

Çöktürme Havuzlarında Giriş Yapılarının Çöktürme Verimine Olan Etkisinin İncelenmesi

Beyhan KOCADAĞISTAN¹ Erdem KOCADAĞISTAN¹ Şahset İRDEMEZ¹ Nazmi TOPÇU¹

ÖZET: Gelişen sanayileşme artan nüfus ve beraberinde getirdiği çevre sorunları ile çevre kirliliği artmakta çözüm yolları sürekli yenilenmektedir. Gelişen birçok bilimsel çalışmalar ile özellikle su ve atık su arıtım yöntemlerinde ilerlemeler kaydedilmektedir. Bu çalışmada su ve atık su arıtma tesislerinin en önemli proseslerinden çöktürme havuzlarında verimin artırılması için giriş yapılarının katkısı araştırılmıştır. Dikdörtgen planlı yatay akışlı bir çöktürme havuzunda giriş ve çıkış yapılarının, çökeltme verimine etkisi incelenmiştir. Çalışma sırasında yapılan denemelerde kullanılan her havuz tipinde akım rejimi ve dispersiyon karakteristiğinin belirlenmesi için de çeşitli derişiklerde CaCO₃ çözültisi kullanılmıştır. Özellikle giriş yapılarının çökeltme verimi üzerinde büyük etkilerinin olduğu görülmüş olup, 2.tip havuz tipinde % 90 üzerinde bir verime ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çöktürme havuzu, çöktürme verimi, dispersiyon.



Investigation of The Settling Efficiency at Inlet Weir of Sedimentation Tanks

ABSTRACT: Emerging environmental problems brought about by industrialization, increasing population and growing environmental pollution solutions are constantly renewed. Emerging many scientific studies have been overcome, especially water and waste water treatment methods. The effect of inlet and outlet weir type of rectangular sedimentation tanks to the settling efficiency has investigated. During experiments, potassium permanganate has used for determine flow regime and dispersion characteristics (500ppm) and Calcium carbonate for settling determinations at various concentrations. It has been observed that especially the inlet weir type have an important role on the settling efficiency. The settling efficiency for the second type about 90% at the end of experiments.

Keywords: Sedimentation tank, settling efficiency, dispersion.

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Beyhan KOCADAĞISTAN, beyhank@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Su ve atık su arıtma tesislerinde arıtma verimlerinin arttırılması için son yıllarda oldukça çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Arıtma tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek oluşu bu sistemlerin iyileştirilmesi ve verimlerinin arttırılması ihtiyaçlarını ortaya çıkarmaktadır. Kullanılmakta olan konvansiyonel teknikleri geliştirerek ve yeni teknikler uygulanarak arıtma verimleri arttırılmaktadır (Krebs,1995).

İçme suyu ve atık su arıtma tesislerinin oldukça önemli birimlerinden olan çöktürme bir katı sıvı ayırma tekniği olup, atık suların arıtılmasında ön çöktürme havuzunda kendiliğinden çökebilen maddelerin uzaklaştırılmasında, son çöktürme havuzlarında ise biyolojik yumakların giderilmesinde kullanılırken, suların arıtılmasında kimyasal işlemlerle oluşturulmuş yumakların çöktürülmesi amacıyla kullanılır. Çöktürme havuzları aynı zamanda çöktürülmüş katıların yumaklaştırılması için de kullanılır (Eroğlu,1995).

Kullanılan çöktürme havuzları fiziksel özelliklerine göre dikdörtgen, dairesel veya kare planlı, akım özelliklerine göre yatay ve düşey akımlı olarak sınıflandırılır:

- Yatay ve paralel akımlı havuzlar
- Yatay ve radyal akımlı havuzlar
- Düşey ve radyal akımlı havuzlar

Bu havuzlarda çöktürme bölgeleri dört ana bölgeye ayrılmaktadır. Bunlar:

- Havuz girilen askıda katı tanecikleri havuzun tüm en kesiti boyunca üniform olarak dağıtan giriş bölgesi.
- Havuz girilen taneciklerin sakin çökme şartları altında çökeldiği çökme bölgesi.
- Askıda katı maddelerin çökerek duru suyun havuzun en kesit boyunca toplayan ve havuz dışına alan çıkış bölgesi.
- Tabana çökelen çamurun toplandığı ve bertaraf edilmek üzere uzaklaştırıldığı çamur çökme bölgesi olarak sınıflandırılmaktadır. Bu temel bölgeler yanında, tabana biriken çamuru düzenli olarak giriş bölgesinin yanındaki çamur toplama çukuruna gönderen sıyrıcı ve yüzeyde toplanan köpüğün çıkış bölgesine kaçışını

önleyen dalgıç perde gibi elemanlar mevcuttur (Toprak, 1996). Ayrıca projelendirmede ve hesaplamalarda havuz yüzey yükü (S_o), hidrolik bekletme süresi (t), havuz derinliği (h), yatay hız (V_y), ve savak yükü (S_p) rol oynamaktadır. Hesaplamalarda akım rejimi belirlemek için Reynolds ve Froude sayılarına göre çalışılır. Reynolds sayısının (Re) 2000' den ve Froude (Fr) sayısının da 10^{-5} 'ten büyük olması istenir.

$$Re = v.R/\nu \quad (1)$$

R hidrolik yarıçap, V yatay hız, ν kinematik viskoziteyi ifade etmektedir.

$$R = b.H / (b+2H) \quad (2)$$

b havuz genişliği, H havuz derinliğidir.

$10^\circ C$ su sıcaklığı için vizkozite 1.31×10^{-6} m² sn⁻¹ dir.

Deney düzeneği dikdörtgen planlı olduğundan yatay hız,

$$V_y = Q / b.H \quad (3)$$

$$F = Q^2/g.[b+2H/b^3.H^3] \quad (4)$$

Burada Q debiyi, g yerçekimi ivmesini temsil edip havuz kapasitesi büyüdükçe ve genişlik ile derinlik küçüldükçe Froude sayısı büyümektedir.

Çöktürme havuzlarında çöktürme veriminin arttırılması için giriş ve çıkış yapıları geliştirilmektedir. Uygulamada özellikle giriş yapılarında keskin kenarlı, Stuttgart, Clifford ve konik delikli yapılar ve su giriş hızını azaltmak için perdeler kullanılarak, suyun havuza üniform ve türbülanssız bir şekilde girmesi sağlanmaktadır. Literatürde bu yapılar üzerinde değişikliklere gidildiği gibi yeni tipte yapılar üzerinde de çalışılmıştır. Çöktürme havuzlarının dizaynının, yapılan çalışmaların bir kısmında da nümerik simülasyonlara gidilmiş, olayın temeli araştırılmış ve giriş yapılarının çökme hız dağılımı üzerinde büyük rol oynadığı görülmüştür (Lynn, 1992).

Yapılan bir çalışmada havuz girişine yerleştirilen perdelerle su giriş hızı yavaşlatılarak verim arttırmaya çalışılarak farklı partikül çapına sahip su numuneleri ile denemeler yapılmış performanslar Large –Eddy simülasyon ile incelenmiştir (Sammaraee, 2009).

Bir çalışmada havuz başına yerleştirilen düşey perdelerle çöktürme performansı incelenerek, perdenin

partikül çöktürme verimini % 90.4 ten % 98.6 ya çıkardığı görülmüştür (Goula et al., 2008).

Dufresne et al. (2009) yaptıkları çalışmalarda partikül yoğunluğunun bulunduğu havuzun çökeltme merkezinde kullanılan perdeler ile partiküllerin havuz dışına kaçmadığı böylece partikül ve süspansiyonun havuz içinde kaldığı gözlemlenmiştir. Perde sayısı arttıkça çökeltme veriminin de paralel artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deney düzeneği

Çalışmada laboratuvar ölçekli fiberglas malzemeden üretilmiş 100 cm boy, 40 cm en ve 25 cm yüksekliğe sahip çöktürme havuzunda denemeler yapılmıştır. Düzenekte bir konsantrasyon ayarlamasının yapıldığı besleme tankı, besleme dozaj pompası, çıkışta deşarj tankı, giriş debi ölçer bulunmaktadır. Havuz giriş ve çıkışında savak ve numune, tahliye muslukları bulunmaktadır. Mesafe ayarlı perdeler ile denemeler yapılmıştır.

Kullanılan maddeler

Farklı havuz boyutları ve farklı su giriş debilerinde yapılan denemelerle akım rejimini ortaya çıkarmak için

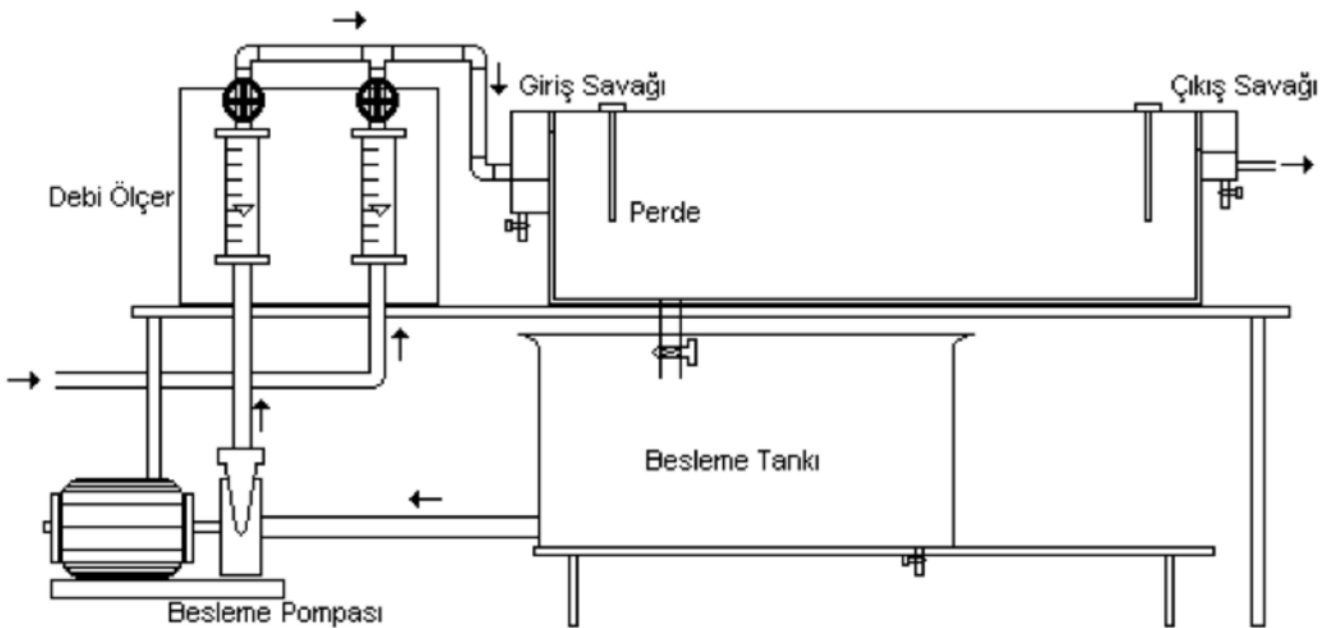
dispersiyon katsayısının hesaplanması için 500 ppm lik potasyum permanganat ($KMnO_4$) çözeltisi kullanılmıştır ve havuz boyutları giriş ve çıkış yapıları ve perde değişimleri ile çökeltme veriminin değişiminin incelenmesinde farklı konsantrasyonlarda kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) kullanılmıştır.

Analiz cihazları

Dispersiyon katsayısı ve akım rejiminin tayin edilmesi için yapılan denemelerde iz maddesi olarak kullanılan $KMnO_4$ UV-160 a model Shimidzu marka spektrofotometre ile ve çökeltme karakteristiğinin belirlenmesi için kullanılan $CaCO_3$ ise Bausc&Lomb marka spektronic mini 20 model spektrofotometre ile ölçümler yapılmıştır.

Yöntem

Çöktürme havuzunda hidrolik davranışın özelliklerini belirleyen dispersiyon sayısının saptanmasına yönelik yöntemde, reaktör girişinde bir izleyici madde havuza ani enjeksiyon yapılarak ve çıkış suyunda bu maddenin zaman içerisindeki derişimi izlenerek hesaplama yapılmaktadır. Kullanılan deney düzeneği Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Deney Düzeneği

Bu çalışmada izleyici maddesi olarak potasyum permanganat kullanılmıştır. Farklı giriş debileri (1 L dak⁻¹, 6 L dak⁻¹) ve hidrolik kalış sürelerinde iz maddenin davranışı ve çıkış konsantrasyonuna göre hesaplamalar yapılmıştır.

Benzer bir çalışmada yatak reaktörlere uygulanan modelde dispersiyon sayıları bu hesaplama modeli ile hesaplanmıştır (Tokgöz, 2000). Konsantrasyon eğrilerinden dispersiyon sayısının saptanması için çeşitli analitik yöntemler geliştirilmiştir. Kapalı bir sistem için dispersiyon sayısı, Levenspiel tarafından 1972’de verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanabilmektedir (Muslu, 1985).

$$t \cdot \sigma = \frac{\sum C t \cdot \Delta t}{\sum C \Delta t} = \frac{\sum C t}{\sum C} \quad (5)$$

$$C_0 = M / V \text{ Enjekte edilen madde miktarı/ reaktör hacmi} \quad (6)$$

$$dM = C \cdot (Q dt) \quad (7)$$

$$M = \int_0^{\infty} C Q dt = Q \int_0^{\infty} C dt = Q \sum C \Delta t \quad (8)$$

$$t' = V/Q \text{ alıkonna süresi} = \text{hacim/debi} \quad (9)$$

$$C_0 = \frac{M}{V} = \frac{Q \sum C \Delta t}{V} = \frac{Q \sum C \Delta t}{V} \quad (10)$$

Formülde t zaman, C₀ izleyici konsantrasyonu, t' alıkonna süresi, σ. t² = boyutlu varyans, d dispersiyon katsayısı ve σ² boyutsuz varyans ifadelerini tanımlar.

Boyutsuz varyans ise;

$$\frac{\sigma}{C_0} = \frac{Q \sum C \Delta t}{V} = \frac{\sigma t'}{\sum C \Delta t} \text{ olur.} \quad (11)$$

σ. t² = boyutlu varyans

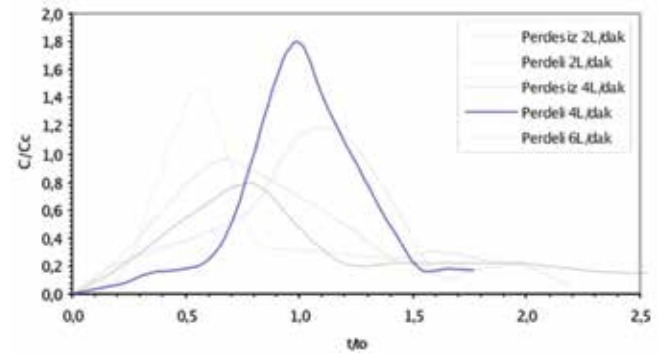
σ. t² = σ. t² / t² = boyutsuz varyansı temsil eder. Kapalı reaktör için boyutsuz varyans;

$$\sigma \cdot t^2 = 2 \cdot D / W \quad (12)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın başlangıcında havuz girişine 500 ppm içeren KMnO₄ ile madde çıkış savağına ulaştığı anda buradan belirli aralıklarla numuneler alınarak analiz sonuçlarına göre dispersiyon katsayılarını belirlemek için t/t₀ ve C/C₀ değerleri hesaplanmış Çizelge 1 de çalışmalar sonucunda 2, 4, 6 L dak⁻¹ giriş debileri ile bulunan Reynolds, Froude ve dispersiyon değerleri verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre dispersiyon eğrileri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Birinci tip havuza ait dispersiyon eğrileri

Dispersiyon katsayısının çökeltme veriminin iyi olması için küçük olması istenir. Küçük debilerde dispersiyon sayısı küçükken, debi büyüdükçe eğri altında kalan alan büyüyerek havuz karakteristiği değişmektedir. Giriş savağı önüne konulan perdelerle havuz rejimi iyileştirilmesi çalışılmıştır. Havuz akım rejimi ortaya konduktan sonra, çeşitli debi ve süspans konsantrasyonları ile çökeltme verimi incelenmiştir. Bu denemeler de CaCO₃ kullanılarak boş duru su havuzuna verilen belli derişiklerde madde ile belli zaman aralıklarında alınan numunelerle bulanıklık ölçülmüş ve çöktürme verimleri hesaplanmıştır. Bu denemelerden görülmüştür ki debi artışı ile çöktürme verimi düşmekte ve giriş-çıkış savakları önüne konulan perdelerle suyun havuza giriş hızı düşürülerek süspans maddenin tabana daha iyi çöktüğü gözlenmiştir (Şekil 3, 4 ve 5).

Çizelge 1. Perdeli, perdesiz yapılan 1. Tip havuz için Re, Fr ve dispersiyon katsayıları

Debi L dak ⁻¹	Perdesiz			Perdeli		
	Re	Fr (10 ⁻⁷)	d	Re	Fr (10 ⁻⁷)	d
2	31	1.76	0.11	31	1.76	0.075
4	63	7.07	0.27	63	7.07	0.125
6	95	15	0.36	95	15	0.15

Çalışmada mevcut havuz geometrisi akım rejiminin iyileştirilmesi ve çöktürme veriminin artırılması için değiştirilmiştir. Çöktürme havuzlarında stabilitesi bakımından Froude sayısının büyük olması için havuz dar, sıg ve uzun olmalıdır. 2. tip havuz çalışmalarında mevcut 1/2.5 olan genişlik/boy değeri ideal koşullar olan 1/4 - 1/5 oranına çekmek için genişlik bir bariyerle 25cm değerine düşürülmüştür. Bu havuz boyutlarında çalışma aralıkları 1 L dak⁻¹ ve 6 L dak⁻¹ arasında 2, 4, 6 L dak⁻¹ değerlerinde havuz karakteristiğini belirlemek için denemeler yapılmıştır. Havuz girişine ve çıkışına perdeler konularak yatay su hızı düşürülerek çökeltme hızı artırılmaya çalışılmıştır. Çizelge 2’ de KMnO₄ ile yapılan çalışmalar sonucunda bulunan Reynolds ve Froude ve dispersiyon değerleri ve grafiksel değerleri Şekil 6’ da verilmiştir.

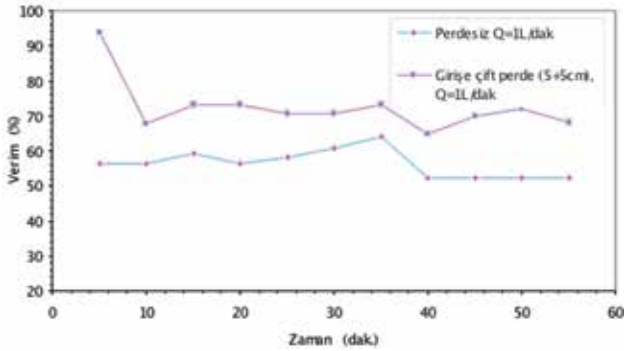
Eğriler incelendiğinde dispersiyon eğrilerinin debi artışı ile değiştiği ve 2 L dak⁻¹ ile yapılan çalışmalarda dispersiyon eğrisinin pik noktasının arttığı eğri altında kalan alanın küçüldüğü ve dispersiyon değerinin düştüğü görülmektedir. Bu havuz boyutları ile yapılan 1 L dak⁻¹ debi girişli denemelerde elde edilen çökeltme verim grafiğinde (Şekil 7) de girişe konulan perdelerle yatay hızın azalarak 60 dakikalık denemelerde verimin arttığı gözlenmiştir.

Çökeltme verimleri 2 L dak⁻¹ ve 4.5 L dak⁻¹ giriş su debileri için hesaplanmış ve perdeli ve perdesiz havuz tiplerinde ve Şekil 8 ve 9’ da verilmiştir.

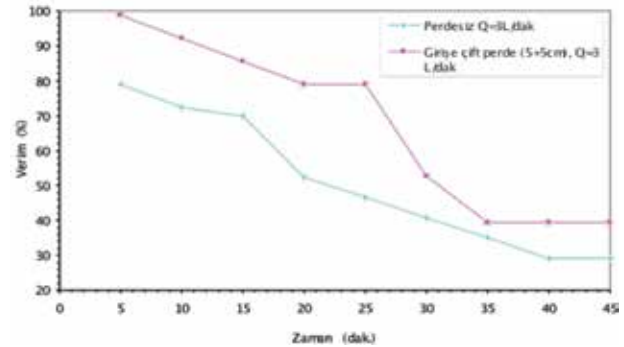
Grafikler incelendiğinde perdeli çalışmalarda çökeltme veriminin genel olarak arttığı gözlenmiştir.

Çizelge 2. Perdeli, perdesiz yapılan 2. Tip havuz için Re, Fr ve dispersiyon katsayıları

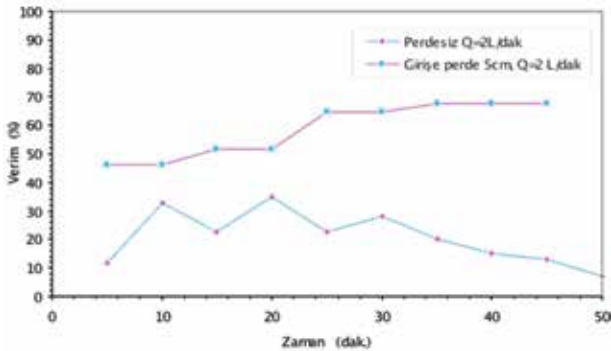
Debi L dak ⁻¹	Perdesiz			Perdeli		
	Re	Fr (10 ⁻⁶)	d	Re	Fr (10 ⁻⁶)	d
2	35	0.64	0.22	35	0.64	0.08
4	77	2.38	0.26	77	2.38	0.15
6	116	5.36	0.32	116	5.36	0.22



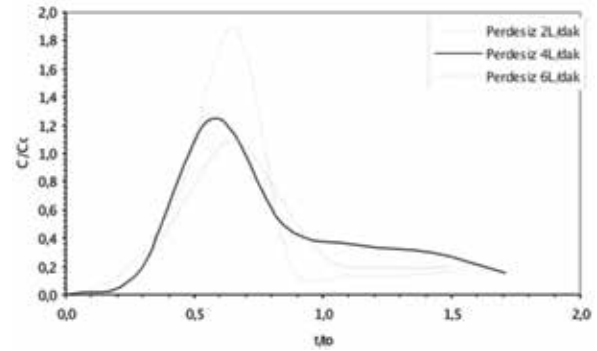
Şekil 3. Birinci tip havuza ait 1 L dak⁻¹ giriş debili çöktürme verim-zaman grafiği



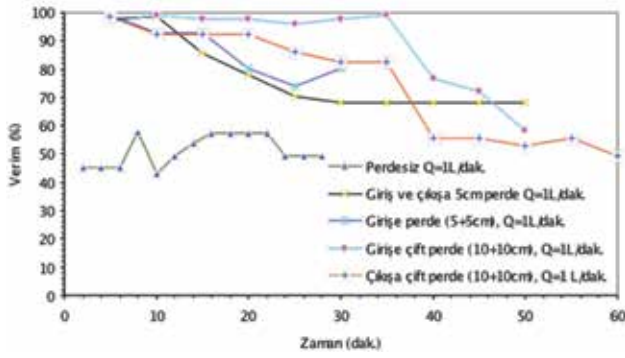
Şekil 5. Birinci tip havuza ait 3 L dak⁻¹ giriş debili çöktürme verim-zaman grafiği



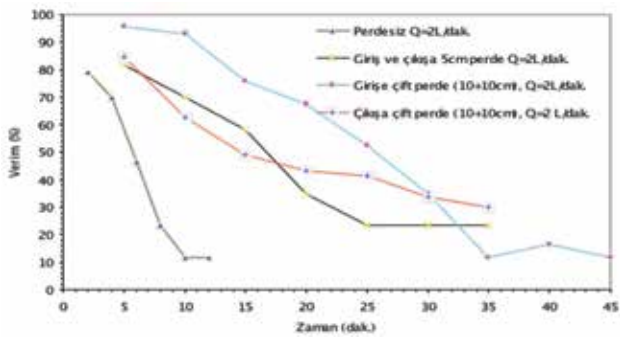
Şekil 4. Birinci tip havuza ait 2 L dak⁻¹ giriş debili çöktürme verim-zaman grafiği



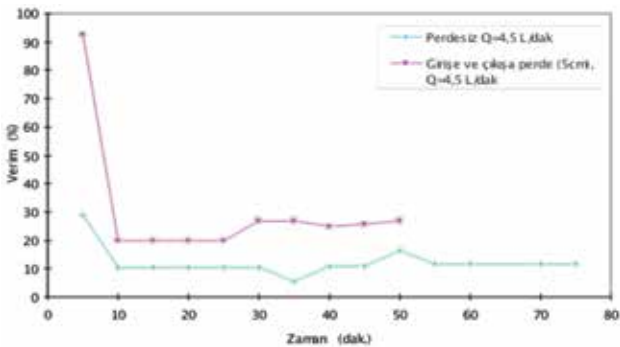
Şekil 6. İkinci tip havuza ait dispersiyon eğrileri



Şekil 7. İkinci tip havuza ait 1 L dak⁻¹ giriş debili çöktürme verim-zaman grafiği



Şekil 8. İkinci tip havuza ait 2 L dak⁻¹ giriş debili çöktürme verim-zaman grafiği



Şekil 9. İkinci tip havuza ait 4.5 L dak⁻¹ giriş debili çöktürme verim-zaman grafiği

Hidrolik bekletme süresi aşıldığında çöktürme veriminde ani düşüşler gözlenmiştir. İncelendiğinde verim artışına nazaran çökeltme veriminin düştüğü fakat perdelerle yapılan çalışmalarda verimin düşüşünde azalmalar gözlenmiştir. 4.5 L dak⁻¹ giriş debili çalışmada hidrolik bekletme süresinin 14 dakikaya düştüğü görülmüştür. Bu değer aşıldığında verimde azalmalar izlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çöktürme havuzlarında performans incelemesi için dispersiyon ve Froude sayıları hesaplanmış, havuzda çökeltme performansı incelenen CaCO₃ ile çöktürme havuzunda giriş ve çıkış savak önüne yerleştirilen çeşitli sayıda perde bariyerler ile yatay hızda yavaşlama sağlanarak, ayrıca perde bariyer altında oluşan türbülans ile tanecik çökeltmesine yardımcı olunarak çöktürme veriminde artışlar sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Dufresne, M.V, Vazquez, J., Terfous, A., Ghenaim, A., Poulet, J.B., 2009. Experimental investigation and CFD modelling of flow, sedimentation and solids separation in a combined sewer detention tank. *Computing Fluids*, 38: 1042-1049.
- Eroğlu, V., 1995. Su tasfiyesi. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Goula, A.M., Kostoglou, M., Karapantsios, T.D., Zouboulis, A.I.A., 2008. CFD methodology for the design of sedimentation tanks in potable water treatment case study: the influence of a feed flow control baffle. *Chemical Engineering Journal*, 140: 110-121.
- Krebs, P., Vischer, D., Gujer, W., 1995. Inlet structure design for final clarifiers. *Journal of Environmental Engineering* 121(8): 558-564.
- Tchobanoglous, G., 1991. Wastewater engineering treatment disposal and reuse. McGraw-Hill, New York.
- Muslu, Y., 1995. Atıksuların arıtılması. İTÜ Matbaası, Ayazağa, İstanbul.
- Tokgöz, S., 2000. Yukarı akışlı anaerobik filtre model reaktöründe temiz yatak hidrolik özelliklerinin belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(3): 7-12.
- Toprak, H., Özer, A., Uslu, O., 1989. Su ve atıksu arıtımında çöktürme yüzdürme ve mekanik filtrasyon. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası*, İzmir.
- Lynn, D.A., Stamou, A. I., Rodi, W., 1992. Density currents and shear-induced flocculation in sedimentation tanks. *Journal of Hydro-Engineering ASCE*, 118(6): 849-864.
- Sammaraee, M.A, Chan, A., Mahabaleswar, U.S., 2009. Large-eddy simulations of particle sedimentation in a longitudinal sedimentation basin of a water treatment plant: Part I: Particle settling performance. *Chemical Engineering Journal*, 152(2-3): 307-314.