

# Biyoekonomi, Döngüsel Ekonomi ve Döngüsel Biyoekonomi

Mehmet Levent KURNAZ [ *Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, İklim Değişikliği ve Politikaları Merkezi  
Özgün Biyoekonomi Kaynakları Mükemmeliyet Merkezi, Gebze Teknik Eğitim Araştırma Vakfı & Gebze Teknik Üniversitesi*

Işıl AKSAN KURNAZ [ *Gebze Teknik Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü  
Özgün Biyoekonomi Kaynakları Mükemmeliyet Merkezi, Gebze Teknik Eğitim Araştırma Vakfı & Gebze Teknik Üniversitesi*



**G**itgide kalabalıklaşan dünyamız, artık hepimizi besleyip barındıramıyor. Kaynaklar azalıp tükendikçe, kaynakların etkin kullanımı veya onların yerine geçebilecek alternatifler gibi farklı stratejiler geliştirilmeye çalışılıyor. Nitekim, Birleşmiş Milletlerin belirlediği Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (<https://sdgs.un.org/goals>) tam da bu sorunla mücadele etmek için kurgulandı. Gün geçtikçe artan kaynak sıkıntısıyla baş edebilmek için geliştirilen yöntemler arasında dögüsel ekonomi ve biyoekonomi kavramları ile tanımlanan stratejiler bulunuyor. O zaman öncelikle gelin bu kavramları tanımlayalım.

Geleneksel endüstriyel üretim ve tüketimimiz doğrusaldır. Bu sistemlerde doğadaki ham maddeler alınır, işlenir, ürüne dönüştürülür, tüketici tarafından satın alınarak kullanılır veya tüketilir, son olarak da artık ya da atıklar çöpe atılır. Kaynakların sınırsız olduğu ve atıkların sihirle yok olacağı bir sistemde yaşıyor olsak bu şekilde sonsuza kadar devam edilebilirdi ancak içinde yaşadığımız gerçeklikte kaynaklarımız kısıtlı, artık veya atıklar ise hem çevreye zarar verebiliyor hem de zaten az olan kaynakları hızla tükettiğimizi gösteriyor. Son yıllarda oldukça popüler olan “Sıfır Atık” projeleri, bu doğrusal gidişatın sonundaki atıkları mümkün olduğu kadar geri dönüştürerek aynı ya da başka ürünler için girdi olarak kullanmayı ve bu şekilde doğrusallığı bir miktar “dögüsellğe” yaklaştırmayı



hedefliyor. Ancak bu stratejiler tam anlamıyla dögüsellik sağlayamıyor, dolayısıyla da tek başlarına yeterli olamıyor.

Avrupa Çevre Ajansının tanımlamasına göre dögüsel ekonomi, “hem yenilenebilir veya geri dönüştürülebilir kaynakların oranını artırmaya hem de hammadde ve enerjinin tüketimini azaltmaya çalışırken bir taraftan da emisyonları azaltıp malzeme kaybını minimize eden” ve bunun yanında ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerlerini mümkün olduğunca uzun süre korumayı hedefleyen yaklaşımlardır. Dögüsel ekonominin temel yapı taşları arasında, doğadan elde edilen ham maddelerin en

aza indirilmesi, bunun yerine kaynakların dögüsel sistem içinde kurgulanarak yeniden kullanımı, yenilenecek değerlendirilmesi ve yeniden dağıtımı bulunuyor. Böylelikle dögü dışına atık çıkışının mümkün olduğunca azaltılması hedefleniyor. Dögüsel ekonominin temel yapı taşları, onları karşılayan İngilizce kelimelerin ilk harfleri nedeniyle 4R olarak biliniyor: azalt (reduce), yeniden kullan (reuse), geri dönüştür (recycle) ve geri kazan (recovery; özellikle enerji konusunda).

Biyoekonomi ise dögüsel ekonomi ile ilişkili ancak onun ötesinde bir kavram. Avrupa Birliğine göre biyoekonomi, “yenilenebilir biyolojik kaynakların



geliştirilmesi, bu kaynakların ve onlardan ortaya çıkan atıkların gıda, yem, biyo-bazlı ürünler ve biyoenerji gibi katma değerli ürünlere dönüştürülmesi”dir. Her ne kadar sürdürülebilir bir dünya için örtüşen noktaları ve hedefleri olsa da temelde döngüsel ekonomi ile biyoekonomi farklı kavramlardır. Döngüsel ekonomi neredeyse tüm sektörlerle hitap eder, örneğin fosil yakıtların kullanımını azaltmak için mevcut kaynakların yeniden kullanımı gibi stratejilere odaklanır. Oysa biyoekonomi aynı soruna farklı bir açıdan yaklaşır ve fosil yakıtlara alternatif olarak biyodizel gibi yenilenebilir biyolojik kaynaklı ürünlerin geliştirilmesine odaklanır. Biyoekonomi ayrıca düşük karbonlu girdiler, sürdürülebilir tedarik zincirleri ve yenilebilir biyokaynaklar kullanılarak yüksek katma değerli biyobazlı ürünler için ileri teknolojilerin geliştirilmesi gibi kavramları da içerir.

Biyoekonomi, doğası gereği zaten büyük ölçüde döngüsel; bununla birlikte iki kavramın birleşiminden ortaya çıkan döngüsel biyoekonomi kavramı ise biyoçeşitliliği korumayı ve dayanıklı ekosistemler ile biyolojik kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesini hedefler. Avrupa Komisyonuna göre döngüsel biyoekonomi, doğal kaynaklara bağımlılığın azaltılması, üretimin dönüştürülmesi, kara ve deniz biyokütellerinden yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir bir şekilde üretilmesinin teşvik edilmesidir.



Gıda güvenliği açısından olduğu kadar gelecekteki biyobazlı endüstriler açısından da son derece önemli bir yeri olan biyokütellerin devamlılığını sağlamak hepimizin görevi. Biyokütellerin tıbbi bitki ve ilaç sektörü ile gıda sektörleri başta olmak üzere pek çok endüstriyel sektör tarafından hızla tüketilmesi, bizlerin ve çocuklarımızın geleceğini tehdit ediyor. Bu açıdan mevcut doğrusal ekonomi sistemlerinin hızlı şekilde döngüsel ekonomi ve döngüsel biyoekonomiye dönüştürülmesine yönelik yatırımların yapılması gerekiyor.

Biyoteknoloji yatırımları da biyoekonomilerin olmazsa olmazı. Bunlardan biri olan biyorafinerilerde yenilenebilir biyolojik kaynaklar

ve biyo-bazlı süreçlerden faydalanılarak birden fazla biyo-bazlı ürün üretilmesi hedeflenir. Bu yüzden, biyorafineriler fosil-bazlı ekonomilerden biyoekonomilere dönüşüm süreci açısından son derece önemli. Mevcut hâliyle tarım ve endüstri kaynaklılar da dâhil olmak üzere çeşitli organik atıklar, hayvansal atıklar ve belediye katı atıkları biyorafinerilerde kullanılır ve bunlardan gerek enerji gerekse katma değerli biyo-bazlı ürünler elde edilir. Döngüsel biyoekonomi ve sürdürülebilirlik açısından gerek atıkların sağlıklı ve güvenli bir şekilde geri kazanılması gerekse yenilenebilir biyokütellerin etkili ve verimli kullanımı da önemlidir. İkinci nesil biyorafinerilerde ham madde olarak özellikle lignoselülozik



biyokütle kullanılarak etilen glikol, biyoetanol, laktik asit ve benzeri pek çok ürün eş zamanlı olarak üretilebilir. Üçüncü nesil biyorafinerilerde ise mikroyosunlar kullanılarak yüksek katma değerli ürünler elde etmek hedeflenir. Dördüncü nesil biyorafinerilerin ise metabolik olarak iyileştirilmiş yenilikçi biyokütllerle çalışma prensibi kapsamında geliştirilmesi planlanıyor. Özellikle üçüncü ve dördüncü nesil biyorafinerilerde yatırım ve Ar-Ge maliyeti doğal olarak yüksek olsa da sürdürülebilirlik, yüksek verim, negatif karbon çıktısı ve ürün çeşitliliği gibi değişkenler açısından bu yeni teknolojiler kritik öneme sahiptir.

Tam anlamıyla dögüsel biyoekonomi sistemleri, tümüyle biyobazlı olan bir “dögüsel karbon ekonomisi” olarak özetlenebilir. Bu da sıfır emisyon hedefini gerçekleştirecek şekilde atmosfere salınan karbonun sadece doğal bitki örtüsü ile değil, biyoteknolojik ve benzeri stratejilerle tutulmasının sağlanması demek. Dögüsel biyoekonominin sağlanması için mevcut ekonomik sistemlerin tümüyle yeniden kurgulanması; örneğin sektörler arasında biyokütlenin kullanımı, geri dönüştürülmesi, yeniden kazanımı, eşzamanlı ürün elde edilmesi gibi konularda ortaklıklar kurulması önerilir. Bunun yanında, kara, deniz ve ormanların kullanımının yerel, ulusal ve bölgesel bazda ve değişen iklim koşullarına göre yeniden planlanması da gerekir.



Ancak biyoekonominin temel sistem yapısına bakıldığında biyolojik kaynakların önemli bir kısmının beslenme amaçlı kullanıldığı görülür. Bu da özellikle bu besinlerin yetiştirildiği ortamlardan, yani çoğunlukla topraktan her geçen gün daha fazla besleyici maddelerin alınması anlamına geliyor. Tarıma ilk başladığımız dönemlerde besin üretilen bölge ile besinin tüketildiği bölge arasındaki fiziki uzaklık az olduğundan topraktan aldığımız maddeleri toprağa geri döndürmemiz çok da zor olmuyordu. Bugünün yaşantısında ise Orta Amerika’da yetişen bir meyve, Vietnam’da paketlenerek Belçika’da satışa sunulabiliyor. Böylesi geniş tedarik zincirlerinin olduğu sistemlerde de topraktan aldıklarımızı toprağa geri verebilmek neredeyse imkânsızlaşıyor.

Ülkemiz gibi tarımın binlerce yıldır düzenli biçimde topraktan besin emdiği bir bölgede toprağı verimli kılmak ancak suni kimyasal yöntemlerle mümkün olabiliyor. Ancak bu suni kimyasal yöntemler hem azot başta olmak üzere oldukça fazla miktarda element ve minerale ihtiyaç duyuyor hem de büyük miktarda enerji tüketiyor. Bu koşullar altında hem enerji tüketimini hem de ham madde kullanımını dikkate aldığımızda ise sürdürülebilir ve dögüsel bir tarım sisteminin bugün için gerçekleştirilebilir olduğunu düşünebiliriz ancak böyle bir üretim şekli günümüzde neredeyse 8 milyara ulaşan dünya nüfusunu beslemeye yeterli olmayabilir. Bunun arkasında yatan önemli sebeplerden biri de sıkça sözünü ettiğimiz Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları’na uygun olmayan gelişme yapısıdır. Yani, yeryüzünün





çeşitli noktalarındaki insanları beslemek için kendi besinlerini yetiştirmelerine yardımcı olacak teknik, tarımsal ve politik sistemler üretmek ve geliştirmek yerine; gelişmiş ülkelerde üretilen ürünlerin ihtiyaç duyan ülkelere ticaretinin sağlanması problemin çözümü olarak görülüyor. Oysa dögüsel biyoekonominin beslenme ile ilgili kısmında en önemli hususlardan biri her bölgenin kendisine yetecek biyolojik kaynakları üretebilmesidir. Eğer gıda üretiminde ve tüketiminde israfın önüne geçebilirsek bu yolda önemli bir adım atmış oluruz.

TÜİK verilerine göre, ülkemizde üretilen gıdanın en az yarısı besin hâline gelmeden atık ya da artık hâline geliyor. Dögüsel bir gıda sistemi kurabilmek için bu atık veya artıkların tümünün komposta dönüştürülerek toprakla buluşturulması gerekir. Ülke olarak dögüsel ekonominin temellerini benimsemek ve bu dögüsellüğün tarımsal boyutu üzerinde özellikle durmak son derece verimli olacaktır.

“Sıfır Atık” projelerinin temelinde, atık üretmemektense çıkan atıktan değer elde etme çabası bulunur. Bu bağlamda gıda atıklarının elektrik üretiminde kullanılmasının yanında, toprak üretiminde de değerlendirilerek tarıma geri kazandırılması gibi çalışmalar yapılabilir. “Sıfır Atık” projeleri ile birlikte “permakültür” gibi bütüncül ekolojik sistemleri üretmeye dayalı yaklaşımların yaygınlaştırılması, ülkemiz özelinde düşünürsek, binlerce yıldır süregelen



tarımsal faaliyetlerden yorgun düşmüş Anadolu toprağına destek sağlayabilir.

Dögüsel ekonomi konusunda ileride bulunan ülkelerde geri dönüşümün ne derece kıymetli olduğu ve ne kadar büyük bir ekonomik değer ortaya çıkardığı bilinir. Bu ülkeler artık klasik geri dönüşüm maddelerinin ötesinde, biyolojik atıkların da ekonomiye kazandırılması için önemli adımlar atıyor. Çöp yakma tesislerinde yakılan çöpler ne geri dönüştürülebilir ne de kompost sistemleri ile değerlendirilerek tarıma geri kazandırılması söz konusu olabilir. Bu sistemlerin ülkemizde de yaygın bir biçimde kullanılması, dögüsel biyoekonominin tarımsal ayağı olarak yaşamımıza değer kazandırabilir.

Avrupa Biyoekonomi Kümelenmeleri son on yıldır kaynak verimliliğine yönelik araştırmalar ile yenilikçi çalışmalarını destekliyor ve dögüsel biyoekonomi kavramına gittikçe

daha da önem veriyor. Buna rağmen hâlâ atık yönetimi ve geri dönüşüm konularına odaklanılması üzücüdür; en kısa zamanda dögüsel ürün üretim kurgusu, biyorafinerilerde ürün kaskatlaması (product cascading) gibi yenilikçi kavramlar öne çıkmalı ve etkin 4R uygulamaları başlatılmalıdır. Tüm bunlar kurgulanırken, özellikle yerel üretim-yerel kullanım konseptinin ön planda tutulması ve gelişmekte olan ülkelerin bu biyoekonomi dönüşümü için gerekli teknolojik altyapıya sahip olmaması durumunun da göz önünde bulundurulması önemlidir. Tüketim odaklı pazarlama stratejilerinin yerine “evladiyelik” üretim süreçlerine dönülmesi gerekir.

Bu aşamada hem üreticiler hem de tüketiciler bilinçlendirilmeli, gerekli yerel ve ulusal politikalar bu doğrultuda düzenlenmelidir. Dögüsel ekonomi ve dögüsel biyoekonomi ürünlerinin, yatırım maliyetleri göz önüne alındığında, piyasadaki mevcut ürünlerle rekabet



edebilir hâle gelmesi oldukça zordur. Bunun için toplumsal davranışlarımızın değişmesine ve kritik bazı mevzuat düzenlemelerine ihtiyaç vardır. Zira özellikle döngüsel biyoekonomi stratejilerinde pek çok sektörün radikal yatırım dönüşümlerine ihtiyaç duyması söz konusudur. Buna ek olarak biyoekonomi ürünleri yetiştirmek için değerlendirilecek arazinin çeşitlilikleri gözetilecek şekilde kurgulanması ve verimli kullanılması, biyoekonomi modellerinin standart olmayıp yerel önceliklere göre değişiklikler gösterecek şekilde düzenlenmesi gibi pek çok faktör de göz önüne alınmalıdır.



İnsan sağlığı açısından önemli biyoekonomi kaynaklarından biri de tıbbi ve aromatik bitkilerdir. İlaç ve kozmetik sektörü dünyanın çeşitli yerlerinde tıbbi açıdan önemli etken maddeler içeren biyoekonomi kaynaklarını kullanır. Dolayısıyla, artan nüfus ve sağlık problemleri karşısında bu kaynakların sürdürülebilirliği ciddi bir sorun olarak görülür. Firmaların ve insan sağlığının sürdürülebilirliği açısından önemli olmakla birlikte, bu alanda yapılan yatırımlarda gerek etken maddelerin çıkartıldığı bölgelerdeki biyoçeşitliliğin korunması, gerekse yerel halkın bu etken maddelerden kaynaklanan ekonomik gelirden faydalanması da göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer bir deyişle, çevresel sürdürülebilirlik, firmalar arası rekabetçilik, sinerji ve inovasyon kavramları gözden geçirilirken ilgili bölgenin ve bölge halkının sosyoekonomik sürdürülebilirliği de uzun vadede önem taşır. Özellikle endüstriyel açıdan ileri olan ülkeler ile biyoekonomi

kaynakları açısından zengin ülkeler arasında tüm ilgilileri mutlu edecek kazan-kazan stratejilerinin oluşturulması, BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları arasında da yer alan “barış” hedefi açısından son derece önemlidir. Kabul edilmesi gereken esas noktalardan biri bu amaçların birbirinden bağımsız ya da ayrı ayrı değil, birlikte başarılması gerektiğidir. Yani açlığı gidermeye çalışırken bir enerji kıtlığına yol açılmamalıdır. Bu amaçların birlikte başarılabilmesi ise ancak ve ancak döngüsellüğün hayatımızın her noktasına erişmesi ve yaşam düzenimizi buna göre oluşturabilmemiz ile mümkün olabilir.

Özetle, döngüsel ekonomi, biyoekonomi ve döngüsel biyoekonominin kesişim noktasında mutlaka yatırımların gerek ticari kârlılık ve insanlığa fayda gerekse yerel ekonomilere katkı gibi açılardan düşünülmesi ve kurgulanması gerekir. ■

## Kaynaklar

- Aksan Kurnaz I, Arsan ED, Kurnaz ML (2022). “Chap1, Circular Bioeconomy and Sustainability”, in *Biodegradable Waste Management in the Circular Economy: challenges and opportunities*, ed. Kacprzak M, Attard E et al, Wiley Pub, ISBN 978-1-119-67984-4
- Aksan Kurnaz I, Salman Ünver S (2020). *Biyoteknoloji Çağına Hoş Geldiniz!* ABA Publishing, Istanbul, Turkey. ISBN: 978-625-7718-05-9
- Aksan Kurnaz I, Salman Ünver S (2019). *Adım Adım Biyogirişimcilik: Biyoteknoloji girişimci ve yatırımlarına yol haritası*. Editors, ABA Publishing, Istanbul Turkey. ISBN: 978-605-69584-5-8
- Atabani AE, Tyagi VK, Fongaro G, Treichel H, Pugazhendhi A, Hoang AT (2022). Integrated biorefineries, circular bioeconomy, and valorization of organic waste streams with respect to bioproducts. *Biomass Conv Bioref* 12: 565
- Avrupa Çevre Ajansı EEA (2018). The circular economy and the bioeconomy: partners in sustainability. EEA Report No 8/2018 (<https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy>)
- Kurnaz ML, Kurnaz IA (2021). Commercialization of medicinal bioeconomy resources and sustainability. *Sust Chem Phar* 22: 100484
- Muscat A, de Olde EM, Ripoll-Bosch R, Van Zanten HHE, Metzger TAP, Termeer CJAM, van Ittersum MK, de Boer IJM (2021). Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food* 2: 561-566
- Pinales-Marquez CD, Rodriguez-Jasso RM, Araujo RG, Loredo-Trevino A, Nabarlaz D, Gullon B, Ruiz HA (2021). Circular bioeconomy and integrated biorefinery in the production of xylooligosaccharides from lignocellulosic biomass: a review. *Indust Crops Prod* 162: 113274
- Stegmann P, Londo M, Junginger M (2020). The circular bioeconomy: its elements and role in European bioeconomy clusters. *Res Conc Recyc* X6: 100029
- Tan ECD, Lamers P (2021). Circular bioeconomy concepts – a perspective. *Front Sust* 2: 701509
- Yücel G (2019). Sürdürülebilirlik yolunda biyoekonomi ve döngüsel ekonomi. *ekoIQ*, 11 Kasım 2019; <https://ekoIQ.com/2022/07/yesil-badana-ve-kirli-dunyasi/>