

Açık kanalda askıda bitki etkisindeki akımın yatay hız bileşeninin derinlik boyunca değişiminin incelenmesi

Didem YILMAZER^{1,*}, Ayşe YÜKSEL OZAN²

¹Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu-Tekirdağ

²Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aydın

Geliş Tarihi (Recived Date): 26.02.2018
Kabul Tarihi (Accepted Date): 06.12.2018

Özet

Ekosistem için çok önemli olan bitki tarlalarının kıyı ve akarsu hidroliği üzerindeki etkilerini incelemek son yıllarda giderek önem kazanmıştır. Su bitki örtüsü genellikle tam batmış, kısmi batmış ve yüzen bitki örtüsü olarak sınıflandırılabilir. Yüzen bitki örtüsünün en büyük farkı bitkinin altındaki taban sınır tabakasının etkisidir. Yüzen veya askıda bitki örtüsü akışa engel teşkil edecek ve akım hızında yavaşlamaya neden olacaktır. Bu yavaşlama ile beraber düşey hız dağılımı klasik logaritmik dağılımdan sapacaktır. Bitki sebebiyle üst tabakadaki hız azalmasının aksine, bitki ile taban arasında kalan boşlukta hız artışı oluşacaktır. Bu çalışmada, 181 adet 1.0cm çaplı silindirik çubuklar, 30cm çaplı ahşap bir kafaya sabitlenmiş ve su seviyesinden itibaren 15cm su içine girecek şekilde kanal üst tarafına monte edilmiştir. Membada, bitkiden önce 4 nokta ve mansapta bitkiden sonra 7 nokta olmak üzere 11 farklı noktada ve 8 farklı derinlikte hız ölçümleri ADV (Akustik Dopler Hız Ölçer) kullanılarak yapılmıştır. Deney sonuçları, askıda bitkinin akıma engel teşkil ederek, akımın hızını etkilediğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Askıda bitki, düşey hız dağılımı, açık kanal akımı.

* Didem YILMAZER, dyilmazer@nku.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-6947-8262>
Ayşe YÜKSEL OZAN, ayseyukselozan@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1931-3528>

Investigation of the horizontal velocity component change along the depth caused by the suspended vegetation in the open channel

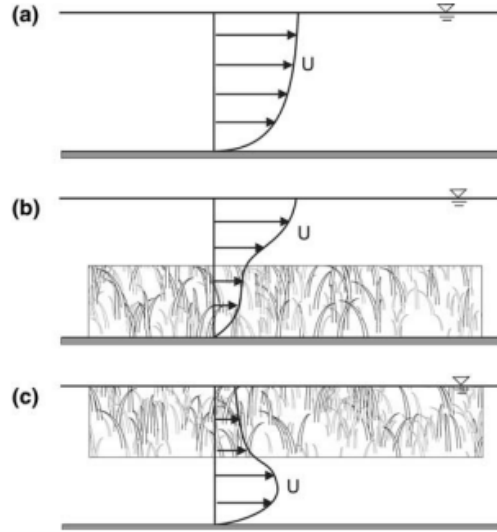
Abstract

It has become increasingly important in recent years to study the effects of vegetation fields on the fluvial areas which are very important for the ecosystem. The water plant fields can be classified as submerged, emergent and suspended vegetation. The major difference of the suspended vegetation is the effect of the bottom boundary layer under the plant. Suspended vegetation is obstacle and will cause a decrease in speed of the flow and the vertical velocity distribution will deviate from the classical logarithmic distribution. Contrary the decrease in speed in the upper layer due to the plant, the speed increase will occur in the gap beneath the plant. In this research, 181 rigid cylinders with a diameter of 1.0cm were fixed to a 30cm diameter wooden head and mounted on the upper side of the channel. The plant was allowed to enter into 15cm of water and there is a 15cm gap beneath the plant, between the channel bed and the plant end. An ADV (Acoustic Doppler Velocitymeter) was used to collect data from 11 different points (4 points before the plant and 7 points after the plant) and 8 different depths. Experimental results have shown that the suspended vegetation is a barrier to flow and affects the the velocity of the flow.

Keywords: *Suspended vegetation, vertical velocity distribution, open channel flow.*

1. Giriş

Sulak çevrenin sürdürülebilir gelişiminde çok önemli bir rolü olan birçok su bitki örtüsü tabanda yer almakta ve tam batmış ve yarı batmış olarak sınıflandırılabilir. David R. Plew vd. (2006), yüzen veya askıda olarak isimlendirilebilen diğer bir durumu ise, serbest yüzeyden tabana doğru inen ve tabanla bitki arasında boşluk bulunan tür olarak tanımlamaktadır [1]. Bu çalışmaya göre yüzen ve askıda olarak isimlendirilebilen bitkilerin, tam batmış veya yarı batmış olarak adlandırılan bitkiden farkı suyun yüzeyinden tabana doğru inmesidir [1]. Bitki tarlaları, David R. Plew vd.(2006) ve Wenxin H. vd.(2011) tarafından; tam batmış, kısmi batmış ve yüzen bitki örtüsü olarak sınıflandırılmaktadır [1-2]. Bitkisiz durumdaki açık kanal akımlarında, taban sürtünmesine bağlı olarak kanalda logaritmik hız dağılımı oluşmakta ve hızlar, tabandan yüzeye doğru artmaktadır [1]. Şekil 1'de görüldüğü gibi, askıda veya batmış bitki varlığında direnç kuvvetindeki artışla beraber bitki bölgesindeki akım hızlarında azalma, bitkisiz bölgede ise artış meydana gelmektedir [1]. Askıda bitki durumunda hem bitkili su üst kolonunda; bitkiden dolayı, hem de tabanda; taban sürtünmesinden dolayı, partikül hızlarında düşüş meydana gelirken, bitki bitişi ile kanal tabanı arasındaki boşlukta ise ani hız artışı oluşmaktadır [1]. Alt tabaka akım hızları ve sapmalar üzerinde, bitki alt kısmı ile taban arasında kalan boşluklu bölgenin de önemi büyüktür [1]. David R. Plew (2011), askıda bitki ile batmış bitki durumunun benzer ama ters yönlü olduğu düşünülse bile, bitki altındaki serbest akışın katı cidar ile sınırlandırılmış durumda iken, askıda bitkinin üst tarafında serbest yüzey olmasının fark yarattığından bahsetmektedir. Bu nedenle de batmış bitki durumunda fazla etkili olmayan taban sürtünmesi, askıda bitki durumunda daha fazla etkili olmaktadır [3].



Şekil 1. a) Boş kanalda hız dağılımı b) Batmış bitki varlığında hız dağılımı c) Askıda bitki varlığında hız dağılımı [3].

Bitki-akım etkileşimi pek çok araştırmacı tarafından farklı kabuller altında birçok alanda (çevreyle ilgili etkileri, hidrodinamik etkileri, dalga enerjisi sönümlemesine etkileri vs.) incelenmiş olmakla beraber, askıda bitki örtüsü akarsu, nehir, delta veya göller gibi sulak alanlarda en çok çevreyle ilgili etkileri (olumlu-olumsuz) bakımından araştırılmış, akım hızına etkilerine dair inceleme, tabandaki bitki tarlaları kadar geniş yer bulmamıştır. Amir Heshmatifav vd. (2015), askıda bitkinin açık kanallarda yüzey soğuması sonucu meydana gelen negatif ısı akışı sebebiyle karışım akımları üzerine çalışmıştır. Araştırma için, bitkili bölge ve açık kanal bölgesi olmak üzere iki bölge belirlemiştir. Gece soğuması ile birlikte oluşan negatif ısı akışı, açık kanal ile bitkili bölge arasında yoğunluk farkı oluşmasına neden olacaktır. Böylece daha sıcak olan su yüzeydeki açık bölgeye girecektir [4]. Ayrıca, değişik bitki yoğunlukları ve batıklık oranları ile çalışmışlar ve karışım akımlarını etkileyen en önemli faktörün direnç olduğu sonucuna varmışlardır [4]. Wenxin Huai vd. (2011), askıda bitkinin, açık kanaldaki türbülanslı akım yapısının hidrolitik özelliklerinin tam anlamıyla anlaşılabilmesi için, kanalı düşey yönde; en alt bitkisiz akım alanı, bitkinin etkisinin hissedildiği akım alanı ve bitkili akım alanı olmak üzere üç parçaya ayırmış ve her tabaka için akım doğrultusundaki hızları momentum denklemlerinin matematiksel olarak çözülmesi sonucu elde etmişlerdir [2]. Xueyan Z. vd. (2011)'de iki farklı yoğunluk ile deney yapmış, bitkili bölge (Root layer), bitkinin hemen altındaki bölge ve geri dönüş akımlarının meydana geldiği bölge olmak üzere 3 kısma ayırmış ve incelemiştir. Çalışmada hareketli düşey bir duvarı tuzlu su ile temiz suyu birbirinden ayırmak için kullanmıştır. Farklı yoğunluklu sıvılar bitkilenmeye bağlı olan farklı güneş ısıtmasını temsil etmektedir [5]. David R. Plew (2005), geniş midye tarlalarının hidrodinamik etkilerini araştırmıştır. Dalga enerjisi ve akım yapısı üzerine etkileri konularında saha araştırmaları ve ölçümler yapmıştır [6]. Järvelä (2005)'de akım yapısını incelemek için canlı bitkiler ile kanal deneyleri yapmış ve batmış haldeki canlı bitki üzerindeki akım yapısının esnek yapay bitkiler üzerindeki akım yapısı ile eşdeğer olduğunu gözlemlemiştir [7]. Yüksel Ozan (2016)'da sınırlı uzunlukta batık bitki parçasının etkisindeki akım yapısını deneysel olarak araştırmış ve hız dağılımının kanal en kesiti boyunca logaritmik hız dağılımına uygun olduğunu ve bitki tabakasının, sınırlı uzunluğuna ve genişliğine rağmen akım hızında ciddi bir azalmaya neden olduğunu

gözlemlemiştir [8]. Huai vd. (2009)'da açık kanal akımları için batmış bitki etkisinin hız dağılımına etkilerini incelemiştirler [9]. Nepf ve Vivoni (2000) ile Nezu ve Okamoto (2010) yaptıkları çalışmalarda, nehirlerde ve nehir kıyılarında meydana gelen bitkilendirmenin akım alanını hidrodinamik olarak belirgin şekilde etkilediğini ve aynı zamanda akımı engelleyerek ortalama hız, Reynolds gerilimi ve türbülans şiddeti gibi akım karakteristiklerini değiştirerek katı madde taşınımına tesir ettiğini belirtmişlerdir [10-11]. Raupach (1988), bitki tarlasının içindeki ve üstündeki türbülansın tutarlı ve organize olduğunu gözlemlemiş ve bu organize hareketin karakterine açıklık getirmeye çalışmıştır [12]. Fischer-Antze, T. vd. (2001) yaptıkları çalışmada, kısmi bitkilendirmenin yapıldığı açık kanalda, hız dağılımını 3 boyutlu model kullanarak hesaplamışlar, Navier Stokes denklemlerini türbülans modelini ve SIMPLE metodunu kullanarak çözmüşlerdir. Bitki düşey silindir kullanılarak modellenmiştir. Yüksek pürüzlülük değerleri yerine bu metodun kullanılması ile bitkinin sadece taban yakınındaki değil tüm derinliklerdeki etkisinin görülmesi sağlanmıştır. Model, kısmi olarak bitkilendirilmiş doğrusal kanalda uniform akımla yapılan üç farklı deney ile test edilmiştir. Çalışmada hız ve bitki yoğunluğu düşeyde ve yatayda değiştirilmiş ve değişik en kesit şekilleri kullanılmıştır. Çalışmada ölçülen ve hesaplanan hız profillerinin oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir [13]. Li, Y. vd. (2014), açık kanalda, batmış bitkinin, akım yapısı üzerindeki, etkisini 3D ADV kullanarak deneysel olarak araştırmışlar ve yapay bitkinin kullanıldığı bu çalışmada, akım yapısının batmış bitkinin varlığından fark edilebilir şekilde etkilendiğini gözlemlemiştirler. Çalışma, bitki tarlasının mansap tarafında akımın tekrar dengeli hale geldiği mesafenin belirlenmesi açısından da önem arz etmektedir [14]. Newel ve Richardson (2014), midye tarlaları içinde ve etrafında alan ölçümleri yapmışlar fakat çalışmalarını kütle akış hızına yoğunlaştırmışlardır [17].

Bu çalışmada, $d=1.0$ cm çapında 181 adet silindirik rijit bitki 30.0 cm çaplı ahşap yapıya sabitlenmiş ve su yüzeyinden itibaren 15.0 cm'sinin su içine batmasına izin verilmiştir. Silindirik cisimlerin sabitlendiği ahşap yapı kanal üst tarafına sabitlenmiş ve bitkinin hareket etmesi engellenmiştir. Kanal Y ekseninde tam ortaya sabitlenen bitkiden önce (membraa doğru) ve sonra (mansaba doğru) hız ölçümleri yapılarak, bitkinin memba ve mansap akımına olan etkileri incelenmiştir. Deney verileri bitkisiz durumda kanalda yapılan hız ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada askıda bitkinin, akım hızına etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmanın, değişik askıda bitki yükseklik ve yoğunlukları ile yapılan deney verilerini karşılaştırmaları açısından araştırmacılara yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Deneysel çalışmalar

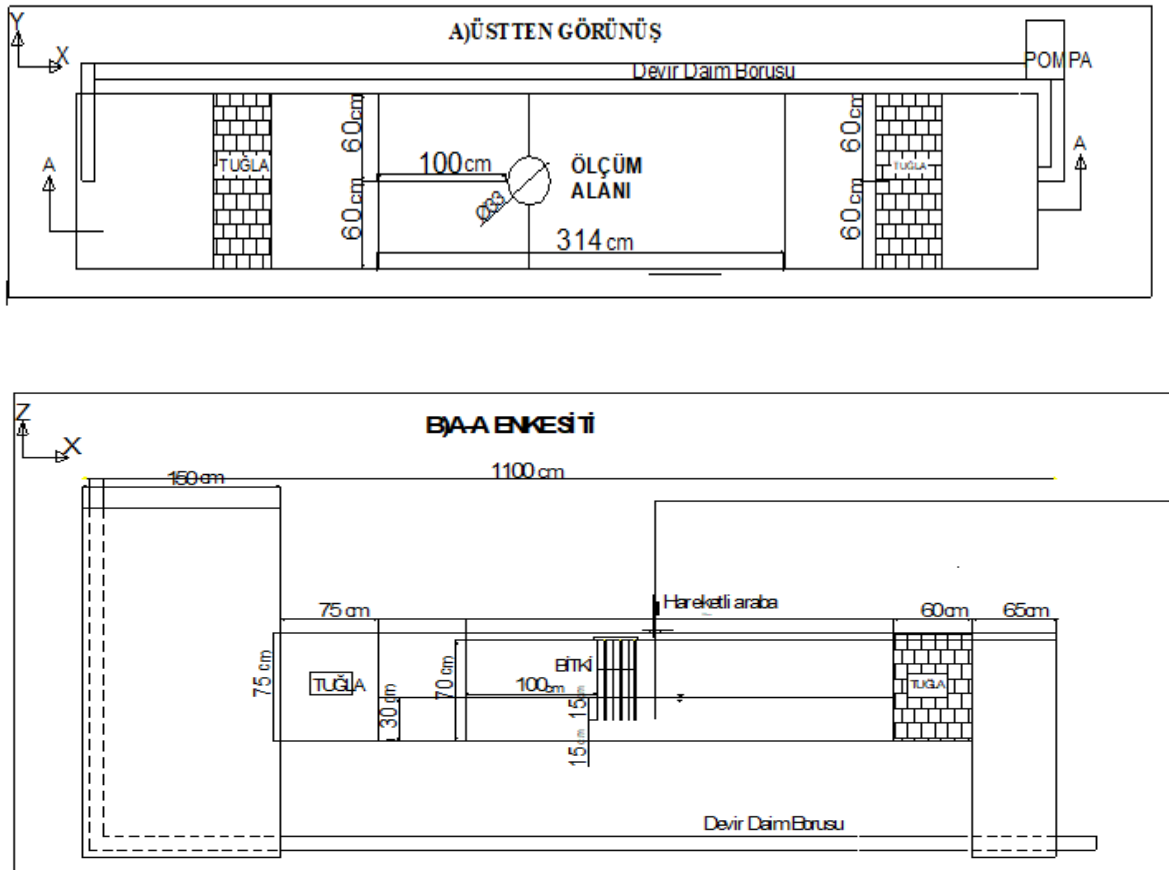
2.1 Deney kanalı

Deneyler, Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Laboratuvarına kurulan 11.00 m uzunluğunda, 1.20 m genişliğinde ve 0.75 m yüksekliğinde, her iki tarafı cam, dikdörtgen kesitli doğrusal bir kanalda gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de kanalın farklı görünüşleri verilmektedir. Şekil 3'de ise kanala ait üstten görünüş ve kesit görünüş yer almaktadır. Kanalda akım, su devir daimi yapılarak sağlanmıştır. Bunun için kanalın yanına bir pompa yerleştirilmiştir. Bu pompa ile kanaldan alınan su, devir daim borusu aracılığı ile kanala geri basılarak akım oluşturulmuştur. Hız ölçümlerinde kullanılan ADV, bir limnimetreye monte edilerek düşeyde kontrollü bir şekilde hareket etmesi sağlanmıştır. Oluşturulan bu sistem, kanal

üzerinde X ve Y yönlerinde hareket edebilen tekerlekli bir arabaya takılarak, ADV'nin üç boyutta da hareket etmesi sağlanmış, böylece istenilen noktada ölçüm yapılabilmektedir. Kanalda suyun boşaltılması, kanalın memba ucuna bağlanan bir pompa ile suyun şebeke sistemine aktarılması ile yapılmaktadır. Sızdırmazlık kanal tabanı beton kaplanarak sağlanmıştır. Kanalın memba ve mansabında çalkantının önlenmesi amacıyla delikli tuğla ile sönümleme alanı oluşturulmuştur.



Şekil 2. Doğrusal kanalın farklı görüşleri.



Şekil 3. Doğrusal açık kanal, a) Üstten görünüş, b) A-A En kesit görünüşü.

2.2 Hız ölçümü

Deneylerde SONTEK-Akustik Dopler Hız Ölçer (Acoustic Doppler Velocity Meter-ADV) kullanılmıştır. ADV, akustik dopler prensibine dayanan yüksek doğruluğa sahip, üç doğrultudaki hız bileşenlerini ölçen bir hızölçerdir. Özellikle sınır tabakası ve bazı

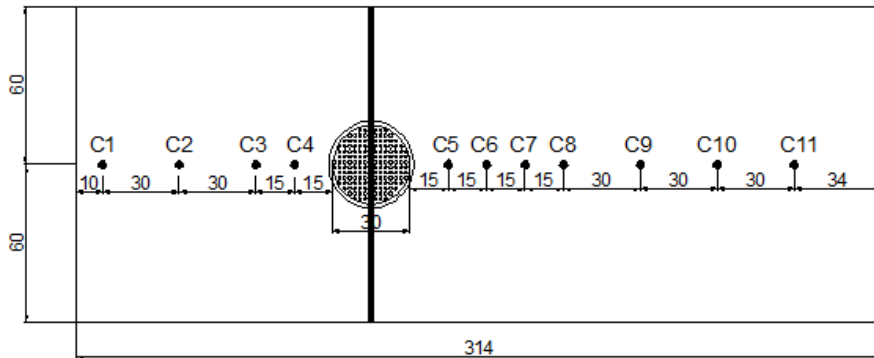
türbülans ölçümleri için oldukça elverişlidir ve birçok disiplinde kullanılmaktadır [15]. ADV hızölçer ile alınan veriler WinADV32(v.2.27) programı kullanılarak işlenmiştir [16].

2.3 Bitki örtüsü

Çalışmada dikkate alınan bitki 30 cm çaplı dairesel bir yapıya monte edilmiş 1.0 cm çaplı 181 adet yapay rijit silindirden oluşmaktadır. Bitkiye ait üstten ve yandan görünüm Şekil 4’de verilmektedir. Deneyler süresince su seviyesinin $H=30$ cm olması sağlanmış ve ortalama akım hızı sabit tutulmuştur. Kanal içinde $X=314$ cm $Y=120$ cm’lik bir ölçüm alanı belirlenmiş ve hız ölçümleri bu alanda gerçekleştirilmiştir. Bitki Y doğrultusunda ölçüm alanının ortasına yerleştirilmiştir. X yönünde bitkiden önce, memba tarafında C1, C2, C3 ve C4 olmak üzere 4 noktada, bitkiden sonra ise, mansap tarafında C5, C6, C7, C8, C9, C10 ve C11 olmak üzere 7 noktada, toplam 11 noktada hız ölçümü yapılmıştır. Ölçüm yapılan noktaların X ve Y mesafeleri Tablo 1’de verilmektedir. Tablo 1’de X mesafeleri ölçüm noktalarının bitkiye mesafesini, Y ise kanal $Y=0$ noktasına göre mesafeyi ifade etmektedir. $Y=0$ noktası kanalın cidar noktasıdır ve $Y=60$ cm. kanalın orta noktasını ifade etmektedir. Şekil 5’de ölçüm noktalarının kanal içindeki konumları verilmektedir. Bitkinin 15 cm suyun içine girmesine izin verilmiş, hız ölçümleri bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekil 6’da deneyde kullanılan rijit bitkinin kanal içindeki yerleşimi şematik olarak görülmektedir. Şekil 7’de ise bitkinin kanal içindeki yerleşimi verilmektedir.



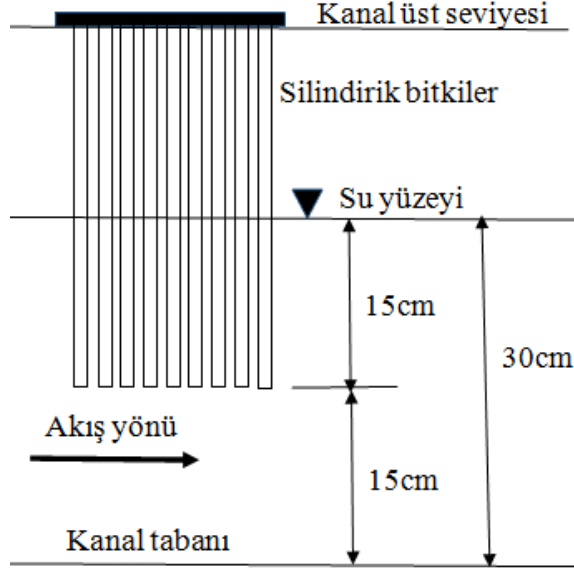
Şekil 4. Bitkinin üstten ve yandan görünümü.



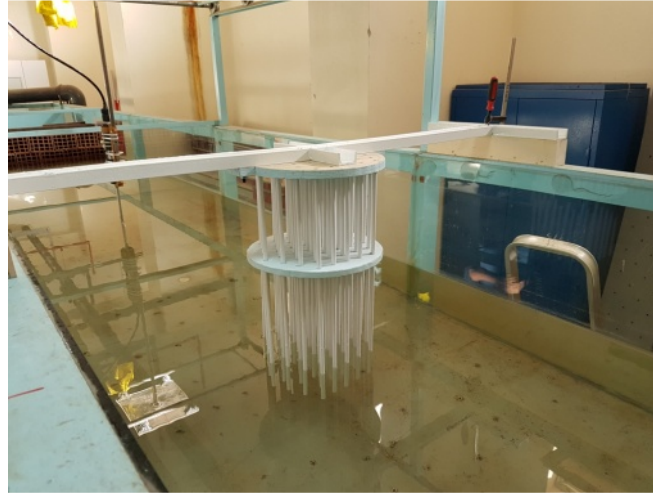
Şekil 5. Ölçüm noktalarının memba ve mansapta yerleri (Kanal üstten görünüşü).

Tablo 1. X ve Y doğrultusundaki hız ölçüm noktaları.

		Memba				Mansap						
X	Nokta adı	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	Bitkiden uzaklığı (cm)	90	60	30	15	15	30	45	60	90	120	150
Y	Nokta adı	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	Mesafe (cm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60



Şekil 6. Bitkinin kanal içindeki yerleşiminin şematik görünüşü.



Şekil 7. Bitkinin kanal içindeki yerleşimi.

Silindirik cisimler ahşap kafaya belli bir düzen üzerine sabitlenmişlerdir. Bitki yoğunluğu (SVF-Solid Volume Fraction); bitki adedi ve çapa bağlı olarak 1 no'lu denklem ile ifade edilmiştir. Burada (D) bitkilerin üzerine bağlandığı kontrplak çapını,

(d) bitki çapı, (n) toplam bitki sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada 181 adet silindirik bitki kullanılmıştır.

$$SVF = \frac{[n \times \frac{\pi d^2}{4}]}{[\frac{\pi D^2}{4}]} \quad (1)$$

Tablo 2’de deneyde kullanılan bitki tabakası yoğunluğu ve hidrolik şartlar verilmektedir. Reynolds Sayısı $Re = (u_{dm} H) / \nu = 30468$ ve Froude Sayısı $Fr = u_{dm} / (\sqrt{gH}) = 0.06$ bitkisiz hal için ortalama akım hızı kullanılarak hesaplanmıştır. Burada, (H) akım derinliği, (v) kinematik viskozite ve (g) yerçekimi ivmesidir. Bitkisiz durum için ortalama akım hızı (u_{dm}) grafik çizimlerinde boyutsuzlaştırma için de kullanılmıştır. Ortalama kesitsel akım hız değerleri (2) no’lu denklem kullanılarak elde edilmiştir. Düşeydeki ölçümlerden elde edilen hız değerleri, ortalama hız değerleri ile boyutsuzlaştırılmıştır. Tablo 2’de bu çalışma için geçerli olan hidrolik şartlar özetlenmiştir.

$$u_{dm} = \frac{\int_0^z u(z) z dz}{\int_0^z z dz} \quad (2)$$

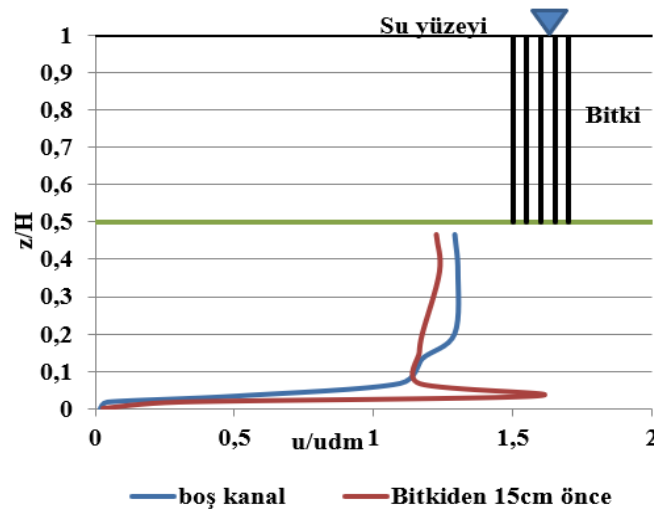
Tablo 2. Bitki tabakası yoğunluğu ve hidrolik şartlar.

n Bitki adedi	D Kontrplak çapı cm	d bitki çapı cm	SVF Yoğunluk	H Su derinliği cm	h_v Bitkinin su içine giren kısmı cm	H/ h_v	u_{dm} Ortalama akım hızı cm/s	Reynolds sayısı Re	Froude sayısı Fr
181	30	1.0	0.2	30	15	2	10.156	30468	0.06

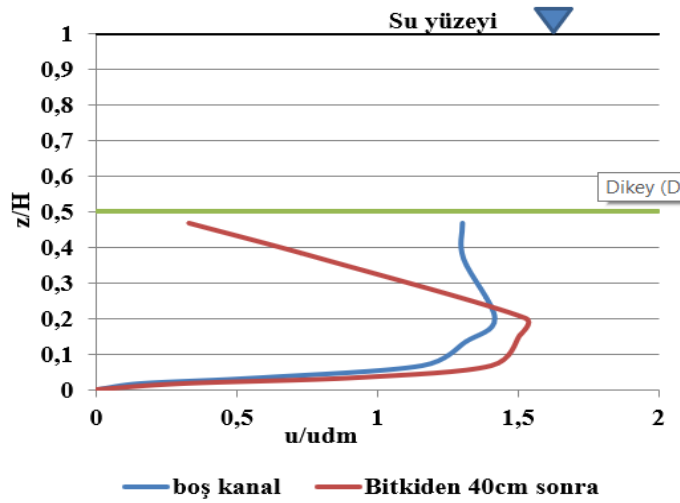
Kanal boyunca akış doğrultusu X eksenini olarak belirlenmiştir. Kanal yanal doğrultusu Y eksenidir ve Z ile ifade edilen düşey eksen, taban Z=0 noktası olarak kabul edilerek konumlandırılmıştır. Bu üç koordinat eksenini boyunca ADV ölçüm cihazı yardımıyla 120 sn ölçüm süresi boyunca 25Hz de 3000 ölçüm değeri elde edilmiştir. Hız ölçümleri Z doğrultusunda 8 derinlikte yapılmıştır. Farklı akım derinlikleri ve debilerde ön deneyler gerçekleştirilmiştir. Buna göre, çalışmada dikkate alınacak akım derinliği, H=30 cm ve debi Q=0.036 m³/s olarak belirlenmiştir. Düşeyde Z=0 taban olarak kabul edilerek Z1=0.5 cm, Z2=1.0 cm, Z3=2.0 cm, Z4=4.0 cm, Z5=6.0 cm, Z6=8.0 cm, Z7=11.00 cm ve Z8=14.00 cm olmak üzere 8 farklı derinlikte ölçüm yapılmıştır. Z8 tam bitki bitimine denk gelmektedir. Bu derinliklerde yapılan ölçümler ile bitki tabakasının memba ve mansaptaki akım hızına olan etkileri incelenmesi ve bitki ile taban arasında kalan boşluğa yaklaşan akımın davranışı konusunda gözlem yapılması amaçlanmıştır.

3. Sonuçlar ve tartışma

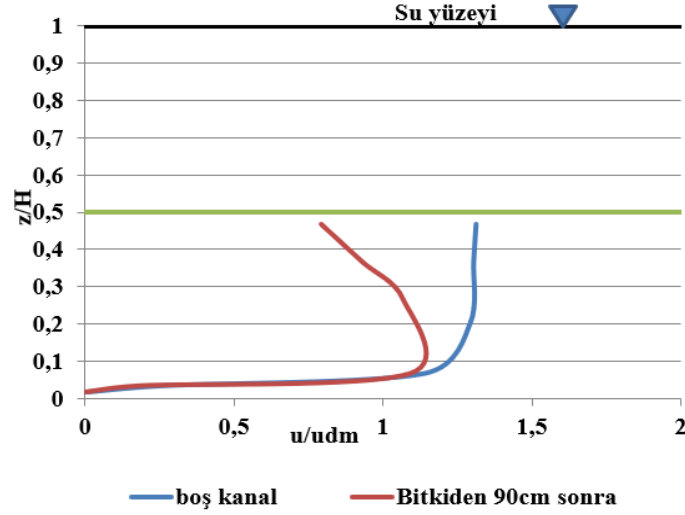
Bu çalışmada, askıdaki bitki örtüsünün açık kanal akım yapısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda bitki tabakasının varlığının, mansapta, bitki etkisindeki su kolonu bölgesinde, memba ve mansaptaki akım hızı üzerindeki etkileri incelenmiş ve mansapta hızdaki azalmanın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Li,Y. (2014) artan bitki yoğunluğu ile beraber, hız ve debinin, bitki üst kısmı ile su yüzü arasındaki bitkisiz bölümde arttığını ve bitkili kısımda azaldığını belirtmiştir [14]. Aynı durum bu çalışmada bitki alt kısmında gözlenmiştir. Şekil 8-11'de bitkiden 15 cm önce ($d/y=0.07$) ve bitkiden sırasıyla; 40 cm ($d/y=0.025$), 90 cm ($d/y=0.011$) ve 150 cm ($d/y=0.007$) sonra, boş kanal ve bitkili hal için boyutsuz hız dağılım grafikleri verilmektedir. Burada (d) bitki çapını, (y) ise ölçüm noktasının bitkiye uzaklığını ifade etmektedir. Şekil 12(a) ve (b)'de ise memba ve mansap ölçüm noktalarında boyutsuz hız dağılım grafikleri verilmektedir.



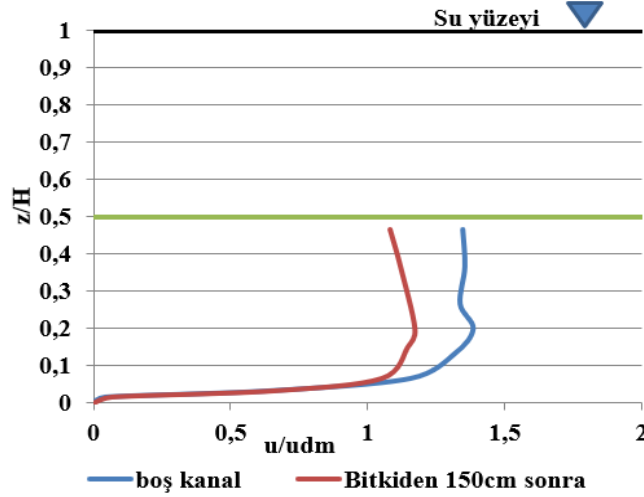
Şekil 8. $d/y=0.07$ durumunda boş kanal ve bitkili durum boyutsuz hız dağılım grafikleri.



Şekil 9. $d/y=0.025$ durumunda boş kanal ve bitkili durum boyutsuz hız dağılım grafikleri.

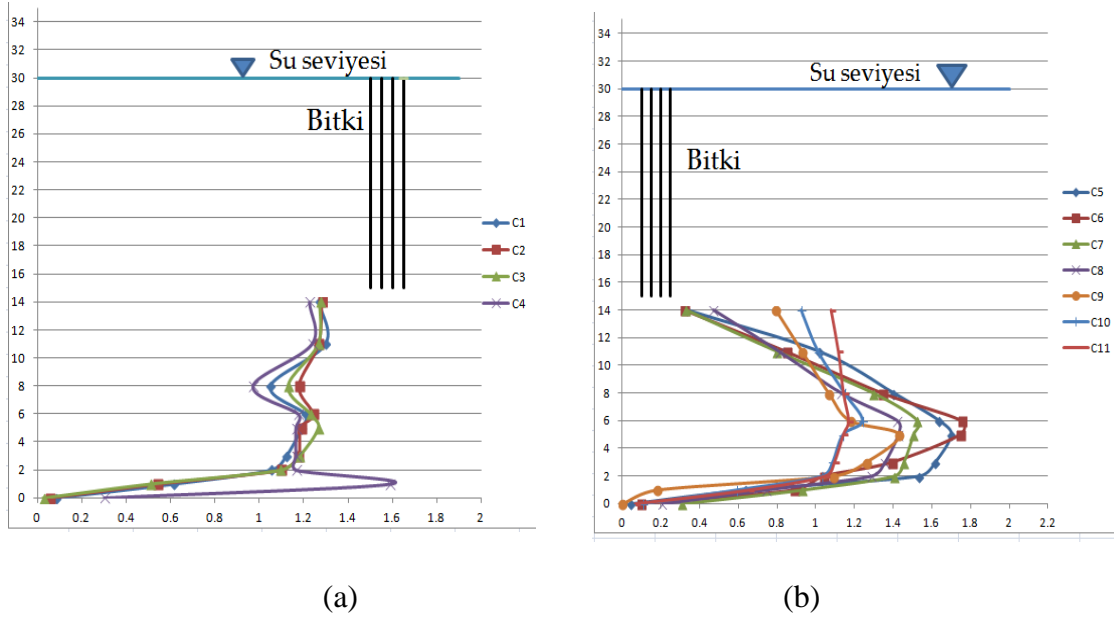


Şekil 10. $d/y=0.011$ durumunda boş kanal ve bitkili durum boyutsuz hız dağılım grafikleri.



Şekil 11. $d/y=0.007$ durumunda boş kanal ve bitkili durum boyutsuz hız dağılım grafikleri.

Şekil 8-11'de askıda bitkinin parçalı engel teşkil ederek akım hızında azalmaya sebep olması ve bitki ile taban arasındaki boşluğa yaklaşan akım hızındaki ani artış net olarak görülmektedir. Bitkiden sonraki boyutsuz hız dağılım grafiklerinde, bitkiden uzaklaştıkça akım hızının boş kanaldaki logaritmik hız dağılımına benzemeye başladığı görülmektedir ayrıca $d/y=0.007$ durumunda bile taban akımında, bitkinin varlığı hissedilmektedir. Şekil 12(a) ve 12(b)'de memba ve mansapta ölçüm yapılan 11 noktada çizilen boyutsuz hız dağılım grafikleri verilmektedir. Bu grafiklerden de görüldüğü gibi, bitki ile taban arasındaki boşluğa yaklaşan akımın hızı ani olarak artmaktadır. Akım hızındaki bu ani artış mansapta da devam etmektedir. Taban yakınında da akım hızlarının taban sürtünmesine bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Akıma karşı bir engel vazifesi gören bitkinin yarattığı direnç ile bitki içinden geçen akış yavaşlamakta, bitki altına yönelen akış hızı ise kesit daralması ve direnç ile karşılaşarak azalan üst akım nedeniyle artmaktadır.



Şekil 12. (a) Mema ölçüm noktalarında (b) mansap ölçüm noktalarında boyutsuz hız grafikleri.

Askıda bitkiye yaklaşan akımın bir kısmı dairesel kesitli bitkinin etrafından dolaşmakta ve kanal boyunca devam etmektedir. Askıda bitkinin kanal enkesitinin tamamını kaplaması halinde, bitki ile kanal tabanı arasında kalan boşluğa yaklaşan akım hızında meydana gelen artış çok daha net olarak gözlenebilecektir.

Kaynaklar

- [1] David R. Plew, Robert H. Spiegel, Craig L. Stevens, Roger I. Nokes, Mark J. Davidson, Stratified flow interactions with a suspended canopy, **Environmental Fluid Mechanics**, 6, 519-539, (2006).
- [2] Wenxin Huai, Yang Hu, Yuhong Zeng, Jie Han, Velocity distribution for open channel flows with suspended vegetation, **Advances in Water Resources**, 49, 56-61, (2012).
- [3] David R. Plew, Depth-Averaged drag coefficient for modelling flow through suspended canopies, **Journal of Hydraulic engineering**, 137(2), 234-247, (2011).
- [4] Amir Heshmatifar and Mirmosadegh Jamali, A study of effect of floating vegetation on the formation of exchange flow, **10th International Congress on Civil Engineering**, University of Tabriz, Iran, 5-7 May, (2015)
- [5] Xueyan Zhang, Heidi M. Nepf, Exchange flow between open water and floating vegetation, **Environ Fluid Mechanics**, 11, 531-546, (2011)
- [6] David R. Plew, Craig L. Stevens, Robert H. Spiegel, Neil D. Hartstein, Hydrodynamic implications of large offshore mussel farms, **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, 30(1), 95-108, (2005)
- [7] Järvelä, J., Effect of submerged flexible vegetation on flow structure and resistance. **Journal of Hydrology**, 307, 233-241, (2005)

- [8] Yüksel Ozan, A., Bitki parçasının açık kanal en kesiti boyunca neden olduğu akım yapısı, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, PAJES-71300, 23(6), 726-731, (2017)
- [9] Huai, W.X., Zeng, Y.H., Xu, Z.G. and Yang, Z.H., Three-layer model for vertical velocity distribution in open channel flow with submerged rigid vegetation. **Advances in Water Resources**, 32, 487-492, (2009).
- [10] Nepf, H.M. and Vivoni, E.R., Flow Structure in depth limited, vegetated flow, **Journal of Geophysical Research**, 105(C12), 28547-28557, (2000).
- [11] Nezu, I. and Okamoto, T., Large eddy simulation of 3-D flow structure and mass transport in open channel flows with submerged vegetations, **Journal of hydro-Environment Research**, 4, 185-197, (2010).
- [12] Raupach M.R., **Canopy Transport Processes**, In: Steffen W.L., Denmead O.T. (eds) *Flow and Transport in the Natural Environment:Advances and Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg, 95-127(1988),
- [13] Fischer-Antze, T., Stoesser, T., Bates, P., and Olsen, N.R.B. 3D numerical modelling of open-channel flow with submerged vegetation, **Journal of Hydraulic Research**, 39(3), 303–310, (2001).
- [14] Li, Y., Wang, Y., Anim, D.O., Tang, C., Du, W., Ni, L., Yu, Z., and Acharya, K., Flow characteristics in different densities of submerged flexible vegetation from an open-channel flume study of artificial plants, **Geomorphology**, 204, 314–324, (2014).
- [15] Sarker, A., Flow measurement around scoured bridge piers using Acoustic-Doppler Velocimeter-ADV, **Flow measurement and instrumentations**, 9, 217-227, (1998).
- [16] WinADV32(v.2.027) Manual 2009
- [17] Newel, C.R., Richardson, J., The effect of ambient aquaculture structure hydrodynamics on the food supply and demand, **Journal of Shellfish Research**, 33(1), 257-272, (2014)