

**Araştırma Makalesi / Research Article**

**Taban Akışının Simbiyotik Arama Algoritması ile Tespit Edilmesi: Fırat Havzası Örneği**

<sup>1</sup>Kemal SAPLIOĞLU, <sup>2</sup>Ramazan ACAR

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye,  
kemalsaplioglu@sdu.edu.tr, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0016-8690>

<sup>2</sup>Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye,  
ramazanacar@munzur.edu.tr, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0001-5864-0076>

Geliş / Recieved: 27.11.2021;

Kabul / Accepted: 25.12.2021

**Öz**

Artan nüfus ve sanayileşme su kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılmasını gerekli hale getirmektedir. Bu nedenle su kaynaklarını oluşturan parametrelerin doğru bir şekilde tespit edilerek projelendirilmesi önemlidir. Yüzeysel akışın yaklaşık %70'ini oluşturan taban akışı da bu parametrelerin başında gelmektedir. Literatürde taban akışının belirlenmesi ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada, literatürde mevcut Chapman yönteminin sabit katsayılı olması ile katsayının kalibre edilmesi arasındaki fark gösterilmiştir. Ayrıca Chapman formülünde yüzeysel akış ile taban akışının modeldeki etkisini belirleyen birbiri ile bağımlı katsayıların birbirinden bağımsız hale gelmesini sağlamak için Chapman formülündeki birbirine bağlı katsayı yerine iki katsayılı ve katsayıların simbiyotik organizmalar arama algoritması (SOA) ile bulunduğu bir yöntem önerilmiştir. Her iki model için de katsayıların kalibrasyonu için SOA ile optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında Chapman yöntemini baz alan çift parametrelili ve SOA ile kalibre edilen metodun Chapman yöntemindeki hidrograftan uzaklaşma veya kurak dönemlerde yüzeysel akışla taban akışının birbirinden farklı olması problemini azalttığı gözlemlenmiştir. Model ile taban akışının hidrografi kesmemesi de sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Taban akışı, Simbiyotik arama algoritması, Chapman yöntemi, Fırat havzası

\*<sup>1</sup>Sorumlu yazar / Corresponding author

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Acar, R., & Saplıoğlu, K. (2021). Taban Akışının Simbiyotik Arama Algoritması İle Tespit Edilmesi: Fırat Havzası Örneği. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 3(2), 169-183.

## The Detection of Baseflow with Symbiotic Search Algorithm: Fırat Basin Example

### Abstract

---

Increasing population and industrialization make it necessary to use water resources effectively. For this reason, it is important to accurately determine and project the parameters that make up water resources. The baseflow, which constitutes approximately 70% of the surface flow, is also one of these parameters. There are many studies in the literature on the determination of baseflow. In this study, the difference between the constant coefficient of the Chapman method available in the literature and the calibration of the coefficient is shown. In addition, in order to ensure that the dependent coefficients that determine the effect of the surface flow and the bottom flow in the model in the Chapman formula become independent from each other, a method with two coefficients instead of the interconnected coefficient in the Chapman formula and the coefficients are found by the symbiotic organisms' search algorithm (SOA). Optimization of both models with symbiotic organisms' search algorithm (SOA) is performed to calibrate the coefficients. When the results obtained are examined, it has been observed that the dual parameter method based on the Chapman method and calibrated with SOA reduces the problem of divergence from the hydrograph in the Chapman method or the difference between the surface flow and the baseflow in dry periods. With the model, it is ensured that the baseflow does not cut the hydrograph.

**Keywords:** *Baseflow, Symbiotic search algorithm, Chapman method, Fırat basin*

## 1. Giriş

Akarsu akımı varyasyonlarının havza özellikleri açısından yorumlanması, havza ve akarsu yönetimini geliştirmek için uzun bir süredir hidrolojinin esas görevi olmuştur. Bu görev için iki temel konu, taban akışı ayrımı ve durgunluk analizidir (Hall, 1968; Brutsaert & Nieber, 1977; Tallaksen, 1995; Smakhtin, 2001). Taban akışı ayrımı, akarsu akışını iki bileşene (dolaysız akış ve taban akışı) ayırmayı amaçlar. Dolaysız akış, yağışın ardından meydana gelen doğrudan akıştır. Taban akışı ise yağmurun olmadığı dönemlerde meydana gelen gecikmeli akıştır (Stewart, 2015).

Taban akışının tahmini; su temini (Linsley, Kohler, Paulhus, 1975), taşkın hidrolojisi (Murphy, Graszkievicz, Hill, Neal, Nathan & Ladson, 2009), akarsu ekolojisi (Price, 2011) vb. gibi birçok çevresel sistemin yönetiminde önemli bir rol oynar. Yeraltı suyu deşarjı (Chapman, 1999; Freeze, 1972), yavaş akış ve sürekli akış (Hall, 1968) dahil olmak üzere çeşitli taban akışı tanımları vardır. Arazideki taban akışının tahmini ile ilgili zorluklar nedeniyle 20. yüzyılın başlarından beri ölçülen akış verileri kullanılarak taban akışı tahmini için çeşitli grafiksel ve otomatik teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında özyinelemeli dijital filtreler (RDF) yöntemi (Nathan & McMahon, 1990; Arnold, Allen, Muttiah & Bernhardt, 1995), basit olması ve uygulama kolaylığı sağlaması nedeniyle pratikte taban akışını tahmin etmek amacıyla en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Literatürde birçok RDF konfigürasyonu ileri sürülmüştür. Bunlar; Lyne ve

Hollick filtresi (Lyne & Hollick, 1979; Nathan & McMahon, 1990), tek parametrelili Chapman algoritması (Chapman & Maxwell, 1996), iki parametrelili Boughton filtresi (Boughton, 1993; Chapman, 1999) ve Eckhardt filtresi (Eckhardt, 2005) yöntemleridir (Li, Maier, Partington, Lambert & Simmons, 2014).

Ladson, Brown, Neal & Nathan (2013) Lyne ve Hollick filtresi olarak bilinen taban akışı ayırma yöntemini literatüre dahil etmişlerdir. Li, Maier, Lambert, Simmons & Partington (2013) taban akışı tahmini için Lyne ve Hollick filtresinin uygulanması ile RDF'lerin performansını geliştirmişlerdir. Xie, Liu, Wang, Yang, Liang & Liu (2020) Birleşik Devletler 'de 1815 havza için dört grafik yöntemi ve beş dijital filtre yöntemini içeren dokuz taban akışı ayırma yöntemini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmeler sonucunda Eckhardt (2005) tarafından önerilen dijital filtreleme yönteminin en iyi performansa sahip olduğunu belirtmişlerdir. Hu, Zhao & Jian (2021) Çin'deki Yellow Nehri havzasında taban akışı tahmini için dört tek parametrelili dijital filtreleme, HYSEP ve RDF yöntemini (Eckhardt yöntemi) değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda taban akışı ayrımı konusunda en iyi performansı sergileyen yöntemin RDF yöntemi olduğunu söylemişlerdir. Collischonn & Fan (2013) Eckhardt'ın dijital taban akışı filtresi için parametreleri tanımlamışlardır. Kissel & Schmalz (2020) Alman sıradağlarında bir

havzadaki taban akışını tahmin etmeye çalışmışlardır. Ayrıca bu çalışma ile bu bölge için uygun olan taban akışı tahmin yöntemlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak; Chapman ve Maxwell filtresinin Eckhardt filtresine göre bu bölgede daha iyi sonuçlar verdiğini söylemişlerdir. Novita & Wahyuningsih (2016) taban akışı ayrımı konusunda en uygun yöntemi belirlemek için çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak, Lyne ve Hollick ile yerel minimum yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha iyi performans sergilediğini söylemişlerdir. Meshgi, Schmitter, Babovic & Chui (2014) taban akışının tahmininde genetik programlama (GP) yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak, GP'nin taban akışının tahmininde etkili olduğunu söylemişlerdir.

Bu çalışmada, Fırat Havzası'nda bulunan 21162 numaralı Ayvalı Tohma Suyu akım gözlem istasyonundan (AGİ), temin edilen günlük akım verileri kullanılarak taban akışı ayrılması için simbiyotik arama algoritmasından (SOA) faydalanılmıştır. Çalışmada SOA, Chapman yönteminde bulunan katsayıyı kalibre etmek için kullanılmış ve literatürde mevcut diğer belirlenmiş katsayılar ile kıyaslanmıştır. Ayrıca Chapman yönteminde kullanılan, taban akışını ve yüzeysel akışı beraber kontrol eden katsayı yerine iki katsayı kullanılması ve bu katsayıların da SOA ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar kıyaslanarak önerilen yöntemin doğruluğu araştırılmıştır.

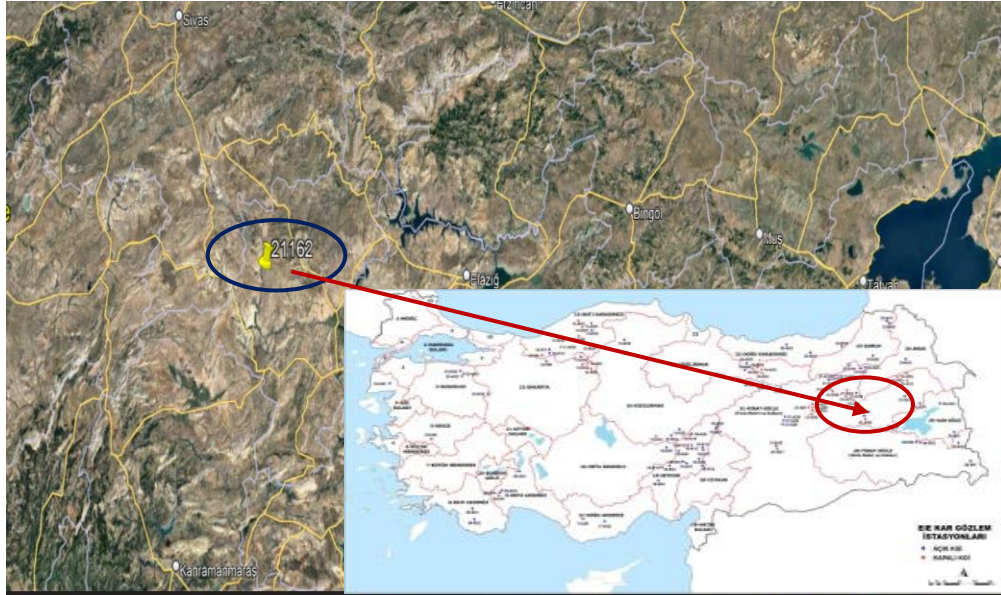
## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma bölgesi olarak Fırat Havzası seçilmiştir. Fırat Nehri, Türkiye ve Güneybatı Asya'nın en geniş drenaj sahasına sahip bir akarsudur. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki kaynağının 3000 m yükseltisi vardır. Fırat Nehri Türkiye'de birkaç ilin sınırını belirler. Bunlar Erzincan, Elâzığ, Malatya, Tunceli, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep ve Şanlıurfa illeridir. Türkiye'de bu illerin sınırlarından sonra Suriye, daha sonra Irak topraklarına girer. Fırat Nehri iki ana kol (Murat-Karasu) ile birlikte onlarca yan koldan beslenir. Murat Nehri bu kollar arasında en önemli yeri kapsamaktadır. Ağrı Dağı eteklerinden doğan Murat Nehri, güneybatıya doğru yaklaşık olarak 500 km akış gösterir ve daha sonra kuzeyden gelen Karasu Nehri ile Keban Barajı'nın yaklaşık olarak 10 km kuzeyinde birleşir (Yıldırım, 2006). Seçilen bölgede havza boyunca birçok akım gözlem istasyonu (AGİ) inşa edilmiştir. Bu AGİ'ler arasından 21162 numaralı Ayvalı Tohma Suyu, istasyonu seçilmiştir. Bu istasyon ile ilgili detaylı bilgiler aşağıda Şekil 1 ve Tablo 1'de verilmiştir. Tüm veriler Runs homojenlik testine tabi tutulmuştur ve %95 güven aralığında verilerin homojen olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Ayvalı Tohma Suyu istasyonuna ait genel bilgiler

İstasyon No	Rasat Yılları	Enlem-Boylam	Yükseklik (m)	Ort. Akım (m <sup>3</sup> /s)	Maks. Akım (m <sup>3</sup> /s)	Min. Akım (m <sup>3</sup> /s)	Run Testi Önem Derecesi
D21A162	1979-1992	38°42'24" K - 37°39'59"D	1160	9,465	51	2,01	0,0001



**Şekil 1.** Akım gözlem istasyonlarının yer bulunduru haritası

Bu çalışmada, bu istasyondan alınan günlük akım verileri değerlendirilmiştir. Bu veriler kullanılarak taban akışının ayrılması konusunda Chapman yöntemi kullanılmıştır.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOA)

Mevcut meta-sezgisel algoritmalar doğal olaylarını (fenomenleri) taklit eder. Örneğin; yapay arı kolonisi bal

arısı sürülerinin yiyecek arama davranışını simüle eder, parçacık sürü optimizasyonu (PSO) hayvan sürüsü davranışını simüle eder ve genetik algoritma doğal evrim sürecini simüle eder. SOA ise en uygun aramak için kullanılan bir eşleştirilmiş organizma ilişkisi içerisindeki Simbiyotik etkileşimleri simüle eder (Cheng & Prayogo, 2014).

Meta-sezgisel yöntemlerden biri olan SOA, 2014 yılında Cheng ve Prayogo tarafından tanıtılmıştır. Diğer birçok

meta-sezgisel algoritma gibi, SOA da popülasyon tabanlıdır, doğadan ilham alır ve belli bir dereceye kadar rastgelelikten faydalanır. Algoritmada, doğadaki organizmaların ekosistemde hayatta kalması için bir ihtiyaç olan ortak yaşam olarak bilinen güvene dayalı etkileşim olgusundan yararlanır. Herhangi iki farklı organizma arasında zorunlu veya isteğe bağlı olmak üzere iki tür simbiyotik ilişki olabilir. İlk durumda, iki türün hayatta kalması birbirine bağlıdır. İkinci durumda ise iki tür de zorunlu olmayacak bir şekilde karşılıklı yarar sağlayan bir ilişki içerisinde birlikte yaşayabilir.

Simbiyotik organizmalar arama algoritmasında (SOA) arama işlemi rastgele bir N organizma popülasyonu tarafından başlatılır. Daha sonra karşılıklı fayda birlikteliği (mutualizm), tek taraflı birliktelik (kommensalizm) ve asalaklık (parasitizm) olmak üzere üç

gerçekçi simbiyotik evre kullanılarak popülasyon üyeleri geliştirilir. SOA'nın yinelemesi devam ederken yukarıdaki üç aşama, uygunluk değeri etkileşim öncesi uygunluğundan daha iyi ise her etkileşimden üretilen çözümün koşulsuz olarak kabul edildiği ve aksi takdirde reddedildiği yerde yürütülür (Çelik, 2020).

### 2.2.1.1. Karşılıklılık evresi (mutualizm)

Karşılıklılık evresinde her bir  $X_i$  organizması için ekosistemden rastgele bir  $X_j$  organizması seçilir ve karşılıklı bir ilişki kurulması temelinde  $X_i$  (burada  $X_i \neq X_j$ ) ile etkileşime geçer. Bununla birlikte  $X_i$  ve  $X_j$  arasındaki ilişki ekosistem içerisindeki iki organizmanın karşılıklı hayatta kalma oranını arttırmaktadır. Yeni aday çözümler  $X_i$  (yeni) ve  $X_j$  (yeni) sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2 kullanılarak üretilir ve  $X_{mutual}$  Denklem 3'te verilen ifade kullanılarak elde edilir.

$$x_{i(yeni)} = x_i + rand(0,1) * (x_{best} - x_{mutual} * BF_1) \quad (1)$$

$$x_{j(yeni)} = x_j + rand(0,1) * (x_{best} - x_{mutual} * BF_2) \quad (2)$$

$$x_{mutual} = \frac{x_i + x_j}{2} \quad (3)$$

$$BF_1 = (1 + round(rand(0,1))), | rand \in [0,1] \quad (4)$$

$$BF_2 = (1 + round(rand(0,1))), | rand \in [0,1] \quad (5)$$

Rand (0,1) işlevi 0 ile 1 aralığında düzgün dağılmış rastgele sayıların bir vektörüdür.  $X_{best}$  ekosistemdeki adaptasyon derecesi açısından en iyi amaç veya uygunluk fonksiyonu değerine sahip organizma,  $X_{mutual}$  ise hayatta kalma avantajlarını artırmak için

iki organizma arasında sergilenen karşılıklı bir özelliği ifade eder. Fayda faktörleri olan  $BF_1$  ve  $BF_2$  değerleri Denklem 4 ve Denklem 5 kullanılarak rastgele belirlenir. Bu faktörler her organizma için etkileşimden yararlanma

düzeyini temsil eder (Ezugwu, Adewumi & Frincu, 2017).

### 2.2.1.1. Ortakçılık evresi (kommensalizm)

Karşılıklı evresine benzer bir şekilde ekosistem popülasyonundan rastgele bir organizma  $X_j$  seçilir ve  $X_i$  organizması

ile etkileşime girmesi sağlanır. İlişki etkileşimi, etkileşimden yalnızca bir organizmanın yararlanacağı şekildedir.

Örneğin,  $X_i$ 'nin yürüttüğü organizma,  $X_j$  ile etkileşimden yarar sağlarken  $X_j$  etkileşimin bir sonucu olarak ne fayda sağlar ne de zarar görür (Denklem 6).

$$x_{i(yeni)} = x_i + rand(-1,1) * (x_{best} - x_j) \quad (6)$$

Burada,  $(X_{best} - X_j)$  terimi  $X_j$  organizması tarafından ekosistemdeki hayatta kalma avantajı düzeyini arttırmada  $X_i$ 'ye yardımcı olmak için sağlanan faydayı temsil eder (Ezugwu & Adewumi, 2017).

Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOA) verilmiştir.

### 2.2.2. Chapman Yöntemi

Chapman (1991) Lyne-Hollick algoritmasının hatalı olduğunu, yüzey akışı sona erdiğinde sırasıyla sabit bir akış "y" veya taban akışı "b" sağladığını belirtmiştir ve bu nedenle Denklem 7'de verilen yeni algoritmayı geliştirmiştir ( $b_k < y_k$ 'ye tabidir) (Eckhardt, 2005). Burada,  $\alpha$  filtre parametresidir.

### 2.2.1.1. Asalaklık evresi (parasitizm)

Bu evrede,  $X_{pv}$  ile gösterilen yapay bir parazit vektörü  $X_i$  organizmasını mutasyona uğratarak ve daha sonra rastgele ve daha sonra rastgele bir sayı kullanarak rastgele seçilen boyutlarını değiştirerek problem arama uzayında yaratılır.  $X_j$ 'li  $\neq j$  organizması,  $X_{pv}$ 'ye ev sahibi olarak hizmet etmek için ekosistem popülasyonundan rastgele seçilir. Eğer  $X_{pv}$ 'nin uygunluk değeri  $X_j$  organizmasınınkinden daha iyi ise  $X_{pv}$  popülasyondaki  $X_j$ 'nin yerini alır.  $X_j$ 'nin uygunluk değeri daha iyi ise  $X_j$   $X_{pv}$ 'ye karşı bağışıklık oluşturacak ve ardından  $X_{pv}$  popülasyondan kaldırılacaktır (Ezugwu & Adewumi, 2017). Şekil 2'de

Denklem 7'nin eşdeğeri Denklem 8'deki gibidir.

Daha çok yeraltı suyu beslenmesi olmayan yağışsız dönemlerde taban akışı durgunluğunu tanımlamak için kullanılır. Bu nedenle, filtre parametresi  $\alpha$  artık bir durgunluk analizi ile nesnel olarak türetilir (Eckhardt, 2005).

$$x_{i(yeni)} = x_i + rand(-1,1) * (x_{best} - x_j) \quad (6)$$

$$b_k = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} * b_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{3 - \alpha} * (y_k + y_{k-1}) \quad (7)$$

$$b_k = \alpha * b_{k-1} + \frac{1-\alpha}{2} * (f_k + f_{k-1}) \quad (8)$$

$$b_k = \alpha * b_{k-1} \quad (9)$$

---

### Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması

---

```

1: Başlangıç ekosistemini rasgele olarak belirle
2: while Durdurma kriteri? do
3:   for  $i \leftarrow 1$  to  $eko_{boyut}$  do
4:     for  $i \leftarrow 1$  to  $eko_{boyut}$  do
5:        $f(X_i)$   $\triangleright$  Organizmaların uygunluk değerlerini hesapla
6:     end for
7:      $X_{eniyi}$ 'yi belirle
8:     //Mutualizm aşaması
9:      $X_i$  organizmasından farklı  $X_j$  organizmasını rasgele seğ
10:     $[X'_i, X'_j] = mutualizm(X_i, X_j, X_{eniyi})$   $\triangleright$  Adayları oluştur
11:    if  $f(X'_i) < f(X_i)$  then
12:       $X_i = X'_i$ 
13:    end if
14:    if  $f(X'_j) < f(X_j)$  then
15:       $X_j = X'_j$ 
16:    end if
17:    //Kommensalizm aşaması
18:     $X_i$  organizmasından farklı  $X_j$  organizmasını rasgele seğ
19:     $X'_i = kommensalizm(X_i, X_j, X_{eniyi})$   $\triangleright$  Adayı oluştur
20:    if  $f(X'_i) < f(X_i)$  then
21:       $X_i = X'_i$ 
22:    end if
23:    //Parazitizm aşaması
24:     $X_i$  organizmasından farklı  $X_j$  organizmasını rasgele seğ
25:     $X_i$  organizmasının parazitini ( $P_{X_i}$ ) oluştur
26:    if  $f(P_{X_i}) < f(X_j)$  then
27:       $X_j = P_{X_i}$ 
28:    end if
29:  end for
30: end while

```

---

şekil 2. SOA algoritması pseude kod (Saplıoğlu, oban, şenel & Uzundurukan, 2020)

### 2.2.3. Önerilen Yöntem

Denklem 7 de değerinin başındaki  $b_k$ 'ya bağlı katsayı ile  $(y_k + y_{k-1})$ 'in başındaki  $\alpha$  değerine bağlı katsayı birbiri ile ilişkili olup sabit sayılarla işleme tabi tutulduğu için ayrılmaları imkansızdır. Bu nedenle çalışmada bu katsayıların

yerine katsayılarının kullanılması önerilmiştir (Denklem 10). Ayrıca bu yöntemde katsayıların tespiti için SOA ile optimizasyon yapılması düşünölmüştür. Modelin optimizasyonu aşamasında yüzeysel akışı geğen taban akışına sebep olan katsayıların olması durumunda bu



katsayıların optimizasyondan değerlerde kurak dönemlerde taban çıkartılması birinci kısıt fonksiyonu akışı ile yüzeysel akışın örtüşmesi olmuştur. Ayrıca optimize edilen şekilde düşünülmüştür (Denklem 11).

$$b_k = \alpha_1 * b_k + \alpha_2 * (y_k + y_{k-1}) \quad (10)$$

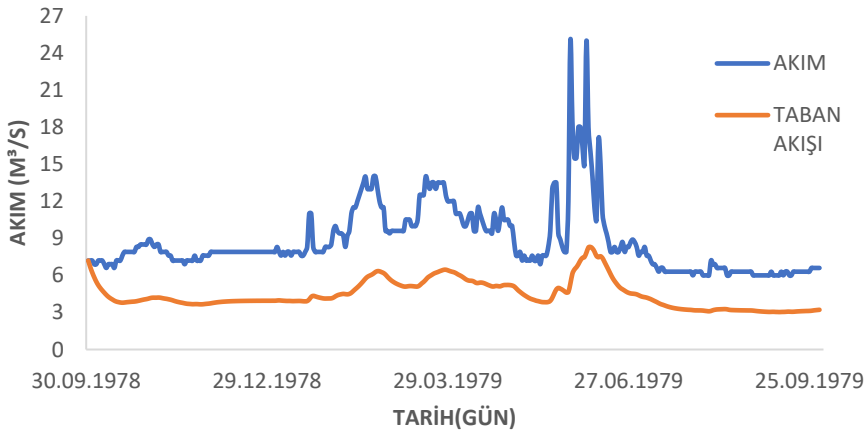
$$cf = \min (y_k - b_k) \quad (11)$$

### 3. Bulgular

Çalışma, üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda Chapman yöntemi literatürde mevcut olan katsayılarla denenmiş ve taban akışı ayrılmıştır. İkinci kısımda Chapman katsayısının kalibre edilebilmesi için bir yazılım hazırlanmıştır. Hazırlanan bu yazılım SOA ile entegre edilerek 1979-1992 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir. Üçüncü kısımda Chapman formülü baz alınarak önerilen iki katsayılı denklem ve bu denklemin kalibresi için oluşturulan yazılım SOA ile uygulanmıştır.

#### 3.1. Sabit Katsayılı Chapman Uygulaması

Çalışmanın bu kısmında, Chapman (1991) tarafından önerilmiş olan 0,925 katsayısı Denklem 7'de uygulanmıştır (Şekil 3). Şekilde görüldüğü gibi sabit katsayı başlangıç taban akışını hızla azaltmış ve kurak dönemlerde yüzeysel akışın taban akışından çok daha fazla olduğu görülmüştür. Katsayının 1'e yaklaştıkça taban akışı değerlerini düzleştirdiği, 0'a yaklaştıkça da yüzeysel akış ile paralellik gösterdiği bilinmektedir. Aradaki fark kalibre edilmiş Chapman uygulamasında gösterilecektir.



Şekil 3. 1979 su yılı sabit katsayılı (0.925) Chapman yöntemi taban akışı ayırma örneği

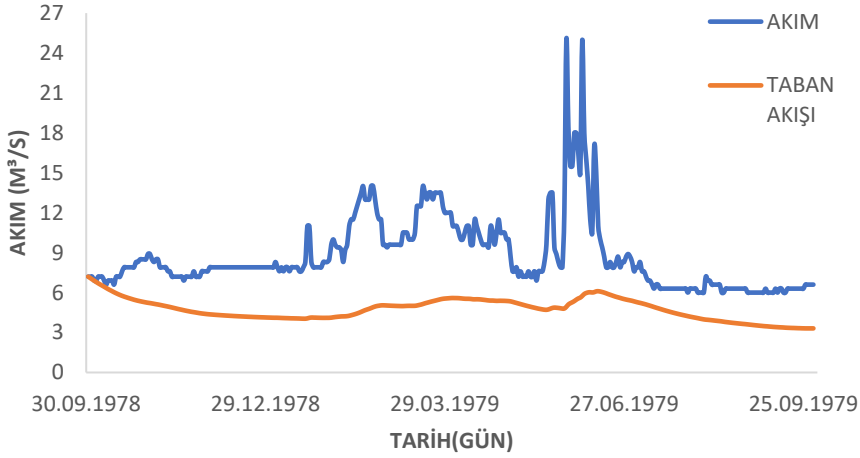
### 3.2. SOA ile Kalibre Edilmiş Katsayı Uygulanan Chapman Yöntemi

Chapman yönteminde sabit bir katsayı olmayacağı ve her yılın kendine özgü bir katsayısı olacağı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Novita & Wahyuningsih, 2016). Genellikle katsayı belirleme işlemi deneme yanılma yöntemi ile yapılmaktadır (Wittenberg & Sivapalan, 1999). Bu çalışmada ise Denklem 7 kullanılarak oluşturulan taban akışı ayırma yöntemi için kısıt fonksiyonları belirlenmiş ve kurak dönemlerde taban akışının yüzeysel akışa en yakın olduğu katsayı tespit edilmeye çalışılmıştır. Kısıt fonksiyonu olarak da taban akışının akım hidrografını geçmemesi kabul edilmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi taban akışı kurak dönemlerde yüzeysel akışa yaklaşmıştır. Bu yakınsaklık katsayısının aşağıdaki ve yukarıdaki değerler için kaybolmaktadır. Tablo 2'de 1979-1992

yılları arasında elde edilen Chapman katsayısı değerleri verilmiştir. Sabit katsayılı Chapman yönteminde elde edilen hidrografın şekline yakın ancak kurak dönemlerde yüzeysel akışa uzak taban akışından, daha düz ve kurak dönemlerde yüzeysel akışa yakın bir grafiğe geçilmiştir. Tablo 2'de de görüldüğü gibi yıllara göre Chapman katsayısı 0.92 ile 0.9999 arasında değişen değerler almıştır. Burda bulunan değerlerin herbiri sadece kendi su yılında kullanılabildiği için yöntemin elle kalibrasiyonu oldukça zordur. Oluşturulan bilgisayar modeli ile çok kısa sürede bu kalibrasyon yapılabilmektedir. Çalışmada, SOA için 100 adet simbiyotik organizma 500 iterasyonla çalıştırılmış ve bu işlem herbir su yılı için 30'ar kere tekrar edilmiştir. Yani herbir katsayının tespiti için bir buçuk milyon deneme çok kısa sürede gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** SOA ile kalibre edilmiş Chapman katsayıları

Su yılı	Chapman Katsayısı ( $\alpha$ )
1979	0.9855
1980	0.9841
1981	0.9971
1982	0.999
1983	0.9995
1984	0.9578
1985	0.9975
1986	0.9992
1987	0.9922
1988	0.9203
1989	0.9689
1990	0.9706
1991	0.9312
1992	0.9716



Şekil 4. 1979 su yılı SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan Chapman yöntemi taban akışı ayırma örneği

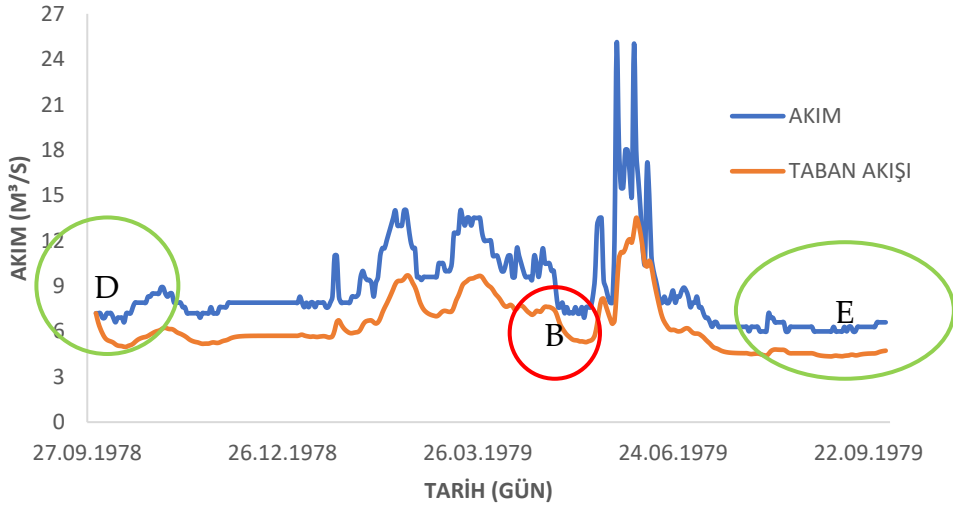
### 3.3. Önerilen Yöntem ile elde edilen taban akışı

Bir önceki bölümde bahsedilen Chapman katsayısı (Denklem 7) her ne kadar taban akışı için ayrı yüzeysel akış için ayrı bir katsayıya dönüşse de formülde bu dönüşümü sağlayan sabit değerler olduğu için birbirine tam bağımlı şekilde değişmektedir. Bu tam bağımlılığı çözmek amacıyla Bölüm 2.2.3'te önerdiğimiz Denklem 10 SOA ile entegre edilerek taban akışı ayırma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle amaç fonksiyonu Denklem 11 ile belirlenen yüzeysel akış ile taban akışının kurak dönemlerde birbirine yakın olması prensibine dayandırılmıştır. Kısıt fonksiyonu olarak da taban akışının yüzeysel akışı kesmemesi düşünülmüştür. Bu şekilde oluşturulan modelde taban akışı ve yüzeysel akış için belirlenen katsayılar Tablo 3'te özetlenmiştir. Şekil 5'te 1979

yılına ait bir örnek verilmiştir. Bu örnekte görüldüğü gibi önerilen yöntem ile Chapman yönteminde ve kalibre edilmiş Chapman yönteminde oluşan hidrograftan uzaklaşma ve taban akışının ani düşüş problemi düzeltilmeye çalışılmıştır. Şekil 5'te A, B, C ile gösterilen noktaların hidrografi kesmemesi, D noktasındaki hızlı düşüşün azaltılmış olması ve E alanındaki yüzeysel akışa yakınlık modelin artıları olarak göze çarpmaktadır. Ancak birbirinden bağımsız iki katsayılı bir model olması ve kısıt fonksiyonu olarak belirlenen hidrografi kesmeme ile amaç fonksiyonu olarak belirlenen hidrografa yakınlık kalibrasyonun elle yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kalibrasyon oluşturulurken burada olduğu gibi bir optimizasyon yöntemine entegre edilmesi modelin kullanılabilirliği açısından önemlidir.

**Tablo 3.** SOA ile kalibre edilmiş önerilen yöntem katsayıları

Su yılı	$\alpha_1$	$\alpha_2$
1979	0.7028	0.1074
1980	0.8064	0.0724
1981	0.8238	0.0568
1982	0.6253	0.1409
1983	0.812	0.0637
1984	0.7295	0.083
1985	0.883	0.0361
1986	0.7511	0.0924
1987	0.7399	0.094
1988	0.7458	0.0906
1989	0.6667	0.1137
1990	0.9246	0.0233
1991	0.833	0.0477
1992	0.8179	0.0522

**Şekil 5.** 1979 su yılı SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan önerilen yöntemin taban akışı ayırma örneği

#### 4. Sonuçlar

Su yapılarının projelendirilmesinde ve işletilmesinde hidrolojik verilerin

bilinmesi veya öngörülmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla çalışmada literatürde mevcut Chapman yöntemi, Chapman yönteminin SOA ile kalibresi

ve Chapman yöntemini baz alan iki parametrelili ve SOA ile kalibre edilen yöntem ile Fırat Havzası'nda bulunan Ayvalı Tohma Suyu istasyonuna ait verilerin taban akışları tespit edilmiştir. Çalışmanın asıl amacı optimizasyon yöntemlerinin katsayı belirlemedeki önemini göstermektir. Öncelikle literatürde mevcut katsayılarla oluşturulmuş Chapman yöntemi ile bu katsayının SOA ile kalibresinden sonra elde edilmiş taban akışı grafikleri incelenmiştir. Chapman yönteminde herhangi bir katsayı (literatürde mevcut) ile gerçek taban akışını temsil edememe probleminin azaltıldığı görülmüştür. Çalışmanın ikinci kısmında iki katsayılı gibi gözüken fakat bu katsayıların birbirine bağlı olmasından dolayı tek katsayılı diyebileceğimiz Chapman yönteminin gerçek iki katsayılı hale getirilip bu katsayıların SOA ile bulunması sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde teklif edilen yöntemin diğerlerine göre kurak dönemlerde hidrografa daha çok yaklaştığı görülmüştür. Ayrıca diğer dönemlerde taban akışının hidrografi hiçbir şekilde kesmediği bir modelleme oluşturulmuştur. Diğer yöntemlerde hem hidrografi kesmeme hem de kurak dönemlerde taban akışının hidrografa yaklaştırılabilmesi için birtakım zorluklar olduğu tespit edilmiştir. Chapman yönteminde bu iki şartı sağlayan katsayının tespiti deneme yanılma yöntemi ile yapılmakta ve bu işlem oldukça uzun sürmektedir. Ayrıca elde edilen katsayı değerinin en iyi sonucu verip vermediği de bilinmemektedir. Chapman yöntemini bu sorundan kurtarmak için çalışmada SOA ile birlikte kombine edilmiş ve

katsayı belirleme süresi ile ilgili sorun ortadan kaldırılmıştır. Ancak hidrografın kesilmemesi ve kurak dönemlerde hidrografa yaklaşılmaması tek katsayı ile oldukça zor olmaktadır. Hidrografın şekline göre değişen rastgele doğruluklar olmasına karşın hidrografi kesmeme birinci öncelik olduğu için genellikle kurak dönemlerde taban akışı hidrograftan uzaklaşmaktadır. Önerilen yöntemde ise taban akışı iki katsayılı bir formülle bulunmaktadır. Bundan dolayı hidrografi kesmeme problemi kurak dönemlerde hidrograftan uzaklaşma problemini etkilememektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde özellikle kurak dönemlerde taban akışının hidrografa önerilen yöntemde daha çok yaklaştığı dolayısıyla diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. İleriki çalışmalarda diğer istasyonlar, meta-sezgisel yöntemler ve farklı taban akışı ayırma yöntemleri için de bu yaklaşım incelenerek derinlemesine tartışılabilir.

## 5. Kaynaklar

- Arnold, J. G., Allen, P. M., Muttiah, R., & Bernhardt, G. (1995). Automated base flow separation and recession analysis techniques. *Groundwater*, 33(6), 1010-1018.
- Boughton, W. C. (1993). A hydrograph-based model for estimating the water yield of ungauged catchments. In *Hydrology and Water Resources Symposium, Newcastle, IEAust*, 1993.
- Brutsaert, W., & Nieber, J. L. (1977). Regionalized drought flow hydrographs from a mature glaciated plateau. *Water Resources Research*, 13(3), 637-643.

- Chapman, T. G. (1991). Comment on "Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses" by RJ Nathan and TA McMahon. *Water Resources Research*, 27(7), 1783-1784.
- Chapman, T. (1999). A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. *Hydrological Processes*, 13(5), 701-714.
- Chapman, T. G., & Maxwell, I. A. (1996, May). Baseflow separation-comparison of numerical methods with tracer experiments. In *NATIONAL CONFERENCE PUBLICATION-INSTITUTION OF ENGINEERS AUSTRALIA NCP* (Vol. 2, pp. 539-546). Institution of Engineers, Australia.
- Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2014). Symbiotic organisms search: a new metaheuristic optimization algorithm. *Computers & Structures*, 139, 98-112.
- Collischonn, W., & Fan, F. M. (2013). Defining parameters for Eckhardt's digital baseflow filter. *Hydrological Processes*, 27(18), 2614-2622.
- Çelik, E. (2020). A powerful variant of symbiotic organisms search algorithm for global optimization. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87, 103294.
- Eckhardt, K. (2005). How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes: An International Journal*, 19(2), 507-515.
- Eckhardt, K. (2008). A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. *Journal of Hydrology*, 352(1-2), 168-173.
- Ezugwu, A. E. S., & Adewumi, A. O. (2017). Discrete symbiotic organisms search algorithm for travelling salesman problem. *Expert Systems with Applications*, 87, 70-78.
- Ezugwu, A. E. S., Adewumi, A. O., & Frıncu, M. E. (2017). Simulated annealing based symbiotic organisms search optimization algorithm for traveling salesman problem. *Expert Systems with Applications*, 77, 189-210.
- Freeze, R. A. (1972). Role of subsurface flow in generating surface runoff: 1. Base flow contributions to channel flow. *Water Resources Research*, 8(3), 609-623.
- Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology*, 584, 124674.
- Hall, F. R. (1968). Base-flow recessions—A review. *Water resources research*, 4(5), 973-983.
- Hu, C., Zhao, D., & Jian, S. (2021). Baseflow estimation in typical catchments in the Yellow River Basin, China. *Water Supply*, 21(2), 648-667.
- Kissel, M., & Schmalz, B. (2020). Comparison of baseflow separation methods in the german low mountain range. *Water*, 12(6), 1740.
- Ladson, A. R., Brown, R., Neal, B., & Nathan, R. (2013). A standard approach to baseflow separation using the Lyne and Hollick filter. *Australasian Journal of Water Resources*, 17(1), 25-34.
- Li, L., Maier, H. R., Lambert, M. F., Simmons, C. T., & Partington, D. (2013). Framework for assessing and improving the performance of recursive digital filters for baseflow estimation with application to the Lyne and Hollick filter. *Environmental modelling & software*, 41, 163-175.
- Li, L., Maier, H. R., Partington, D., Lambert, M. F., & Simmons, C. T. (2014). Performance assessment and improvement of recursive digital baseflow filters for catchments with different physical characteristics and hydrological inputs. *Environmental Modelling & Software*, 54, 39-52.
- Linsley Jr, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L. (1975). Hydrology for engineers.
- Lyne, V., & Hollick, M. (1979, September). Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling. In *Institute of Engineers Australia National Conference* (Vol. 79, No.

- 10, pp. 89-93). Barton, Australia: Institute of Engineers Australia.
- Meshgi, A., Schmitter, P., Babovic, V., & Chui, T. F. M. (2014). Predicting Baseflow Using Genetic Programing.
- Murphy, R., Graszekiewicz, Z., Hill, P., Neal, B., Nathan, R. J., & Ladson, T. (2009). Project 7: Baseflow for catchment simulation (Phase 1-Selection of baseflow separation approach). *Australian Rainfall and Runoff Technical Committee: Australia*.
- Nathan, R. J., & McMahon, T. A. (1990). Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water resources research*, 26(7), 1465-1473.
- Novita, E., & Wahyuningsih, S. (2016). Preliminary study on baseflow separation at watersheds in East Java regions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 538-550.
- Price, K. (2011). Effects of watershed topography, soils, land use, and climate on baseflow hydrology in humid regions: A review. *Progress in physical geography*, 35(4), 465-492.
- SAPLIOĞLU, K., ÇOBAN, E., ŞENEL, F. A., & UZUNDURUKAN, S. Beton Ağırlıklı Barajların Simbiyotik Arama Algoritması ile Optimizasyonu. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(4), 1734-1744.
- Smakhtin, V. U. (2001). Low flow hydrology: a review. *Journal of hydrology*, 240(3-4), 147-186.
- Stewart, M. K. (2015). Promising new baseflow separation and recession analysis methods applied to streamflow at Glendhu Catchment, New Zealand. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(6), 2587-2603.
- Swed, F. S., & Eisenhart, C. (1943). Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. *The Annals of Mathematical Statistics*, 14(1), 66-87.
- Tallaksen, L. M. (1995). A review of baseflow recession analysis. *Journal of hydrology*, 165(1-4), 349-370.
- Xie, J., Liu, X., Wang, K., Yang, T., Liang, K., & Liu, C. (2020). Evaluation of typical methods for baseflow separation in the contiguous United States. *Journal of Hydrology*, 583, 124628.
- Yıldırım, A. (2006). Karakaya Barajı ve Doğal Çevre Etkileri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (6), 32-39.