

EurAsian Fish Index with web based software (EAFI 1.0)

Erdoğan ÇİÇEK^{1,*}, Alper GÖRGÜN², Orçun BAĞRA², Sevil SUNGUR³

¹Department of Biology, Faculty of Art and Sciences, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, 50300, Nevşehir, Turkey.

²Vocational School of Hacibektas, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, 50300, Hacibektas, Nevşehir, Turkey.

³Health Services Vocational School, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, 50300, Nevşehir, Turkey.

*Correspondence: e-mail: erdogancicek@nevsehir.edu.tr

Abstract: Sustainable use of water is a renewable resource, can be achieved by managing quality, not only quantity. Although the use of Biotic Indexes has a recent history in the evaluation and monitoring of ecosystem quality status, the prospect is increasing day by day. Fish are considered as important indicator organisms in these indices. The use of biotic integrity index in Turkey is in the initial stage. The Eurasian Fish Index (EAFI 1.0) unique to Turkey, the first index that fish use as biological elements, has been developed. In addition, web based software has been developed and general usage has been opened in order to be able to apply the index. In this study, baseline of the EAFI 1.0 are explained. By the way, the EAFI 1.0 software is used to calculate index value is represented in this study.

Keywords: Biotic index, Turkey, ecologic quality, EFI+, biologic monitoring.

Avrasya Balık İndeksi ve web tabanlı indeks yazılımı (EAFI 1.0)

Özet: Yenilenebilir bir doğal kaynak olan suyun sürdürülebilir kullanımının sağlanması sadece miktarının değil kalitesinin de korunması ile mümkündür. Sucul ekosistemlerin ekolojik kalite durumlarının değerlendirilmesinde ve izlenmesinde Biyotik İndekslerin kullanımı yakın bir geçmişe sahip olmasına karşın önemi ve kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Balıklar bu indekslerde önemli indikatör organizmalar olarak düşünülmektedir. Türkiye’de biyolojik indekslerin kullanımı henüz başlangıç aşamasındadır. Balıkların biyolojik element olarak kullanıldığı ilk indeks olan Ülkemize özgü Avrasya Balık İndeksi (EAFI) geliştirilmiştir. Ayrıca indeksin web tabanlı olarak uygulanabilmesi amacıyla yazılım geliştirilerek genel kullanıma açılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen EAFI 1.0 indeksinin oturtulduğu temeller açıklanmıştır. Bunun yanı sıra EAFI 1.0 indeksinin hesaplanmasında kullanılmak üzere geliştirilmiş olan web tabanlı yazılım da tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyotik indeks, Türkiye, ekolojik kalite, EFI+, biyolojik izleme.

Giriş

Tatlı su ekosistemleri insanoğluna ekonomik anlamda ürün ve hizmet (içme suyu, evsel ve endüstriyel amaçlı kullanma suyu, tarımsal sulama, taşıma, rekreasyon vb. gibi) sağladığı gibi bitki ve hayvanlar için de bir yaşam ortamı sunmaktadırlar (Baron et al., 2003). Yenilenebilir bir doğal kaynak olan suyun sürdürülebilir kullanımının sağlanması sadece miktarının değil kalitesinin de korunması ile mümkündür. Geleneksel su kalitesi belirleme ve izleme programları, kimyasal parametrelere dayalı yapılmıştır. 20. yüzyılın sonlarına gelindiğinde ise sucul ekosistemlerin ekolojik kalitesinin belirlenmesinde biyolojik elemanların kullanılmasının önemi anlaşılmıştır. En çok kabul gören biyolojik değerlendirme yaklaşımlarından birisi, bir durum göstergesi olarak değerlendirilen ve çoklu ölçüm uygulaması olarak bilinen Biyotik Bütünlük İndeksleridir (Index of Biotic Integrity-IBI). Biyotik bütünlük bir bölgenin doğal yaşamına adapte olmuş, belirli bir tür kompozisyonuna, çeşitliliğe ve fonksiyonel organizasyona sahip komünitelerin birbirine bağlı ilişkilerinin ve dengesinin devamlılığını sağlama ve destekleme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Karr, 1981). Sucul ekosistemlerin ekolojik kalite durumlarının değerlendirilmesinde ve izlenmesinde Biyotik İndekslerin kullanımı yakın bir geçmişe sahip olmasına karşın önemi ve kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Biyotik indeks ilk kez Dr. James Karr tarafından doğal kaynakların yönetimine yardımcı olmak üzere geliştirilen bir izleme ve değerlendirme yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Karr, 1981). Biyotik indeksler Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Temiz Su Yasası (Clean Water Act) çerçevesinde pek çok uygulama alanı bulmuştur (Roth et al., 2000; MPCA, 2014). Zaman içerisinde biyolojik izleme ve değerlendirme su kaynaklarının durumunun belirlenmesi ve yönetiminde önemli bir bileşen haline gelmiştir (Ruaro ve Gubiani, 2013). Halihazırda Avrupa Birliği (AB) tarafından da 2000 yılında hazırlanarak yürürlüğe girmiş olan AB Su Çerçeve Direktifinin (The EU Water Framework Directive, WFD) temelinde de biyolojik izleme yer almaktadır (WDF, 2018).

Türkiye’de su kalitesi göstergesi olarak biyolojik elemanların kullanılmasıyla ilgili öncül çalışmalar akademik düzeyde makroomurgasızlar ile belli akarsularda ve belli bölgelerde yapılmaya başlanmıştır (Kazancı ve Girgin, 1998; Kazancı ve Döğel, 2000). Daha sonrasında bazı ülkeler tarafından geliştirilmiş olan indekslerin Türkiye’de uygulandığı çalışmalara

rastlanmıştır (Kazancı et al., 2010; 2013; Kalyoncu ve Gülboy, 2009; Zeybek ve ark., 2014).

Balıklara dayalı biyolojik bütünlük indeksleri (Fish-based Index of Biotic Integrity, FIBI) Dünyanın farklı ülkelerinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Avrupa Birliğinin destekleri ile geliştirilmiş olan Avrupa Balık İndeksi (European Fish Index-EFI+) pek çok Avrupa ülkesi tarafından kullanılmaktadır (FAME CONSORTIUM, 2005). EFI+’ın ülkemizde kullanılmasında bazı kısıtlamalar söz konusudur. Bunların başında Türkiye’de ihtiyofaunanın Avrupa’dan farklı, zengin ve çeşitli olması, endemizm oranının yüksek olması (doğal yayımlı türlerin %51,1’i endemik) nedeniyle söz konusu indeks veri tabanında ülkemizde bulunan balık türlerinin bulunmaması, birbirinden farklı özelliklere sahip sucul ekosistemleri bünyesinde barındırması ve eko-bölgelerin farklı olması gelmektedir (Çiçek ve ark., 2018). Bu durum ülkemiz koşullarına uygun ve ülkemize özgü bir indeksin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Ancak biyolojik element olarak balıkların kullanıldığı ülkemize özgü bir indeks mevcut değildir. Bu konuda Çiçek ve Bircikligil (2015) tarafından balık indeksinin temel mantığının irdelendiği bir derleme ile Yerli ve ark. (2016) tarafından Küçük Menderes ve Akarçay havzaları için bir indeks uygulaması çalışması mevcuttur. Ancak Yerli ve ark. (2016) tarafından iki havzada kullanılan indeksin ülke genelindeki tüm havzalara kullanılmasının söz konusu olamayacağı belirtilmiştir.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü bünyesinde gerçekleştirilen projelerle fitoplankton, fitobentoz, makrofit, makrobentik omurgasız ve balık elementlerinin her biri için ülkemize özgü indeksler geliştirilmesi amaçlanmıştır (SYGM, 2018). Bu amaca hizmet etmek üzere Dr. James Karr tarafından ortaya atılan yaklaşım kullanılarak (Karr, 1981) Ülkemize özgü Avrasya Balık İndeksi (EAFI 1.0) geliştirilmiştir. İndeksin web tabanlı olarak uygulanabilmesi amacıyla yazılım geliştirilerek genel kullanıma açılmıştır. Bu çalışmada EAFI 1.0 balık indeksi oluşturulması ve tasarlanan web tabanlı yazılım ile kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

Avrasya Balık İndeksi (EAFI)

Ülkemizde su kalitesinin balıklara dayalı olarak belirlendiği tek bir çalışmaya rastlanmıştır olup Türkiye’de kabul görmüş bir balık indeksi de mevcut değildir (Yerli ve ark., 2016). Böylece ülkemize özgü bir balık indeksinin geliştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı

kapsamında çok uluslu bir proje ile geliştirilmiş olan Avrupa Balık Biyotik İndeksi (EFI+), bazı ülkeler (İsveç, Slovenya, Avusturya, Yeni Zelanda vs.) için geliştirilmiş olan indeksler ve bu indekslerde kullanılan metrikler ile yazılım algoritmaları incelenmiştir (FAME CONSORTIUM, 2004; Holmgren, 2016; Urbanic, 2008; Haunschmid et al., 2006; Joy, 2013). Avrupa Balık Biyotik İndeksi eko-bölge temelli olarak geliştirilmiştir. Türkiye koşullarında EFI+ indeksinin kullanılabilirliğinin test edilebilmesi, Türkiye sınırları içerisinde bulunan sucul ekosistemlerin eko-bölgelerine ayrılması ve Anadolu biyoçeşitliliğini oluşturan balık türlerinin indeks veri tabanına eklenmesi ile mümkün olacaktır. Kısa vadede bu durumun mümkün olmadığı düşünüldüğünden ülkemize özgü bir indeks geliştirilmesi gerektiği açıkça ortaya çıkmaktadır.

Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi gerekliliklerinin sağlanması amacıyla ülkemizde başta Tarım ve Orman Bakanlığı olmak üzere pek çok kurumca çalışmalar yürütülmektedir. Bu uyum sürecine katkı sağlayacağı düşünüldüğünden Ülkemize özgü olarak geliştirilmiş olan Avrasya Balık İndeksinin (EAFI 1.0) geliştirilmesi sürecinde EFI+ temel alınmıştır.

Bir indeks oluşturulmasındaki ilk basamak indekste kullanılacak değişkenlerin (metrik) belirlenmesidir. EFI+ temel alınarak Tablo 1'de belirtilen metriklerin kullanılmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Buna ilaveten, istasyondaki biyoçeşitliliğin bir göstergesi olan Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi de EAFI'de bir değişken olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. Avrasya Balık İndeksi İçin Kullanılan Değişkenlerin Çevresel Strese Karşı Gösterdikleri Tepki

Değişken Grupları	Değişkenler	Çevresel Baskılardaki Artışa Karşı Tepki	
		↑	↓
Beslenme Özelliği	Omnivor Türlerin Oranı	X	
	Karnivor Türlerin Oranı		X
Üreme Stratejisi	Litofil Türlerin Oranı		X
	Fitofil Türlerin Oranı	X	
Ekolojik Hoşgörü	Hassas Türlerin Oranı		X
	Toleranslı Türlerin Oranı	X	
Yaşam Alanı Tercihi	Bentik Türlerin Oranı		X
	Pelajik Türlerin Oranı	X	
	Reofilik Türlerin Oranı		X
Göç Durumu	Göçmen Türlerin Oranı		X
	Endemik Türlerin Oranı		X
	Doğal Türlerin Oranı		X
Orijin	Egzotik Türlerin Oranı (-)	X	
	İstilacı Türlerin Oranı (-)	X	
	Çeşitlilik İndeksi		X

Türkiye iç su ekosistemlerinde şu ana kadar 409 balık türü bildirilmiş olup bunlardan 194 tür endemik, 29 tür

egzotik ve 186 tür ise doğal dağılıma sahiptir (Çiçek ve ark., 2015; 2016; 2018). Türkiye tatlı su balıklarının biyoekolojik özellikleri göz önüne alınarak Tablo 1'de belirtilen değişkenlere göre sınıflandırma yapılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 1). Çiçek ve ark. (2015, 2016) tarafından hazırlanan tatlı su balık faunası listesi temel alınarak, Türkiye iç sularında kaydı verilmiş olan türlerin yanı sıra geçiş sularında rastlanan deniz balıklarının biyo-ekolojik özellikleri de veri tabanı listesine eklenmiştir. Bu veri tabanının oluşturulmasında türlere ait biyo-ekolojik özellikler literatür bilgilerinden derlenmiştir. Literatürde herhangi bir bilgisi bulunmayan türler için ise cinsin genel özellikleri dikkate alınmak suretiyle uzman görüşü doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. Bu veri tabanı, yeni kaydı verilmiş türlerin eklenmesi, liste dışı kalan türlerin çıkartılması ve geçiş sularında rastlanan denizel türlerin eklenmesi ile devamlı olarak güncel tutulmaktadır.

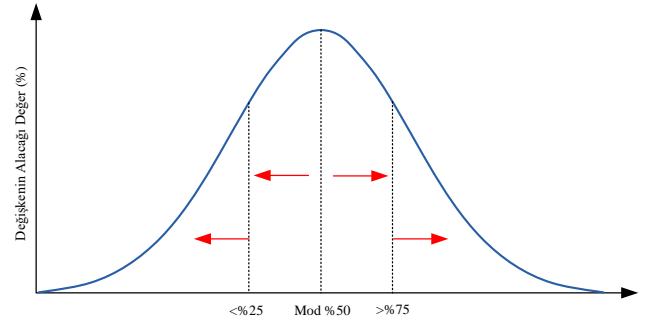
EAFI'nin hesaplanmasında kullanılan değişkenlere göre çevresel stres karşısında canlıların gösterdiği tepkiler Tablo 1'de belirtilmiştir. Genel bilinen bir kural olarak antropojenik baskılar sonucunda ekolojik kalitesinde düşüş görülen ekosistemlerde stenotip türlerin sayısında ve popülasyon yoğunluğunda büyük oranda düşüşler meydana gelmektedir. Buna karşın bu tip ortamlarda yüksek toleransa sahip öritip türlerde oransal artış ve ayrıca bu türlerin ekosistemde baskın hale gelmesi durumu görülmektedir. Tüm biyotik indekslerde olduğu gibi EAFI'de de, ekosistemde meydana gelen bu değişimin (normalden sapmanın) sayısallaştırmak suretiyle ölçülebilmesi amaçlanmaktadır.

İndeks değerinin hesaplanmasında kullanılan metriklerin alacağı skor değerleri Tablo 2'de görüldüğü şekilde belirlenmiştir. Skor değerlerinin belirlenmesinde normal dağılım ilkesi temel alınmıştır (Şekil 2). Tabloda görüleceği üzere kullanılması amaçlanan indeks kapsamında 8 değişken (durgun sular için 9 değişken) indeks değerine artı yönde bir katkı sağlarken egzotik ve istilacı türlerin skor katkısı negatif yönde olmaktadır.

Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi için skor değerleri değişim aralığı su kütlesi ve akarsu zonlarına göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenmesinde daha önceki proje çalışmalarında elde edilmiş olan istasyonlardaki tür çeşitliliği değerlerinden yararlanılmıştır (Tablo 2).

Metrikler için belirlenmiş olan skor değerleri kullanılarak herhangi bir istasyonda belirlenmiş olan tür kompozisyonu ve bolluğu dikkate alınarak EAFI değeri hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan EAFI değerinden hareketle ekolojik kalite sınıflandırması yapılabilmesi

sınıf sınır değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aralıkların belirlenmesinde referans koşullardan faydalanılması gerekmektedir. Ancak şu ana kadar ülkemiz için referans koşullar belirlenmemiş olduğundan EFI+'ta belirlenmiş olan sınıf sınır değerlerinin değiştirilmeden kullanılmasına karar verilmiştir (Tablo 3). Ülkemiz için referans koşulların belirlenmesi ve Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından tamamlanmış ve devam etmekte olan projelerden elde edilen verilerin analiz edilmesi sonucu sınıf sınır aralıkları revize edilecektir.



Şekil 2. Normal Dağılım İlkesi Göz Önüne Alınarak Skor Değerinin Belirlenmesi

balikanaliz_sedimenttip Id : int(11) Aciklama : varchar(50)	balikanaliz_orneklememethod Id : int(11) Aciklama : varchar(150)	balikanaliz_balik Id : int(11) turad : varchar(200) ing_ad : varchar(200) tr_ad : varchar(200) bulunurluk : varchar(5) koruma : varchar(20) karnivor : int(11) omnivor : int(11) litofil : int(11) hassas : int(11) fitofil : int(11) hassas : int(11) tolerans : int(11) bentik : int(11) pelajik : int(11) reofilik : int(11) gocmen : int(11) dogal : int(11) endemik : int(11) egzotik : int(11) istilaci : int(11)	balikanaliz_analiz Id : int(11) analizAd : varchar(200) kullid : int(11) ekosistemld : int(11) ekosistemiplt : int(11) ulkeld : int(11) illd : int(11) ekobolgeld : int(11) havzald : int(11) akarsuld : int(11) tarih : varchar(10) methodld : int(11) rejimld : int(11) sedimentipld : int(11) sicaklik : varchar(6) enlem : varchar(50) boylam : varchar(50) yukseklik : int(5) orneklemetarih : varchar(10) alan : varchar(5)	balikanaliz_countries id : int(11) sortname : varchar(3) name : varchar(150) phonecode : int(11)
balikanaliz_havza Id : int(11) Aciklama : varchar(100)	balikanaliz_ekobolge Id : int(11) Aciklama : varchar(100)			balikanaliz_cities id : int(11) name : varchar(30) state_id : int(11)
balikanaliz_kullanici Id : int(11) adsoyad : varchar(200) email : varchar(200) tel : varchar(11) calistigibirim : varchar(200)	balikanaliz_ekosistem Id : int(11) Aciklama : varchar(50)			balikanaliz_analizdetay Id : int(11) analizld : int(11) balikld : int(11) bireysayisi : int(11)
balikanaliz_ekosistemtip Id : int(11) ekosistemld : int(11) Aciklama : varchar(50)	balikanaliz_akimrejim Id : int(11) Aciklama : varchar(150)			
	balikanaliz_akarsugol Id : int(11) Aciklama : varchar(150)			

Şekil 1. Veri Tabanı Ekran Görüntüsü

Tablo 2. Metrik Karakterlerin Skor Değerlerinin Belirlenmesi

Metrik Karakter	Skor Değeri		
	1	3	5
Omnivor/Karnivor Türlerin Oranı (+)	1>	1	<1
Fitofil/Litofil Türlerin Oranı (+)	1>	1	<1
Toleranslı/Hassas Türlerin Oranı (+)	1>	1	<1
Pelajik/Bentik Türlerin Oranı (+)	1>	1	<1
Reofilik Türlerin Oranı (+)	0<-≤25	25>-<75	≥75
Göçmen Türlerin Oranı (+)	0<-≤25	25>-<75	≥75
Endemik Türlerin Oranı (+)	0<-≤25	25>-<75	≥75
Doğal Türlerin Oranı* (+)	0<-≤25	25>-<75	≥75
Egzotik Türlerin Oranı (-)	0<-≤25	25>-<75	≥75
İstilacı Türlerin Oranı (-)	0<-≤25	25>-<75	≥75
Shannon-Wiener (+)-Alabalık	>0,414	0>-≤0,414	0,0
Shannon-Wiener (+)-Barbus	0,543≤	>0,543-≤1,106	1,106>
Shannon-Wiener (+)-Cyprinid	0,603≤	>0,603-≤1,416	1,416>
Shannon-Wiener (+)-Doğal	0,773≤	>0,773-≤1,135	1,135>
Shannon-Wiener (+)-Yapay	0,487≤	>0,487-≤0,916	0,916>
Shannon-Wiener (+)-Geçiş	0,645≤	>0,645-≤0,882	0,882>

* Durgun su kütleleri için indeks hesaplamasına dahil edilmektedir.

Hesaplanmış olan EAFI değerinden faydalanılarak Ekolojik Kalite Oranının (EKO) belirlenmesi

gerekmektedir. Teorik olarak hiçbir insan etkisinin söz konusu olmadığı en iyi koşullara sahip referans alanda,

egzotik ve istilacı türlerin olması beklenmediğinden, indeksin alabileceği en yüksek değer akarsu ekosistemleri için 40 ve göller için ise 45 olabilecektir. Bu nedenle EKO değeri, EAFI değerinin akarsular için 40'a ve göller için ise 45'e bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Buna karşın ülkemiz koşulları için hiç el değmemiş ideal koşullara sahip bir alan bulunmadığı varsayımından hareketle EAFI değerinin belirlenmiş olan referans koşul değerine bölünmesi gerekmektedir. Ancak şu ana kadar ülkemiz için referans koşullar belirlenmemiş olduğundan yukarıdaki teorik yaklaşımın kullanılması benimsenmiştir.

Referans koşulların belirlenmesi halinde EKO değerinin hesaplanmasında kullanılan formüldeki değişken de revize edilecektir ki bu değer daha (akarsular için 40 ve durgun sular için 45) düşük olması beklenmektedir.

Su kalitesi göstergesi olarak EKO değerinin sınıf sınırları da yine EFI+'ta verildiği gibi uyarlanmıştır (Tablo 3). Ülkemize özgü referans koşulların belirlenmesi ve/veya projelerden elde edilen verilerin kullanılması ile yapılacak analizler sonucu elde edilecek istatistiki sonuçlara göre bu sınıf sınır değerleri de güncellenecektir.

Tablo 3. Ekolojik Kalite Sınıflandırması İçin EAFI Değerine Ait Sınıf Sınır Aralıkları

EAFI Değeri	EKO Değeri	Ekolojik Kalite	Alanın Tanımlayıcı Özellikleri
26,7-40,0	0,669-1,00	Çok İyi	Antropojenik etkinin bulunmadığı ya da var olan etkinin ekosistemde herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmadığı, hassas türlerin beklendiği gibi bulunduğu, dengeli bir trofik yapının bulunması.
17,6-26,6	0-668-0,449	İyi	El değmemiş bir alanla kıyaslandığında tür çeşitliliğinde, hassas türlerin birey sayısında azalma gözlemlenmeye başlanmış ancak trofik yapıda henüz belirgin bir bozulma meydana gelmemiş.
11,1-17,5	0,279-0,448	Orta	Antropojenik baskı belirtileri ile birlikte, tür çeşitliliğinde ve göçmen türlerin bulunurluğu ve bolluğunda düşüşler gözlemlenmekte.
7,5-11,1	0,187-0,278	Zayıf	Antropojenik baskılar sonucunda trofik yapıda ileri düzeyde bozulmalar, hassas türlerde ve bu türlere ait birey sayısında azalma buna karşın toleranslı türlere ait birey sayısında artış.
0,1-7,4	0,00-0,186	Kötü	Tür çeşitliliği azalmış, hassas ve göçücü türler tamamen ortamdaki kaybolmuş. Sadece toleranslı türlere rastlanmakta.
0	0	Balık yok	Alanda doğal olarak hiçbir tür bulunmamaktadır. Ya da alanın tamamen değiştirilmiş olması, ekosistemin ileri düzeyde bozulması nedeniyle yaşayan balık türleri tükenmiş.

Geliştirilmiş olan EAFI'nin akarsu, durgun sular ve geçiş suları için kullanılabilirliği test edilmiş olup tüm ekosistemler için uygun olduğuna karar verilmiştir. Bakanlık projeleri kapsamında toplanmış ve toplanacak verilerin analiz edilmesi sonucunda akarsu zonlarına göre, yapay ve durgun su ekosistemlerine ve geçiş sularına göre yeniden değerlendirme yapılacaktır. Bunun sonucunda her bir ekosistem ve ekosistem içerisindeki alt birimlerin her biri için ayrı ayrı sınıf sınır aralıklarının belirlenmesi söz konusu olabilecektir.

Sürekli iyileştirme hedefi doğrultusunda PUKÖ Döngüsü (Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al) dikkate alınarak EAFI'nin geliştirilmesi çalışmalarına devam edilmektedir. Bu geliştirmelerin sonuçları EAFI yazılımına devamlı olarak yansıtılarak güncellemeler yapılacaktır. Yazılımda bundan sonraki güncelleştirme yapılacak olan hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Yapay ve doğal göller ile akarsu zonlarına göre Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi sınıf sınır değerlerinin devamlı olarak güncellenmesi.

- Referans koşullara göre EKO değerinin hesaplanmasında kullanılacak olan sabitin belirlenmesi.

- Ekolojik kalite sınıflandırmasında kullanılacak olan sınıf sınır değerlerinin ülkemiz için belirlenecek olan referans koşullara göre yeniden belirlenmesi.

Web Tabanlı Avrasya Balık İndeksi Yazılımı-EAFI 1.0
Günümüzde internet hızının ve erişim noktalarının artarak yaygınlaşması araştırmacıların, bilgiye ve kaynaklara erişim hızının da artmasına imkan sağlamıştır. Bilimsel çalışmalar sonucunda elde edilen bulgu ve sonuçların yaygınlaştırılması, tartışılması ve geliştirilmesinde web tabanlı uygulamaların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Söz konusu uygulamalarda erişim kolaylığı, kullanımı kolay bir ara yüz, fonksiyonel bir yönetim paneli, güncellenebilir bir veri tabanına sahip olması, verilerin merkezi yönetimi, veri tutarlılığının ve verilere hızlı erişimin sağlanması gibi hususlar büyük önem taşımaktadır. Tasarımı ve uygulaması

gerçekleştirilen web tabanlı EAFI1.0 balık indeks hesaplama aracı belirtilen tasarım ilkeleri esas alınarak geliştirilmiştir.

EAFI 1.0 kullanılarak hesaplama yapılabilmesi için Şekil 3'te gösterilen Giriş Ekranı vasıtasıyla web sayfasına (www.turkish.org/fishindex/login) kayıt işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Şekil 3. Web Sayfası Giriş Ekranı

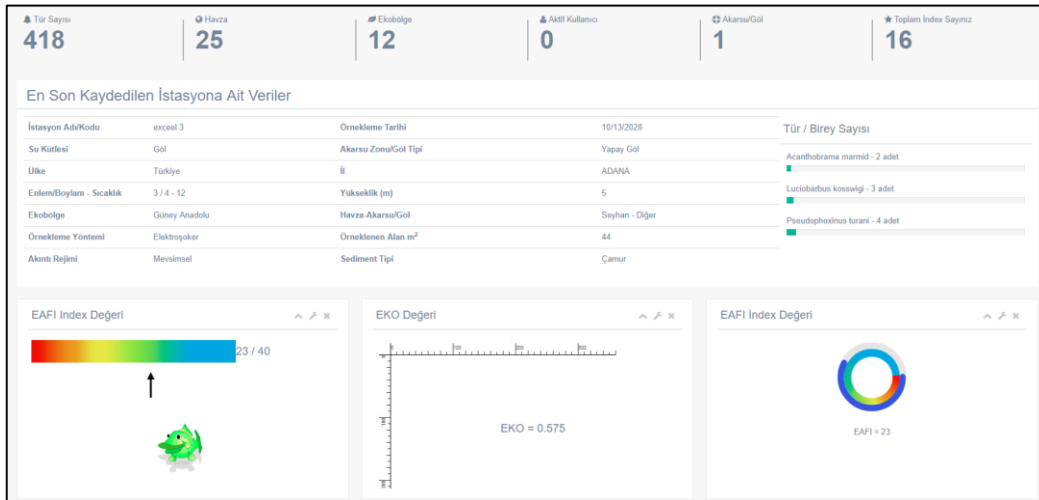
Kayıt işlemi sonrasında ana sayfaya ulaşılmaktadır (Şekil 4). Ana sayfa içeriğinde kullanıcı tarafından kaydedilen en son indeks verileri ve bu verilere ait EAFI ve EKO değerlerine ait hesaplamalarının grafiksel gösterimi yer almaktadır. Ayrıca ana sayfada sistemde kayıtlı bulunan toplam balık tür sayısı, havzalar, eko bölgeler, kayıtlı kullanıcı sayısı, akarsu ve göller ve kullanıcı tarafından sistemde hesaplama yapılmış indeks sayısı gibi bilgiler yer almaktadır.

Ana sayfanın sol kısmında yer alan menüde Excel dosyası vasıtasıyla ve elle giriş yapılarak indeks hesaplama, kayıtlı indekslere ait grafik oluşturulması, sistemdeki tüm kullanıcılara ait araştırma alanlarının GBS temelli olarak hazırlanan harita üzerinde gösterilmesi ve kullanıcı profil yönetim işlemleri gerçekleştirilmektedir (Şekil 5). İlgili menüde kullanıcı

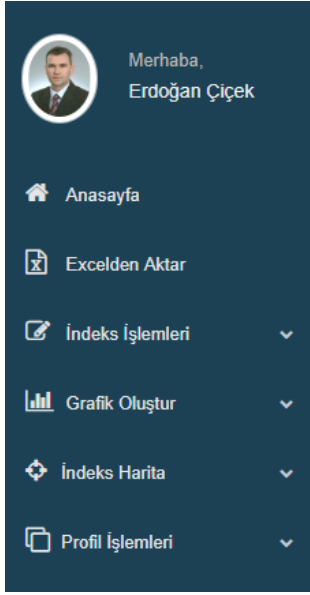
tarafından indeks hesaplanması, kullanıcı tarafından daha önceden hesaplanmış olan indekslerin listelenmesi, grafik oluşturulması, kayıtlı indeksler arasında arama, sıralama, toplu gösterme işlemleri yapılabildiği gibi kopyalama, sonuçların Excel dosyası olarak indirilmesi, yazdırma ve/veya pdf formatında kaydetme işlemlerinin gerçekleştirilmesi mümkündür. Bu menüde kayıtlı olan veriler sadece ilgili kullanıcı tarafından görüntülenebilecek olup başka bir kişi tarafından görüntülenmesi ve kullanılması mümkün değildir.

Hesaplama yapılacak olan istasyona ait verilerinin girilmesi ve indeks hesaplaması Şekil 6'da verilmiş olan akış diyagramında belirtilmiş olan adımlar takip edilmek suretiyle gerçekleştirilmektedir.

EAFI 1.0 kullanılarak bir indeks hesaplaması yapılabilmesi için kayıtlı kullanıcı tarafından giriş ekranında hesaplama yapılmak istenen istasyona ait tanımlayıcı özelliklerin girişinin yapılması gerekmektedir (Şekil 7). Bu adımda otomatik bir isimlendirme yapılmayıp, her hesaplama için istasyon ismi kullanıcı tarafından verilebilmektedir. Tanımlayıcı Özellikler Giriş Ekranında yer alması gereken değişkenlerin büyük bir kısmı seçimli olarak sunulmuş ve otomatik tamamlama özelliği kullanılarak elle giriş yapılmak suretiyle indeks hesaplaması yapılacak ekosisteme göre (akarsu/zon/göl) sonuç hesaplanabilmektedir (Şekil 8). Bunun yanı sıra istasyona ilişkin gerekli olan tüm verileri içeren Excel dosyaları kullanılarak da indeks hesaplaması yapılması mümkündür.

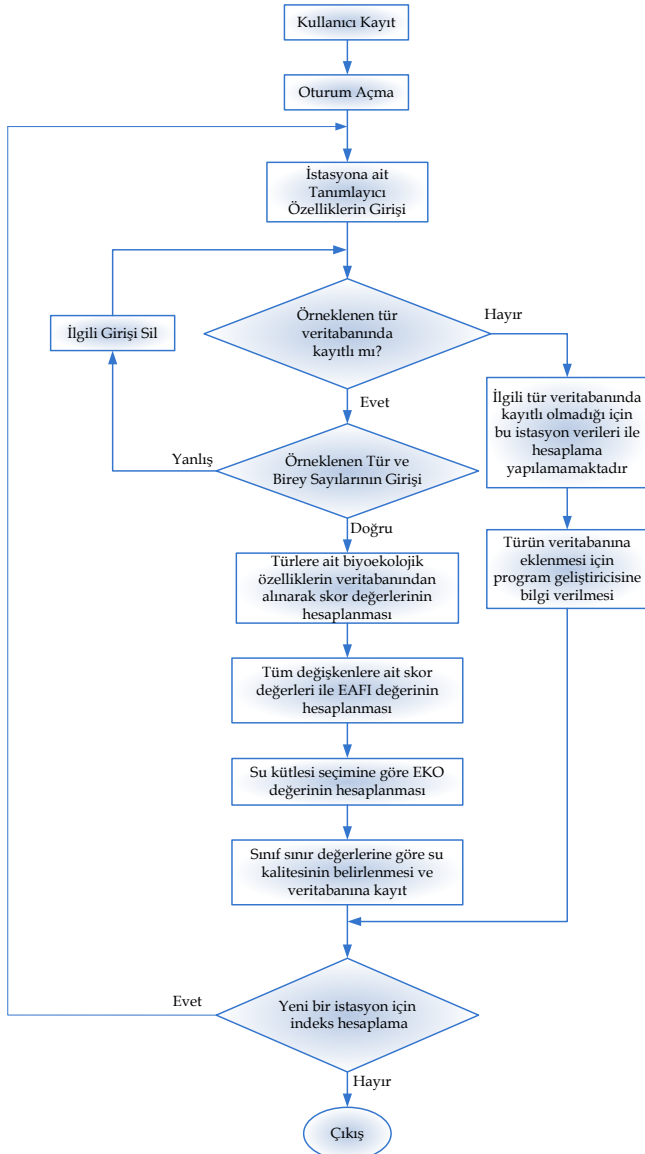


Şekil 4. Ana Sayfa Görünümü

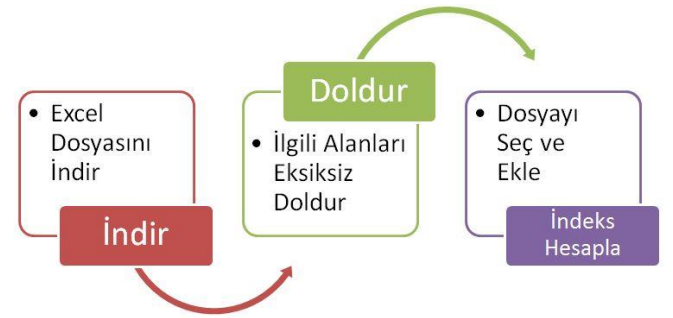


Şekil 5. Menü Öğeleri

Şekil 7. İstasyona Ait Tanımlayıcı Özellikler Girişi Ekranı



Şekil 6. İndeks Verilerinin Temel Giriş Algoritması



Şekil 8. Excel Dosyası Vasıtasıyla İndeks Hesabı Basamakları

EAFI değeri hesaplanacak istasyona ait tanımlayıcı özelliklerin girilmesi sonrasında, girilmiş olan veriler veri tabanına kaydedilerek bir sonraki ekranda gösterilmektedir (Şekil 9). Bu adımda araştırma avcılığı sonucu istasyondan elde edilen türlere ait birey sayılarının sisteme girişi yapılmaktadır. Tür isimleri veri tabanından otomatik tamamlama özelliği kullanılarak seçilmekte olup eklenen türler ve birey sayıları seçim ekranının alt kısmında gösterilmektedir. Hatalı tür ve/veya birey sayısı girişi yapılması halinde ilgili veri silinebilmektedir. İstasyona ait verilerin doğru bir şekilde girildiğine karar verildikten sonra İndeks Hesapla butonuna tıklayarak raporlama adımına geçilir. Raporlama ekranında istasyonun tanımlayıcı özellikleri ve istasyona ait veriler üstte raporlandıktan sonra, alt kısımda istasyona ait hesaplanmış olan EAFI ve EKO değeri ve renklendirilmiş ekolojik kalite durumu yer alır (Şekil 10).

İstasyon Adı/Kodu	soheil sample	Örneklenme Tarihi	2018-09-11
Su Kütlesi	Akarsu	Akarsu Zonu/Göl Tipi	Barbus
İlke	Türkiye	İl	BOLU
Enlem/Boylam - Sıcaklık	36.65764 / 35.7857485 -25	Yükseklik (m)	960
Ekobölge	Batı Transkafkasya	Havza Akarsu/Göl	Burdur - Diğer
Örneklenme Yöntemi	Elektropoker	Örneklenen Alan m ²	45
Akıntı Rejimi	Mevimsel	Sediment Tipi	Çabuk

* İstasyona ait tanımlayıcı bilgiler kaydedilmeye. İstasyonda paketlenen litre ve litre sayılarını giriniz.

Tür:

Birey Sayısı:

Sıra	Tür	Birey Sayısı	Silme Seçeneği
1	Cobitis lavantina	7	Sil
2	Scophthalmus maculicus	1	Sil

Şekil 9. İstasyondan Elde Edilen Araştırma Avcılığı Verilerinin Girişi

İstasyon Adı/Kodu	soheil sample	Örneklenme Tarihi	2018-09-11
Su Kütlesi	Akarsu	Akarsu Zonu/Göl Tipi	Barbus
İlke	Türkiye	İl	BOLU
Enlem/Boylam - Sıcaklık	36.65764 / 35.7857485 -25	Yükseklik (m)	960
Ekobölge	Batı Transkafkasya	Havza Akarsu/Göl	Burdur - Diğer
Örneklenme Metodu	Elektropoker	Örneklenen Alan m ²	45
Akıntı Rejimi	Mevimsel	Sediment Tipi	Çabuk

Sıra	Tür	Birey Sayısı
1	Cobitis lavantina	7
2	Scophthalmus maculicus	1

EAFI EKO Ekolojik Kalite

21 100 101

Şekil 10. Raporlama Ekranı

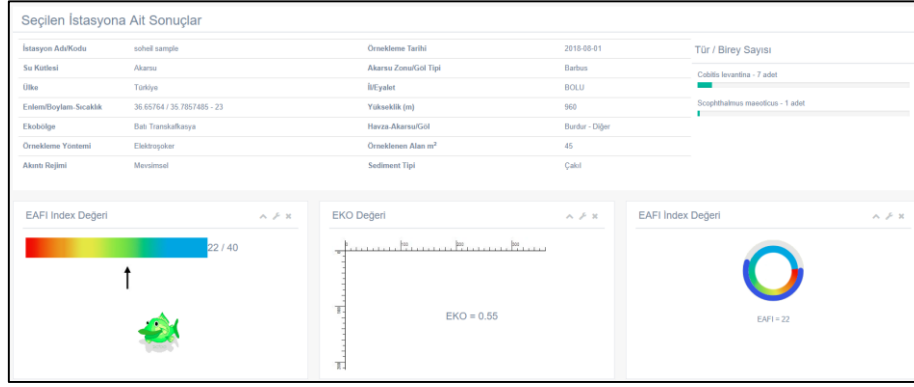
Hesaplama yapılmış olan istasyona ait tüm bilgiler veri tabanına kaydedilerek kullanıcı tarafından istenildiğinde ulaşılabilmektedir. Listelenen eski verilerden raporlanmak istenen istasyon üzerine tıklamak suretiyle tüm kayıtlı bilgilere ulaşmak ve tekrar raporlama yapmak mümkündür (Şekil 11, 12).

Menü içerisindeki İndeks Harita sekmesine tıkladığında, indeks hesaplaması yapılmış olan noktaların harita üzerindeki konumları gösterilmektedir (Şekil 13).

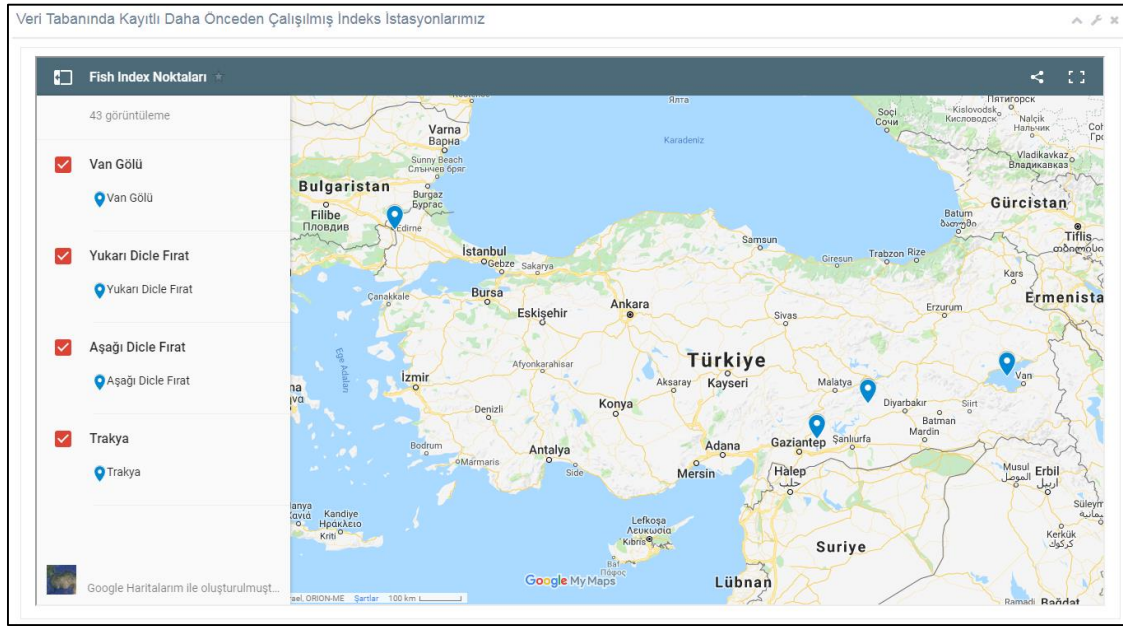
İstasyon Adı/Kodu	Su Kütlesi - Akarsu Zonu/Göl Tipi	Ekobölge	Havza	Akarsu/Göl	Örneklenme Tarihi
D1-17	Akarsu - Atabalık	Küçük Menderes	Orta Anadolu	Diğer	2018-07-17
17.07.18.00.11	Akarsu - Atabalık	Fırat-Dicle	Yüksek Dicle-Fırat	Diğer	2018-07-10
ajax+	Göl - Doğal Göl	Marmara	Trakya	Diğer	2018-08-01
il	Akarsu - Barbus	Kızılırmak	Trakya	Diğer	2018-08-01
rtamla su	Akarsu - Barbus	Doğu Akdeniz	Trakya	Diğer	2018-08-01
ekleme deneme	Göl - Yaşay Göl	Meriç-Ergene	Dinyester-Aşağı Tuna	Diğer	2012-12-12
Gülşehir mevki kuzilemak	Akarsu - Atabalık	Marmara	Trakya	Diğer	2018-06-27
Kızılırmak avanos mevki	Akarsu - Atabalık	Konya Kapalı	Batı Anadolu	Diğer	2011-07-12
nevşehir gülşehir mevki	Akarsu - Atabalık	Kızılırmak	Orta Anadolu	Diğer	2018-07-24
soheil sample	Akarsu - Barbus	Burdur	Batı Transkafkasya	Diğer	2018-09-11

Showing 1 to 10 of 10 entries

Şekil 11. Kayıtlı Verilerin Listelenmesi



Şekil 12. İstasyona Ait Raporlama Ekranı



Şekil 13. Daha Önce İndeks Hesaplaması Yapılmış İstasyonların Konumları

Sonuç

EAFI 1.0 veri tabanında Türkiye’de şu ana kadar bildirilmiş olan tatlı su balıkları ve geçiş sularında rastlanan deniz balıkları yer almaktadır. İndeksin balıklara dayalı olarak suyun ekolojik durumunun belirlenmesi amacıyla ülkemiz iç sularında kullanımı test edilmiştir. Bunun yanı sıra benzer bir ihtiyofaunaya sahip olan özellikle Irak ve Suriye’de olmak üzere komşu ülkeler için de kullanımının uygun olduğu görülmüştür. Bu nedenle İran, Irak ve Suriye ihtiyofaunasını oluşturan türler de veri tabanına eklenmektedir. Bunun yanı sıra veri tabanının güncellenmesi ve/veya ülkeye özgü koşullara göre uyarlamalar yapılması halinde EAFI 1.0 programının diğer Orta Asya ülkelerinde de kullanım alanı bulabileceği düşünülmektedir. Son yıllarda Hükümetimizce komşu ülkeler ve akraba toplulukların bulunduğu ülkelerle iyi ilişkiler geliştirmeye yönelik bir Devlet Politikası yürütülmektedir. Özellikle Orta Asya Türk Cumhuriyetleri ile yapılacak ortak projeler ile

EAFI’nin ilgili ülkelerde kullanılması, su kalitesi izleme ve yönetilmesi ile ilgili Ülkemizde oluşmuş bilgi birikiminin aktarılması sağlanarak devlet politikasına da katkı sağlanması mümkün olacaktır.

Diğer yandan geliştirilmiş olan EAFI yazılımının güncel tutulması ve iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu noktada en önemli husus referans koşulların belirlenmesidir. Ülkemizde yürütülmekte olan projeler kapsamında bu referans alanların belirlenmesi için yoğun bir çaba sürdürülmektedir. Ancak şu anda dünyadaki iç su ekosistemlerinin %83’ünün antropojenik faaliyetler nedeniyle büyük oranda etkilenmiş olduğu tahmin edilmektedir (Vörösmarty et al., 2010). Bu nedenle insan eli değmemiş veya düşük düzeyde etkilenmiş alanların diğer bir ifadeyle referans noktaların belirlenmesinde büyük bir zorluk söz konusudur. Bu nedenle ülkemizde referans noktası belirlenmemiş olan su kütleleri ve tipolojiler için diğer komşu ülkelerde referans nokta

bulmak da söz konusu olabilecektir. Bu sayede indeksin sınıf sınırlarının kalibrasyonuna katkı sağlanabilecektir.

Teşekkür

Ülkemize özgü indekslerin geliştirilmesi için desteklenen projeler için Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğüne, Genel Müdür Bilal DİKMEN, Daire Başkanı Nermin ANUL ve Şube Müdürü Sevil BOLAT UÇAR'a teşekkür ederiz. Ayrıca EAFI indeksinin geliştirilmesindeki tüm yardım, destek ve kontrolleri için Uzman Hümeysra BAHÇECİ'ye minnettarlığımızı sunmak isteriz. İndeks logosu tasarımı için Yüksek Mühendis Osman Bahadır ÇAPAR'a, tüm süreç boyunca yönlendirmeleri için Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ'ye ayrıca teşekkürler. Ülkemizde biyotik indeks çalışmalarının başlamasına önyak olan ve değerli katkılar sunan Prof. Dr. Nilgün KAZANCI hocamıza da saygılar sunarız.

Kaynaklar

Baron J.S., Poff N.L., Angermeier P.L., Dahm C.N., Gleick P.H., Hairston N.G., Jackson Jr., R.B., Johnston Brian C.A., Alan D.R., Steinman D. 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology, Number 10, 16p.

Çiçek E., Sungur-Birecikligil S., Fricke R. 2015. Freshwater fishes of Turkey: A revised and updated annotated checklist. Biharean Biologist 9 (2): 141-157.

Çiçek E., Sungur-Birecikligil S., Fricke R. 2016. Addanda and errata of: Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist. FishTaxa 1 (2): 116-117.

Çiçek E., Fricke R., Sungur S., Eagderi S. 2018. Endemic Freshwater Fishes of Turkey. FishTaxa, 4(4): 1-39.

Çiçek E., Birecikligil S. 2015. Yüzeysel Sularda Su Kalitesinin Değerlendirmesi ve İzlenmesi için Biyolojik Bütünlük İndeksi: Balık İndekslerinin Kullanılması. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(1): 45-56.

FAME CONSORTIUM. 2005. Manual for the application of the European Fish Index - EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1, January 2005.

Haunschmid R., Wolfram G., Spindler T., Honsig-Erlenburg W., Wimmer R., Jagsch A., Kainz E., Hehenwarter K., Wagner B., Konecny R., Riedmüller R., Ibel G., Sasano B., Schotzko N. (2006): Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU Wasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des BAW Band 23, Wien, 104 pp.

Holmgren K. 2016. Monitoring and ecological status assessment of inland fish assemblages. Deliverable 4.5-1, WATERS Report no. 2016:6. Havsmiljöinstitutet, Sweden.

Joy M.K. 2013. Freshwater fish predictive modelling for bioassessment; A scoping study into fish bioassessment models in New Zealand A report to the Ministry for the Environment (submitted). Wellington.

Kalyoncu H., Gülboy H. 2009. Benthic Macroinvertebrates from Darıören and Isparta Streams (Isparta/Turkey)-Biotic Indices and Multivariate Analysis. Journal of Applied Biological Sciences, 3: 100-107.

Karr J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries, 6: 21-27.

Kazancı G., Dügel M. 2000. An evaluation of the water quality of Yuvarlakçay stream, in the Köyceğiz-Dalyan protected area, SW Turkey. Turkish Journal of Zoology, 24: 69-80.

Kazancı G., Girgin S. 1998. Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara stream and their use in biomonitoring. Turkish Journal of Zoology, 22: 83-87.

Kazancı N., Ekingen P., Türkmen G., Ertunç Ö., Dügel M., Gültutan Y. 2010. Assessment of ecological quality of Aksu Stream (Giresun, Turkey) in Eastern Black Sea Region by using Water Framework Directive (WFD) methods based on benthic macroinvertebrates. Review of Hydrobiology, 3: 165-184.

Kazancı N., Türkmen G., Ekingen P., Başören Ö. 2013. Preparation of a biotic indeks (YeşilirmakBMWP) for water quality monitoring of Yeşilirmak River (Turkey) by using benthic macroinvertebrates. Review of Hydrobiology, 6: 1-29.

MPCA. 2014. Development of a fish-based İndeks of Biological Integrity for assessment of Minnesota's rivers and streams. Document number wq-bsm2-03. Minnesota Pollution Control Agency, Environmental Analysis and Outcomes Division, St. Paul, MN., 2014.

Roth N.E., Southerland M.T., Chaillou J.C., Kazyak P.F., Stranko S.A. 2000. Refinement and Validation of a Fish İndeks of Biotic Integrity for Maryland Streams. Maryland Department of Natural Resources, Maryland, 68p, 2000.

Ruaro R., Gubiani E.A. 2013. A scientometric assessment of 30 years of the İndeks of Biotic Integrity aquatic ecosystems: Applications and main flaws. Ecological Indicators, 29: 105-110.

SYGM. 2018. Projeler. <http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/AnaSayfa/Projeler.aspx?sflang=tr>, 12.09.2018.

Urbanic G. 2008. Redelineation of European Inland water Ecoregions in Slovenia. Review of Hydrobiology, 1: 17-25.

WFD. 2018. The EU Water Framework Directive - integrated river basin management for Europe. http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html, last updated: 08/06/2016, 13.10.2018.

Yerli S., Korkmaz, F., Mangıt, F. 2016. Biological assessment by a fish-based indeks of biotic integrity for Turkish inland waters. 91-97. In Taylor, W.W. Bartley, D.M., Goddard,

C.I., Leonard, N.J., Welcomme, R. (eds.). Freshwater, Fish and the Future: Proceedings of the Global Cross-Sectoral Conference. FAO, Rome, Michigan State University, East Lansing and Amerikan Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Zeybek M., Kalyoncu H., Karakaş B., Özgül S., 2014. The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality (according to macroinvertebrates) in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey), Turkish Journal of Zoology, 38: 603-613.