

Bu yayına ilişkin tartışmaları, istatistikleri ve yazar profillerini şu adreste görebilirsiniz: <https://www.researchgate.net/publication/226814925>

Havza Hidrolojisi, Çevre, Yaşam ve Politikaya Dayalı Entegre Bir Gösterge: Havza Sürdürülebilirlik Endeksi

Madde içinde Su Kaynakları Yönetimi · Mayıs 2007

DOI: 10.1007/s11269-006-9107-2

ALINTILAR

267

OKUR

1.784

2 yazar, içermek:



Henrique Chaves

Brasília Üniversitesi

32 YAYINLAR609 ALINTILAR

PROFİLİ GÖRÜNTÜLE

Bu yayının yazarlarından bazıları ayrıca şu ilgili projeler üzerinde çalışmaktadır:



Project

araştırmaProjeyi görüntüle

Havza Hidrolojisi, Çevre, Yaşam ve Politika için Entegre Bir Gösterge: Havza Sürdürülebilirlik Endeksi

Henrique ML Chaves* ve Suzana Alipaz**

* Brasília Üniversitesi Teknoloji Okulu ve **Brezilya Ulusal Su Ajansı-ANA

Soyut: Birkaç konu bir nehir havzasının su sürdürülebilirliğini etkiler. Bunlar arasında sosyal, ekonomik ve çevresel konular yer alır. Ancak, bunlar genellikle ayrı ayrı ele alınır ve entegre, dinamik bir süreç olarak ele alınmaz. Hidrolojik, çevresel, yaşam ve politika konularını ve mevcut baskıları ve politika tepkilerini tek bir niceliksel, dinamik ve toplu göstergede birleştirmek için, bir basınç-durum-tepki fonksiyonu kullanan bir havza sürdürülebilirlik endeksi (WSI) geliştirildi. 2.200 km'lik bir Brezilya'daki Unesco-HELP gösteri havzasında (SF Verdadeiro) WSI için hesaplanan değer 0,65 olup, bu değer havzanın orta düzeyde sürdürülebilir olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler:hidroloji, çevre, yaşam, politika, havza sürdürülebilirlik endeksi, SF Verdadeiro, YARDIM havzası.

1. GİRİŞ

Birkaç konu bir nehir havzasının su sürdürülebilirliğini etkiler. Bunlar arasında şunlar yer alır: sosyal, ekonomik ve çevresel konular. Ancak, bunlar genellikle ayrı ayrı ele alınır ve entegre, dinamik bir süreç olarak ele alınmaz (Viessman, 1990).

Ayrıca, entegre ve çevresel açıdan sürdürülebilir su yönetimi çevresel etki değerlendirmeleri yapmaktan daha fazlasını gerektirir. Politika formülasyonu, proje değerlendirmesi, sağlam su yönetimi yasaları ve kurumlarının, tatlı su kaynaklarının kullanımıyla ilgili karar alma sürecinin her noktasına entegre edilmesini gerektirir (Smith & Rast, 1998).

Son zamanlarda UNESCO'nun Uluslararası Hidroloji Programı-IHP bir çerçeve benimsedi hidroloji, çevre, yaşam ve politika konularını içeren. Bu çerçeve (HELP platformu) ile farklı havza paydaşlarının etkili ve bütünlük eylemlerini engelleyen sözde "paradigma kilidi" kırılmayı hedefliyoruz (UNESCO, 2005). Geçtiğimiz yıl, dünya çapında 60'tan fazla operasyonel ve gösteri HELP havzası vardı ve su kaynakları yönetimi deneyimlerinin paylaşılması için bir platform sağlıyordu.

Bu makalenin amacı, entegre bir endeks geliştirmektir. hidrolojik, çevresel, yaşam ve su politikası konularını ve yanıtlarını içerir. Geliştirilmesinde, literatürde belirlenen çeşitli gösterge kriterleri takip edildi. Endeksin uygulanabilirliğini göstermek için WSI, Güney Brezilya'daki bir Unesco-HELP operasyonel havzası olan SF Verdadeiro su havzasına uygulandı.

2. HİDROLOJİ, ÇEVRE, YAŞAM VE POLİTİKA KONULARINI TEK BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKSİNDE BİRLEŞTİRMEK

Sürdürülebilirlik değerlendirmeleri yargı sınırlarını aşmalıdır. Her ne kadar doğal su kaynakları planlama birimidir, havzalar genellikle siyasi yönetimle uyumlu değildir (Nyerges, 2002). Ancak havzalar nadiren planlama ve yönetim birimi olarak kullanılır.

Belirli bir bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin kabul edilmesine rağmen; havzanın hidrolojik, çevresel, yaşam ve politika koşullarıyla doğrudan ilişkili olması nedeniyle, bunları tek ve karşılaştırılabilir bir sayıda bütünlük için birkaç girişimde bulunulmuştur. Bütünlük endeksler araştırma ve planlama amaçları için kullanılır. Birleşmiş Milletler, İnsani Gelişim Endeksi-HDI'yi (UNDP, 1998) birkaç yıldır kullanmaktadır. Belediyeler, eyaletler ve ülkeler için eğitim, yaşam beklentisi ve gelir bilgilerini bütünlük eder. 0 ile 1 arasında değişen HDI, kullanımı kolay, sağlam ve dünya çapında uygulanabilirdir.

Lawrence ve ark., dünya ülkelerindeki su kıtlığının tahminini amaçlamışlardır. (2002) bir Su Yoksulluğu Endeksi-WPI geliştirdi. 0 ile 100 arasında değişen bu endeks, gösterge olarak su kaynakları, erişim, kullanım ve çevre hakkında bilgi kullanır. Yazarlar WPI'yi birkaç ülkeye uyguladılar ancak HDI ile yüksek oranda ilişkili olduğunu buldular (R = 0,81). WPI'nin bir varyasyonu, ülkelerin, bölgelerin ve toplulukların su kaynaklarına ilişkin kırılganlığını tahmin eden İklim Değişkenliği Endeksi-CVI'dir (Meigh ve Sullivan, 2005). Her iki endeks de bütünleştirici olsa da göstergeleri öznel ve havzaya özgü değildir.

Daha yakın zamanda, bir Çevre Sürdürülebilirlik Endeksi (ESI) önerildi (Esty & Levy, 2004). Bu endeks 21 gösterge ve 76 değişkenden oluşan 5 bileşen kullanır. Birkaç ülkeye uygulanmış olsa da, çok sayıda gösterge ve değişken, veri kıtlığı olan bölgelerde uygulanabilirliğini azaltır. Yukarıdaki endeksler, havzaya özgü olmamasının yanı sıra, neden-sonuç ilişkilerini hesaba katmaz veya belirli bir havzada, belirli bir dönemde uygulanan politika tepkilerini dikkate almaz.

Sürdürülebilirlik göstergeleri ve parametreleri, aşağıdaki temel kriterleri karşılamalıdır: yararlı olmak için. HCTF'ye (2003) göre, havza göstergeleri şunlar olacaktır:

- Mevcut : gösterge verileri erişilebilir ve kolay erişilebilir olacaktır. Havza genelinde toplanacak, rutin olarak yayınlanacak ve kamuoyuna sunulacaktır;
- Anlaşılabilir : Göstergeler, teknik olmayan çeşitli kitleler tarafından kolayca anlaşılabilir olmalıdır;
- Güvenilir : Göstergeler geçerli, güvenilir bilgilerle desteklenmeli ve bilimsel olarak savunulabilir bir şekilde yorumlanmalıdır;
- İlgili : göstergeler havzadaki yönetim ve faaliyetlerdeki değişiklikleri yansıtmalıdır. Zaman içindeki değişiklikleri ölçebilmelidirler;
- Bütünleştirici : Göstergeler sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve ekonomik yönleri arasındaki bağlantıları ortaya koymalıdır.

Ek olarak, nicel göstergeler veya parametreler mümkün olduğunca tercih edilecektir. Niteliksel endeksler üzerinden önceliği önlemek için mümkün. Havzalara uygulandığında, yukarıdaki kriterleri karşılayan göstergelerden oluşan bir endeks evrensel olarak uygulanabilir ve bu da nehir havzalarındaki su kaynaklarının sürdürülebilirliğini belirlemede yararlılığını önemli ölçüde artıracaktır.

Su yönetiminin dinamik bir süreç olduğu ve su kaynaklarının korunması gerektiği varsayıldığında; Bir havzanın su sürdürülebilirliği, hidrolojisinin (H), çevresinin (E), yaşamının (L) ve politikasının (P) bir fonksiyonudur, bu dört göstergeye (H, E, L, P) bir matris şemasında dinamik, basınç-durum-tepki modeli (OECD, 2003) uygulandı. Sonuç olarak, bir havza sürdürülebilirlik endeksi-WSI elde edildi. Sayısal olarak, WSI şu şekilde verilir:

$$WSI = (Y+E+L+P) / 4 \quad [1]$$

Burada WSI (0-1) havza sürdürülebilirlik endeksidir; H (0-1) hidrolojik göstergedir; E (0-1) çevre göstergesidir; L (0-1) yaşam (geçim) göstergesidir; ve P (0-1) politika göstergesidir. Denklemden [1] görüldüğü gibi, aksi yönde bir kanıt olmadığından tüm göstergeler aynı ağırlığa sahiptir (Harr, 1987).

Denklemin [1] doğrusal ve eklemeli yapısı, hata telafisine izin verir. göstergeler, WSI'nin alt ve üst tahmin potansiyelini azaltır. Bunun ardındaki mantık, denklemin [1] göstergelerinden biri aşırı tahmin edilirse, diğerinin düşük tahmin edilme olasılığının yüksek olması ve genel hatanın (en azından) bir kısmını telafi etmesidir. Bu, model geliştirmede önemli bir konudur, ancak modelciler tarafından sıklıkla göz ardı edilir (Chaves & Nearing, 1991).

Havza yönetiminin yerel ve bölgesel düzeyde daha etkili olması nedeniyle, 2.500 km'ye kadar su havzaları²(Schueler, 1995), bu, havza sürdürülebilirliğinin tahmininde WSI'nin uygulanması için önerilen üst sınırdır.

Aşağıdaki Tablo 1, WSI parametrelerini dört göstergenin her birine göre göstermektedir (H,E,L,P). Bunlar da sırasıyla 3 sütuna ayrılır ve şunları içerir: *Basınç, Durum Ve Cevap* PSR modelinin kullanılmasının avantajı, neden-sonuç ilişkilerini içermesi ve paydaşların ve karar vericilerin parametreler arasındaki bağlantıları görmelerine yardımcı olmasıdır (OECD, 2003).

Tablo 1. Havza Sürdürülebilirlik Endeksi'nin göstergeleri ve parametreleri

	<i>Basınç</i>	<i>Durum</i>	<i>Cevap</i>
Göstergeler	<i>Parametreler</i>		
Hidroloji	- Havzanın varyasyonu <i>kişi başına</i> Son 5 yıldaki su mevcudiyeti; - Havza BOD5'teki değişim (son 5 yıl)	- Havza <i>kişi başına</i> su mevcudiyeti - Havza BOD5 (yıllık ortalama)	- Su kullanım verimliliğinde iyileşme (son 5 yıl); - Atık su arıtımında/ bertarafında iyileştirme (son 5 yıl)
Eçevre	- Havzanın EPI'si (Kırsal ve kentsel)	- Havza alanının %'si doğal bitki örtüsü	- Havza korumacılığında evrim (Korunan alanlar, BMP'ler)
Leğer	- Son 5 yılda havzada kişi başına düşen GSYİH'deki değişim	- Havza İGE (ilçe nüfusuna göre tartılmıştır.)	- Havza İGE'sindeki evrim (son 5 yıl)
Policy	- Son 5 yılda havza HDI-Ed'deki değişim	- Havza kurumsal WRM'deki kapasite	- Son 5 yılda havzanın WRM harcamalarındaki evrim

Her gösterge ve parametre kombinasyonuna 0 ile 1 arasında bir değer verilir Atanmış. 0,25 değeri daha zayıf seviyelere ve 1,00 değeri optimum koşullara atanmıştır. Tüm WSI parametrelerinin seviyelerinin ve değerlerinin tam açıklaması sırasıyla Tablo 2, 3 ve 4'te sunulmuştur.

Tablo 2. WSI Basınç parametrelerinin, seviyelerinin ve değerlerinin açıklaması.

Gösterge	<i>Basınç Parametreleri</i>	<i>Seviye</i>	<i>Değer</i>
Hidroloji	- 1- Havzada varyasyon <i>kişi başına</i> Son 5 yıldaki su mevcudiyeti (M ³ /kişi.yıl)	- 1 < -10% - 10% < -1 < 0% 0 < -1 < +10% - 1 > +10%	0,25 0,50 0,75 1.00
	- 2-Havza BOD5'teki değişim (son 5 yıl)	- 2 > %10 0 < -2 < %10 - 10% < -2 < 0% - 2 < - -10%	0,25 0,50 0,75 1.00
Eçevre	- Havza EPI (Kırsal ve kentsel)	EPI'den > %10 %10 < EPI < 5% %5 < EPI < 0% EPI < 0%	0,25 0,50 0,75 1.00
Leğer	- Son 5 yılda havzadaki kişi başına HDI-İnc'deki değişim	- < -%10 - 10% < - < 0% 0 < - < +10% - > +%10	0,25 0,50 0,75 1.00
Policy	- Son 5 yılda havza HDI-Ed'deki değişim	- < -%10 - 10% < - < 0% 0 < - < +10% - > + %10	0,25 0,50 0,75 1.00

Tablo 3. WSI'nin tanımıDurumparametreler, seviyeler ve değerler.

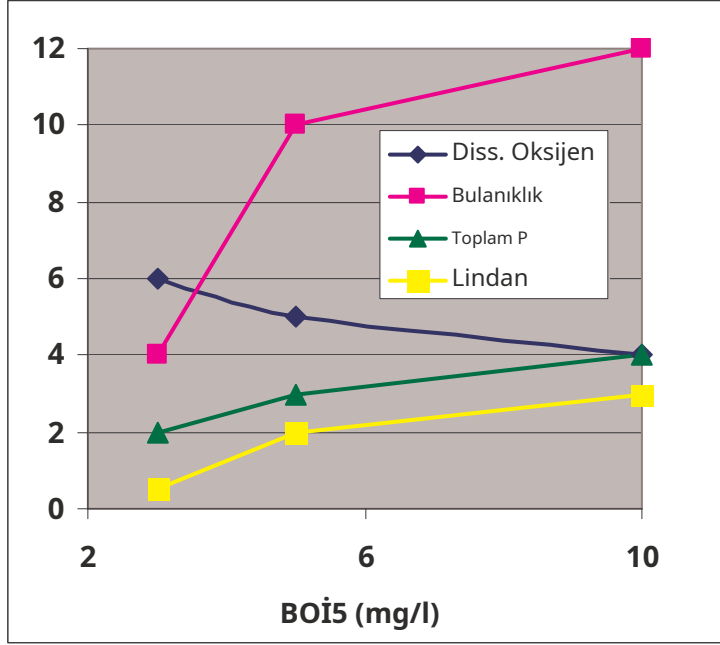
Gösterge	Durum Parametreleri	Seviye	Değer
Hhidroloji	- Havza <i>kişi başı</i> su mevcudiyeti (m ³ /kişi.yıl)	1.700'den az 1700<W _A <3.400 3400<W _A <5,100 5.100'den fazla	0,25 0,50 0,75 1.00
	- Basın Cad. BOD ₅ (mg/l)	Vücut ağırlığı>10 10<BOİ<5 5<BOD<3 Vücut ısı>3	0,25 0,50 0,75 1.00
Eçevre	- Doğal bitki örtüsü altındaki havza alanının yüzdesi (Av)	0 < Ort < 10 10 < Ort < 25 25 < Ort < 40 Ortalama > 40	0,25 0,50 0,75 1.00
Leğer	- Havza İGE (ilçe nüfusuna göre tartılmıştır.)	İGE <0,6 0,6<HDI<0,75 0,75<HDI<0,9 İGE >0,9	0,25 0,50 0,75 1.00
Policy	- WRM'de havza kurumsal kapasitesi (yasal ve örgütsel)	Fakir Orta İyi Harika	0,25 0,50 0,75 1.00

Tablo 4. WSI Tepki parametrelerinin, seviyelerinin ve değerlerinin açıklaması.

Gösterge	Yanıt Parametreleri	Seviye	Değer
Hhidroloji	- Su kullanım verimliliğinde iyileşme (son 5 yılda)	Fakir Orta İyi Harika	0,25 0,50 0,75 1.00
	- Yeterli kanalizasyon arıtımı/ bertarafında iyileştirme (son 5 yıl)	Fakir Orta İyi Harika	0,25 0,50 0,75 1.00
Eçevre	- Son 5 yılda havza koruma alanlarındaki (Korunan alanlar ve BMP'ler) evrim.	- < -%10 - 10%< -< 0% 0 < - < +10% - > + %10	0,25 0,50 0,75 1.00
Leğer	- Havza İGE'sindeki evrim (son 5 yıl)	- < -%10 - 10%< -< 0% 0 < - < +10% - > + %10	0,25 0,50 0,75 1.00
Policy	- Son 5 yılda havzanın WRM harcamalarındaki evrim	- < -%10 - 10%< -< 0% 0 < - < +10% - > + %10	0,25 0,50 0,75 1.00

İçinde**Hidroloji**gösterge, 2 değişken kümesi vardır: biri suya göre miktar ve diğeri su kalitesine.*su miktarı*, parametre kişi başına düşen yıllık su mevcudiyetidir. Falkenmark & Widstrand'a (1992) göre, su mevcudiyeti 1.700 m³'ün altına düştüğünde su stresi oluşur³/person.yr. Bu nedenle, kişi başına düşen su mevcudiyeti için 4 seviye kullanıldı: a) W_A< 1.700 m³/inhab.yr, b) 1.700 < W_A< 3.400; c) 3.400 < W_A< 5.100; ve d) W_A> 5.100 m³/person.yr sırasıyla zayıf, orta, iyi ve mükemmel su bulunabilirliğine karşılık gelmektedir.

Bu durumuda su kalitesi, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD)₅, mg/l cinsinden) bilgi genellikle su havzalarında mevcuttur ve diğer önemli su kalitesi verileriyle (çözünmüş oksijen, bulanıklık) yüksek korelasyonu nedeniyle kalite parametresi olarak seçilmiştir. Besin maddeleri ve pestisitlerin neden olduğu kirlilik gibi nokta dışı yüklemeler genellikle yüksek BOD değerleriyle ilişkilidir. Şekil 1, BOD'nin korelasyonunu göstermektedir. Diğer su kalite parametreleri ile birlikte.



Şekil 1. Su kalite parametrelerinin maksimum tolerans limitlerinin BOD₅ ile korelasyonu (normalize edilmiş değerler). Kaynak : Brezilya Çevre Ulusal Konseyi Kararı # 357/05.

Son su bulunabilirliği bilgilerini (5 yıl) uzun vadeli bilgilerle karşılaştırdığından, terim ortalaması, hidrolojik Basınç Parametreler, belirli koşullarda su havzalarındaki su mevcudiyetini önemli ölçüde etkileyebilecek nihai iklim değişkenliği/değişikliği etkilerini içermeye avantajına sahiptir.

Tablo 2'de, Basınç parametre için Çevre göstergesi Çevre Basınç Endeksi-EPI, 5 yıllık bir dönemde havza tarım alanı ve kentsel nüfusun ortalama değişimine göre tahmin edilmiştir (yüzde olarak). Belirli bir havzadaki tarımsal ve kentsel alanların oranı su kalitesiyle ilişkilidir (Hunsaker & Levine, 1995) ve tarım ve nüfus sayımlarından elde edilmesi kolaydır.

Burada kullanılan EPI, Antropik Basınç Endeksinin bir modifikasyonudur ve geliştirilmiştir. Sawyer (1997) tarafından. 5 yıllık bir süre için tahmin edilen EPI şu şekilde verilir:

$$EPI = (\% \text{ havza tarım alanı değişimi} + \% \text{ havza kentsel nüfus değişimi}) / 2 \quad [2]$$

EPI pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Pozitif değerler daha yüksek basınçları gösterir. Havzanın kalan doğal bitki örtüsü üzerinde (Çevresel Durum). Bu Durum parametre ise havzanın genel çevresel bütünlüğünün bir göstergesi olarak flora ve fauna biyoçeşitliliğiyle yüksek oranda ilişkilidir.

The Hayat WSI'nin parametreleri havza insani gelişme endeksi-HDI'dir (içinde Durum (sütun) ve 5 yıllık bir dönemdeki evrimi (Cevap). Basınç parametre, HDI-Gelirinin % değişimi, yani incelenen 5 yıllık dönemde havzanın kişi başına düşen gelirinin değişimi ile verilir. Bu parametrenin negatif değerleri, nüfusun daha fakirleştiğini ve bunun tersinin de havzanın kaynaklarını ve sürdürülebilirliğini etkileyeceğini gösterir.

Durumun şu olması halinde **Politika** parametreler, *Basınç* varyasyonla verilir havza *HDI-Eğitim* Gösterge, incelenen 5 yıllık dönemde. Bu gösterge nüfusun eğitim düzeyini ölçtüğünden, HDI-Ed'nin pozitif değerleri havza nüfusunun WRM'ye daha katılımcı hale geldiğini ve bunun da karar vericiler üzerinde daha fazla baskı yarattığını gösterir.

The *Durum* politika parametresi mevcut havza kurumsal kapasitesini yansıtmaktadır WRM, yeterli yasal ve kurumsal çerçeve düzeyi ve katılımcı yönetim tarafından verilir. Endeksin birkaç nitel parametresinden biridir ve zayıf (0,25) ile mükemmel (1,0) arasında değişir.

The *Cevap* parametre havza WRM'sindeki evrimle tahmin edilir incelenen 5 yıllık dönemdeki harcamalar. Bu, havza paydaşlarının karar vericilere uyguladığı baskıyı yansıtır. WRM'deki harcama ne kadar büyükse, havzanın suyla ilgili hedeflerine ulaşma şansı o kadar yüksek olur.

Tüm göstergeler elde edildikten sonra, baskı için 5 yıllık bir dönem seçildiğinde, durum ve yanıtlar, WSI, denklem [1]'e göre hesaplanır. WSI'nin avantajı, çerçevesinin iklim değişkenliği de dahil olmak üzere farklı zaman dilimleri ve senaryolarda havza sürdürülebilirliğinin karşılaştırmalı ölçümlerini sağlamasıdır.

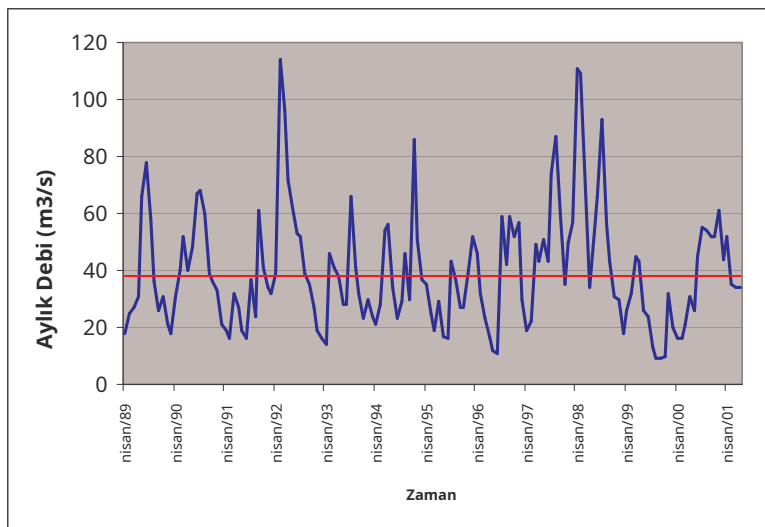
3. WSI'NİN SF VERDADEIRO NEHRİ HAVZASINA UYGULANMASI

WSI'nin kullanımını örneklemek için SF Verdadeiro Nehri'ne uygulandı havza, 2.200 km² Güney Brezilya'daki geniş su havzası. İncelenen dönem, çevresel ve sosyal verilerin mevcut olduğu 1996 ile 2000 arasındaki 5 yıldır. WSI 4 göstergeden oluştuğu için her biri ayrı ayrı sunulacak ve genel sürdürülebilirlik endeksi sonunda hesaplanacaktır.

3.1 Hidroloji Göstergesi

Hidroloji göstergesi, havzanın nicelik ve kalitesinin ortalamasıdır. parametreler. Miktar alt göstergesinde havzadaki baskın su kullanımının yüzey suyu olması nedeniyle kişi başına düşen su mevcudiyeti (*Durum*) basitçe uzun dönemli nehir ortalama akış hızının havza nüfusuna bölünmesiyle elde edilir.

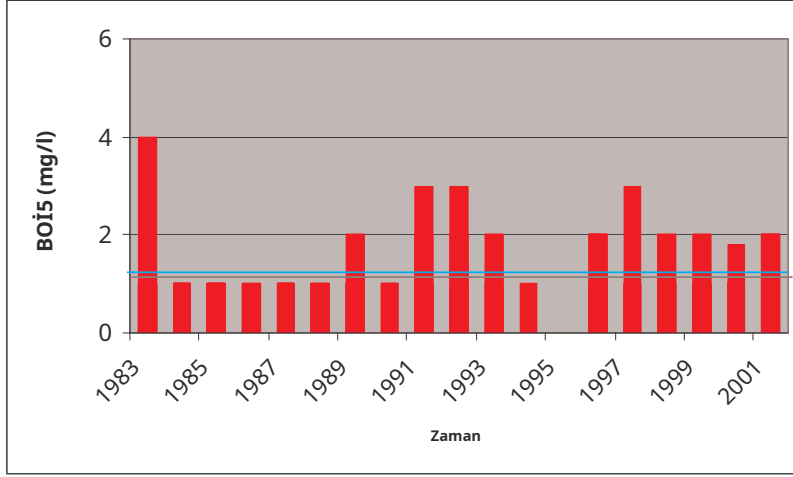
Şekil 2, uzun vadeli bir hesaplamayla SF Verdadeiro nehrinin ortalama aylık akış hızlarını göstermektedir. 39 m ortalama hızı/s. Havzanın toplam nüfusu 167.083'e (2000 yılı baz alınarak) bölündüğünde, kişi başına düşen su mevcudiyeti (*Ne zaman*) 33.600 m³/person.yr. Tablo 4'e göre, *Durum* miktar parametresi 1.0 (mükemmel).



Şekil 2. SF Verdadeiro nehrinin aylık akış hızları ve uzun vadeli ortalama akış hızı.

Miktar durumunda *Basınç* parametre, varyasyon *B₅* yılda incelenen dönemde, uzun vadeli ortalamaya göre +4,8% idi. Bu, Tablo 2'ye göre, 0,75'lik bir basınç değeriyle sonuçlanmaktadır. *Cevap*, ele alınan 5 yıllık dönemde havzada su kullanım verimliliğinde orta düzeyde bir iyileşme oldu, bu da 0,5 değerine karşılık geliyor. Bu nedenle, ortalama *Basınç*, *Durum*, Ve *Cevap* miktar için parametreler (1.0) idi $+ 0,75 + 0,5) / 3 = 0,75$.

Durumun şu olması halinde *kalite* alt göstergesi, *Basınç* varyasyona karşılık gelir havza BOD₅ yıllık dönemde (+%4,6), Tablo 3'e göre 0,5'lik bir değer elde edildi. *Durum* kalite parametresi (havzanın BOD₅ uzun vadeli ortalaması) 1,3 mg/l'ye eşittir (Şekil 3). Bu, *Durum* 1.0 değeri.



Şekil 3. San Francisco Verdadeiro nehrinin düşük kesimindeki yıllık BOD₅ değerleri, uzun dönem ortalaması 1,3 mg/l.

The *Cevap* kalite alt göstergesi için 0,25 (zayıf) değeri elde edildi (Çalışılan 5 yılda kanalizasyon arıtımında/bertarafında iyileştirme). Kalite alt göstergesi bu nedenle $(0,5+1,0+0,25) / 3 = 0,58$ 'dir.

Bu nedenle, genel Hidroloji gösterge değeri basitçe niceliğin ortalamasıdır ve kalite alt göstergeleri veya $(0,75+0,58) / 2 = 0,67$.

3.2 Çevre Göstergesi

Hidroloji göstergesine benzer şekilde, *Çevre* gösterge hesaplandı kullanarak *Basınç*, *Devlet*, Ve *Cevap* parametreler. durumunda *Basınç*, incelenen dönemde tarımsal alan ve kentsel nüfustaki birleşik havza değişimi (artışı) sırasıyla %13 ve %9 idi, $(13\%+9\%)/2 = \%11$ 'lik bir EPI değeri verdi. Bu, çevresel bir *Basınç* 0.25 değeri.

Çevresel durumda *Durum* Havzanın orijinal bitki örtüsünün %26'sı vardı Tablo 3'e göre 0,75 değerine ulaşan 2000 yılındaki örtü. Bir havzadaki kalan doğal bitki örtüsü uzaktan algılama teknikleri (örneğin NDVI) veya dolaylı olarak tarımsal sayımlar yoluyla tahmin edilebilir.

Çevresel *Cevap* (korunan alanlarda ve BMP'li alanlarda evrim) Havzada %2 idi ve Tablo 4'e göre 0,75 değerindeydi. Bu nedenle, Çevre göstergesi için birleşik değer $(0,25+0,75+0,75) / 3 = 0,58$ idi.

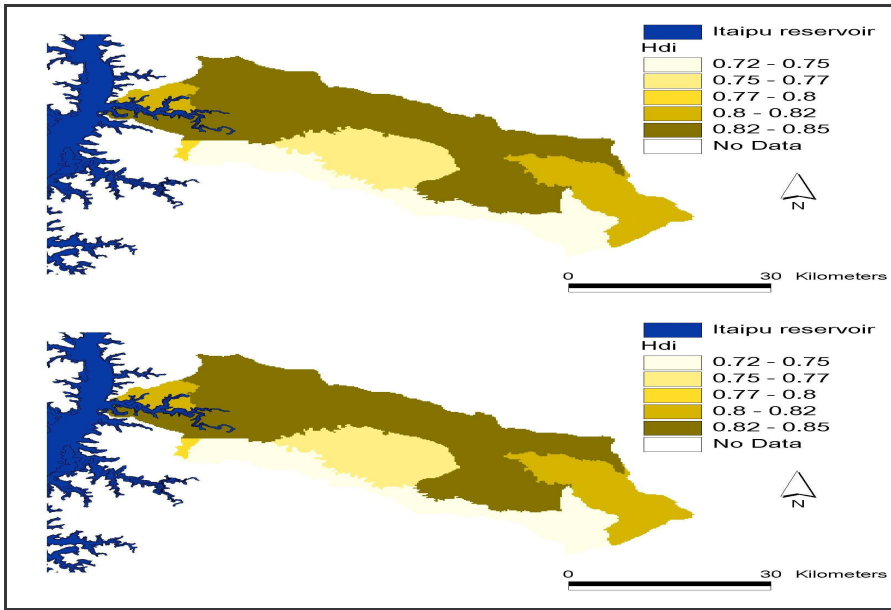
3.3

Yaşam Göstergesi

Hayat *Basınç* Havzadaki HDI-'deki değişime göre tahmin edilmiştir 5 yıllık dönemde (1996-2000) gelir alt endeksi. Bu dönemde HDI-İnc'de %3,4'lük bir artış oldu (UNDP, 2004), Tablo 3'e göre 0,75'lik bir değerle sonuçlandı (İyi).

Hayat durumunda *Durum*, incelenen dönemin son yılındaki (2000) havza HDI'si Tablo 4'e göre 0,81 idi ve 0,75 değerine ulaşıldı. Şekil 4, 2000 yılında SF Verdadeiro havzasındaki HDI dağılımını göstermektedir. Genel havza HDI'si, her belediyenin ve ilgili nüfusun HDI değerlerinin ağırlıklı ortalamasıydı.

Hayat *Cevap*, yani havzadaki su kaynakları yönetimi harcamalarının evrimi, 5 yıllık dönemde %5'lik bir artışla 0,75'lik bir parametre değeri elde edildi (Tablo 5). Bu nedenle, havzanın birleşik geçim değeri $(0,75+0,75+0,75) / 3 = 0,75$ oldu.



Şekil 4. SF Verdadeiro havzasında İnsani Gelişme Endeksinin (2000 bazlı) mekansal dağılımı.

3.4

Politika Göstergesi

Politika *Basınç* (5 yıllık dönemde HDI-Ed'deki değişim) seviyesi için Havzada %6,3'lük bir artış oldu ve bu da 0,75'lik bir parametre değeriyle sonuçlandı (Tablo 3). Bu, havzada WRM'deki yanıtlar için baskıya yardımcı olacak havzanın eğitim düzeyinde önemli bir artış olduğunu gösterir.

Politikaya gelince *Durum* parametre (havza kurumsal kapasitesi), bir yasal çerçeve mevcut (federal ve eyalet su ve çevre yasaları ve yönetmelikleri), incelenen dönemde katılımcı su kaynakları yönetiminde çok az şey başarıldı. SF Verdadeiro havzasında hala bir su havzası komitesi veya organizasyonu yok, bu da yasaya göre havza düzeyinde su yönetiminden sorumlu kurum. Sonuç olarak, havza bu maddede 0,25'lik karşılık gelen bir parametre seviyesiyle kötü olarak derecelendirildi.

Politika açısından *Cevap*, WRM'deki havza harcamalarındaki evrim 5 yıllık dönemde %5 artmış ve bu parametre için 0,75'lik bir değer elde edilmiştir. Genel Politika göstergesi 3 parametrenin ortalamasıdır, yani $(0,75+0,25+0,75) / 3 = 0,58$.

3.5 Havza Sürdürülebilirlik Endeksi

WSI, basitçe 4 göstergenin küresel ortalamasıdır. Denklem [2]'yi uygulayarak, SF Verdadeiro havzası için 0,65'lik bir WSI değeri elde ediyoruz. Aşağıdaki Tablo 5, havza için seviyeleri, değerleri ve genel WSI'yi sunmaktadır.

Tablo 5. Parametreler ve havza WSI'sine ilişkin seviyeler ve değerler.

	Basınç		Durum		Cevap		Sonuç
	Seviye	Değer	Seviye	Değer	Seviye	Değer	
Hidroloji	%4,8	0,75	33.600	1.00	Orta	0,50	
	%4,6	0,50	1.3	1.00	Fakir	0,25	
		0,63		1.00		0,38	0,67
Çevre	%11	0,25	%26	0,75	%2	0,75	0,58
Hayat	%3,4	0,75	0,81	0,75	%5,1	0,75	0,75
Politika	%6,3	0,75	Fakir	0,25	%5	0,75	0,58
Sonuç		0,59		0,70		0,66	0,65

UNDP'nin İGE'sine benzer bir sınıflandırma kullanarak (İGE <0,5 için düşük, orta) HDI için 0,5 ile 0,8 arasında ve HDI için yüksek >0,8), SF Verdadeiro havzası için elde edilen WSI (0,65) orta düzeyde düşecektir. Tablo 5'e göre, en düşük değerlere sahip göstergeler şunlardır: *Politika* ve *Çevre* (0,58) ve en yüksek olanı *Hayat* (0,75).

Basınç, Durum ve Tepki göstergeleri açısından en düşük değer şu şekilde oldu: Basınç (0,59) için elde edilen ve en yüksek olan Durum (0,70) için elde edilen değer. Bu, mevcut havza koşullarının (*Durum*) iyidir, ancak havzanın sürdürülebilirliğini tehdit eden baskılar (özellikle çevresel) vardır.

Daha spesifik olarak, Tablo 5'teki en zayıf gösterge kombinasyonları şunlardır: Çevresel *Basınç* (0,25), *Politika* *Durum* (0,25) ve *Hidroloji* *Cevap* (0,38). Bu nedenle, küresel havza sürdürülebilirliğini iyileştirmek için paydaşlar ve karar vericiler, sırasıyla kalan bitki örtüsü üzerindeki baskıyı azaltmak, WRM kurumsal kapasitesini artırmak ve havzadaki kanalizasyon arıtımını iyileştirmek için daha etkili bir şekilde çalışmalıdır.

Dinamik özellikleri nedeniyle, farklı zaman dilimlerine uygulandığında WSI Havza sürdürülebilirliğinin yıllar içindeki evrimi hakkında fikir verebilir, paydaşlara ve karar vericilere planlama ve karar alma süreçlerinde yardımcı olabilir, havzanın su kaynakları için uyarlanabilir bir yönetim aracı sağlayabilir.

4. SONUÇLAR

Birkaç konu bir nehir havzasının su sürdürülebilirliğini etkiler. Bunlar arasında şunlar yer alır: sosyal, ekonomik ve çevresel konular. Ancak, bunlar genellikle ayrı ayrı ele alınır ve entegre, dinamik bir süreç olarak ele alınmaz. Hidrolojik, çevresel, yaşam ve politika konularını ve mevcut baskıları ve politika tepkilerini tek bir nicel, dinamik ve toplu göstergede birleştirmek için nehir havzaları için bir su havzası sürdürülebilirlik endeksi (WSI) geliştirildi. Bu endeks basit, sağlamdır ve kolayca bulunabilen parametreleri kullanır. Dinamik özellikleri, havza sürdürülebilirliğini etkileyen insan, çevre ve iklimle ilgili baskıların ve tepkilerin tahmin edilmesini sağlar.

1996 ile 2000 yılları arasındaki dönemde SF Verdadeiro havzasına uygulanan WSI 0,65'lik küresel bir değerle sonuçlandı, bu da sürdürülebilirliğin orta düzeyde olduğunu gösteriyor. Bu havzadaki karar vericilerin dikkat etmesi gereken hususlar, *Çevresel Baskı*, *Politika Durumu* ve *Hidrolojik Yanıt*.

5. KAYNAKLAR

- Chaves, HL & Nearing, MA (1991). WEPP toprak erozyon modelinin belirsizlik analizi. ASAE'nin çevirisi, cilt 34(6): 2437-2444, St. Joseph.
- Esty, D. & M. Levy (2005). Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi: Ulusal Karşılaştırma Çevresel Yöneticilik. New Haven, CT, 40 s.
- Falkenmark, M. & C. Widstrand (1992). Nüfus ve su kaynakları: Hassas bir denge. Pop. Bull. Pop. Referans Bürosu, Washington.
- Habitat Koruma Güven Fonu-HTCF (2003). Mission Creek Sürdürülebilir Havzası Göstergeler Çalışma Kitabı. Britanya Kolombiyası, 22 s.
- Harr, ME (1987). İnşaat Mühendisliğinde Güvenilirliğe Dayalı Tasarım. McGraw-Hill, N. York.
- Heathcote, IW (1998). Entegre Havza Yönetimi: İlkeler ve uygulama. J. Wiley, New York, 414 s.
- Hunsaker, CT ve DA Levine (1995). Su kalitesinin incelenmesine yönelik hiyerarşik yaklaşımlar nehirler. Biyolojik Bilimler Cilt 45:193-203.
- Lawrence, P., J. Meigh ve C. Sullivan (2003). Su Yoksulluğu Endeksi: Uluslararası Karşılaştırmalar. Wallingford, 9 s.
- Meigh, J. & C. Sullivan (2004). İklim Değişkenliği Endeksini kullanarak kırılganlığı değerlendirmek iklim değişiklikleri. CEH Wallingford, 2s.
- Nyerges, T. (2002). Sürdürülebilirlik modellemesinde bağlantılı görselleştirmeler: Bir yaklaşım kullanarak Karar desteği için katılımcı CBS. Assoc. Am. Geog. Illust., Los Angeles. 18 s.
- OECD (2003). OECD Çevresel Göstergeler: Geliştirme, ölçüm ve kullanım. Referans makalesi, Paris, 50 s.
- Sawyer, D. (1997). Savan bölgeleri için Antropik Basınç Endeksi. Brasilia, 20 s.
- Schueler, T. (1995). Kentsel akarsu koruma için saha planlaması. Metropolitan Washington Hükümetler Konseyi, Washington.
- Smith, D. & W. Rast (1998). Çevresel olarak sürdürülebilir yönetim ve kullanımı Uluslararası olarak paylaşılan tatlı su kaynakları, Reimold, R. (ed.): Havza yönetimi. McGraw-Hill, NY, s. 277-297.
- UNDP (1998). İnsani Gelişme Raporu. Lizbon, 228 s.((Portekizce'de).
- UNESCO (2005). Çevre, Yaşam ve Politika için Hidroloji –HELP (Broşür). Paris, 20 sayfa.
- Viessmann, W. (1990). Doksanlarda su yönetimi sorunları. W. Res. Bull. 26(6): 886-891.