.9	-	-
B	0.01	1.0	0.2	-
C	0.01	-	-	0.8

SAYISAL SONUÇLAR

Depolama tankında sıcaklık tabakalaşması oluşturmak için en uygun engel geometrisi ve engelin pozisyonu, bilgisayar simülasyonu ile sayısal olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada amaç; uzun süre sıcaklık tabakalaşması bozulmadan yüksek sıcaklıkta kullanım için su sağlamaktır. Engel geometrileri belirlenirken; sıcak su tankının alt kısmından giren soğuk şehir şebeke suyunun (T_4) tankın üst kısmından güneş kolektöründen sağlanan yüksek sıcaklıktaki suyun oluşturduğu sıcaklık tabakalaşmasını bozmamasına dikkat edilecektir. Bunun için tankın içerisine üç farklı geometriye sahip engeller, tank tabanından altı farklı mesafede ($f=0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$ ve 0.8 m) yerleştirilmiştir. Bu engeller tank içine f mesafelerinde yerleştirilerek, tanka giren soğuk su, tankın içindeki sıcak su ile minimum alanda temas etmesi ve soğuk su (T_4) akım

çizgilerinin sıcak su tabakasını bozmaması istenmektedir. Bununla birlikte, tanka giren sıcak suyun (T_2) tank içerisindeki akışkanı hareketlendireceği düşünülerek, bu durumda tabakalaşmayı bozacağı için kolektörden tanka giren sıcak su hızları; zorlanmış dolaşım için 0.2 m/s alınmıştır. Tanktan alınan sıcak kullanım suyunun debisi, şehir şebeke suyu debisi ile aynı olacağı düşünülerek, tüketilen sıcak su kadar, şebeke suyunun tanka girdiği düşünülmüştür. Şehir şebeke suyunun hızı 1 m/s'dir.

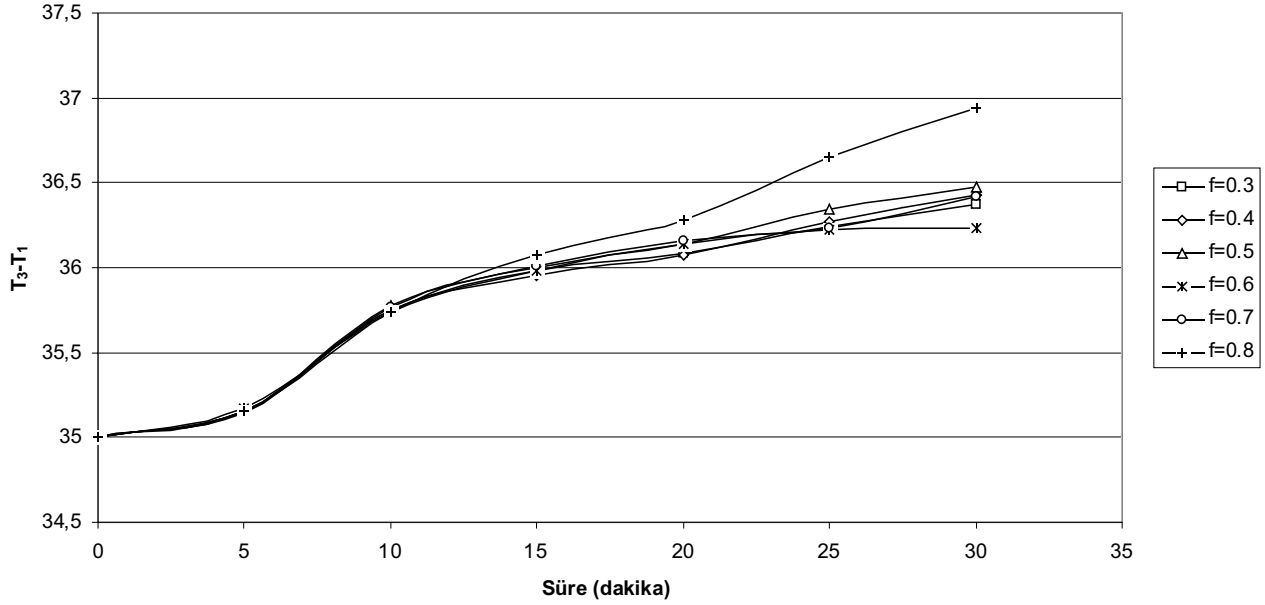
Depolama tankının radyal yöndeki soğuk su giriş ve çıkış kanalları aynı eksen üzerindedir ve simetrik konumdadırlar. Bu olay da, tanka giren soğuk suyun büyük bir kısmının, soğuk su çıkış kanalına (T_1) yönlenmesine yol açmaktadır. Sonuçta tanka giren soğuk suyun (T_2) tank içinde vorteks ve türbülans oluşturmaya müsaade edilmemiş olur. Böylece tanktaki sıcaklık tabakalaşmasını bozan etkiler azalacaktır. Sıcak su depolama tanklarında genellikle sıcak kullanma suyu çıkışı (T_3), tankın



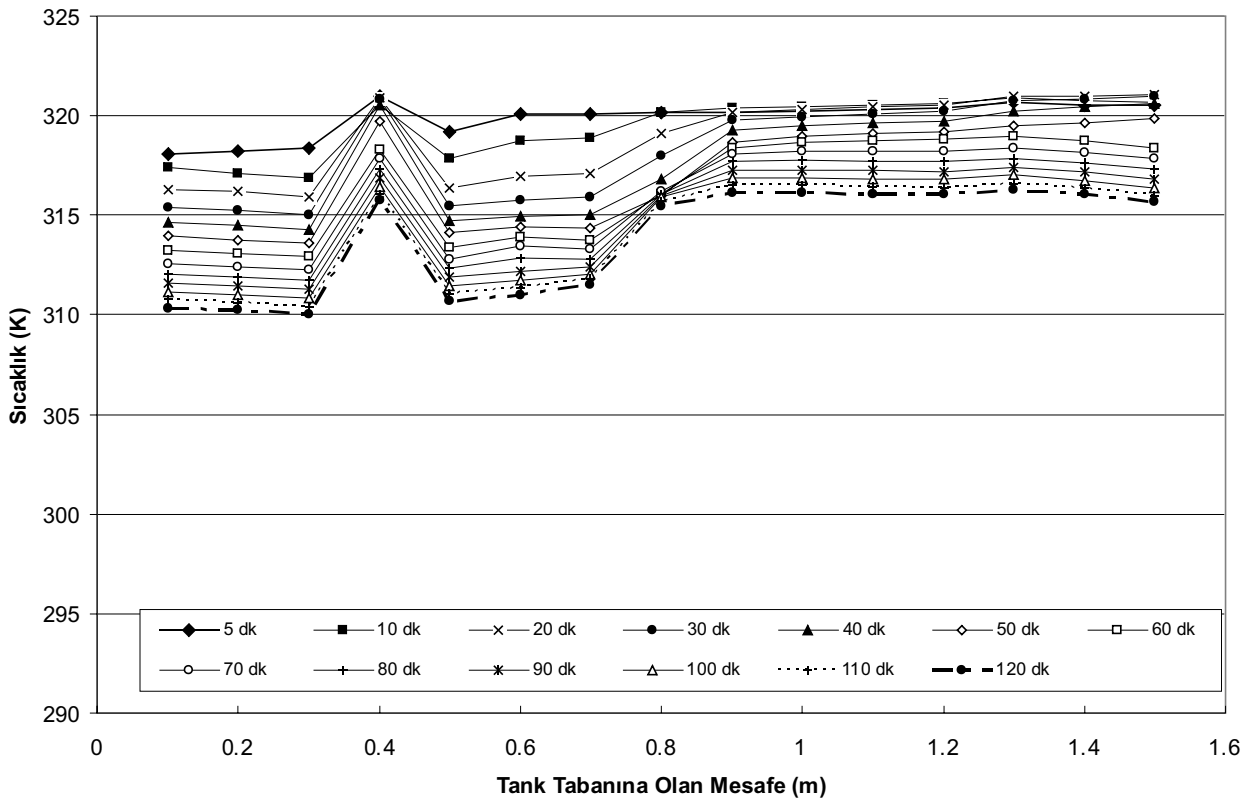
en üst bölümünde bulunur. Bunun nedeni, kullanım suyunu en yüksek sıcaklıkta sağlamaktır.

Yüksek bir sıcaklık tabakalaşması için T_3 (sıcak su çıkışı) ve T_1 (soğuk su çıkışı) arasındaki farkın mümkün mertebe

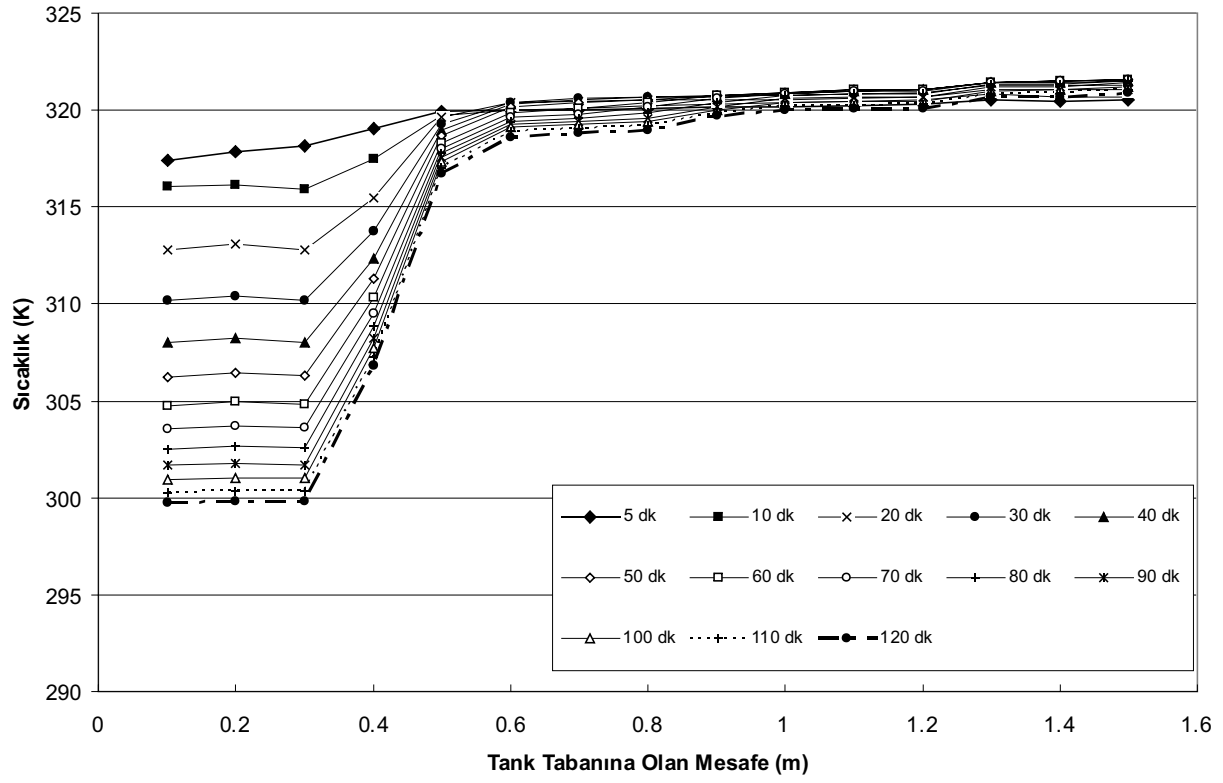
yüksek olması istenmektedir. Bu nedenle A, B ve C engellerine ait farklı f mesafeleri için sıcaklık tabakalaşmasının zamanla değişimi Şekil 3 - 5'te sırasıyla verilmiştir.



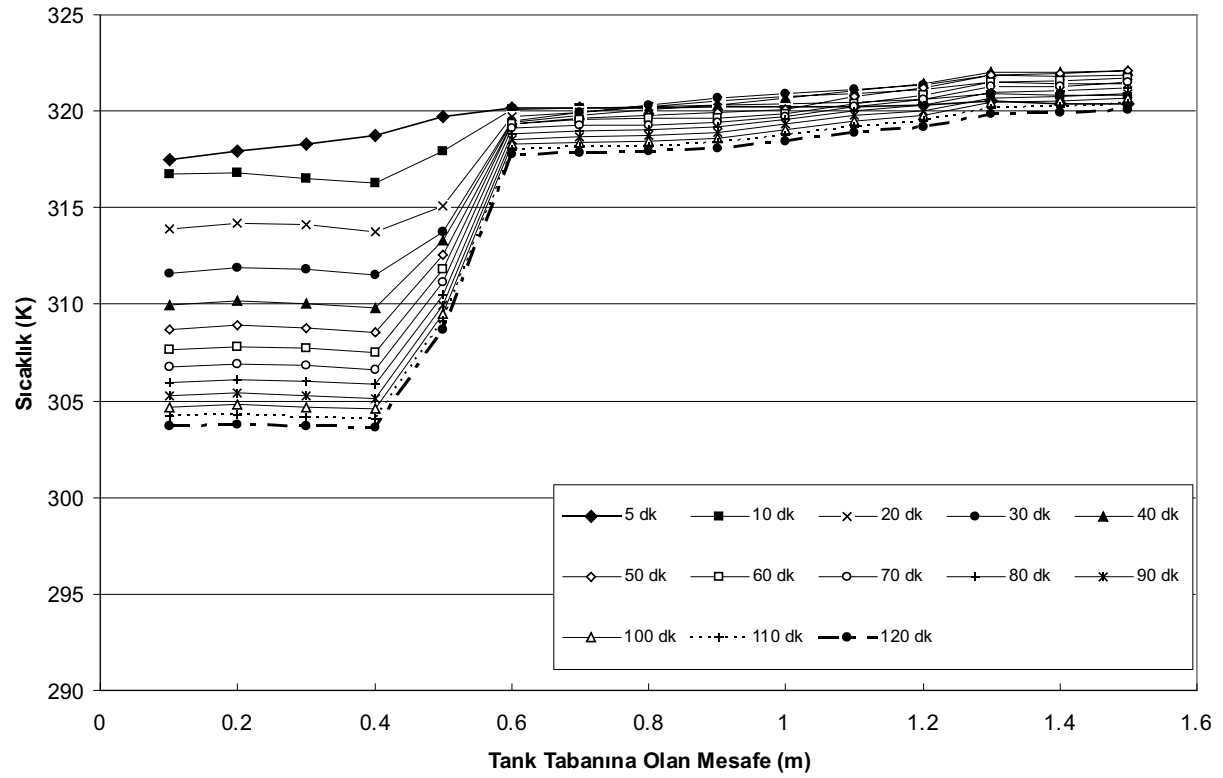
Şekil 5. C Engeli Yerleştirilmiş Tank İçerisindeki Sıcaklık Tabakalaşmasının Zamanla Değişimi



Şekil 6. A Engeli Yerleştirilmiş Tank İçerisindeki Sıcaklığın Zamanla Değişimi ($f=0.5$ m)



Şekil 7. B Engeli Yerleştirilmiş Tank İçerisindeki Sıcaklığın Zamanla Değişimi ($f=0.5$ m)



Şekil 8. C Engeli Yerleştirilmiş Tank İçerisindeki Sıcaklığın Zamanla Değişimi ($f=0.5$ m)

Şekil 3'te görüldüğü üzere, A engelini kullanılması durumunda en yüksek sıcaklık tabakalaşması $t=10$ dakikalık işlem süresinde $f=0.4$ m için elde edilmiştir. B engeli kullanılmış tankta ise en yüksek sıcaklık tabakalaşmasına $f=0.8$ m için $t=30$ dakika da ulaşılmıştır.

Engelin tank tabanından yüksekliği (f) arttıkça sıcaklık tabakalaşmasının arttığı Şekil 4'te gözlenmektedir. Şekil 5'te ise C engeli kullanılması durumundaki sıcaklık dağılımı görülmektedir. Tank içerisine C engelini yerleştirilmesi durumunda en yüksek T_3-T_1 değeri $f=0.8$ m de elde edilmiştir. Engelin konumunun sıcaklık tabakalaşmasına etkisi B engelini bulunduğu durum gibi f arttıkça artmamaktadır. $f=0.6$ m de en düşük T_3-T_1 değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak görülmektedir ki, en yüksek sıcaklık tabakalaşması B engelini $f=0.8$ m'de de yerleştirilmesi durumunda sağlanmıştır.

Detayı Şekil 1'de ve boyutları Tablo 1'de verilmiş olan farklı engel geometrileri ($f=0.5$ m) için sıcaklık tabakalaşması sayısal olarak araştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar kullanılarak sıcaklık tabakalaşmasını gösteren aşağıdaki grafikler çizilmiştir. Grafiklerdeki çözümler 5 dakikalık süreler için yapılmıştır. Başlangıçta tank içerisindeki su sıcaklığı 320 K olarak alınmış şebeke suyunun ise 285 K olarak tanka girdiği kabul edilmiştir. Her bir engel için zamanla tank içerisindeki sıcaklık dağılımı Şekil 6- Şekil 8 de verilmiştir.

Şekil 6-8'de her bir engel için zamanla tank içerisindeki tabakaların ortalama sıcaklık dağılımı görülmektedir. Sıcaklık tabakalaşmasının daha iyi analiz edebilmek için engelin bulunduğu konumdan sonra sıcaklığın birden artması ve tankın taban ve üst tabakalar arasındaki sıcaklık farkının yüksek olması gerekmektedir.

Sonuç olarak Şekil 6-8 dikkate alındığında, en yüksek sıcaklık farkı Şekil 7'de görülmektedir. Şekil 7'de de görüldüğü gibi tankın en altındaki tabakada su sıcaklığı 299,5 K, en üstteki tabakada ise 321,7 K dir.

SONUÇLAR

Silindirik tankın içerisine üç farklı tip engel, su tankının tabanından itibaren farklı mesafelerde konularak, tankın alt ve üst tarafında bulunan soğuk ve sıcak suyun birbirine karışması engellenerek, sıcaklık tabakalaşmasının muhafaza edildiği en iyi engel tipi ve pozisyonunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Sayısal çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- A engelini kullanılması durumunda en yüksek sıcaklık tabakalaşması $t=10$ dakikalık işlem süresinde $f=0.4$ m için elde edilmiştir.
- B engeli kullanılmış tankta ise en yüksek sıcaklık tabakalaşmasına $f=0.8$ m için $t=30$ dakika da ulaşılmıştır.
- Tank içerisine C engelini yerleştirilmesi durumunda en yüksek T_3-T_1 değeri $f=0.8$ m'de elde edilmiştir.
- Sıcaklık tabakalaşmasını daha iyi analiz edebilmek için engelin bulunduğu konumdan sonra sıcaklığın birden artması ve tankın taban ve üst tabakalar arasındaki sıcaklık farkının yüksek olması gerekmektedir. En iyi sıcaklık tabakalaşmasının görüldüğü B engeli için tankın en altındaki tabakada su sıcaklığı 299,5 K, en üstteki tabakada ise 321,7 K dir.

SEMBOLLER

c_p	Özgül ısı
d	Boru çapı
D	Tank çapı
f	Tank tabanı ile engellerin yerleştirildiği konum arasındaki mesafe
f_1	Soğuk su giriş ve çıkış borularının tank tabanına olan mesafesi
g	Yerçekimi ivmesi
H	Tank yüksekliği
k	Isıl iletkenlik katsayısı
t	Zaman
T_3	Kullanım suyu sıcaklığı
T_1	Kollektöre giden su sıcaklığı
T_2	Sıcak su giriş sıcaklığı
T_4	Şebeke suyu giriş sıcaklığı
V_2	Tanka giren sıcak suyun hızı
V_4	Şebekeden tanka giren soğuk suyun hızı
V_r	r-yönündeki hız
V_θ	θ - yönündeki hız
V_z	z- yönündeki hız

Yunan Harfleri

β	Hacimsel genişleme katsayısı
ρ	Yoğunluk
δ	Sıcak su girişi ile tank tavanı arasındaki mesafe
μ	Dinamik viskozite
Φ	Viskoz yayılım

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya TUBİTAK (106M469) tarafından sağlanan desteğe teşekkür ederiz

KAYNAKÇA

1. **Dincer, I.; Rosen, M.A.**, “Thermal Energy Storage Systems and Application”, J. Willey and Sons, W. Susex, 2002.
2. **Kenjo L, Inard C, Caccavelli D**, Experimental and Numerical Study of Thermal Stratification in a Mantle Tank of a Solar Domestic Hot Water System, Applied Thermal Engineering 27 (11-12): 1986-1995, 2007.
3. **Alizadeh, S.**, “An Experimental and Numerical Study of Thermal Stratification in a Horizontal Cylindrical Solar Storage Tank”, Solar Energy, Vol.66, No.6, 409-421, 1999.
4. **Choi, S.K., Kim, S.O.**, “The Role of Turbulence Models for Predicting a Thermal Stratification”, Journal of Pressure Vessel Technology-Transactions of The Asme 128 (4): 656-662, 2006.
5. **Shah, L.J., Andersen, E., Furbo, S.**, “Theoretical and Experimental Investigations of Inlet Stratifiers For Solar Storage Tanks”, Applied Thermal Engineering 25 (14-15): 2086-2099, 2005.
6. **Al-Nimr, M.A.**, “Temperature Distribution Inside Electrical Hot Water Storage Tanks”, Applied Energy, Vol.48, 353-362, 1994.
7. **Helwa, N.H., Mobarek, A.M.**, “Effect of Hot Water Consumption on Temperature Distribution in a Horizontal Solar Water Storage Tank”, Applied Energy, Vol.52, 185-194, 1995.
8. **Hariharan, K. and Badrinarayana, K.**, “Temperature Stratification in Hot Water Storage Tanks”, Energy, Vol.16, No.7, 977-982, 1991.
9. **Hahne, E. and Chen, Y.**, “Numerical Study of Flow and Heat Transfer Characteristics in Hot Water Stores”, Solar Energy, Vol.64, No.1-3, 9-18, 1998.
10. **Prapas, D.E. and Tsiamouris, S.G.**, “Storage Tanks Interconnection and Operation Modes in Large DHW Solar Systems”, Solar Energy, Vol.51, No.2, 83-91, 1993.
11. **Mo, Y. and Miyatake, O.**, “Numerical Analysis of the Transient Turbulent Flow Field in a Thermally Stratified Thermal Storage Water Tank”, Numerical Heat Transfer, Part A, Vol.30, 649-667, 1996.
12. **Yoo, H., Kim, C.J.**, “Approximate Analytical Solutions for Stratified Thermal Storage under Variable Inlet Temperature”, Solar Energy, Vol.66, No.1, 47-56, 1999.
13. **Eames, PC., Norton, B.**, “The Effect of Tank Geometry on Thermally Stratified Sensible Heat Storage Subject to Low Reynolds Number Flows”, Int. J. of Heat Transfer, Vol.41, No.14, 2131-2142, 1998
14. **Arslan, M., Altuntop, N. and Ozceyhan, V.**, “The Effect of Using Different Obstacles Into Thermal Stratification in Hot Water Storage Tank With Forced Convection”, The 5th ISES Europe Solar Conference, Freiburg, Germany, 20-23 June 2004.
15. **Altuntop, N., Arslan, M., Ozceyhan, V. and Kanoglu, M.**, “Effect of Obstacles on Thermal Stratification in Hot Water Storage Tanks”, Applied Thermal Engineering, Vol. 25, 2285-2298, 2005.
16. **Altuntop, N., Arslan, M. and Ozceyhan, V.** “The Effect of the Water Flow Rate Into Thermal Stratification in Hot Water Storage Tanks”, The 5th ISES Europe Solar Conference, Freiburg, Germany, 20-23 June 2004.
17. **Arslan M, Altuntop N, Ozceyhan V, Kanoglu M.** Optimum Dimensions of an Obstacle Placed in a Hot Water Tank for Thermal Stratification. Energy Exploration & Exploitation 2006; 23:357-374.

Daha Etkin

Bir ODA

için

Üyelik

Aidatlarımızı

ÖDEYELİM