

# TABAKALI AKIŞKAN ORTAMINDAKİ SU ALMA AĞZINA AİT KRİTİK BATIKLIK

**Pınar KOCABAŞ\***, **Fikret KOCABAŞ\*\*** ve **Nihat EROĞLU\*\*\***

\* İnşaat Yüksek Mühendisi, Yozgat

\*\* İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Yozgat

[fkocabas@erciyes.edu.tr](mailto:fkocabas@erciyes.edu.tr)

\*\*\* İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara,

[enihat@gazi.edu.tr](mailto:enihat@gazi.edu.tr)

## ÖZET

Bu çalışmada, su alma ağzına hava girişi ve tabakalı akışkan ortamında istenilen akışkanın çekilmesine (alınmasına) ait kritik batıklık su-hava ve su-yağ-hava ortamlarında deneyler yapılarak incelenmiş ve Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi (KKKY) teorisi ile kontrol edilmiştir. Tabakalı akışkan ortamında, üst tabakada yer alan akışkanın (serbest çevrinti çöküntüsünü doldurarak) su alma ağzına henüz giriş yaptığı andaki su alma ağzı ile üst tabaka akışkanının alt sınırı (ara yüzey) arasındaki düşey mesafe “kritik batıklık” olarak adlandırılır. Askıdaki sediment veya sıcaklık farkı sebebiyle su haznelerinde oluşan tabakalı akışkan ortamına sıkça rastlanılır. Bu durumda tabakalı akışkan ortamından istenilen suyun alınması veya nükleer ve termik güç istasyonlarına soğuk suyun alınabilmesi çevre veya hidrolik mühendisliği problemi olarak karşımıza çıkar. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki; su-yağ-hava ortamındaki kritik batıklık değerinin su-hava ortamındaki kritik batıklık değerinden daha büyüktür. Tabakalı ortamı oluşturan akışkanların yoğunluk farkı, kritik batıklık üzerinde etkilidir ve KKKY kavramı tabakalı akışkan ortamında da kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tabakalı akışkan, batıklık, su alma ağzı.

## CRITICAL SUBMERGENCE FOR AN INTAKE IN A TWO-LAYER STRATIFIED FLUID MEDIA

### ABSTRACT

In a natural reservoir, the vertical density gradient may occur due to variations in temperature, dissolved salt, and suspended sediment contents. This type of fluid body is called, “stratified media”. In a two-layer stratified fluid media, when the upper fluid just enters the intake (by filling the vortex-depression in the lower layer), the vertical distance between the interface of the fluids and intake is called the “critical submergence”. In this study, the critical submergence for both air entraining vortex and selective withdrawal in a two-layer fluid are experimentally studied. The experimental results indicated that the critical submergence for an intake in a stratified fluid media is greater than that for the intake in a single homogeneous fluid of same kind. The density difference of the fluids forming the stratified fluid media is effective on the critical submergence of the intake.

**Keywords:** Two-layer fluid, submergence, intake.

### 1. GİRİŞ

Özgül yoğunlukları  $\rho_1$  ve  $\rho_2$  olan akışkanlardan, yoğunluğu büyük olanın altta, diğerinin üstte yer almasına “tabakalaşma” denir. Doğal haznelerde sıcaklıktaki değişim, erimiş tuz bileşenleri ve askıdaki sedimentler dolayısıyla düşey yoğunluk gradyanı ya da başka bir deyişle tabakalaşma oluşur. Ara yüzeyin

su alma ağzının üst sınırına olan düşey mesafesi su alma ağzına ait “batıklık” olarak bilinir. Su alma ağzı ile alınan debi için batıklık kritik bir değer altına düştüğünde üstteki hafif akışkanın alt tabakada oluşan serbest çevrinti çöküntüsünü doldurarak su alma ağzına tam girmeye başladığı andaki “batıklık” değerine “kritik batıklık” adı verilir.

Tabakalı bir su gövdesinden istenilen akışkanın

alınması ile ilgili olarak çok sayıda deneysel ve teorik çalışma vardır [1-7].

Bunlardan Lubin ve Springer [1], silindir bir tankın taban merkezine bir su alma borusu yerleştirerek tabakalı akışkan ortamından istenilen akışkanın alınışını çalıştı. Çalışmalarında permenan koşulları sağlayamadan seviyenin düşmesiyle üst tabakada yer alan akışkanın su alma ağız borusuna giriş derinliğini araştırdı.

Sharp ve Parchure [2-4], tabana ve tabandan yukarıya yerleştirdikleri su alma boruları ile tatlı su- tuzlu su kullanarak yaptıkları deneysel çalışma sonucunda, üstte yer alan tatlı suyun %1 girişinin olduğu batıklığı ve su alma borusu üzerine yerleştirilen diskin batıklık üzerine etkisini araştırdı.

Harleman vd. [5], tabakalı ortamda tabanda yer alan düşey su alma ağızı kullanmış, analitik ve deneysel çalışmaları sonucu  $0,3 < \frac{D_i}{S_c} < 1,1$  için üst tabakada yer alan akışkanın su alma ağzına girişi için ifade elde etmişlerdir (Burada,  $S_c$ : Kritik Batıklık,  $D_i$ : Su alma ağzının iç çapıdır).

Davidian ve Glover [6], tabakalı ortamda düşey aşağı su alma ağızı kullanarak alt tabakada yer alan akışkanı çekebilmek için deneyler yapmış ve  $0,3 < \frac{D_i}{S_c} < 14$  için ifade elde etmişlerdir.

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen ifadeler ise şu şekildedir [7]:

$$\frac{S_c}{D_i} = C \cdot \left( \frac{V_i}{\sqrt{g' D_i}} \right)^b = C \cdot F_r^b \quad (1)$$

Burada,  $V_i$ : Su alma ağzındaki ortalama hız,  $C$ =sabit,  $g' = g \cdot \left( \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \right)$ : azaltılmış yerçekimi ivmesi,  $g$ : yerçekim ivmesi,  $F_r$ : su alma ağzına ait yoğunluk farkı esaslı (densimetrik) Froude sayısı  $= V_i / \sqrt{g \cdot \Delta \rho \cdot D_i}$  ve  $b$ : bir sabittir ( $\approx 0.4$ ).

Bu çalışmada su ve özgül gravitesi (Ö.G.) 0,91 olan akışkan yağ kullanılarak tabakalı akışkan ortamı oluşturulmuş, su-hava ve su-yağ-hava durumlarına ait deneyler yapılarak karşılaştırılmıştır.

Kritik batıklığa ait elde edilen verilerin değerlendirilmesinde; merkezi ve debisi su alma ağzındaki ile aynı olan, yarıçapı da kritik batıklığa eşit olan Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi (KKKY) kavramından faydalanılmıştır [8,9].

Bu çalışma neticesinde KKKY'nin kuyu akımının olduğu her ortamda (tabakalı veya tabakasız)

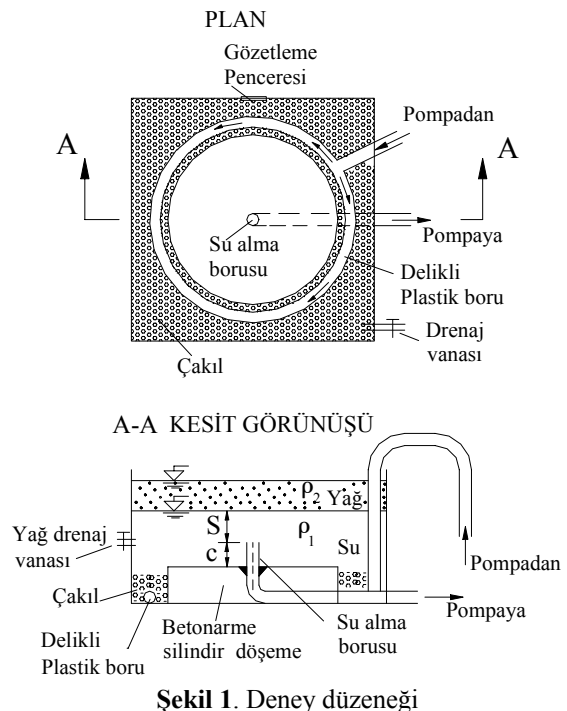
kullanılabildiği gösterilmiştir.

## 2. DENEY DÜZENEGİ VE DENEYLERİN YAPILIŞI

Deneysel düzeneği Şekil 1'deki gibidir. Deneylerde su ve akışkan yağ (ayçiçek yağı) kullanılarak tabakalı ortam oluşturuldu. Su alma ağzının tabandan olan düşey mesafesi,  $c$  değiştirilerek geçirimsiz akım sınırlarının engel etkisini görmek amacıyla  $c / D_i = 0, 1, 2, 5$  için hem su-hava hem de su-yağ-hava ortamlarında deneyler yapıldı.  $2 \times 2$  m kare kesitli ve yüksekliği 1,00 m olan tankta su alma ağzı olarak iç çapı  $D_i = 6.9$  cm olan demir boru kullanıldı. Pompa ile devir-daim sağlanırken boru hattı üzerine yerleştirilen bir dirsekmetre ile çekilen debi ölçüldü.

Tankın merkezine bir ucu tank tabanında ilerleyerek dışarı çıkan düşey su borusu kaynaklandı. Tankın iç tabanında 1.40 m çapında ve 0.30 m yüksekliğinde silindirik beton döşeme yapıldı. Tankın merkezinde yer alan su alma borusunun tank tabanında ilerleyen kısmı beton döşemenin içerisinde kalarak tank dışındaki pompaya bağlanmaktadır. Pompadan gelen suyun tank içerisinde düzgün dağılımını sağlamak için tankın taban iç çevresi boyunca yerleştirilen delikli bir plastik boru bağlandı ve üzerine çakıl dolduruldu (Şekil 1).

Tank içerisindeki su seviyesini ayarlamak için tank tabanına bir drenaj vanası yerleştirildi. Deneyler, kritik batıklıkları karşılaştırmak amacıyla su-hava ve su-yağ-hava ortamlarında ayrı ayrı yapıldı. Su-hava ortamında ve su-yağ-hava ortamında deneye başlamadan evvel hangi  $c/D_i$  için deney yapılacak ise ona uygun olan su alma ağzı tankın merkezine yerleştirildi. Tank, kritik derinliğin çok üzerinde bir



Şekil 1. Deney düzeneği

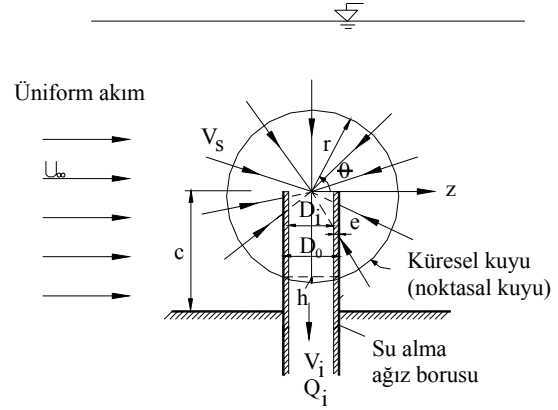
derinliğe ulaşınca kadar yeterli derinlikte su ile dolduruldu.

Akışkan yağ ile deney yapılıyor ise su yüzeyi üzerine 200 litre akışkan yağ yavaş ve küçük miktarlarda dökülerek yüzeyde 5 cm kalınlığında yağ tabakasının oluşması sağlandı. Pompa çalıştırılarak istenilen debinin su alma ağzından geçmesi sağlandı. Akımın permenan hale geldiği gözlemlenildikten sonra tank tabanındaki drenaj vanası çok az miktarda açılarak su seviyesinin çok yavaş düşmesi sağlandı. Su yüzeyinde havalı çevrinti çukurunun oluşup alt ucunun su alma ağzına ulaştığı anda tank içerisindeki su seviyesi ölçüldü.

Yukarıdaki işlemler farklı debiler için de tekrarlandı. Deneyler  $c/D_i = 0, 1, 2$  ve  $5$  için ayrı ayrı yapıldı. Deneyler sırasında su seviyesi azaldıkça yüzeyde çevrıntinin oluştuğu ve su yüzeyindeki çöküntünün uzayarak ağza kadar ulaştığı görüldü (Şekil 2).

### 3. DENEY VERİLERİNİN ANALİZİ

Yıldırım ve Kocabaş [8], kanal akımında bir su alma ağzının bulunması hali için su alma ağzına doğru olan akımı, noktasal (küresel) kuyu, yaklaşan kanal akımında da üniform akım kabul ederek akım alanına bir noktasal kuyu ile bir üniform akımın birleşimi olarak kabul edip kritik batıklığın potansiyel akım çözümüyle tahmin edilebileceğini göstermiştir (Şekil3). KKKY (Kritik Küresel Kuyu Yüzeyi), su alma ağzı ile aynı merkeze ve debiye sahiptir. Verilen akım ve geometri şartları için KKKY'deki hız da

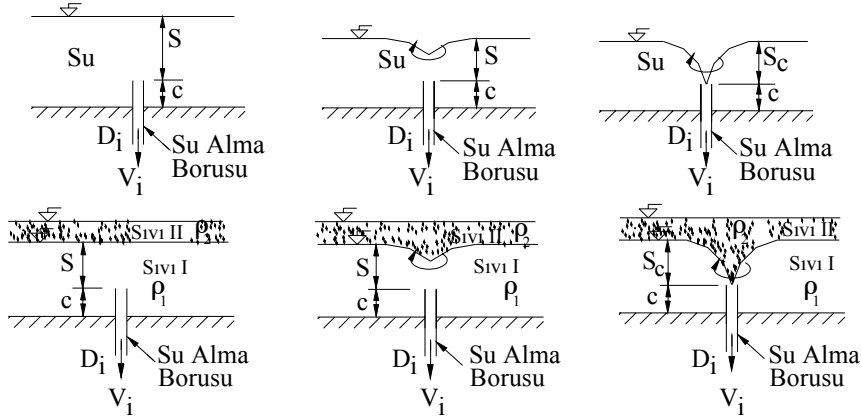


Şekil 3. Üniform akım ve noktasal kuyunun birleşimi

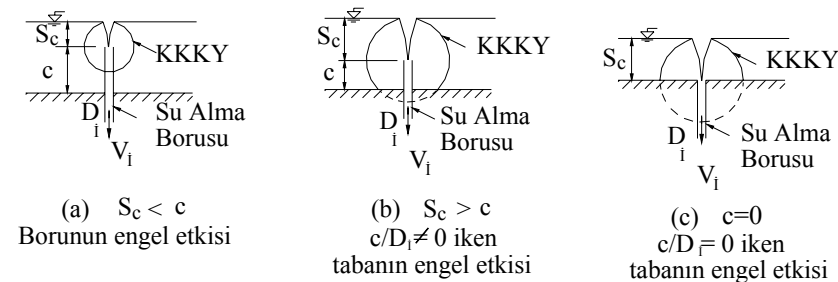
sabitir [8]. Yıldırım vd. [10], ağza akım sağlamayan geçirimsiz akım sınırları (geçirimsiz katı sınırlar) nedeniyle KKKY'nin yüzey alanındaki toplam kayıp alanını "engel etkisi" olarak ifade etmiş ve engel etkisinin kritik batıklık üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir (Şekil 4).

Bu çalışmadaki bütün deneylerde su alma ağzının tankın yan duvarlarına olan mesafesi kritik batıklıktan büyük olduğundan sadece kanal tabanının ve su alma borusunun engel etkileri vardır. Su alma ağız borusunun engel etkisi, su alma ağız borusunun dış sınırları içinde kalan ve ağza su sağlamayan KKKY'ye ait küresel kapağın yüzey alanı kısmıdır. Su alma ağzı ile aynı merkeze ve debiye sahip olan KKKY'deki hızın da sabit olması kabulünden [8], Süreklilik kanunu gereği;

$$Q_i = A_c V_s \quad (2)$$



Şekil 2. Su-hava ortamı ve su-yag-hava ortamı için deney sırasında gözlemler



Şekil 4. Küresel kuyu yüzeyi üzerinde geçirimsiz bir katı sınırın engel etkileri

yazılabilir. Burada  $Q_i$ : su alma ağız debisi,  $A_c$ : KKKY'nin çalışan net toplam yüzey alanı ve  $V_s$ : noktasal kuyu için (KKKY'deki) radyal hızdır. Yıldırım ve Kocabaş [8], durgun su gövdesi içerisinde bulunan bir su alma ağızı için sadece kanal tabanının engel etkisi olması durumunda kritik batıklığın aşağıdaki gibi olduğunu teorik olarak göstermişlerdir.

$$\frac{S_c}{D_i} = \frac{-(c/D_i) + \sqrt{(c/D_i)^2 + (V_i/2V_s)}}{2} \quad (3)$$

Burada  $S_c$ : kritik batıklık,  $D_i$ : su alma borusu iç çapı,  $c$ : su alma borusunun tabandan yüksekliği ve  $V_i$ : su alma ağızındaki hızdır

Yıldırım vd. [10], sadece su alma borusunun engel etkisi olması durumunda da,

$$\frac{S_c}{D_i} = 0,25 \cdot \frac{(V_i/V_s)^{1/2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_0}{D_i}\right)^2 \frac{V_s}{V_i}}} \quad (4)$$

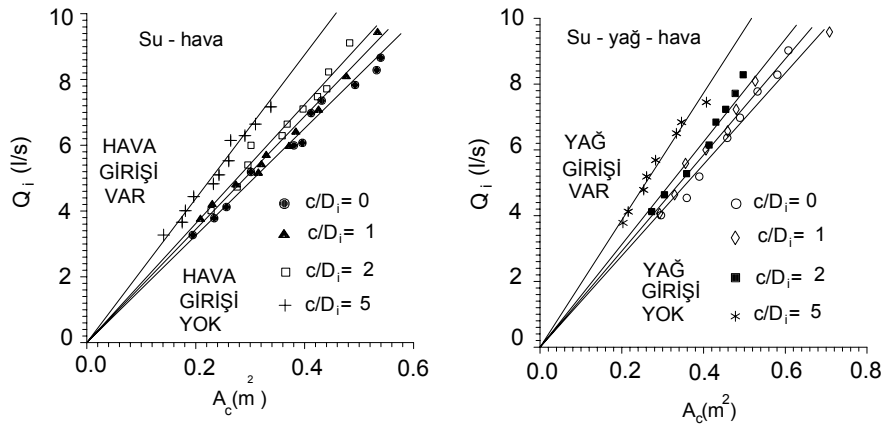
olduğunu gerek teorik olarak gerekse deneylerle ispatlamışlardır. Burada  $V_s$ : noktasal kuyu (küresel kuyu akımı) için radyal hız,  $D_0$ : su alma ağız borusu dış çapıdır.

Verilen bu denklemlerde kritik batıklığın tesbiti için  $V_s$  değerine ihtiyaç vardır.  $V_s$  verilen akım ve geometri için yapılan birkaç deneyden faydalanarak hesaplanabilen sabit bir değerdir.

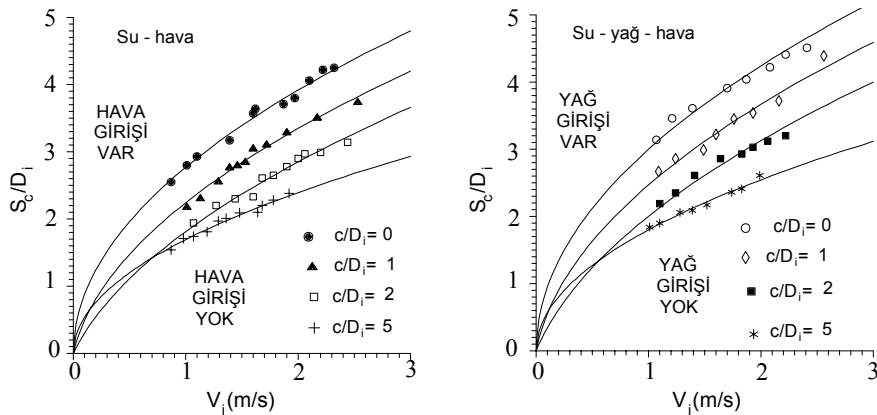
KKKY kavramından faydalanılarak deney neticelerine göre  $Q_i$ 'nin  $A_c$  ile değişimi deneyle (hem su-hava, hem de su-yağ-hava durumları için) Şekil 5'de gösterilmiştir. İfade (2)'den görüldüğü üzere  $Q_i$ - $A_c$  grafiğinin eğimi  $V_s$ 'yi verir. Şekil 5'den her  $c/D_i$  için bir  $V_s$  bulunmuştur. Elde edilen  $V_s$  değerlerinin (3) ve (4) no.lu denklemlerde kullanılmasıyla da  $S_c/D_i$  - $V_i$  değişimleri hem su-hava, hem de su-yağ-hava durumları için Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 6'da aynı ortamlar için (sadece su-hava ya da sadece su-yağ-hava) hız-batıklık değişimleri sadece  $c/D_i$ 'ye göre gözlemlenirken, iki farklı tabakada aynı  $c/D_i$  için değişimi gözlemek amacıyla Şekil 7 hazırlanmıştır.

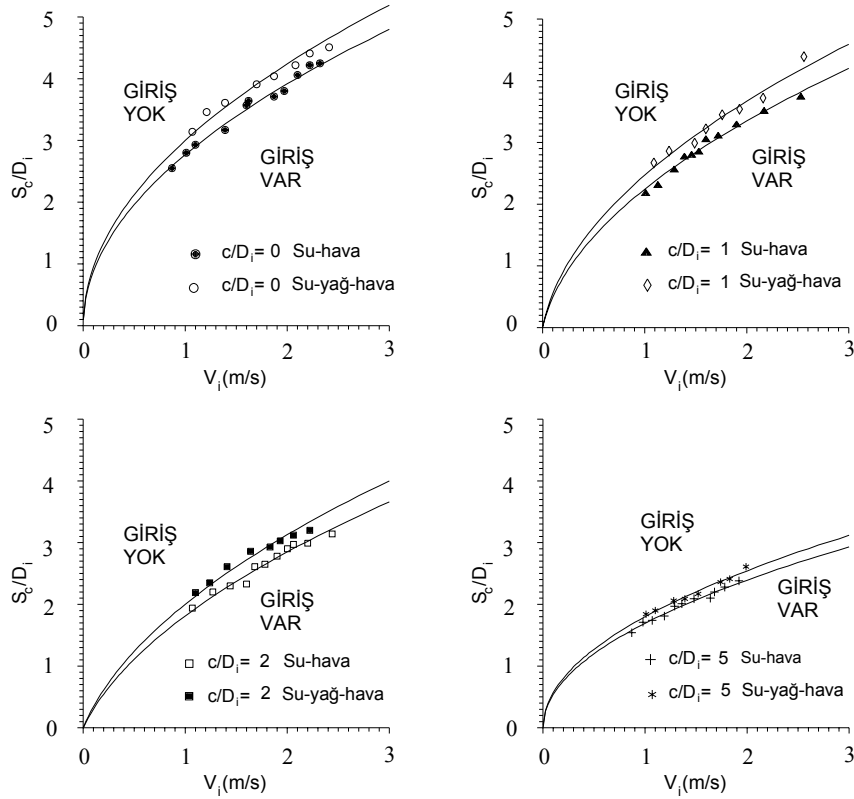
Önceki çalışmalardan faydalanılarak su alma borusuna ait Froude sayısının sabit alınması durumunda  $S_c/D_i$ 'nin alt ve üst tabaka arasındaki yoğunluk farkına  $\Delta\rho=(\rho_1-\rho_2)$  ve dolayısıyla  $(\Delta\rho/\rho_1)$  bağlı olarak değişimi çizilerek Şekil 8 elde edildi [7] ( $\rho_1$  ve  $-\rho_2$  sırasıyla üst ve alt tabakada yer alan sıvının yoğunluğudur). Şekil 8'de görüldüğü üzere  $\Delta\rho/\rho_1$  değeri azaldıkça kritik batıklık artmaktadır.



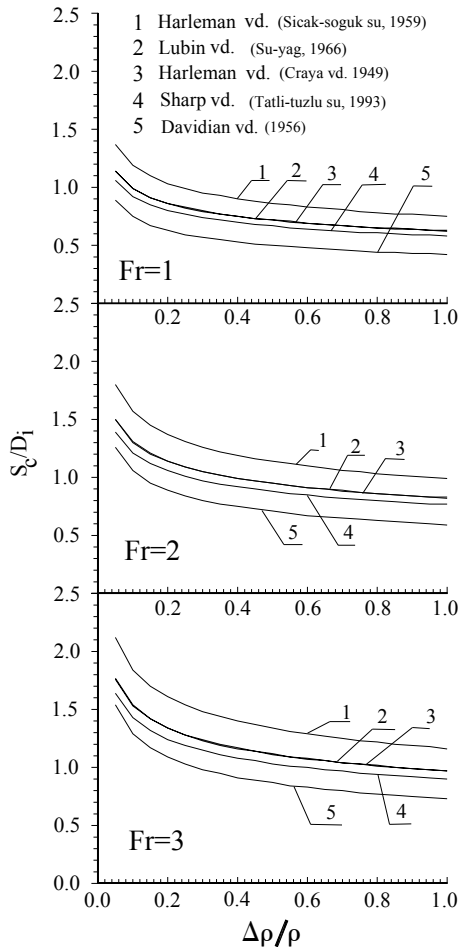
Şekil 5. Su-hava ve su-yağ-hava için küre yüzey alanı ve debi değişimi



Şekil 6. Su-hava ve su-yağ-hava için su alma ağızındaki hız ve batıklık değişimi



Şekil 7. Hız-batıklık değişiminin su-hava ve su yağ-hava ortamlarında gösterimi



Şekil 8. Froude sayısına bağlı olarak yoğunluk farkı-kritik batıklık değişimi

Şekil 5 kullanılarak elde edilen  $V_s$  değerlerinin kullanılmasıyla çizilen Şekil 6'da su-hava ve su-yağ-hava ortamları için tabanın engel etkisi arttığında kritik batıklığın arttığı görülmektedir. Benzer şekilde  $V_s$  değerlerinin kullanılmasıyla elde edilen Şekil 7'den de görüldüğü üzere tabakalı ortamı oluşturan su-yağ-hava ortamı için üst tabakada yer alan yağ su alma ağzına girebilmesi için gerekli kritik batıklık değeri, su-hava ortamında hava girişine ait kritik batıklık değerinden daha büyüktür. Bu netice önceki çalışmalardan elde edilen Şekil 8 ile uyum içerisindedir.

Şekil 7'den aynı su alma hızı için gerekli kritik batıklık değerinin dolayısıyla gerekli küre yüzey alanının su-yağ-hava ortamında, su-hava ortamından daha büyük olmasını gerektirdiği görülür. Süreklilik denklemi gereği (2 no.lu denklem) KKKY yüzey alanının büyümesiyle  $V_s$ 'nin azalması gerektiği anlaşılmaktadır.

Herhangi bir  $c/D_i$  için su-yağ-hava deneylerine ait  $V_s$  değeri, su-hava deneylerine ait  $V_s$  değerinden daha küçüktür. Bunun sebebi üst tabakada yer alan yağ dolayısıyla ara yüzeyde atmosfer basıncından daha büyük bir basıncın olması ve iki akışkan tabakasının arakesitinde oluşan sürtünme ve yüzeysel arakesitte oluşan viskozite ve yüzeysel sürtünme sebepleriyle KKKY'nin en üst noktasında basınç düşmesi çok daha az olur. Arakesitte oluşan viskozite (sürtünme) gerilmeleri nedeniyle alt tabakanın en üst kısımlarındaki hızlar azalır. Bu nedenle KKKY'nin

üst kısımlarındaki hız azalır ve dolayısıyla çevrinti çukurunun ağza doğru ilerleyişi güçleşir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada durgun su gövdesinde bulunan su alma ağzına hava girişi ve tabakalı ortamda istenilen akışkanın çekimi ile ilgili olarak kritik batıklığın değişimi incelenmiş olup aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

1. Tabakalı akışkan ortamında üst tabakada yer alan akışkanın su alma ağzına girişi ile ilgili kritik batıklığın hesabı için de KKKY kavramı kullanılabilir. Bunun için  $V_s$ 'in bulunması yeterlidir.
2. Tabakalı ortam durumunda da verilen akım şartları ve geometri için KKKY'deki hız ( $V_s$ ) sabittir ve  $c/D_i$  arttıkça  $V_s$  artar.
3. Su-yağ-hava ortamı için KKKY deki hız, su-hava ortamındaki radyal hızla karşılaştırıldığında (akışkanların ara yüzeyindeki sürtünmenin fazla olması nedeniyle) daha küçüktür. İşte bu nedenle tabakalı ortamdaki kritik batıklık değeri hava girişindeki kritik batıklıktan daha büyük olmaktadır.

#### KAYNAKLAR

1. Lubin, B.T., Springer, G.S., "The Formation of a Dip on the Surface of a Liquid Draining from a Tank", **Journal of Fluid Mechanics**, 385-390, 1966.

2. Sharp, J.J.,Parchure T.M., "Critical Submergence in two-layer Stratified Flow", **ASCE Journal of Hydraulic Engineering**, 924-928, 1991.
3. Sharp, J.J.,Parchure T.M., "Selective Withdrawal Using Circular, Partly Submerged Intake Structures", **ASCE Journal of Hydraulic Engineering**, 615-627, 1993.
4. Sharp, J.J.,Parchure, T.M.,Guo, Z.R., "Selective Withdrawal Through an Intake Fitted with a Collar", **ASCE Journal of Hydraulic Engineering**, 683-686, 1996.
5. Harleman, D.R.F., "Morgan, R.L., Purple, R.A., "Selective Withdrawal from a Vertically Stratified Fluid", **8. Congress of the International Association for Hydraulics Research**, 10-c, 1959.
6. Davidian, J., Glover, J.E., "Development of the Non-Circulatory Waterspout" Part one of "Seven Exploratory Studies in Hydraulics", **ASCE Journal of Hydraulics Division**, Vol. 82, No.HY4, Proc. Paper 1038, 1956.
7. Kocabaş, P., "Tabakalı Sıvı Ortamında İstenilen Sıvının Çekilmesi İçin Gerekli Batıklığın Tesbiti", Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü.F.B.E.**, 2000.
8. Yıldırım, N., Kocabaş, F., "Critical Submergence for Intakes in Open Channel Flow", **ASCE Journal of Hydraulic Engineering**, 900-905, 1995.
9. Yıldırım, N., Kocabaş, F., "Critical Submergence for Intakes in Still-Water Reservoir", **ASCE Journal of Hydraulic Engineering**, 103-104, 1998.
10. Yıldırım, N., Kocabaş, F., Gülcan, S.C., "Flow Boundary Effects on Critical Submergence of Intake Pipe", **ASCE Journal of Hydraulic Engineering**, 288-297, 2000.