

İstatistik Bilimi ve Su Yönetimi

Yrd. Doç. Dr. Doğan Yıldız

Dursun Yıldız

YTÜ İstatistik Bölümü Bşk. Yrd.

Su Politikaları Uzmanı

ÖZET

Su kaynaklarının yönetimi söz konusu olduğunda tüm uzmanların birleştikleri konu, tüm havzanın bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiği ve planlamanın sürdürülebilirlik temelinde yapıldığı Entegre Su Kaynakları Yönetimi'nin (ESKY) bir zorunluluk olduğudur .

Çünkü akarsu havzaları, birbirlerini etkileyen karmaşık alt sistemlerden oluşan büyük bir sistemler bütünüdür. ESKY, “su kaynaklarından maksimum ekonomik ve sosyal getirinin elde edilebilmesi için havzadaki su, toprak ve bunlarla ilişkili kaynakların korunması, yönetilmesi ve geliştirilmesi çalışmalarının koordinasyonu sürecidir. Bu süreç, kaynakların eşitlikçi kullanımının, Tatlısu ekosistemlerinin korunmasının ve gerektiğinde restorasyonunun planlanmasını da içerir”.

Bütünleşik (Entegre) su kaynakları yönetimi birçok kavram ve sistemler arasındaki bugünkü ve gelecekteki ilişkiyi kurmak ve öngörebilmek için çok gelişmiş istatistiksel modellere ihtiyaç duyar. Bu ihtiyaç 21. yüzyılın başından bu yana su enerji, gıda ve çevre arasındaki ilişkilerin artması ile daha da artmıştır. İstatistik bilimi, su kaynakları yönetiminde çok etkili olmaya başlayan iklim değişiminin ortaya çıkardığı belirsizliklerin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik tahmin çalışmalarında da çok faydalı olmaktadır. Sürdürülebilir su yönetiminde yakın gelecekte çok değişkenli kompleks sistemlerin ortaya çıkaracağı sorunların çözümü daha da önemli hale gelecektir. Bu durum yeni istatistiksel modellerin geliştirilmesini ve bunlara daha çok ihtiyaç duyulmasını ivmelendirecektir. İstatistik bilimi ve su yönetim ilişkisi farklı disiplinleri de kapsayacak şekilde artacaktır.

Anahtar Kelimeler: Su Yönetimi,İstatistik,Su kaynakları

1.Giriş

Su kaynakları verilerinden yararlanılarak gerçekleştirilecek araştırmaların gerçekci sonuçlara ulaşmada verilerin genel karakteristik özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu tespit üzerinden uygun veri analiz yöntemleri seçilip uygulanmalıdır. Literatürde Bilim adamları tarafından analiz edilen su kaynakları verileri genellikle aşağıdaki özelliklere sahiptir [1].

- 1- En düşük değerli gözlem sıfır olup negatif değerler içermez
- 2- Su kaynakları verileri, seyrek ancak düzenli olarak ortaya çıkan genel eğilime göre düşük veya yüksek düzeyli aykırı (outliers) gözlemler içerir. Aykırı gözlemler daha çok yüksek dzeylidir.
- 3- Birinci ve ikinci maddelerin bir sonucu olarak pozitif çarpık lognormal dağılım özelliği gösterir.
- 4- Su kaynakları verileri bazı durumlarda belirli bir eşiğin üstünde veya altında olacak şekilde(sansürlü veri) düzenlenmektedir.
- 5- Analiz edilen veriler mevsim etkisi altındadır. Değerler yılın belli mevsim dönemlerinde daha yüksek veya daha düşük olma eğilimindedir.
- 6- Su kaynakları verilerinde pozitif otokorelasyon sözkonusudur. Birbirini takip eden gözlemler güçlü bir şekilde birbirleriyle ilişkili olma eğilimindedir. Bu anlamda birbirini takip eden verilerde yüksek değerler yüksek değerlere düşük değerlere, düşük değerlerden sonra gelenlerin düşük değerler olma eğilimi sözkonusudur
- 7- Hidrolik iletkenlik (hydraulic conductivity) , tane boyutlu sediment(sediment grain size) vb.. oldukça fazla sayıda kontrol edilemeyen değişkenler söz konusudur.

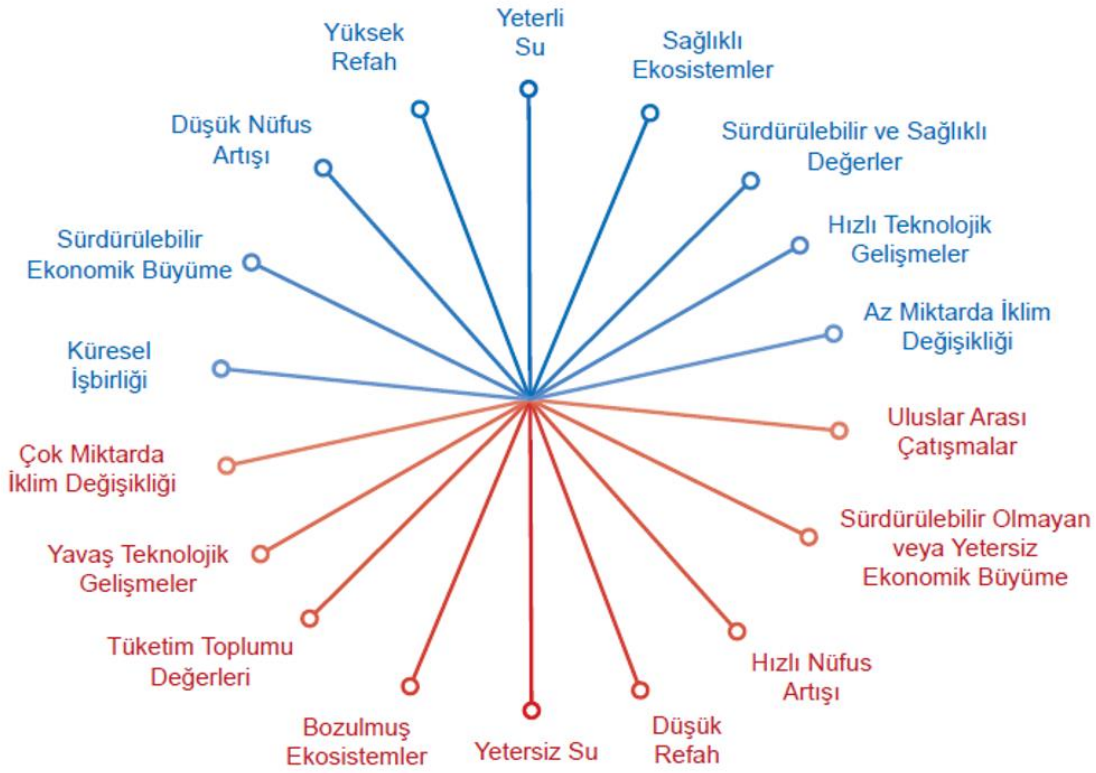
2.Entegre Su Yönetimi Planlaması

Entegre planlamanın temel ilkesi, su kaynaklarının tüm kullanımlarının ve bunların birbirleriyle etkileşiminin birlikte değerlendirilmesi, bu yolla su kaynakları kullanımının sosyal, ekonomik ve çevresel amaçlara uygun biçimde planlanmasının garantilenmesidir. Bu yaklaşımla, farklı sektörler için üretilen politikaların birbirleriyle uyumlu olması sağlanabilir. Ancak bu temel ilkenin ötesinde, planlamanın ayrıntısı ile mekan ve zaman boyutları ne kadar kapsamlı olursa, entegre planlamanın su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir kalkınmaya katkısı o derece fazla olur.

Entegre yönetim planlamasında

- Yerel gereksinim ve etkileşimlerin yanı sıra, genel sosyal ve ekonomik hedefler dikkate alınır
- Diğer havzalarla etkileşim irdelenir ve yönetim kararları bu etkileşimler göz önünde bulundurularak alınır,
- Yıllar sonra ortaya çıkacak etkiler irdelenir (örneğin, yeraltı su kaynaklarının kullanımı sonucunda taban suyunun çekilmesinin mikroklimayı nasıl değiştireceği öngörülebilir),
- Küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi değerlendirilerek uyum ve azaltım önerileri planlanır,

Karasal ve sucul habitatların sürdürülebilir yönetimi ESKY'nin temel bileşenlerindedir. Bu yönetim planlamasının yapılabilmesi için, tehdit ve baskılar ile bunların su kaynaklarına etkisinin, sucul sistemlerin bu baskılara yanıtının çok iyi anlaşılması gerekir.

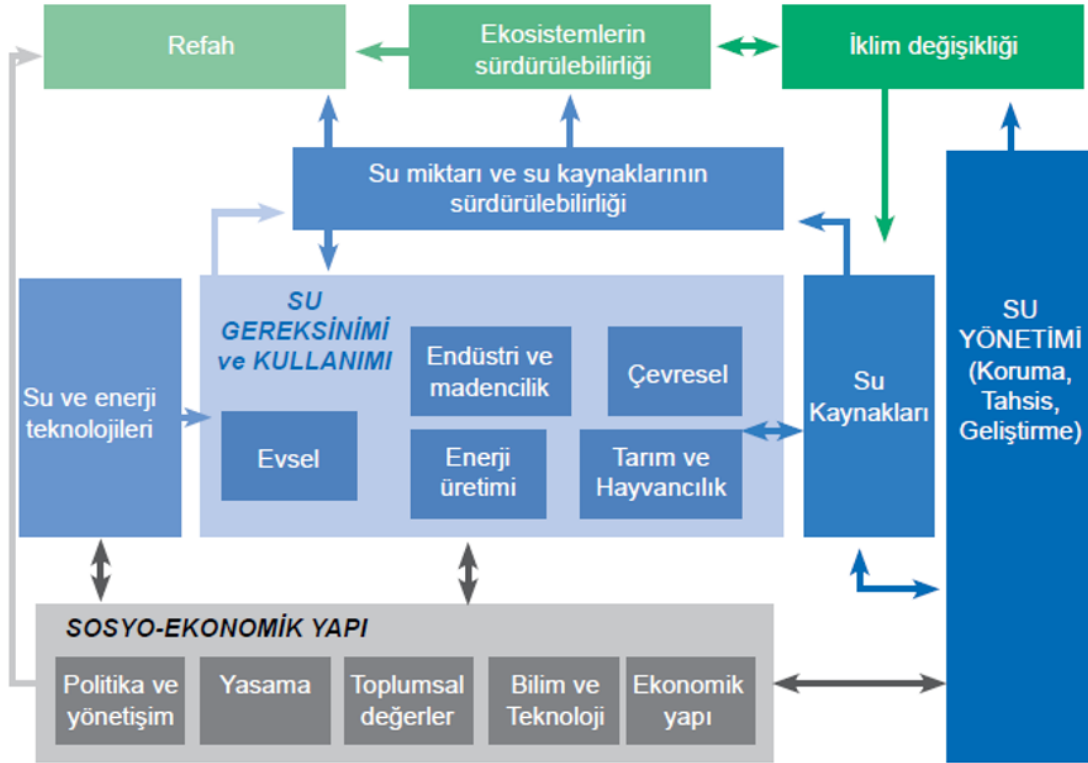


Şekil 1. Bütünleşik su kaynakları yönetiminin bileşenleri (2).

3. Sistem Modelleri:

Su kaynakları ve bunların yönetimi gibi karmaşık etkileşim ve dinamikler içeren sistemlerin bütünleşik analizi, Sistem Analizi veya Sistem Modellemesi araçları yardımıyla

gerçekleştirilebilir ve her bir alt-sistemin kendi içindeki etkileşimler ayrıca ele alınabilir (Şekil 2). Her ne kadar sistem modellemesinde mevcut yaklaşım, sistemi oluşturan her bir bileşeni tek tek ele alan indirgemeci bir analiz yerine sistemin bir bütün olarak ele alınması olsa da, bu tür modellerin oluşturulmasına olanak sağlayacak çok kapsamlı etki-tepki bilgi kümesine ulaşmak zordur. Özellikle havza sistemlerinde bu tür kara-kutu yaklaşımları ancak en temel alt sistemlerin de kendi altındaki ilişkiler için kullanılabilir.(2).



Şekil 2. Su yönetimi sistem modellemesinin ana bileşenleri (2).

Su kaynaklarının durumunu ve uygulamaların bu duruma etkisini tanımlayan sistemler söz konusu olduğunda mekansal ilişkilerin de devreye girmesi ve ayrıca uygulama etki süresinin uzunluğu nedeniyle, fonksiyonel modelleme yetersiz kalmakta, Uzamsal-Zamansal Modelleme gereği ortaya çıkmaktadır.

4.Uzamsal Modelleme:

Su kaynakları tahsis ve yönetim planları genellikle nehir havzaları bazında yapılır. Çünkü kendi içlerinde ne kadar karmaşık sistemler oluştursalar da, havza bazında girdi ve çıktıları göreceli olarak daha az sayıda parametre ile tanımlamak mümkündür. Oysa nehir havzaları birbirlerini etkileyen karmaşık alt sistemlerden oluşan büyük bir sistemler bütünüdür. Bu bütünü mekansal olarak daha küçük sistemlere ayırmak, bunlar arasındaki girdi ve çıktıları tanımlamak daha zordur. Çünkü havzanın herhangi bir yerindeki insan etkinlikleri, suyun durumunu ve

ekolojisini etkilemenin yanı sıra, olumsuz sosyal, çevresel ve ekonomik sonuçlar ortaya çıkartabilir.

Suyun bir sektördeki kullanımını diğer sektörel kullanımları etkileyebilir. Örneğin sulu tarıma yöneltilen suyun artırılması, hem diğer kullanımlara ayrılacak suyun azalması hem de drenaj sonucunda akarsulardaki kirliliğin artması nedeniyle içme suyunda azalmaya neden olabilir. Evsel ve endüstriyel atıkların kirlettiği akarsular ekosistemleri tehdit edebilir veya akarsu biyolojik çeşitliliğinin ve ekosistemlerin korunması amacıyla suyun tümünün akarsularda bırakılması, tarım için suyun yetersiz kalmasına neden olabilir.



Şekil 3.Suyun oluşturduğu karmaşık ilişkiler

Aslında suyun bir havzanın ekonomisi, ekolojisi ve kültürü içindeki yeri bu tür örneklerle ifade edilemeyecek derecede karmaşıktır (Şekil 3). Ancak, ister karmaşık ister basit düzeyde ele alınacak olsun, bu ilişkilerin tanımlanması ve irdelenmesi için uzamsal analiz araçlarının kullanımı şarttır. Coğrafi Bilgi Sistemlerini ve uzamsal modellemeleri içeren bu araçlar, hidrolojik ve biyolojik modeller kadar, sosyal ve ekonomik analizlerde de kullanılabilirler

5.Zamansal Modelleme ve İklim Değişikliği:

Bütünleşik havza sistemlerinde, hem havza dışından gelen etkiler, hem her bir bileşenin diğerleriyle etkileşimi, hem de alt-sistemlerin kendi içlerindeki dönüşüm süreçleri sonucu ortaya çıkan etkiler, sistem içinde gecikmeli olarak birbirlerine bağlı etkiler ortaya çıkartırlar. Zamansal modelleme yoluyla bu gecikme süreleri ve gecikmenin sisteme etkisi de sistem modeline dahil edilebilmektedir. Zamansal modelleme ayrıca, gelecek için projeksiyonların sisteme dahil edilmesine, özellikle küresel iklim değişikliğinin etkilerine ilişkin öngörüler geliştirilmesine olanak sağlar.

6.Entegre Su Kaynakları Yönetimi'nde kullanılan bilgi kümeleri

Entegre su kaynakları yönetimi, gerek planlama gerekse uygulama aşamasında, çok farklı kaynaklardan ve değişik sektörlerle ait sağlam bir bilgi altyapısına gereksinim duyar. En önemli

bilgi kaynakları genellikle daha önce yapılmış çalışmalar sonucunda birikmiş bilgilerin depolandığı veri tabanlarıdır. Modelleme sonuçları, örneğin: tür yayılış modellemesi sonucunda ortaya çıkartılan yayılış bilgileri, iklim değişikliği modelleri ya da sosyo-ekonomik projeksiyonları da sisteme girdisi olan bilgilerdir. Ayrıca, anında ölçümler (ör. su kalitesi bilgileri) de sisteme sürekli girdi oluşturabilirler.

Bilgi kümesini oluşturan sektörler, sistemin karmaşıklık derecesine, modüllerine ve amacına göre farklılık gösterir. Aşağıda yalnız çok temel alt-sistem modülleri içeren ve göreceli basit modellerden oluşan bir örnek için bilgi kümesi verilmiştir:

Tablo 1 .Havzaya ait olası sosyo-kültürel ,ekonomik, çevresel ve iklim değişikliğine yönelik bilgi ve veri kümeleri (2)

	Veri/Bilgi
Sosyo-kültürel	Büyükşehir/şehir/ilçe/köy demografik yapı
	Büyükşehir/şehir/ilçe/köy demografik yapı değişim eğilimlerine ilişkin parametreler
	Büyükşehir/şehir/ilçe/köy bazında insanların su kullanım alışkanlıkları
	Tarımsal üretimde kullanılan sulama yöntem ve teknolojileri
	Doğal kaynak kullanımı ve korunmasına ilişkin alışkanlıklar
	Suyun kullanım maliyetindeki değişimlerin su kullanım miktarlarına etkisi
	Büyükşehir/şehir/ilçe/köy insanların mevcut uygulama ve alışkanlıklarını (su kullanımı, sulama biçim ve teknolojileri, tarımsal ürün seçimi, tarımsal üretim yöntem ve teknolojileri, doğal kaynak kullanımı ve korunması vb. konularda) değiştirme istek ve yatkınlıkları
	Doğal kaynak kullanımı ve korunmasına ilişkin yasal mevzuat / kültürel yaklaşım
Ekonomik	Yöre ekonomisinde farklı sektörlerin payları
	Farklı sektörlerde kaçak su kullanımı
	Farklı sektörlerin gelişimlerine ilişkin öngörüler
	Farklı sektörler için su kullanım maliyetleri
Çevresel	Kirlilik kaynakları / kirlenici miktarları / kirlenici tipleri
	Bölgedeki sulak alanların ve diğer ekosistemlerin suyu temizleme kapasitelerini belirleyen faktörler
	Bölgenin ekolojik yapısı
	Bölgedeki biyolojik çeşitlilik desenleri ve koruma yapıları
İklim değişikliği	Küresel veya yerel iklimsel öngörü modellerine göre oluşturulmuş iklim katmanları
Fiziksel	Fiziksel yapı katmanları
	Toprak bilgileri katmanı

7.Hidrolik Çalışmalarda İstatistiksel Yöntemler

Hidroloji uygulamaları su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili bütün mühendislik çalışmalarında çok önemli bir yer alır. Su yapılarının planlama, proje, inşaat ve işletme çalışmaları için gerekli olan, suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili çeşitli

bilgiler hidroloji biliminin uygulamaları ile elde edilir. Burada hidrolojik verilerin frekans analizi, korelasyon ve regresyon analizi, zaman serilerinin simülasyonu gibi istatistik yöntemler kullanılarak en doğru sonuçlara varılmaya çalışılır.

7.1.İstatistiksel Modellerin Önemi

Hidrolojik büyüklüklerin birçoğu fizik yasalarıyla tam olarak açıklanamayan rastgele değişken niteliği taşırlar. Bunların en önemli nedeni yağışın rastgele karakteridir; bu nedenle yağışla ilişkili olan akım değişkenlerinde de rastgelelik görülür. Hidrolik sistemin rastgele karakteri; hidrolik verilerdeki örnekleme hataları ve hidrolik süreç için kabul edilen modeldeki hatalar hidrolik değişkenlerin rastgele nitelik taşımaya neden olur.

Bir hidrolik büyüklüğün rastgele değişkenliği önemli değilse bu yanı ihmal edilip ortalama değeri çalışılarak olay deterministik bir yaklaşımla incelenebilir. Ancak bazı büyüklükler için (taşkın debisi gibi) böyle bir yaklaşım anlamlı olmaz, bu durumda olasılık teorisi ve istatistik birimlerine dayanan, olasılıkların işine girdiği modeller kullanmak gerekir.

8.Modeller:

1.Hidrolik- Hidrolojik modeller: Akımın dinamik değişkenlerinin arasındaki ilişkileri araştıran ve yerüstü ve yeraltı su döngülerini, toprak niteliği, örtü tipi ve iklim değişkenleriyle ilişkilendiren modeller.

- Hidrolik verilerin istatistik analizi: Frekans analizi, parametrelerin analizi ve güven aralıklarının belirlenmesi, dağılım fonksiyonunun belirlenmesi.
- Taşkın debisi dağılım modülleri: Hidrolik tasarımda özel bir önem taşıyan taşkın debileri için uygun dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi ve bunlarla proje dönüş aralığına karşı gelen taşkın debisinin tahmini için geliştirilen modeller.
- Korelasyon ve regresyon modelleri: İki yada daha fazla hidrolik değişken arasında istatistik ilişkiyi belirleyen bir model yardımıyla değişkenlerden biri için eksik verilerin tamamlanması yada kısa verilerin uzatılması.
- Hipotez test modelleri: Hidrolik değişkenlerin parametreleri ve dağılım fonksiyonları için yapılan kabullerin uygunluğunun gözlemlerle karşılaştırılarak kontrolü.
- Hidrolik süreç (zaman serisi) modelleri: Zaman içinde değişken bir hidrolik büyüklüğün (akımın) stokastik yapısının modellenmesi , kurulan maddelerin simülasyon ve akım tahminlerinde kullanılması

2. İklim modelleri: Mevcut iklim modellerinden bir tanesi için minimum iki senaryo (örneğin, CCCMA-CGCM2 veya UKMOHADCM3 küresel iklim projeksiyonları)

3. Sosyolojik modeller:

- a. Demografik yapı ve bunlara ilişkin projeksiyonlar
- b. Evsel/Kentsel içme ve kullanma suyu gereksinimleri
- c. Sosyal etki modelleri

4. Çevresel modeller:

- Ekosistemlerin su temizleme kapasitesi
- Kirlenmenin ve/veya su miktarındaki azalmanın ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkileri
- Koruma alanları ve/veya su kullanım kısıtlamalarının etkileri

5. Sektörel modeller:

- Tarım: Ürün bazında kullanım gereksinimleri, sulama teknolojilerinin etkileri, ürün bazında kirlenici miktar ve tipleri
- Sanayi: Sanayi tipi bazında kullanım gereksinimleri, sanayi tipi bazında kirlenici miktar ve tipleri, filtreleme teknolojilerinin etkileri,
- Enerji: Su miktar ve kalitesine etkileri
- Ormanlık: Sosyal uygulamaların miktar ve konumlarının su miktar ve kalitesi üzerindeki etkileri

6. Ekonomik modeller:

- Ekonomik projeksiyonlar (sektörler bazında büyüme/küçülme trendleri)
- Ekonomik etki modelleri

9.Sonuç ve değerlendirme

Entegre su kaynakları yönetimi ana havzayla alt havzalar arasındaki ilişkilerin tespiti ve gelecek projeksiyonlarını da içeren bir sistemdir. Bu anlamda havzaya ait hidrolojik ,meteorolojik verilerin dışında havzanın ve alt havzaların sosyo-ekonomik, çevresel, kültürel ve iklim değişimine yönelik veri kümeleri ile projeksiyonlar yapılmasını gerekli kılar.

Entegre su yönetiminin çok karmaşık olan yapısı yukarıda açıklanan modeller üzerinden çözülmeye çalışılmaktadır. Bu çözümlere ulaşmak için havzada ilişki içinde olan sosyal, çevresel, ekonomik iklimsel birçok konuda detaylı veriye ulaşmayı ve bunları istatistiksel modellerde kullanıp analizler yapılması gerekir. Bu durum daha önce de su yönetiminde ve su kaynakları planlamasında çok önemli olan istatistik bilimini bugün daha da vazgeçilmez kılmaktadır.

Bunun yanısıra istatistik bilimi kullanılarak yapılacak olan çözümlerden daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için , istatistik uzmanlarının da su kaynakları geliştirilmesi ve su hizmetleri yönetimi konusunda bazı temel kavramlardan ve bunlar arasındaki ilişkilerden haberdar olması önemlidir. Bu nedenledir ki gerek ulusal su yönetimi gerekse sınıraşan suların yönetimi uzun dönemdir tek bir disiplinin konusu olmaktan çıkmış ve disiplinlerarası bir boyut kazanmıştır.

21. yüzyılın başından itibaren su, enerji, gıda ve çevre kavramları arasındaki bağlantıların artması su enerji gıda ve çevre güvenliği konularının ve su kaynakları yönetiminin çok farklı disiplinlerin ortak alanı olma özelliğini de arttırmıştır.

10.Kaynakça

[1] D. H. a. R. Hirsch, Statistical Methods in Water Resources, U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Eylül 2002, pp. 2-3.

[2] Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.