



Dağ Akarsu Morfolojilerinde Doğal Havalandırma Süreci: Harmankaya Akarsuyu, Saha Çalışması

Serhat KÜÇÜKALİ*

Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06800, Ankara

Geliş Tarihi: 26.03.2022

Kabul Tarihi: 26.09.2022

Basım Tarihi: 30.09.2022

Atf yapmak için: Küçükali, S. (2022). Dağ Akarsu Morfolojilerinde Doğal Havalandırma Süreci: Harmankaya Akarsuyu, Saha Çalışması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 7(3), 374-379.

How to cite: Küçükali, S. (2022). Self-Aeration Process in Mountain Stream Morphologies: Harmankaya Stream, Field Study. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 7(3), 374-379.

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5867-3270>

*Sorumlu yazarın:
Serhat KÜÇÜKALİ
Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü, Beytepe 06800, Ankara, Türkiye
✉: serhatkucukali@hacettepe.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzey batısında Zonguldak'ta (41°K-31°D) yer alan ve su toplama alanı yaklaşık 12 km² olan ormanlık bir dağ akarsuyu (Harmankaya) dalma havuzlarıyla ilişkili olarak incelenmiştir. Akarsuda 22 dalma havuzu tespit edilmiş olup, dalma havuzlarının düşüm yükseklikleri 0,7-20 m, ortalama havuz derinlikleri ise 0,53-1,59 m arasında değişmektedir. Seçilen bir havuzda, havuz derinliği boyunca çözülmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu ve sıcaklığın (T_w) değişimi farklı mevsimlerde incelenmiştir. Veriler, dalma havuzundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun su sıcaklığıyla ilişkili olarak mevsimsel bağımlılığını ortaya koymuştur. Ayrıca her mevsimde ÇO seviyeleri havuz yüzeyinden havuz tabanına doğru düşüş eğilimi göstermiştir. Özellikle yaz aylarında bir havuzun sıcaklığının ve çözülmüş oksijen seviyelerinin düzenlenmesi açısından nehir kıyısı bitki örtüsünün önemi ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Akarsu sıcaklığı, çözülmüş oksijen, dağ akarsuyu, dalma havuzu, nehir kenarı bitki örtüsü.

Self-Aeration Process in Mountain Stream Morphologies: Harmankaya Stream, Field Study

Abstract: In this paper, a forested-mountain stream (Harmankaya) with a catchment area about 12 km² located in Zonguldak (41°N-31°E) on the NW of Turkey has been studied associated with its plunge pools. In the stream, 22 plunge pools were detected and plunge pools drop heights had a variation of 0.7-20 m, whereas average pool depths had a range of 0.53-1.59 m. In a selected pool, the variation of dissolved oxygen (DO) concentration and temperature (T_w) through the pool depth have been investigated at different seasons. The data indicated the seasonal dependence of dissolved oxygen concentration in the plunge pool related to the water temperature. In all seasons DO levels had a downward trend from pool surface to the pool bottom. Riparian vegetation significance has been revealed in terms of regulating the temperature and dissolved oxygen levels of a pool, especially during the summer.

*Corresponding author's:
Serhat KÜÇÜKALİ
Hacettepe University, Department of Civil
Engineering, Beytepe 06800, Ankara, Türkiye
✉: serhatkucukali@hacettepe.edu.tr

Keywords: Dissolved oxygen, mountain stream, plunge pool, riparian vegetation stream temperature.

GİRİŞ

Akarsularda doğal havalandırmayı sağlayan hidrodinamik süreçlerde (ör. hidrolik sıçrama, su düşümü, pürüzlü kanal) türbülans düşey çalkantı bileşenin serbest yüzeyi yakınında yarattığı düzensizlikler hava girişine direnç gösteren yüzey gerilmesi kuvvetlerinin aşılmasını

sağlar. Böylece, hava su arasında gaz transferi gerçekleşir. Hava su içine giriş yaptıktan sonra kabarcık haline dönüşür ve kabarcıkların suda kalış süreleri esnasında, atmosferik gazlar (Ör. O₂, N₂) su içinde çözünür. Bu hidrodinamik süreçlerin yanında, su sıcaklığının ve su üzerindeki hava basıncının değişmesi Çözülmüş Oksijen (ÇO) miktarında

önemli değişimlere yol açar. Butcher & Covington (1995) Santa Margarita Akarsuyun'daki ÇO miktarının sıcaklıkla olan değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları ölçümlerle su sıcaklığıyla ÇO konsantrasyonu arasındaki ters orantıyı göstermişlerdir. Su sıcaklığı ÇO miktarının değişiminde en önemli parametrelerden bir tanesidir ve bu konuda geliştirilen amprik formüllerde genelde referans sıcaklığı 20 °C alınmıştır. Literatürde doğal-havalandırma ile ilgili yapılan çalışmalar genelde savaklar, basamaklı kanallar, düşey kapaklar gibi hidrolik yapılarda sürdürülmüştür (Gulliver vd., 1998). Halbuki, kanal taban eğiminin yüksek olduğu ($S_o \geq 0,02 m/m$) dağ akarsularında (Wohl, 2000) doğal-havalandırma sürecinin gerçekleştiği doğal yapılar da bulunmaktadır (Cirpka vd., 1993; Valle & Pasternack, 2001; Whittaker & Jaeggi, 1982). Bu doğal yapılar: basamaklı kanallar, basamak-havuz oluşumu, su düşümü, kaya parçaları etrafındaki hızlı akımlar olarak özetlenebilir (Grant vd., 1990; Montgomery & Buffington, 1997; Wohl, 2000) ve bu yapılara ait bazı örnekler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dağ akarsularında hava-su gaz transferinin gerçekleştiği morfolojilerden örnekler.

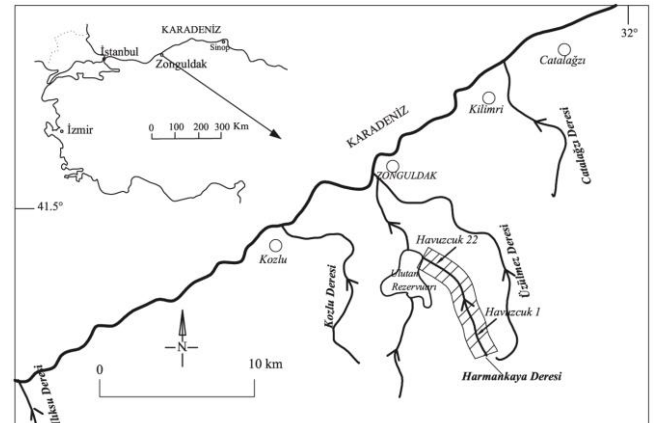
Figure 1. Examples of morphologies where air-water gas transfer takes place in mountain streams.

Dağ akarsularında havuzlar, çeşitli ve karmaşık habitatlar yaratarak ve sucul biyotaya kuraklık ve sel gibi aşırı hidrolojik koşullara karşı sığınak sağlayarak önemli ekolojik işlevlere sahiptir (Elso & Giller, 2001). Dalma havuzları, özellikle balıkların düşük akım dönemlerinde hayatta kalabilmeleri için çok önemli hidro-morfolojik alanlardır. Bununla ilgili olarak, havuz derinliği boyunca su sıcaklığı (T_w) ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu (ÇO) değişiklikleri balıkların hayatta kalması ve büyümesi için önemli ekolojik etkilere sahiptir (Giller & Malmqvist, 1998). Balık popülasyonları için iyi bolluk ve tür çeşitliliği için ÇO kriterleri 5 mg/L'nin üzerinde ve ılık (örneğin sazan) ve soğuk su balıkları (örneğin alabalık) türleri için öldürücü

sıcaklık sınırı sırasıyla 34 °C ve 21 °C olarak bildirilmiştir (Welch & Jacoby, 2004). Bu yüzden bu havuzlardaki sıcaklık ve çözünmüş oksijen seviyeleri ekoloji açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada su düşümlerinin doğal havalandırma verimliliğine olan etkisi ve bir havuz içerisinde ÇO'nun mevsimsel olarak derinlikle değişimi Batı Karadeniz Zonguldak'ta bulunan bir dağ akarsuyunda yapılan arazi çalışmasıyla incelenmiştir. Ülkemizde akarsular ve derelerin habitat değerlendirmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle söz konusu çalışmanın literatüre önemli bir katkının yapması beklenmektedir.

MATERYAL VE METOT

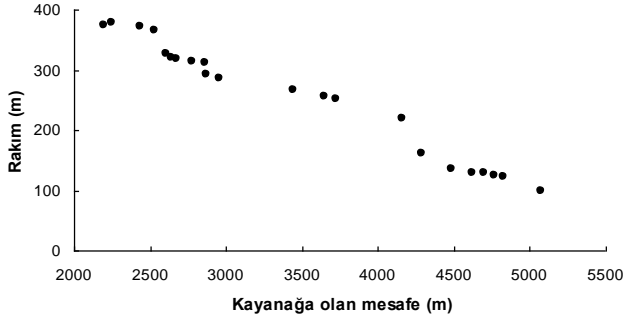
Dağ akarsularındaki su düşümlerinin havalandırma verimliliği Zonguldak Harmankaya Deresi'nde yapılan ölçümlerle araştırılmıştır. Harmankaya Deresi'nin bölge üzerindeki konumu Şekil 2'de gösterilmiştir. Harmankaya Deresi 41°23'- 41°25' kuzey enlemleriyle 31°49'-31°51' doğu boylamları arasında kalmaktadır. Akarsu yaklaşık 12 km²'lik ormanlık havza alanıyla, Üzülmez Deresi'nin ikinci dereceden koludur (Şekil 2). Bölgenin jeolojik yapısı karbonifer tipi kayalardan oluşmaktadır. Bu karstik yapının neticesinde bölgede birçok büyük ölçekli mağaralar oluşmuştur (Kucukali ve Bilir, 2004) ve akarsuyun ortalama pH değeri 8,2 mertebindedir. Bölge yıllık yaklaşık ortalama 1100 mm yağış yüksekliği ve 14,5 °C ortalama hava sıcaklığıyla ılıman bir iklime sahiptir. Özellikle kış ve bahar dönemlerinde kar erimesi akarsuları besleyen önemli kaynaklardan bir tanesidir.



Şekil 2. Harmankaya Deresi'nin Zonguldak üzerindeki konumu.
Figure 2. The location of Harmankaya Stream on Zonguldak.

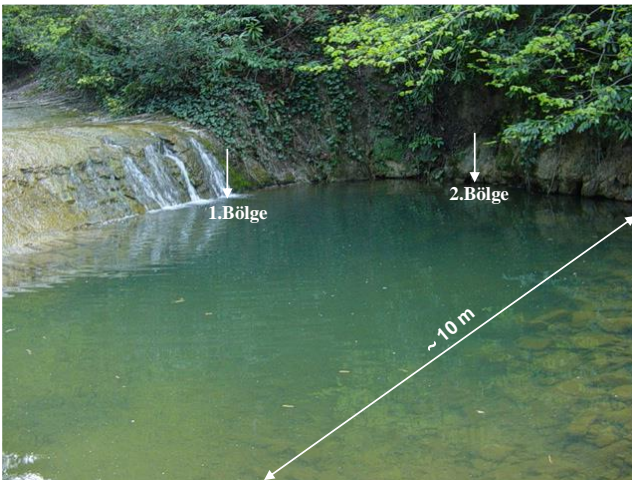
Çalışılan akarsuyun uzunluğu 5200 metredir ve rakımı 100-600 m aralığında değişim göstermiş (Şekil 3); kanal genişliği ise 3-20 m arasında değerler almıştır. Akarsu yatağı genelde kaya tabanlıdır, fakat bazı bölümlerde kaya parçası, taş ve çakıllardan oluşmaktadır. Harmankaya havza alanı, koruma altındaki bir ormanlık alandır ve bu nedenle akarsuya insan kaynaklı kirleticiler girişim yapmamaktadır.

Akarsuyun su toplama alanı, *Taxus bacatta*, *Fagus orientalis*, *Alnus sp.*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Ostrya sp.*, *Castanea sativa* *Tilia sp.*, türündeki bitkilerle kaplıdır. Bu yapıların koordinatları el tipi Magellan Sportrak Pro modelinde GPS kullanılarak belirlenmiştir. GPS ± 3 m hassasiyetle değer okumaktadır ve deniz seviyesinden olan yükseklik ölçümleri barometre yardımıyla yapılmıştır. Akarsudaki debi ölçümü muline (Model A.OTT Kempton, CM No:19535) aleti kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Harmankaya Deresi'nin akım doğrultusundaki boyuna profile.
Figure 3. Longitudinal profile of Harmankaya Stream in the direction of flow.

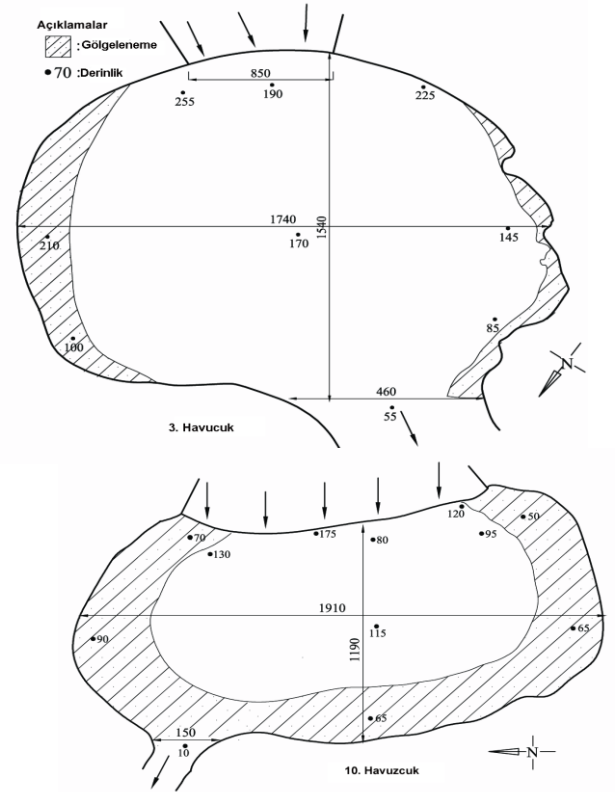
Kolay ulaşılabilirliği ve göllenmenin derin oluşu nedeniyle 7 nolu havuzda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler Nisan 2004 ile Kasım 2004 zaman diliminde gerçekleştirilmiştir ve bu periyod bahar, yaz, kış olmak üzere üç döneme ayrılmıştır. Çözünmüş oksijen ve sıcaklık ölçümleri el tipi WTW Oxi 330i modelindeki oksijenmetreyle $\pm 0,5\%$ hassasiyetle gerçekleştirilmiştir. 7. nolu havuzun iki bölgesinde derinlik boyunca periyodik ÇO ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bölgelerden birincisi, su düşümünün olduğu suyun hızlı aktığı bölgeyi temsil etmekte, ikincisi ise akarsu kıyı bitkilenmesiyle gölgelenmiş olan durgun su kütleini temsil etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Harmankaya Deresi'nde çalışılan havuzdaki ölçüm bölgeleri.
Figure 4. Measurement zones in the studied pool in Harmankaya Stream.

İZLEME SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Harmankaya Deresi'nde toplam 22 tane su düşümü-havuz oluşumu tespit edilmiştir ve bunların fiziksel özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Bu havuzlar özellikle sel ve kuraklık gibi ekstrem koşullarda sucul canlılara barınak sağladığı sahada gözlenmiştir. Bu su düşümü-havuz oluşumuna ait iki örnek Şekil 5'te gösterilmiştir. Dalma havuzlarının düşüm yükseklikleri 0,7-20 m arasında değerler almış ve düşüm yüksekliklerinin %73'ü 1-4 m arasında kalmıştır (Şekil 6a). Bunun yanında ortalama havuz derinlikleri 0,53-1,59 m, maksimum havuz derinlikleri ise 0,6-2,35 m arasında değişim göstermiştir (Şekil 6b). Söz konusu akarsudaki su düşümleri ve dalma havuzlarının GPS konumları mevcuttur; fakat izleme çalışması yapılan dalma havuzunun boyutları Şekil 5'de sunulmuştur.



Şekil 5. Su düşümü-havuz morfolojilerine örnekler. 3 ve 10 nolu havuzların üstten görünümü. Bütün ölçüler santimetre cinsindedir ve noktayla gösterilen değerler su derinliklerini göstermektedir. Taralı alanlar nehir kıyısı bitki örtüsü tarafından gölgelenen alanları göstermektedir.
Figure 5. Examples of water fall-pool morphologies. Top view of pools 3 and 10. All measurements are in centimeters and dotted values indicate water depths. Shaded areas indicate areas shaded by riparian vegetation.

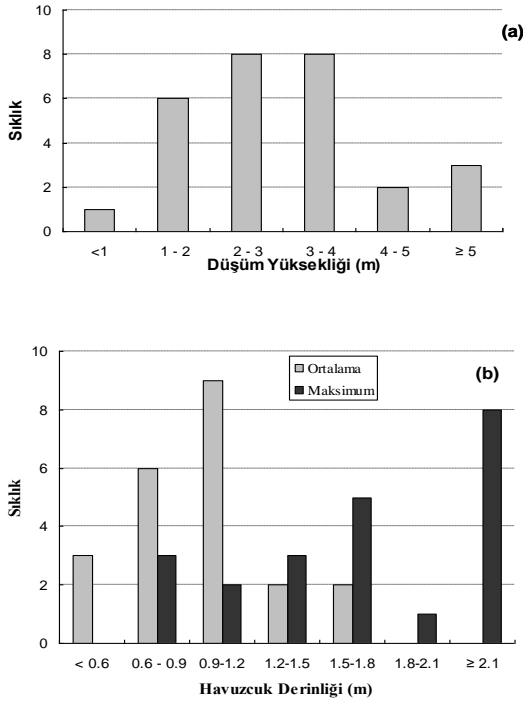
Ölçümlerin gerçekleştirildiği tarihlerdeki akım karakteristikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Tabloda, T_a , T_u , and T_d sırasıyla hava sıcaklığını, havuz girişindeki suyun sıcaklığını ve havuz çıkışındaki su sıcaklığını göstermektedir; C_s , C_u , and C_d sırasıyla, doymuş ÇO değerini, havuz girişindeki ÇO konsantrasyonunu, havuz çıkışındaki ÇO konsantrasyonunu ve Q debiyi göstermektedir. Tablo 2'deki değerler incelendiğinde akarsu

sıcaklığının genelde hava sıcaklığını mevsimsel olarak takip ettiği görülmektedir. Akarsuda su oldukça türbülanslı aktığından ve akarsuya bir kirletici karışmadığından, suyun

çözünmüş oksijen konsantrasyonu tam doymun haldedir. Dolayısıyla havuzcuğun giriş ve çıkışında ÇO konsantrasyonları arasında bir değişim gözlenmemiştir.

Table 1. Harmankaya Deresi'nde tespit edilen su düşümü-havuzların fiziksel özellikleri.
Table 1. The physical properties of the water drop-pools detected in Harmankaya Stream.

	Kaynağa olana mesafe (m)	Rakım (m)	Düşüm Yüksekliği (m)	Düşümün eğimi (derece)	Uzunluk (m)	Maksimum genişlik (m)	Ortalama derinlik (m)	Maksimum derinlik (m)
1	2251	378	2,5	30	13,85	8,85	0,86	1,5
2	2197	375	1,1	90	12,4	5,5	0,53	0,8
3	2433	373	7	90	15,4	17,4	1,59	2,55
4	2532	365	3,25	90	15,3	13	0,82	1,2
5	2607	327	3,5	45	18,1	3,9	0,41	0,6
6	2644	321	2,1	90	16,5	4,25	0,65	1,4
7	2677	319	1,1	90	11,7	17,75	1,2	2,2
8	2776	315	2,9	90	16	21,6	1,13	2,1
9	2862	312	0,7	90	5,65	14	0,93	1,75
10	2867	292	4,5	50	11,9	19,1	0,97	1,75
11	2960	287	1,4	90	9,7	13,8	0,95	1,45
12	3441	266	2	90	10	6	0,39	0,75
13	3652	255	1,5	90	5,7	11,6	0,93	1,7
14	3725	251	2,1	80	10,4	7	0,69	1
15	4162	220	20	90	9,1	6,1	0,85	2,35
16	4291	162	1,5	90	23	2,3	1,24	2,3
17	4481	135	2,8	45	27	7,7	1,14	2,5
18	4623	130	1	45	12,3	13,5	0,88	2
19	4700	129	4,5	65	6,16	11,6	0,98	2,1
20	4764	124	2,15	80	13,1	11,7	0,97	1
21	4827	122	2,3	90	10,4	15,9	1,68	3,4
22	5075	100	10,7	90	4,8	19,1	1,03	1,65



Şekil 6. Harmankaya Deresi'ndeki su düşümü-havuz yapılarının düşüm yüksekliği ve havuz derinliği ilgili histogramlar.

Figure 6. Histograms of the water drop-fall height and pool depth of the pool structures in Harmankaya Stream.

Bahar döneminin başlangıcında, su sıcaklığı ve ÇO düşey profili oldukça üniform bir yapı sergilemiştir (Şekil 7). Daha sonra, hava sıcaklığının 11,5 °C'den 14,5 °C'ye yükselmesi, su sıcaklığının 10,6 °C'den 12,6 °C'ye çıkmasına sebep olmuştur. Bu durum ise yüzeydeki ÇO konsantrasyonunun %6,5'a düşmesine yol açmıştır (Şekil 7).

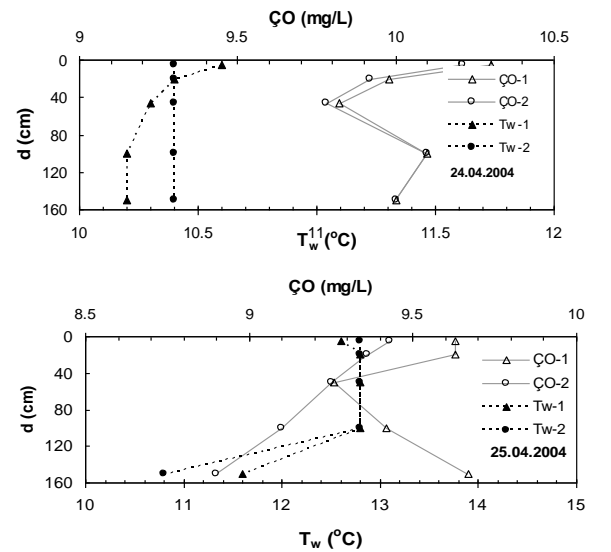
Sonbahar döneminde, su sıcaklığının düşmesiyle, ÇO seviyesi artış eğilimindedir ve balıkların yaşamların devam ettirmeleri için gerekli olan ÇO > 5 mg/L (Welch &

Jacoby, 2004) değerinin oldukça yukarıdadır (Şekil 9). Ölçümlerin işaret ettiği bir diğer önemli sonuç ise, bütün dönemlerde havuz tabanına doğru ÇO seviyelerinin azalan bir gidiş sergilediğidir.

Table 2. Harmankaya deresi 7. havuzda ölçüm yapılan tarihlerdeki akım koşulları.

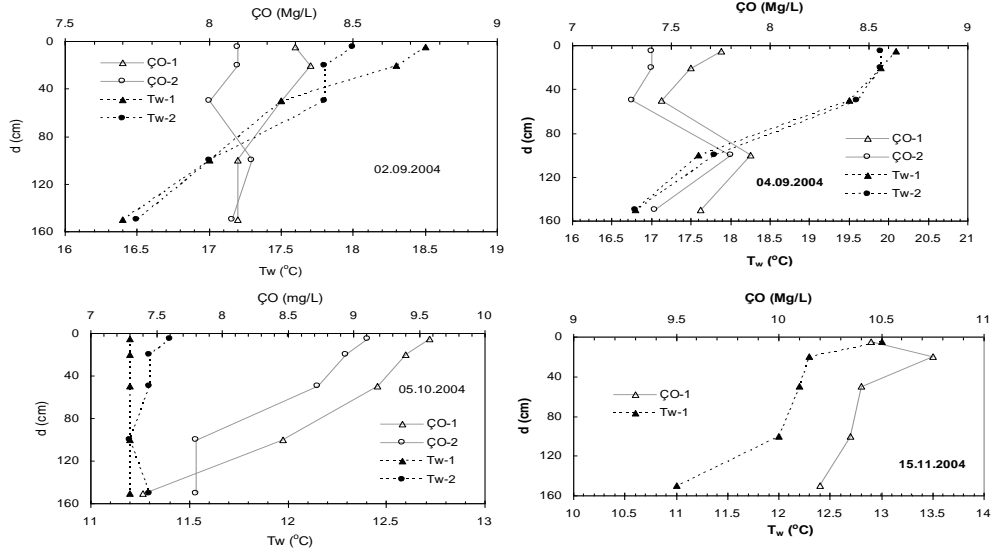
Table 2. Flow conditions in Harmankaya Stream 7th pool at the time of measurement.

Tarih	T _a (°C)	C _s (mg/L)	Q (L/s)	C _u (mg/L)	T _{wu} (°C)	C _d (mg/L)	T _{wd} (°C)
24.04.2004	11,5	10,35	58	10,32	10,8	10,59	10,5
25.04.2004	14,5	9,53	54,4	9,81	12,1	9,75	12,9
13.06.2004	19,3	9,22	8,97	8,95	20	9,8	17,9
19.06.2004	22,9	8,8	8,8	9,25	18,7	9,52	17,7
06.07.2004	25	9,09	8,8	9,52	18,5	10,1	20,4
09.07.2004	25	8,61	8,2	8,9	25,5	9,15	19,1
09.07.2004	21,3	8,75	8,2	7,92	22	8,1	20,2
19.08.2004	20,5	9	11,12	9,32	17,9	9,42	17,7
02.09.2004	19,2	8,79	8,9	9	16,8	9,07	16,7
02.09.2004	23	8,28	8,9	8,4	19,9	8,8	18,8
04.09.2004	20,6	8,42	4	8	20,9	8,27	19,6
05.10.2004	16,6	9,37	2,39	10,2	10,4	9,8	11,4
05.11.2004	13,5	11,9	1	10,75	12,8	10,75	12,8



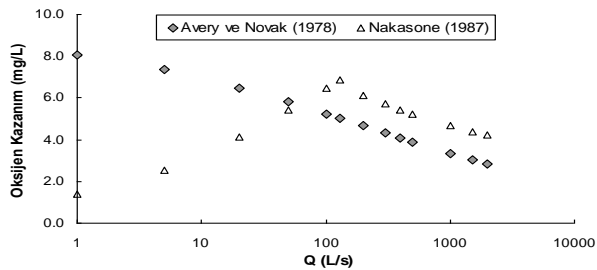
Şekil 8. Yaz döneminde 7. havuzdaki ÇO ve T_w'nin derinlik boyunca farklı bölgelerde değişimi.

Figure 8. Variation of DO and T_w in pool 7 in different regions along the depth during the summer period.



Şekil 9. Sonbahar döneminde 7. havuzdaki ÇO ve T_w 'nin derinlik boyunca farklı bölgelerde değişimi.
Figure 9. Variation of DO and T_w in pool 7 in different regions along the depth in the autumn period.

7. havuzun havalandırma verimliliği Avery & Novak, (1978) ve Nakasone, (1987) formülleri kullanılarak farklı debilerde $C_u=0$ olduğu durum için tahmin edilmeye çalışılmıştır (Şekil 10). İki formül sonuçlarında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. 130 L/s debiye kadar iki formül birbirine ters gidiş sergilemiştir ve bu değerden sonra uyum sergilemişlerdir. Avery & Novak, (1978) formülüne göre en büyük oksijen kazanımını 8,2 mg/L'le $Q=1$ L/s'de sağlamış; buna karşın Nakasone, (1987) formülünde en büyük oksijen kazanımını 6,9 mg/L'le $Q=130$ L/s'de sağlamıştır. Havuzcuğun boyutları dikkate alındığında, Nakasone, (1987) formülü dağ akarsularındaki su düşümlerinin havalandırma verimliliğini daha tutarlı tahmin ettiği çıkarımı yapılmıştır. Ayrıca, Van der Kroon & Scharm, (1969) bir savaktaki su düşümünü bölerek parçalara ayırmanın daha etkin bir havalandırma sağladığı önerilmiştir. Bu tasarım önerisi, Nakasone, (1987) ve Wormleaton & Tasang, (2000) sonuçlarıyla doğrulanmıştır. Bu tip parçalara bölünmüş doğal savaklanmalar Harmankaya Akarsuyunda da gözlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 10. Avery & Novak, (1978) ve Nakasone, (1987) formülleriyle 7. havuzdaki havalandırma verimliliğinin debinin fonksiyonu olarak tahmin edilmesi: $h = 1,4$ m, $d_p = 1,5$ m, $B = 2$ m (nap genişliği), $T_w = 20$ °C, $C_u = 0$ mg/L, and $C_s = 9,05$ mg/L.

Figure 10. Estimation of aeration efficiency in pool 7 as a function of flow rate using the formulas of Avery & Novak, (1978) and Nakasone, (1987): $h = 1,4$ m, $d_p = 1,5$ m, $B = 2$ m (nap width), $T_w = 20$ °C, $C_u = 0$ mg/L, and $C_s = 9.05$ mg/L.



Şekil 11. Harmankaya Deresi'nde üç kısma bölünmüş bir doğal savaklanmadan örnek.
Figure 11. Example of a natural spillway divided into three sections on Harmankaya Stream.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sahada gerçekleştirilen izleme çalışmalarında dağ akarsuyu havuzunda çözülmüş oksijen konsantrasyonunun su sıcaklığına bağlı mevsimsel bir bağımlılığı olduğu ortaya konmuştur. ÇO seviyeleri her mevsimde havuz yüzeyinden havuz tabanına doğru aşağı yönlü bir eğilim göstermiştir. Veriler, özellikle yaz mevsiminde nehir kenarı bitki örtüsünün havuzun sıcaklığına ve çözülmüş oksijen seviyelerine olan etkisi açısından önemli rolünü ortaya koymuştur. Havuz güneş ışığına maruz kaldığında derinlik boyunca termal tabakalaşma meydana geldiği ortaya konmuştur. Ayrıca, iyi gölgeliniş alanın, gölgelik örtüsü nedeniyle su düşümü çarpma alanına kıyasla daha düşük derecede termal tabakalaşma olduğu gösterilmiştir. Nakasone (1987) ampirik formülünün, diğer ampirik formüllerinle kıyasla bir dağ akarsuyu dalma havuzu havalandırma

performansını tahmin etmek için daha uygun sonuçlar verdiği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Avery, S.T. & Novak, P. (1978).** Oxygen transfer at hydraulic structures. *J. Hydr. Div., ASCE*, **104**(11), 1521-1540.
- Brown, G. (1969).** Predicting Temperatures of Small Streams. *Water Resources Research*, **5**(1), 68-75.
- Butcher, J.B. & Covington, S. (1995).** Dissolved oxygen analysis with temperature dependence. *J. of Environmental Engineering., (ASCE)*, **121**, 756-759.
- Cirpka, O., Reichert, P., Wanner, O., Muller, S.R. & Schwarzenbach, R.P. (1993).** Gas exchange at river cascades: Field experiments and model calculations. *Envir. Sci. and Technol.*, **27**(10), 2086-2097.
- Chanson, H., Brown, R., Ferris, J. & Warburton, K. (2003).** *A hydraulic, environmental and ecological assessment of a sub-tropical stream in eastern Australia: Eprapah creek, Victoria Point QLD on 4 April 2003, Report No. CH52/03, Dept. of Civil Eng., Univ. of Queensland, Australia.*
- Elso, J.I. & Giller, P.S. (2001).** Physical characteristics influencing the utilization of pools by brown trout in afforested catchment in Southern Ireland. *J. Fish Biology*, **58**, 201-222.
- Giller, P.S. & Malmqvist, B. (1998).** *The biology of streams and rivers, Oxford University Press, Great Britain.*
- Gulliver, J.S., Wilhelms S.C. & Parkhill, K.L. (1998).** Predictive capabilities in oxygen transfer at hydraulic structures. *Hydr. Engrg., ASCE*, July 1998, 664-671.
- Gameson, A.L.H., Vandyke, K.G. & Ogden, C.G. (1958).** The effect of temperature on aeration at weirs. *Water and Water Engrg.*, Nov, 489-492.
- Grant, G.E., Swanson, F.J. & Wolman, M. G. (1990).** Pattern and origin of stepped-bed morphology in high-gradient streams, Western Cascades, Oregon. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **102**(3), 340-352.
- LeBlanc, R.T. & Brown, R.D. (2000).** The use of riparian vegetation in stream temperature modification. *J. Ins. Water and Envir. Management*, **14**(4), 297-303.
- Kucukali, S. & Bilir, T. (2004).** Karst hydrogeology of Zonguldak and a roman water supply line. *Proceedings of the IV. National Hydrology Congress of Turkey.*
- Mithcell, S. (1999).** A simple model for estimating mean monthly stream temperatures after riparian canopy removal. *Envir. Management*, **24**(1), 77-83.
- Montgomery, D.R. & Buffington, J.M. (1997).** Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **109**(5), 596-611.
- Nakasone, H. (1987).** Study of aeration at weirs and cascades. *J. Envir.Engrg, ASCE*, **113**, 64-81.
- Sinokrot, B.A. & Stefan, H.G. (1993).** Stream temperature dynamics: Measurements and modeling. *Water Resources Research*, **29**(7), 2299-2312.
- Speece, R.E., Givler, C., Aubert, R., Crate, J., Caire, R. & Siddiqi, R.H. (1982).** Hypolimnion Oxygenation Studies in Clark Hill Lake. *J. Envir. Engrg., ASCE*, **108**(2), 225-244.
- Thandaweswara, B.S. (1974).** *Self aerated flow characteristics in developing zones in hydraulic jumps, Ph.D. thesis, Dept. of Civil Engrg, Indian Institute of Science, India.*
- Van der Kroon, G.T.M. & Scharm, A.H. (1969).** Weir-aeration-Part II. *H2O*, **22**, 538-545.
- Valle, B.E. & Pasternack, G.B. (2002).** TDR measurements of hydraulic jump aeration in the South fork of the American river, California. *Geomorphology*, **42**(2), 153-165.
- Welch, E.B. & Jacoby, J.M. (2004).** *Pollutant effects in freshwater: applied limnology*, Spon Press, London and New York.
- Whittaker, J.G. & Jaeggi, N.R. (1982).** Origin of step-pool systems in mountain streams. *J. Hydr. Engrg., ASCE*, **108**(6), 759-773.
- Wohl, E. (2000).** *Mountain rivers, American Geophysical Union Press, Washington, DC.*
- Wormleaton, P.R. & Tsang, C.C. (2000).** Aeration performance of rectangular planform Labyrinth weirs. *J. Envir. Engrg. ASCE.*, **126**(5), 456-46