



Kaynak Kullanım Verimliliği Yönelik Entegre Bir Yaklaşım: Su-Enerji-Gıda Bağlantısı (Nexus)

Dinow Sharif MOHAMED¹ Fatma Handan GİRAY²

¹ *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, 32260 Çünür/ISPARTA, TÜRKİYE*

² *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 26160 Odunpazarı/ESKİŞEHİR, TÜRKİYE*



Makale Bilgi:

Yazar(lar):

Dinow Sharif Mohamed,

Fatma Handan Giray

Geliş tarihi: 11/10/2021

Revize metin

kabul tarihi : 21/10/2021

Yayınlanma tarihi: 31/10/2021

Sorumlu yazar:

dinowsharif@gmail.com

Anahtar Kelimeler:

Su, enerji ve gıda, su-enerji-gıda bağlantısı, WEF yaklaşım

ÖZET

Dünya, üretim faktörlerinin kullanım ve yönetim biçiminden kaynaklanan pek çok sorunla karşı karşıyadır. Başta su ve enerji olmak üzere doğal kaynaklara ve gıdaya olan talep sürekli artmaktadır. Artan küresel nüfus ve ekonomik büyümenin bir sonucu olarak dünya çapında su talebi 2050 yılına kadar %55 oranında artacak; o zamana kadar, dünya nüfusunun yarısı su sıkıntısı çeken bölgelerde yaşıyor olacaktır. Önümüzdeki on yıl içinde yaklaşık %60 oranında artması beklenen küresel elektrik üretiminin %90'ı suya dayalıdır. Ayrıca, artan küresel nüfusun gıda talebini karşılamak için küresel gıda üretiminin de 2050 yılına kadar %60 oranında artması gerekecektir. Su, enerji ve gıda, yoksulluğun azaltılmasına ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına katkıda bulunabilecek kaynaklardır ve insanlık için vazgeçilmezdir. Ayrılmaz bir şekilde birbirine bağlı olan bu üç bileşen birbirlerine son derece bağımlı oldukları ve birbirlerini etkiledikleri için birlikte değerlendirilmesi gerekir. Su, gıda ve enerji arasındaki bağlantılar hem çok sayıda hem de karmaşık ve dinamiktir. Şöyle ki; gıda üretimi, su ve enerji gerektirir; su çıkarma, arıtma ve yeniden dağıtım enerji gerektirir ve enerji üretimi de yine su gerektirir. Bu çalışmanın temel amacı, su-enerji-gıda ilişkilerini, bu üç kaynak arasındaki bağlantı ve etkileşimleri açıklamaktır. Tarım ekonomisi bilimi açısından da ilgi çekici bir alan olması nedeniyle, bu çalışmada uluslararası bilimsel literatürde W(ater)E(nergy)F(ood) Nexus olarak adlandırılan Su, Enerji ve Gıda Bağlantısı ile hem teorisi hem uygulaması çok zor olan bu yaklaşımın temellerinin, gelişiminin ve çalışma alanları tartışılmaktadır.

**Article Info:***Author(s)**Dinow Sharif Mohamed,
Fatma Handan Giray**Received: 11/10/2021**Accepted in**revised form: 21/10/2021**Published: 31/10/2021**Corresponding author:**dinowsharif@gmail.com***Keywords:***Water, energy, food, nexus,
water-energy-food nexus, WEF
approach***ABSTRACT****An Integrated Approach for Efficient Resource Using:
Water-Energy-Food Nexus**

Today, the world is facing so many problems arising from the way the resources are used and managed. The demand for resources is constantly increasing especially for water, energy and food. Worldwide water demand will rise by 55% by 2050 as a result of the growing global population and economic growth. By then, half of the world's population will be living in water-stressed areas. Global power generation is expected to rise by about 60% during the next ten years, and 90% of global power generation is water intensive. Furthermore, to fulfill the food demand of a rising global population, global food production would need to increase by 60% by 2050. Water, energy and food are indispensable resources for humanity that can contribute to the reduction of poverty and achieving sustainable development. Water, energy and food are inextricably interconnected and actions in one sector influence the others. These highly interdependent resources need to be evaluated together. The linkages between water, food, and energy are numerous, complex and dynamic. Food production requires water and energy; water extraction, treatment, and redistribution require energy; and energy production requires water. The main objectives of this study are to explain the water-energy-food nexus, the linkage and interaction between these three resources. Since the last decade, the concept of the Water-Energy-Food (WEF) Nexus has attracted the attention of many researchers, and this concept has become a debated topic for policymakers and academics. Since it is an interesting field in terms of agricultural economics, this study aims to understand the foundations, development and working areas of this approach, which is known as WEF Nexus in the international scientific literature and is very difficult to understand both theoretically and its application.



1. Giriş

Küresel olarak, temel güvenli içme suyuna erişimi olmayan 785 milyon (WHO, 2019); elektriğe erişimi olmayan 770 milyon (IEA, 2019) ve güvenilir gıdaya erişimi olmayan yaklaşık 690 milyon insan bulunmaktadır (FAO, 2019).

Küresel nüfusun 2050 yılında 9,7 milyara ulaşacağı tahmin edildiğinden (WPP, 2019), küresel su talebinin 2050 yılına kadar %55 oranında artması beklenmektedir (OECD, 2011). Tek başına tarımın toplam su çekimlerinin 2050 yılında %10 artacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2011a). Öte yandan küresel enerji talebinin de 2050 yılına kadar %50 artması beklenmektedir (IEA, 2019). FAO (2014)'e göre, başta gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınması ve değişen gıda tüketim kalıpları nedeniyle artan gıda talebini karşılamak için 2050 yılında küresel gıda üretiminin %50 oranında artırılması gerekmektedir.

Üretim ve tüketim yöntemlerinde önemli değişiklikler olmadıkça, sürekli artan gıda ve enerji talebi, 2035 yılına kadar birincil enerji üretimini % 50 ve 2050 yılına kadar tarımsal üretimi de yaklaşık %70 artırmaya zorlayacaktır. Bu kaynakların üretim artışı, toprak ve su kaynakları üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Öte yandan, iklim değişikliğinin de kaynaklar ve ekosistem üzerindeki baskıyı ve özellikle marjinal ve su kıtlığı olan bölgelerde yaşayan insanların savunmasızlığını artıracığı tahmin edilmektedir (Hoff, 2011).

Bu değişiklikler, dünyanın birçok bölgesinde artan talep nedeniyle sınırlanan mevcut su, enerji ve gıda kaynakları için büyük zorluklar yaratacaktır. Ayrıca, bu kaynaklar o kadar birbirine bağlıdır ki, iklim değişikliğinin neden olduğu küresel su stresi, dünyanın gıda ve enerji üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir (Zhang et al., 2018). Bir yandan doğal kaynakların ve çıktılarının birbirleri arasındaki ilişkiler öte yandan bunların ekonomik kalkınmaya ve insan refahına katkılarının önemli ölçüde sınırlanmaya başlaması, “nexus” düşüncesinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Ringler et al., 2013).

“Nexus”, farklı disiplinler tarafından farklı şekillerde anılmaktadır. Örneğin, hidrologlar, kavramı su-gıda-enerji (WEF), tarım araştırmacıları ve politika yapımcılar gıda-enerji-su (FEW) ve enerji güvenikleştirme politika yapımcıları ise enerji-gıda-su (EFW) olarak adlandırmaktadır (Qureshi, 2021). Gıda terimi geniş anlamında kullanılmakta, ağırlıklı olarak tarım ürünleri ve işlenmiş gıda ürünleri kast edilmektedir. Uygulamada çevre ile ilişkisini vurgulamak için su-enerji-gıda-ekoloji (WEFE) olarak kullanımına da rastlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında daha sık kullanılması nedeniyle ve terminolojiye dönüşüyor olması nedeniyle Su-Enerji-Gıda Bağlantısı yaklaşımı benimsenmiştir. Son on yıldan beri, su-enerji-gıda bağlantısı kavramı birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve politika yapımcılar ve akademisyenler için üzerinde tartışılan bir konu haline gelmiştir.



Bağlantı yaklaşımı, farklı sektörlerin kaynak kullanım verimliliğini ve politika tutarlılığını destekleyen Yeşil Ekonomiye geçişe katkıda bulunur. Negatif ekonomik, sosyal ve çevresel dışsallıkları azaltır, genel kaynak kullanım verimliliğini artırır ve insanların suya ve yiyeceğe erişimini güvence altına alır. Bu nedenle, 'silo' olarak tanımlanan geleneksel politikaların ve karar alınmanın, çatışmaları ve ödünleşimleri azaltan ve sektörler arası sinerjiyi en üst düzeye çıkaran bu yeni yaklaşıma dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, su-enerji-gıda ilişkisini, bu üç kaynak arasındaki bağlantı ve etkileşimi açıklamaktır. Tarım ekonomisi bilimi açısından da ilgi çekici bir alan olması nedeniyle, bu makale çalışmasında uluslararası bilimsel literatürde WEF Nexus olarak bilinen ve hem teorik olarak anlaşılması hem de uygulanması çok zor olan bu yaklaşımın temelleri, gelişimi ve çalışma alanlarının anlaşılması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma literatüre dayalı olup, çalışmada kullanılan veri ve bilgiler ikincil kaynaklardan temin edilmiştir. Su-enerji-gıda ilişkisi hakkında daha önce yapılmış olan çalışmalar sistematik bir yaklaşımla ele alınmış ve çalışmanın amacına uygun olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, konuyla ilgili çok sayıda dergi makalesi, konferans bildirisi ve benzeri bilimsel makale gözden geçirilmiştir. Çalışmada kullanılan sayısal veriler Gıda ve Tarım

Örgütü (FAO), Dünya Bankası ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) veri tabanlarından alınmıştır. Çalışmada öncelikle her bir bileşen tek tek ele alınmış, ardından da aralarındaki ilişki ve etkiler açısından değerlendirilmiştir.

3. Su-Enerji-Gıda Bağlantısı

Cambridge Sözlüğü'ne (2021) göre, "nexus" kelimesinin gerçek tanımı "bir sistemin parçaları veya bir grup şey arasındaki önemli bir bağlantıdır". Nexus'un tanımı konusunda bir fikir birliği yoktur (Endo et.al., 2017). Farklı disiplinlerden bilim adamları, araştırmacılar ve politika yapıcılar nexus'u farklı şekilde yorumlamakta ve tanımlamaktadır. Zhang et al., (2018)'e göre nexus tanımları genel olarak ikiye ayrılabilir: Birincisi, nexus, nexus sistemi içindeki çeşitli alt sistemler veya sektörler arasındaki etkileşim olarak tanımlanır. Daha yaygın olan ikinci tanım, nexus'u, su, enerji ve gıda bağlantı düğümleri arasındaki bağlantıları ölçmek için bir analiz yaklaşımı olarak sunar.

WEF Nexus, su, enerji ve gıda arasındaki bağlantı ve etkileşimleri incelenmesidir. Bu kaynakların yönetilme ve değerlendirilme biçiminden (enerji için gıda, gıda için su ve enerji için su) ortaya çıkan ödünleşimleri, sinerjileri ve çatışmaları analiz eder (Simpson ve Jewitt, 2019).



Bazı çalışmalar, nexus'a araziye ekler ve nexus etkileşimi ve düşüncesinde önemli bir faktör olduğunu iddia eder. Ringler vd. (2013)'e göre arazi; sadece gıda üretimi için çok önemli değil, aynı zamanda biyoyakıtlar, rezervuarlar ve aküferler gibi su kaynağı depolaması gibi bazı enerjilerin üretimi için de gereklidir.

Bazilian ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yapılan bir çalışmaya göre, su-enerji-gıda kaynaklarının ana benzer unsurları şunlardır:

- Milyarlarca insanın erişemediği, hızla büyüyen bir talebe sahiptirler.
- İklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenirler ve çevreye bağımlıdırlar.
- Uluslararası ticarete yer alırlar ve "küresel meta" olarak kabul edilirler.
- Aynı şekilde, bölgesel mevcudiyet, arz ve talepte farklılıklar gösterirler.
- Bir toplumun işleyişi için temel olduklarından kaynak kısıtlamaları ve güçlü güvenlik sorunları vardır.
- Ayrıca, sıkı bir şekilde düzenlenmiş piyasalarda faaliyet gösterirler ve risklerin açık bir şekilde tanımlanmasını ve işlenmesini talep ederler.

Su-enerji-gıda bağlantısı; sosyal, ekonomik ve çevresel hedeflere ulaşmada çok önemli olan küresel kaynaklar sisteminin karmaşık ve birbirine bağlı doğasını tanımlamak ve ele almak için yararlı bir araçtır. Daha koordineli bir yönetimde doğal çevre ve insanlar arasındaki etkileşimleri anlamak ve sistematik olarak analiz etmek için kavramsal bir çerçeve sunar. Su-enerji-gıda bağlantısı, ödüneşimleri en aza indirmede, yönetmede ve bütünleşmiş karar verme, uygun maliyetli planlama ve uygulamaya olanak tanıyan sinerjiler oluşturmada da önemli bir rol oynar (FAO, 2014).

Su, enerji ve gıda arasındaki dinamik ve karmaşık etkileşimi anlamak, kaynakların ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve yönetilmesi için bir bağlantı yaklaşımı esastır. Bu bağlantı yaklaşımı, bir kararın yalnızca belirli bir sektör üzerinde değil, aynı zamanda diğer ilgili sektörler üzerinde de sahip olabileceği etkinin anlaşılmasını sağlar. Bağlantı yaklaşımı farklı sektörlerde geçerli olan farklı seçeneklere karar vermede ve öncelik vermede de çok kritik olan potansiyel ödüneşimleri ve sinerjileri tahmin etmeyi de mümkün kılar (FAO,2014).



3.1. Nexus yaklaşımının temel ilkeleri

- Rasul ve Sharma (2016)'ya göre, nexus yaklaşımının temel ilkeleri aşağıdaki gibidir:
- Su, enerji ve gıda arasındaki ilişkileri ve karşılıklı bağlantıları kabul etmek ve kaynakların verimli kullanımına ilişkin ekonomik olarak uygulanabilir ve çevre dostu kararları teşvik etmek.
- Sektörler arasında sinerjileri optimize eden ve ödünleşimleri azaltan ve farklı sektörler arasındaki iş birliğini geliştiren karşılıklı yarar sağlayan kararları destekleyen bütünleşmiş politikalar geliştirmek.
- Su, toprak, enerji ve ekosistemin önemini göz önünde bulundurmak ve paydaşları bu kaynakları makul ve sürdürülebilir bir şekilde tüketmeye teşvik etmek.
- Sektörler ve paydaşlar arasında politikaların koordinasyonunu ve tutarlılığını sürdürmek ve çevre üzerinde sınırlı etkisi olan daha azıyla daha fazlasını üretmenin yollarını geliştirmek.
- Su, enerji ve gıda politikası hedeflerine katkıda bulunan bütünleşmiş çözümler sağlamak için bir sistem içindeki alt sistemlerin uzay ve zaman içindeki karşılıklı bağımlılığını anlamak ve bireysel sektörlerin üretkenliğinden ziyade sistem verimliliğine odaklanmak.

3.2 Nexus' ta Su

Su; su-enerji-gıda bağında temel ve merkezi bir rol oynar ve Yeşil Ekonomide enerji ve gıda güvenliği için çok önemli bir kaynaktır (Hoff, 2011). Su; gıda üretiminde ikâme edilemez bir kaynaktır ve enerji üretiminde de çok önemlidir. Dünyada tatlı su tüketiminin %70'i tarım sektöründe olurken, gelişmekte olan ülkelerde bu oran %90'a kadar çıkabilmektedir. Evsel ve endüstriyel su tüketiminin sırasıyla %10 ve %20 olduğu tahmin edilmektedir (FAO,2020).

Genel ve geleneksel olarak suyun kullanımı, etkin bir şekilde fiyatlandırılmaz; girdi olarak kullanıldığında ücretsizdir ve onu kirletmenin ve kötüye kullanmanın bir maliyeti yoktur. Tarımda gıda ve lif üretiminde kullanılan “yeşil su” hiçbir şekilde fiyatlandırılmaz ve serbest mal olarak kabul edilir. Tarımda sulama için kullanılan “mavi su” da pek çok ülkede uygun şekilde fiyatlandırılmamaktadır. Ancak bazı OECD ülkeleri, çiftçilerin su tüketimi konusundaki farkındalığını artırmak için mavi su tüketimini fiyatlandırmaya ve tarifeler uygulamaya başlamıştır (Allan et.al, 2015).

Tarım sektöründe tüketilen su, başka bir deyişle başka bir üretim için tekrar kullanılmayacak su kullanımı yüksektir. Tarımda yeşil ve mavi su tüketim toplamı, sırasıyla %5 ve %3 olan endüstriyel ve evsel kullanıma kıyasla %92'dir (Hoogeveen, 2015).



3.3 Nexus`ta Enerji

Günümüzde, başta fosil yakıtlar olmak üzere yenilenemeyen kaynaklar, dünyadaki enerji üretiminin ana kaynaklarıdır. Fosil yakıtların yakılması küresel ısınmaya ve olumsuz çevresel dışsallıklara neden olmuştur. Dünya, fosil yakıtlardan nükleer ve yenilenebilir enerji (özellikle hidroelektrik ve biyoyakıtlar) gibi düşük karbonlu enerji kaynaklarına kaymaya başlamıştır (IEA,2020).

Öte yandan, enerji tüketiminin dünya genelinde 2035 yılında %50, 2050 yılında ise %80 oranında artacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2010). Oysa, 2025 yılına kadar su çekimlerinin gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde sırasıyla %50 ve %18 artması beklenmektedir (Flammini ve Puri, 2013). Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel birincil enerjiye katkısı 2019 yılında %11 olmuştur. Öte yandan, 2019 yılında yenilenebilir enerjilerin küresel elektrik üretimine katkısı %27 iken, hidroelektrik enerji tek başına elektrik üretimine %16 katkı sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, dünya için temiz ve güvenli enerji üretiminde büyük rol oynamaya devam edecektir. Buna ek olarak, önümüzdeki on yıllarda küresel enerji sistemlerinin karbondan arındırılmasına da katkıda bulunacaklardır (Ritchie ve Roser, 2020).

Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu'nun (SDS) küresel enerji talebinin yarısını yenilenebilir kaynaklardan karşılama payını gerçekleştirmek için enerji üretiminde yenilenebilir enerji yüzdesinin önemli ölçüde artması beklenmektedir (IEA,2019).

Küresel enerji tedarikinin yarısına katkıda bulunan yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmak için etkili talep yönetimi ile arz tarafında iyileştirme gereklidir. Yenilenebilir kaynaklar prensipte tüketim de diğer sektörler ve çevre üzerinde olumsuz dışsallıklar ortaya çıkabilir. Örneğin, biyoyakıt üretiminde ve bir dereceye kadar hidroelektrik üretiminde üretilen enerji birimi başına su talebi, fosil yakıtlara kıyasla daha yüksektir (Hoff, 2011). Bu yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde tüketilen su, başka sektörlerde de değerlendirilebilir.

3.4 WEF Nexus Etkileşimi

3.4.1 Enerji için su

Fosil yakıtların çıkarılması, işlenmesi, madenciligi ve rafine edilmesi için de su gereklidir. Ayrıca su, elektrik santrallerinin soğutulması ile biyoyakıt ve elektrik üretiminde önemli bir rol oynamaktadır (Hoff, 2011). Su ve enerjinin ayrılmaz bir şekilde birbirine bağımlılığı nedeniyle, bir sektördeki sorun diğer sektör için de sorun yaratabilir.



IEA (2019)'a göre, enerji sektörünün küresel su çekimi, tüm su çekimlerinin %10'unu oluştururken, gelişmiş ülkelerde enerji için su çekimi, toplam su çekimlerinin %42'sini oluşturmaktadır. Ancak, alınan suyun sadece küçük bir kısmı tüketilirken geri kalanı çevreye geri döner.

Konvansiyonel kaynaklardan konvansiyonel olmayan kaynaklara, özellikle de yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak biyoyakıt üretimine kaydırıldığında, su kullanım verimliliği azalır. Tüketilen suyun türü ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir; bazı ülkelerde biyoyakıt üretimi için yeşil su tüketilirken, bazı ülkelerde mavi su kullanılmaktadır (Hoff, 2011).

Biyoyakıt üretimi önemli miktarda su tüketir. Diğer enerji türlerinin suya olan talebi düşerken, biyoyakıtın su talebi üç kattan fazladır (2016'da 14,5 Milyar Metre küp (MMK)'ten 2030'da 45 milyar MMK'e) (Şekil 1). Biyoyakıtlar, diğer bağlantı aktörleri ile verimli bir şekilde yönetilmezse, su miktarı üzerinde çok büyük bir etkiye sahip olabilir. Biyoyakıt üretiminde tüketilen suyun türü önemlidir. Örneğin, biyoyakıt üretimi için yeşil su ve gri su tüketimi, mavi su kullanımına kıyasla su miktarı üzerinde daha az etkiye sahiptir.

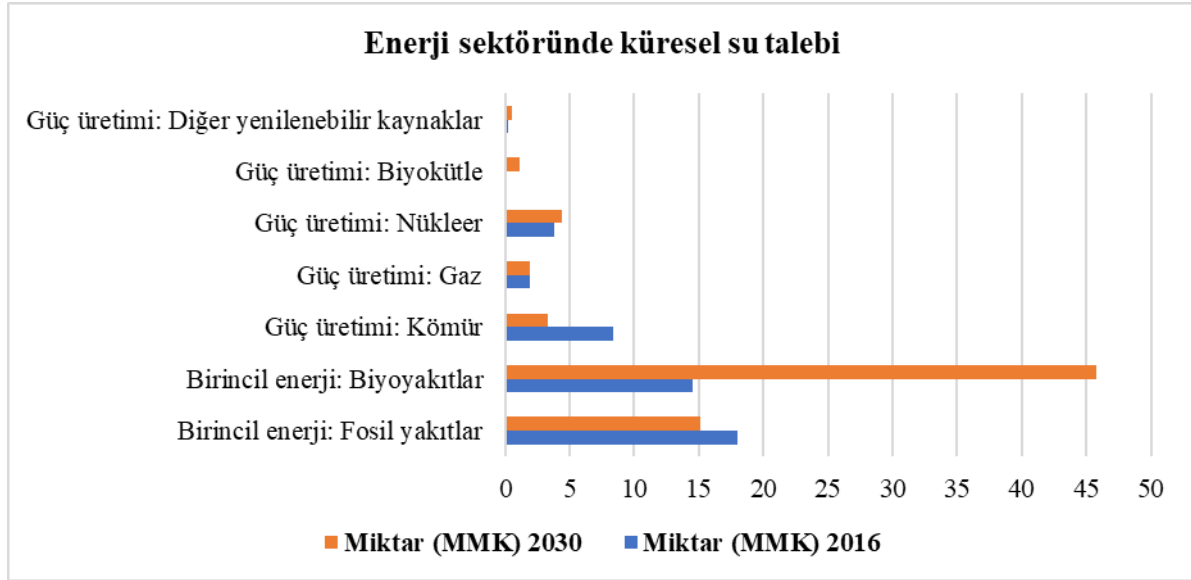
3.4.1.1 Hidroelektrik Enerji Üretimi

Hidroelektrik, elektriğin %16'sini ve küresel yenilenebilir enerjinin %59'unu üretir (Our World in Data, 2020). Hidroelektrik, karbonun çevreye salınımının neden olduğu küresel ısınmanın azaltılmasına katkıda bulunabilecek bir yenilenebilir enerji şeklidir ve çok sayıda başka yönü vardır. Enerji üretmek ve suyu başka bir kullanım için depolamak ve korumak gibi ikili bir amacı vardır.

Ancak hidroelektrik, ciddi çevre sorunlarına ve jeopolitik kaygılara neden olabilir (Fette et al., 2007). Hidroelektrikten enerji üretiminin su miktarı üzerinde çok az etkisi vardır, ancak mevsimsel su akışını değiştirebilir.

Hoff'a (2011)'e göre, enerji sektöründe su tüketiminin verimliliği şu yollarla artırılabilir:

- Elektrik üretmek için tek bir amaç için kullanılanlar yerine çok amaçlı su depoları inşa etmek.
- Enerji üretimi için marjinal suyun (örneğin acı su) kullanılması sektörteki tatlı su talebini azaltabilir.
- Az su gerektiren güneş enerjisinin geliştirilmesi, temiz enerjinin sağlanmasına yardımcı olabilir.
- İnşa edilmiş sulak alanlardaki fazla suyun artırılması yoluyla petrol ve doğal gaz çıkarımda ortak su üretimi, daha su verimli bir teknik olabilir.



Şekil 1: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu (2016 ve 2030'da çeşitli enerji türlerine göre enerji sektöründe küresel su tüketimi) (Kaynak: IEA, 2020)

3.4.2 Su için enerji

Wakeel et al., (2016)'ya göre su için enerji, su sektörlerinin bina, işleyiş ve bakım aşamalarında kullanılan enerjii ifade etmektedir. Su ve enerji ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. Su sektöründe su arıtma, taşıma, pompalama ve tuzdan arındırma için enerji gereklidir (Larsen ve Drews, 2019). Tuzdan arındırılmış su ve geri dönüştürülmüş atık su gibi geleneksel olmayan su kaynaklarında enerji kullanımı, geleneksel su kaynaklarına kıyasla yüksektir. Sulama için toplam tüketilen su kullanımının neredeyse yarısına katkıda bulunan yeraltı suyu, yüzey suyu sulamasından daha fazla enerji yoğunudur (Hoff, 2011).

Ayrıca suyun dağıtımı ve arıtılmasının küresel elektrik tüketiminin %7'sini oluşturduğu belirtilmektedir (Yang et al.,2010).

Ayrıca su hem tüketiminden önce hem de tüketiminden sonra enerji gerektirir. Tüketimden önce, çıkarma, arıtma, dağıtım ve tüketimden sonra suyun arıtılması ve geri dönüştürülmesi önemli miktarda enerji gerektirir (Bazilian et al., 2011).

Su için enerji gereksinimi çeşitli kaynaklara göre değişir. 1 m³ deniz suyunun tuzdan arındırılması için 2,58-8,5 kWh/m³ enerji gerekirken, 1 m³ göl veya nehir suyu için enerji gereksinimi 0,37 kWh/m³'tür. Çizelge 1'de çeşitli su kaynakları ve enerji talepleri karşılaştırılmaktadır.



Çizelge 1. Farklı kaynaklardan insan kullanımı için 1 m³ temiz su üretmek için gereken enerji miktarı

Kaynak	Miktar
Deniz suyu	2.58-8.5 kWh/m ³
Atık suyun yeniden kullanımı	1.0-2.5 kWh/m ³
Atık su arıtımı	0.62-0.87 kWh/m ³
Yeraltı suyu	0.48 kWh/m ³
Göl veya Nehir	0.37 kWh/m ³

Kaynak: Sürdürülebilir Kalkınma Dünya İş Konseyi (WBCSD), 2009.

3.4.3 Tarım ve gıda için su

Tarım, küresel tatlı su çekimlerinin %70'inden fazlasını oluşturan en büyük tatlı su tüketicisidir. Su; sulama, ormancılık, balıkçılık ve farklı enerji türlerinin üretimi ve taşınması için kullanılır. Tarımsal gıda tedarik zincirinin tamamında da su gereklidir (FAO,2011b). Hoff (2011), genel olarak bir kalori gıda enerjisi üretmek için ortalama olarak bir litre su gerektiğini ifade etmektedir.

Tarımda su tüketiminin verimliliğinin artırılması, küresel gıda talebinin karşılanmasına yardımcı olabilecektir (Postel, 1998). Su, küresel gıda üretimi için kritik öneme sahip olduğundan, suyun verimli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Artan dünya nüfusu, artan gıda fiyatları, iklim değişikliği ve biyoyakıt üretimi gibi faktörler, BM'nin bin yıllık dünya yoksulluğunu 2015 yılına kadar yarı yarıya azaltma hedefinin gerçekleşmesini engellemiştir.

3.4.4 Gıda için enerji

Gıda üretimi ve tarımsal gıda tedarik zinciri, küresel enerji kullanımının %30'unu oluşturmaktadır. Enerji, tarımda doğrudan tarım makineleri için yakıt ve elektrik olarak ve dolaylı olarak gübre ve diğer kimyasallar gibi çiftlik girdilerinin üretiminde kullanılmaktadır. Tarımsal gıda tedarik zinciri ayrıca gıda taşımacılığı, dağıtım, soğutma ve ısıtma açısından da enerji tüketmektedir (FAO,2011).

Son elli yılda, gübre tüketimi önemli ölçüde artmıştır. Potasyum ve fosfor gibi diğer gübrelere göre ton başına 10 kat daha fazla enerji gerektiren azotlu gübre, enerji girdisi olarak en çok kullanılan gübredir. Azotlu gübreler genellikle yüksek verimli mahsuller için tarım işletmelerinde kullanılan enerji kullanımının %55-65'ini oluşturur (Khan and Hanjra, 2009).



3.4.5 Enerji için gıda

Biyoyakıtlar, küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilecek bir yenilenebilir enerji türüdür. Bununla birlikte, biyoyakıt üretimi, su ve toprak talebi açısından gıda üretimi ile rekabet etmektedir. Ancak bu, kullanılan su tipine (marjinal veya tatlı su) ve kullanılan arazi tipine (marjinal veya ekili arazi) bağlıdır.

Biyoyakıtların su talebinin üretimi, işlenmesi ve dağıtımı, enerji birimi başına petrol ve doğal gazdan 500 kat daha fazla olduğu için su üzerinde derin bir etkisi olabilir (Liu et. al 2018).

Hoff (2011)'de belirtildiği gibi genel bir kural olarak, 1 litre sıvı biyoyakıt üretmek için yaklaşık olarak bir kişi için bir günlük yiyecek üretmek için gerekli olan su miktarına ihtiyaç vardır.

Biyoyakıt piyasalarının, temel gıda ürünlerinin, özellikle mısırın, gıda olarak doğrudan tüketimi açısından tahıl mevcudiyetini ve hayvansal ürünlerin üretimi için gerekli yem olarak kullanımı açısından da yem arzını tehlikeye atma riski bulunmaktadır. Biyoyakıtlara olan talebin yüksek kalması beklendiğinden ve öngörülebilir gelecekte gıda mahsulleri tarafından karşılanacağından, bu; tropikal ormanlar ve sulak alanlar dahil olmak üzere biyolojik çeşitliliğe sahip alanların tarımsal üretimden çekilmesiyle sonuçlanabilir (Tirado et.al, 2010).

Tarım dışı arazilerde yağmurla beslenen biyoyakıt üretiminin avantajları olabilir, ancak ekosistem bütünlüğünün ve biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi olası takasları ve araziyi karbon depolamak için kullanmak gibi alternatifleri göz önünde bulundurmaktır önemlidir (Liu et al., 2018).



4. Sonuç

Sosyo-ekonomik kalkınmanın yanı sıra açlığın azaltılması ve gıda güvenliğinin sağlanması için gerekli kaynaklar olan su, enerji ve toprak; iklim değişikliği, nüfus artışı ve kontrolsüz ekonomik kalkınma gibi küresel eğilimler nedeniyle baskı altındadır. Karar vericiler, kaynakları sürdürülebilir bir şekilde yöneten en iyi seçeneği belirlemelerine ve farklı geliştirme ve yönetim seçenekleri arasındaki ödünleşimleri, çatışmaları ve sinerjileri anlamalarına yardımcı olacak karmaşık araçlara ihtiyaç duymaktadır (Flammini ve Puri, 2013).

Nüfus artışı, ekonomik gelişme, iklim değişikliği, kentleşme, artan kaynak kıtlığı ve bozulma ile gelişmekte olan ekonomilerin değişen beslenme tercihleri nedeniyle, önümüzdeki yıllarda su, enerji ve gıda talebinde önemli bir artış olacağı tahmin edilmektedir (Hoff, 2011).

Nüfusun daha kaliteli ve besleyici gıda talebi nedeniyle 2050'de küresel gıda üretiminin %60 artması gerekecek; bu durum da su ve enerji talebini önemli ölçüde artıracaktır. Bugün karşılaşılan sorunlar birbiriyle bağlantılı olmasına ve bu sorunların çözümü için bütüncül bir yaklaşım gerektirmesine rağmen bir sorunu diğerlerini hesaba katmadan çözmek, diğer sorunları daha da kötüleştirmektedir.

Su-enerji-gıda bağlantısı yaklaşımı, sırasıyla sıfır açlık (2), temiz su ve sanitasyon (6), erişilebilir temiz enerjiyi (7) amaçlayan Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH) ulaşılmasına doğrudan katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, ödünleşimleri en aza indirerek, sinerjileri teşvik ederek; su, gıda ve enerji sektörlerinin ötesinde kademeli etkiler yaratarak tüm SKH'lere dolaylı olarak katkıda bulunulabilir (Liu et.al, 2018).

Nexus yaklaşımları etkin bir şekilde uygulanırsa, bütünleşmiş planlama, yönetim ve yönetimi teşvik etme ve ortaya çıkan olumsuz dışsallıkları azaltma potansiyeline sahiptir. Takasları ve çatışmaları en aza indirmek; su, enerji ve gıda arasında sinerjiyi teşvik etmek için öneriler aşağıdadır:

- Sektörler arası politikalar uyumlu hale getirilmelidir. Sektörler arası çatışmaları en aza indirmek, sinerjileri en üst düzeye çıkarmak ve bir sistem yaklaşımı kullanarak politika hedeflerine ulaşmak için, üç sektörün politikalarının karşılıklı bağımlılıkları dikkate alınarak uyumlaştırılması gerekmektedir.



- Sektörel hedeflere ulaşmada kullanılan politika stratejileri ve araçlarını, birbirini güçlendiren strateji ve araçların sistematik olarak teşvik edilmesini sağlamak ve kaynak için rekabet eden talepleri karşılamak için politika çatışmalarını çözmek için uyumlu hale getirilmelidir (Rasul ve Sharma 2016).
 - Nexus yaklaşımında sadece bir sektörden değil, üç sektörden de uzmanlık gereklidir. Farklı sektörlerden uzmanların koordinasyon ve uyumunun sağlanması da önemlidir. Örneğin, su-enerji-gıda bağlantısına ilişkin çalışmalar ve araştırmalar, bu sektörlerden uzmanlığa ve bunların koordinasyonuna ihtiyaç duyar (Liu et.al, 2018).
 - Silo düşüncesi ve yerleşik çıkarlar ortadan kaldırılmalıdır. Gıda, su ve enerji arasındaki önemli bağlantılara rağmen, uygulayıcılar ve politika yapıcılar ilgili bakanlıkların kalkınma programlarını ve politikalarını 'silo' yaklaşımıyla incelemeye devam etmektedir.
 - Gıda, enerji ve su güvenliğini iyileştirmek için, politika yapıcıların farkındalıklarını artırmak ve bakanlıklar, kamu kuruluşları, sivil toplum ve özel sektör arasında politika oluşturma ve yürütmeye daha iyi bir iş birliğini teşvik etmek için politika ve uygulamalar geliştirilmeli ve teşvik edilmelidir.
 - Çeşitli ölçeklerde üç sektör arasındaki dinamikleri ve bağlantıları anlamak için kurumsal kapasite oluşturmak ve aynı zamanda bağlantı görüşünü planlama ve uygulamaya dahil etmek, karşılıklı olarak destekleyici politikaları desteklemek ve çoklu hedeflere ulaşmak için kritik öneme sahiptir.
 - Üç sektördeki kilit aktörler arasındaki tartışmaları teşvik etmek de hayati önem taşımaktadır.
- Görüldüğü gibi tek tek bileşenler olarak dahi birçok sorunu aşılmamış durumda olan su, enerji ve gıdayı (başka bir deyişle tarımı) aralarındaki ilişki ve etkileşimleri dikkate alarak çalışmak teoride dahi çok kolay değilken, uygulamada çok daha zordur. Ancak, günümüzün yerel koşulları ve küresel sorunları bağlamında da başka bir çare bulunmamaktadır. Hem araştırma hem uygulama açısından bu konuların öncelikli alanlar kapsamına alınması ve buna yönelik politikaların geliştirilmesi ve küçük ölçekli örnek uygulamalarla başlanması gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Albrecht, T. R., Crootof, A., & Scott, C. A. (2018). The Water-Energy-Food Nexus: A systematic review of methods for nexus assessment. *Environmental Research Letters*, 13(4), 043002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa9c6>
- Alessandro Flammini, Manas Puri, L. P. O. D. (2013). ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT WORKING PAPER in the Context of the Sustainable Energy for All Initiative Walking the Nexus Talk: Assessing the Water-Energy-Food Nexus. <http://www.fao.org/3/a-i3959e.pdf>
- Allan, T., Keulertz, M., & Woertz, E. (2015). The water–food–energy nexus: an introduction to nexus concepts and some conceptual and operational problems. *International Journal of Water Resources Development*, 31(3), 301–311. <https://doi.org/10.1080/07900627.2015.1029118>
- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R. S. J., & Yumkella, K. K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 39(12), 7896–7906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>
- Endo, A., Tsurita, I., Burnett, K., & Orenco, P. M. (2017). A review of the current state of research on the water, energy, and food nexus. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 11, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.010>
- FAO, 2014. The Water–Energy–Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO. 2011a. The state of the world’s land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and London, Earthscan.
- FAO. 2011b. Energy-smart food for people and climate. Issue Paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. 2019. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO.
- FAO.2020. AQUASTAT FAO's Global Information System on Water and Agriculture [Online]. Available at <http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use> (Erişim tarihi: 12/09/2021).
- Fette, M., Weber, C., Peter, A. et al. Hydropower production and river rehabilitation: A case study on an alpine river. *Environ Model Assess* 12, 257–267 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10666-006-9061-7>
- Hannah Ritchie and Max Roser (2020) - "Renewable Energy". Published online at OurWorldInData.org. Erişim: <https://ourworldindata.org/renewable-energy> [Online Resource]
- Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Background paper for the Bonn2011 Nexus Conference: Stockholm Environment Institute, November, 1–52.
- Hoogeveen, J. (2015). Consumptive use of water in agriculture, industry and households. E-Mail communication on 5 March 2015.



- IEA (2020): World Energy Outlook 2020, International Energy Agency
- IEA. (2019). Report Extract Access to Electricity. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-electricity>
- IEA. (2020) Global water consumption in the energy sector by fuel type in the Sustainable Development Scenario, 2016-2030, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-water-consumption-in-the-energy-sector-by-fuel-type-in-the-sustainable-development-scenario-2016-2030>
- IEA. 2010. World Energy Outlook 2010. Paris: OECD/ International Energy Agency.
- Khan, S., & Hanjra, M. A. (2009). Footprints of water and energy inputs in food production – Global perspectives. *Food Policy*, 34(2), 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.09.001>
- Larsen, M. A. D., & Drews, M. (2019). Water use in electricity generation for water-energy nexus analyses: The European case. *Science of the Total Environment*, 651, 2044–2058. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.045>
- Lingbo Yang, Siyu Zeng, Jining Chen, Miao He, Wan Yang; Operational energy performance assessment system of municipal wastewater treatment plants. *Water Sci Technol* 1 September 2010; 62 (6): 1361–1370. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2010.394>
- Liu, J., Hull, V., Godfray, H. C. J., Tilman, D., Gleick, P., Hoff, H., Pahl-Wostl, C., Xu, Z., Chung, M. G., Sun, J., & Li, S. (2018). Nexus approaches to global sustainable development. *Nature Sustainability*, 1(9), 466–476. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0135-8>
- M.C. Tirado, M.J. Cohen, N. Aberman, J. Meerman, B. Thompson, Addressing the challenges of climate change and biofuel production for food and nutrition security, *Food Research International*, Volume 43, Issue 7, 2010, Pages 1729-1744, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.001>
- Nexus, CAMBRIDGE DICTIONARY, <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/nexus> (Son erişim tarihi: 10.09.2021)
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), 2011. Environmental Outlook to 2050. OECD, Paris.
- Our World in Data, 2020. <https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-hydro?tab=chart&time=1985...2020>. Son erişim tarihi: 10.09.2021.
- Postel, S. (1998). Water for Food Production: Will There Be Enough in 2025? *Bioscience*, 48(8), 629-637. doi:10.2307/1313422.
- Rasul, G., & Sharma, B. (2016). The nexus approach to water–energy–food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy*, 16(6), 682–702. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1029865>
- Ringler, C., Bhaduri, A., & Lawford, R. (2013). The nexus across water, energy, land and food (WELF): Potential for improved resource use efficiency? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 617–624. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.002>
- Simpson, G. B., & Jewitt, G. P. W. (2019). The development of the water-energy-food nexus as a framework for achieving resource security: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 7(FEB). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00008>



- Wakeel, M., Chen, B., Hayat, T., Alsaedi, A., & Ahmad, B. (2016). Energy consumption for water use cycles in different countries: A review. In *Applied Energy* (Vol. 178, pp. 868–885). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.114>
- Waseem Ahmad Qureshi, An evaluation of the Water-Energy-Food Nexus and its alignment with the Sustainable Development Goals, 9 PENN. ST. J.L. & INT'L AFF. 58 (2021).
- WHO. (2019). Fact sheet of drinking water. Erişim <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- World Business Council on Sustainable Development (WBCSD), *Water, Energy and Climate Change: A Contribution from the Business Community*, World Business Council on Sustainable Development (WBCSD), Chemin de Conches 4, 1231 Conches-Geneva, Switzerland, March 2009.
- World Population Prospects, 2019. United Nations, Dept of Economic and Social Affairs. 2019.
- Zhang, C., Chen, X., Li, Y., Ding, W., & Fu, G. (2018). Water-energy-food nexus: Concepts, questions and methodologies. *Journal of Cleaner Production*, 195, 625–639. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.194>