

Çevre Politikaları Işığında Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Sektörünün Mevcut Durumu

Aziz Dayanır¹

Özet

Biyoyakıtlar uzun süredir taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilir. Artan petrol fiyatları, petrol rezervlerinin kısa bir süre sonra bitecek olması, enerji arz güvenliğinin ülkelerce sağlanmaya çalışılması ve iklim değişikliği konusunun giderek önem kazanması dünyada biyoyakıt kullanımını yaygınlaştırmakta ve kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmanın amacı biyoyakıt sektörünün mevcut durumunu Avrupa Birliği özelinde inceleyip, biyoyakıt endüstrisinin gelecekteki durumunu öngörmektir. Sektörün mevcut durumunun daha iyi anlaşılması için biyodizel kullanımında lider olan Avrupa Birliği incelenmiştir. Avrupa Birliği çıkardığı 13 adet biyoyakıt sertifika programıyla çevre dostu olan ikinci nesil biyoyakıt üretimini desteklemektedir. Bu da ikinci nesil biyoyakıtın önemini arttırmaktadır çünkü ikinci nesil biyoyakıtın CO2 salınımı birinci nesil biyoyakıtta göre daha düşüktür. Ayrıca Avrupa Birliği geleceğe dönük olarak kara taşımacılığında kullanılan yakıtın belirli bir kısmını biyoyakıt ile sağlamaya yönelik hedefler belirlemekte ve ikinci nesil biyoyakıt kullanımını da bu hedeflerinin içine katmaktadır. İkinci nesil biyoyakıtın kullanımına yönelik hedefler ile ikinci nesil biyoyakıtın önemini arttırmıştır. Avrupa Birliği'ndeki son gelişmeler gösteriyor ki dünya biyoyakıt sektöründe biyoyakıt sertifika programları ve ikinci nesil biyoyakıt üretimi giderek önem kazanacaktır.

1. Giriş

Petrol rezervlerinin tükenmesi, küresel ısınma ile mücadeleye verilen önem artması ve enerji arz güvenliği nedenleriyle dünyada biyoyakıtların üretimi ve tüketimi giderek artmaya başlamıştır. Devlet destek programları ile biyoyakıt üretimi çok yüksek oranlara ulaşmıştır. Avrupa Birliğinde biyodizel üretimi 1980'lerde küçük ölçekliydi, ancak bugün AB biyodizel üretiminde

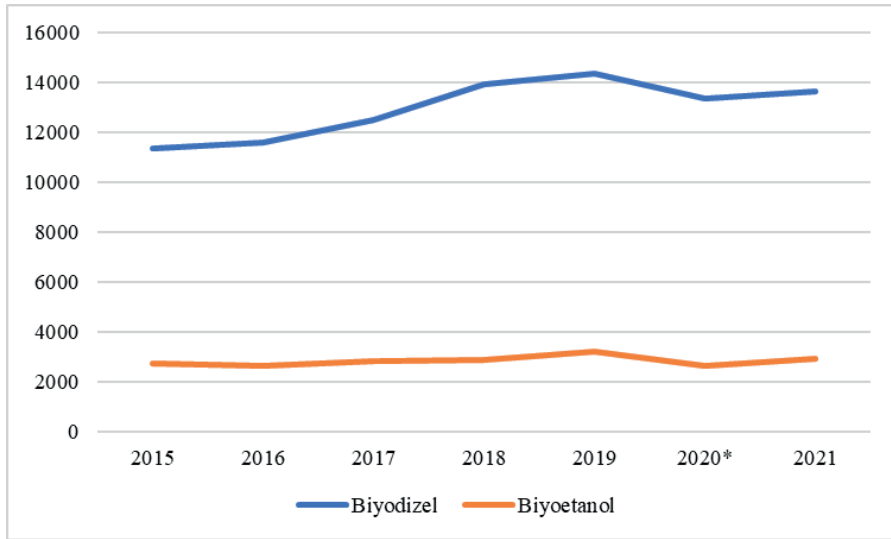
1 Arş. Gör. Dr., İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü
aziz.dayanir@istanbul.edu.tr 0000-0001-7279-1487

dünya lideri haline gelmiştir (Çemrek & Bayraç, 2020). AB'nin biyodizel alanındaki liderliğinden dolayı AB'deki gelişmeler küresel biyodizel sektöre ışık tutabilmektedir. Çalışmada Avrupa Birliği'nin biyoyakıt sektörünü ele alınmaktadır. AB biyoyakıt endüstrisinin tarihsel ve güncel durumu, gelişim süreci ve Avrupa biyoyakıt pazarı için gelecek projeksiyonları analiz edilecektir. Sektörün geçmiş ve mevcut durumu incelenerek gelecekteki potansiyel gelişmeler ortaya konulacaktır.

2. AB'de Biyoyakıtlar

Avrupa Birliği'nde (AB) 2000'li yılların başında biyoyakıt yaygın olarak kullanılmamaktadır. Avrupa Birliği'nin 2001 yılındaki biyoyakıt pazar payı sadece %0,3 civarındadır. O zamanki üye devletlerden sadece beşi biyoyakıt kullanımı konusunda önemli bir doğrudan deneyime sahiptir (European Commission, 2007).

Şekil 1. AB'de Ulaşım Sektöründe Kullanılan Biyoyakıt Miktarı (bin metrik ton eşdeğer petrol cinsinden)



Kaynak: EurObserv'ER (2022).

Şekil 1'de görüldüğü üzere 2015 ile 2021 yılları arasında Avrupa Birliği'ndeki toplam biyodizel tüketimi yaklaşık 2,3 milyon mt artmıştır. 2021 yılında AB'nin toplam biyoyakıt tüketimi 17 milyon mt'a ulaşmıştır ve bunun yaklaşık 13,6 milyon mt petrol eşdeğeri biyodizelden oluşmaktadır. AB'de üretilen ve tüketilen en yaygın biyoyakıt biyodizeldir.

Fransa ve Almanya AB'nin en büyük biyoyakıt tüketicisi olan iki ülkedir (Blanco Fonseca, 2010). AB'de etanol üretimi için birincil hammaddeler şeker pancarı, yemlik buğday, arpa ve bir miktar mısırdan oluşmaktadır. Avrupa biyodizel hammaddesinde kolza yağı hakimdir (Edwards vd., 2008). Avrupa Birliği'nde biyoyakıt kullanımının nedenleri arasında enerji arz güvenliğinin sağlanmaya çalışılması ve küresel ısınmaya karşı önlem alınması yer almaktadır. Avrupa Birliği'nde enerji ithalatına bağımlılık yüksektir. 2000 ve 2013 yılları arasında AB'nin enerji ithalatına bağımlılığı %46,6'dan %53,2'ye yükselmiştir. AB ülkelerinin petrol ürünlerine bağımlılığını incelediğimizde oran 2000'li yılların başında %75 ile 80 arasında seyretmektedir. Bu bağımlılık oranları 2000'li yıllar boyunca genel olarak artmıştır. 2013 yılında en yüksek bağımlılık %87,4'lik ithalat payıyla ham petrolde görülürken, %65,3 ile bunu doğal gaz ve %44,2 ile katı yakıtlar takip etmiştir. 2000 yılı ile karşılaştırıldığında, bağımlılık her üç kaynak için de artmıştır. İthalatın toplam enerji tüketimindeki payı 2008 yılında %54,7 ile zirve yaptıktan sonra, yıllık ortalama %0,6 gibi çok düşük bir oranla da olsa, takip eden beş yılda düşüş göstermiştir (European Commission, 2015). Enerji bağımlılığı, bir ekonominin kendi iç enerji talebini karşılamak için ne kadar ithalata bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu yüksek bağımlılık oranı Avrupa'nın enerji arz güvenliğini tehdit edecek kadar büyüktür. Bu nedenle AB'nin genel enerji kaynaklarına ve özellikle ham petrole olan bağımlılığı nedeniyle enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi gerekmektedir. Avrupa Birliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya çalışmış ve ham petrole olan yüksek bağımlılığı azaltmak için biyoyakıt üretimine başlamıştır. Enerji bağımlılığındaki artışın başlıca nedenleri, daha fazla yurt içi enerji talebi, doğal gaz ithalatının artan önemi ve Kuzey Denizi petrol ve doğal gaz üretimindeki düşüştür. Avrupa Birliği'ni yenilenebilir enerji kullanımına yönelten bir diğer neden de iklim değişikliğidir. AB'de karbondioksit emisyonlarını azaltmaya yönelik önlemler ve politikalar, karbondioksit emisyon oranını azaltmada etkili olmuş, ancak ulaştırma sektöründeki karbondioksit emisyonlarının artışını durduramamıştır. 1990 ve 2007 yılları arasında AB'de ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonları %36 oranında artarken, aynı dönemde diğer sektörlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları %15 oranında azalmıştır. Bu arada, iklim değişikliğinin azaltılması ulaştırma politikasının ve daha geniş kapsamlı AB politikasının merkezine taşınmıştır. AB, 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %80 ila %95 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Sonuç olarak, ulaştırma sektörünün emisyonlarını tahmini olarak %60 oranında azaltması gerekecektir (Blondel vd., 2011). Ulaşım, Avrupa'nın sera gazı emisyonlarının neredeyse dörtte birini temsil etmektedir ve şehirlerdeki hava kirliliğinin ana nedenidir.

Ulaştırma sektörü, AB ekonomisinde emisyonların hala 1990 seviyelerinin üzerinde olduğu sektörlerden biri olmaya devam etmektedir. Bu sektör içerisinde karayolu taşımacılığı, 2019 yılında taşımacılıktan kaynaklanan tüm sera gazı emisyonlarının %70'inden fazlasını oluşturarak açık ara en büyük emisyon kaynağı olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji politikasında, AB üyesi olmayan ülkelerden ithal edilen yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması, fosil yakıt kaynaklarından kaynaklanan emisyonların azaltılması ve enerji maliyetlerinin petrol fiyatlarından ayrıştırılması açısından önemli bir unsur olarak görülmektedir (EEA, 2016).

2.1. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Talebinde Artış

Ağırlıklı olarak biyoyakıt kullanımına dayanan yenilenebilir enerji tüketimindeki artış, ulusal düzeyde destek sistemlerinin yaygın bir şekilde uygulamaya konulmasını yansıtmaktadır. AB, yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak için çeşitli teşvikler kullanmıştır. Bunlar tarife garantisi, hibeler, vergi kredileri ve kota sistemleridir (European Commission, 2015). Bu destek sisteminin bir sonucu olarak AB'de yenilenebilir enerji kullanımı önemli ölçüde artmıştır. AB ayrıca biyoyakıt kullanım oranlarını belirlemek için direktifler yayınlamış ve bunları zorunlu hale getirmiştir. 2003 yılında Biyoyakıtlar Direktifi, 2005 yılına kadar araç yakıt arzının %2'sinin, 2010 yılına kadar ise %5,75'inin biyoyakıtlarla ikame edilmesi hedefini koymuştur. 2005'te de 2010'da bu hedeflere ulaşamamıştır. Bununla birlikte 2007 yılında AB'nin biyoyakıt hedefi, üretimin sürdürülebilir olması ve ikinci nesil teknolojilerin ticari olarak kullanılabilir olması koşulları altında 2020 yılına kadar %10 gibi iddialı bir seviyeye yükseltilmiştir (EEA, 2011b).

2.1.1. AB İklim ve Enerji Paketi

2009 yılında büyük bir politika paketi kabul edilmiş ve 20-20-20 hedefleri olarak bilinen bağlayıcı bir mevzuat haline gelmiştir. Bu 'iklim ve enerji paketi' 2020 yılı için aşağıdaki hedefleri içermektedir:

-AB sera gazı emisyonlarının 1990 seviyelerinin en az %20 altına düşürülmesi,

-AB brüt nihai enerji tüketiminin en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi,

-Taşımacılıkta nihai enerji tüketiminin en az %10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması,

- Enerji verimliliğinin artırılması yoluyla birincil enerji kullanımında öngörülen seviyelere kıyasla %20'lik bir azalma sağlanması.

Buna ek olarak, üye devletlerden ulusal yenilenebilir enerji planlarını hazırlamaları ve AB Komisyonuna sunmaları istenmektedir. 2009/28/EC sayılı Direktif, her üye devletin ulusal bir yenilenebilir enerji eylem planı kabul etmesini gerektirmektedir. Bu planlar, enerji verimliliğine ilişkin diğer politika önlemlerinin nihai enerji tüketimi üzerindeki etkilerini dikkate alarak, üye devletlerin 2020 yılında ulaştırma, elektrik ve ısıtma ve soğutmada tüketilen yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payına ilişkin ulusal hedeflerini ve yerel, bölgesel ve ulusal makamlar arasındaki iş birliği, planlanan istatistiksel transferler veya ortak projeler, mevcut biyokütle kaynaklarını geliştirmek ve farklı kullanımlar için yeni biyokütle kaynaklarını harekete geçirmek için ulusal politikalar olmak üzere ulusal hedeflere ulaşmak için alınacak yeterli önlemleri ortaya koyması beklenmektedir (European Commission, 2009).

Ulaşım sektöründe, 10 üye devlet (Belçika, Çekya, Yunanistan, İtalya, Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İsveç) ulaşımda öngörülenden daha fazla yenilenebilir enerji kullanarak planlanan 2010 paylarını aşmıştır. Estonya planlanan taahhüdünü yerine getirmiş ve çoğunluğu oluşturan 15 üye devlet (Avusturya, Bulgaristan, Kıbrıs, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, İspanya, Malta, Hollanda ve Romanya) planlanan hedeflerinin gerisinde kalmıştır. Ayrıca, sadece beş üye devletin 2003/30/EC sayılı Direktif kapsamında belirlenen %5,75'lik 2010 hedefine ulaştığını belirtmek gerekmektedir (European Commission, 2013b).

2012 yılında Avrupa Komisyonu, Dolaylı Arazi Kullanım Değişikliği konusunu ele almayı amaçlayan ve geleneksel biyoyakıtların karayolu taşımacılığı yakıtının %5'i ile sınırlandırılmasını ve atıklardan, kalıntılardan ve selülozik malzemeden elde edilen biyoyakıtların teşvik edilmesini öngören bir teklif yayınlamıştır (European Parliament, 2015). AB, CO2 emisyonlarını azaltmak için üyelerin uzun vadeli planlar yapmasını ve uzun vadeli adımlar atmasını istemektedir. Ayrıca AB, karbon azaltma teknolojisine yapılacak uzun vadeli yatırımların ertelenmesini istememekte ve ertelenen yatırımlar gelecekte daha pahalıya mal olacağından yatırımcılara uzun vadeli yatırımlara devam etmeleri için güven vermek istemektedir.

Avrupa Konseyi ayrıca, AB ve diğer sanayileşmiş ülkeler için 2050 yılına kadar emisyonlarda %80 ile %95 oranında kesinti hedefiyle karbonsuzlaştırma yolunda uzun vadeli bir taahhütte bulunmuştur (European Council, 2011).

2.2. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Kullanımını Engelleyen Faktörler

AB biyoyakıt konusundaki hedefleri belirledikten ve üye devletleri ulusal planlarını sunmaya ve uygulamaya zorladıktan sonra, başlangıçta AB'de biyoyakıt üretimi artmaya başlamış ve daha sonra bu artış yavaşlamıştır. Biyoyakıt üretimi günün sonunda hedeflenen seviyelere ulaşamamıştır. Halihazırda, alternatif yakıtların pazar gelişimi, teknolojik ve ticari eksiklikler, tüketici kabulü eksikliği ve yeterli altyapı eksikliği nedeniyle hedeflerden hala geri kalmaktadır. Alternatif ulaşım yakıtlarını desteklemeye yönelik girişimler hem AB hem de ulusal düzeyde mevcuttur. Ancak yatırım dostu bir düzenleyici çerçeve ile tutarlı ve istikrarlı bir kapsayıcı stratejinin uygulamaya konulması gerekmektedir (European Commission, 2013a). Ulaştırma sektöründe, ilgili ulaşım sistemlerinin yüksek fiyatları ve yetersiz yakıt altyapısı nedeniyle gelişme engellenmektedir (European Commission, 2012). Avrupa Komisyonu'na ait bir analizi, bioetanol üretimi için tahıl kullanımının 2010/2011'de toplam tahıl kullanımının %3'ünü oluşturduğunu ve küresel tahıl piyasası üzerinde küçük (%1-2) bir fiyat etkisi olduğunu ortaya koymuştur. AB'de biyodizel tüketimi daha fazladır ve 2008 ve 2010 yılları için gıda yağı mahsulleri (kolza tohumu, soya fasulyesi ve palm yağı) üzerindeki tahmini fiyat etkisi %4'tür. Ayrıca biyoyakıt talebinin gıda piyasasına kıyasla fiyatlara daha duyarlı olduğu ve bu nedenle artan fiyatlar karşısında talebin daha fazla azaldığı görülmektedir. 2008'de ve 2011'de meydana gelen önemli gıda fiyat artışları ve gıda satın alınabilirliği üzerindeki etkisi ve ABD'nin 2012 hasadının kötü olması göz önüne alındığında, AB biyoyakıt tüketiminin herhangi bir şekilde katkıda bulunup bulunmadığını veya kötü hava koşulları, kötü hasat, artan küresel talep, artan petrol fiyatları gibi diğer faktörlerin daha etkili olup olmadığını değerlendirmek önemli hale gelmektedir (European Commission, 2013b).

2.3. 2007-08 Gıda Krizi Sonrasında Avrupa Birliği Biyoyakıt Sektöründe Değişen Durum

2007-08 küresel gıda krizleri sırasında, gıda mahsulleri kullanılarak biyoyakıt üretimi eleştirilere maruz kalmıştır. Ayrıca, AB'de biyoyakıt kullanımı, CO2 emisyonlarının azaltılması ve kırsal kalkınmanın teşvik edilmesi gibi temel hedeflere yeterince hitap etmediği gerekçesiyle mercek altına alınmıştır. Özellikle, biyoyakıtların üretim yöntemi dikkate alınmazsa, bir yaşam döngüsü analizi CO2 emisyonlarının aslında artabileceğini göstermektedir. Başlangıçtaki hedeflere ulaşamamış olsa da AB içinde biyoyakıt üretimi ve üçüncü taraf ülkelerden biyoyakıt ithalatı oranında bir artış olmuştur. Bu artış, Bilim Komitesi'nde hem AB içinde hem de dışında

çevresel baskılara ilişkin artan endişelere yol açmıştır. Endişeler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Birinci nesil teknolojilere dayalı biyoyakıt üretimi, fosil enerji tasarrufu ve sera gazlarının azaltılması açısından biyokütle kaynaklarının en iyi şekilde kullanılmasını sağlamamaktadır. Doğrudan ısı ve elektrik üretimine yönelik teknolojiler, araçlar için biyoyakıt üretimine kıyasla ekonomik açıdan daha rekabetçi ve çevresel açıdan daha etkili olduğu için tercih edilmelidir.
2. Biyokütle kullanımı, yaşam çevremizdeki çok değerli ve sınırlı kaynakların yakılmasını içermektedir. Bu kaynaklar mümkün olan her yerde korunmalıdır. Bu nedenle biyokütle kullanımı enerji verimliliğindeki gelişmelerle el ele gitmelidir. Bu durum otomotiv ve konut sektörlerindeki çoğu uygulama için henüz geçerli değildir.
3. Avrupa Çevre Ajansı Bilimsel Komitesi'nin görüşüne göre, ikinci nesil yakıtların önemli bir katkısı olduğu varsayılrsa bile, %10 hedefini karşılamak için gereken arazi mevcut arazi alanını aşmaktadır. Dolayısıyla biyoyakıt üretiminin yoğunlaşmasının sonuçları toprak, su ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki baskıların artmasıdır.
4. %10 hedefi büyük miktarda ek biyoyakıt ithalatı gerektirecektir. Artan biyoyakıt üretimi nedeniyle yağmur ormanlarının tahribatının hızlandığı bazı gelişmekte olan ülkelerde şimdiden gözlemlenilmektedir. Avrupa dışında sürdürülebilir üretimin gerçekleştirilmesi ve izlenmesi zordur (EEA, 2008).

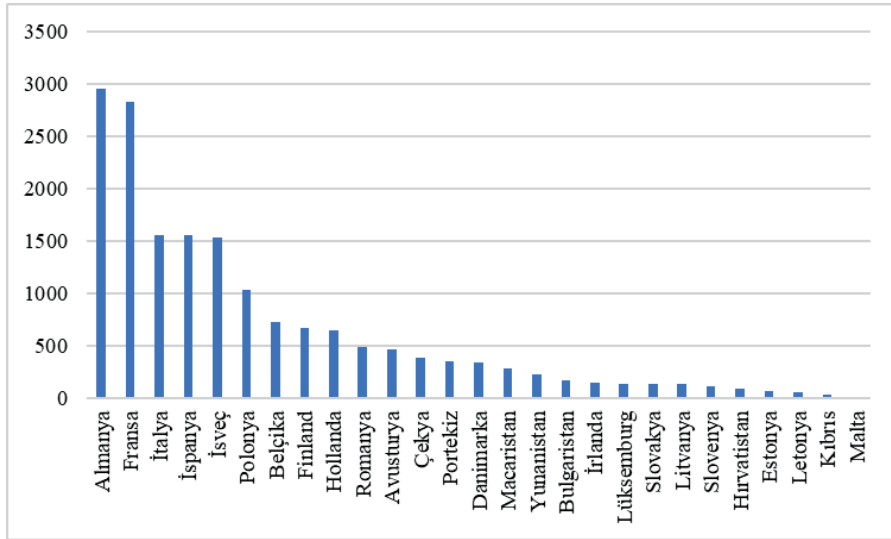
Eleştiriler sonucunda AB, biyoyakıt hedeflerinde değişiklik yapmak zorunda kalmıştır. AB, hedeflerinin bir kısmının karadaki gıda ürünleriyle rekabet etmeyen ikinci nesil biyoyakıtlar tarafından karşılanmasına karar vermiştir. AB bunu yaparken ikinci nesil biyoyakıtların kullanımına verdiği önemi arttırmıştır. İkinci nesil biyoyakıtlar henüz ticari olarak üretilmemektedir. Ancak son yıllarda önemli sayıda pilot ve demonstrasyon tesisi inşa edilmiştir ve araştırmalar çoğunlukla Kuzey Amerika, Avrupa ve bazı gelişmekte olan ekonomilerde (örneğin Brezilya, Çin, Hindistan ve Tayland) gerçekleştirilmektedir (Eisentraut, 2010). Ayrıca, ikinci nesil biyoyakıtların üretimi için hammadde seçimi henüz belirlenmemiştir. Bu nedenle, ikinci nesil biyoyakıtların durumu belirsizliğini korumakta ve belirlenmesi zor olmaktadır. Buna ek olarak, AB önemli miktarda biyoyakıt ithalatı yapmaktadır ve bu ithalatın hammaddeler üzerindeki etkileri AB'nin kontrolü dışındadır. AB'ye ihracat yapan ülkeler biyoyakıt üretimini arttırmak için yağmur ormanlarını yok edebilmekte, bu da sosyal ve çevresel zararlara

yol açmaktadır. Bu nedenle AB, çeşitli sertifikasyon programları aracılığıyla biyoyakıt üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak için önlemler almaktadır. AB, biyoyakıtlar için 13 sertifika programı geliştirmiştir ve şu anda diğer sertifikalar üzerinde çalışmaktadır. AB'ye biyodizel hammadde ihraç eden ülkeler şimdi bu sertifikasyon gerekliliklerine uyduklarından emin olmak için önlemler almaktadırlar.

3. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Sektöründeki Son Gelişmeler

Tüm AB üye devletleri biyoyakıt pazarlarını geliştirememiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere 2021 yılında Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve İsveç ulaşım alanında biyoyakıt tüketiminde hâkim konumdaki ülkelerdir.

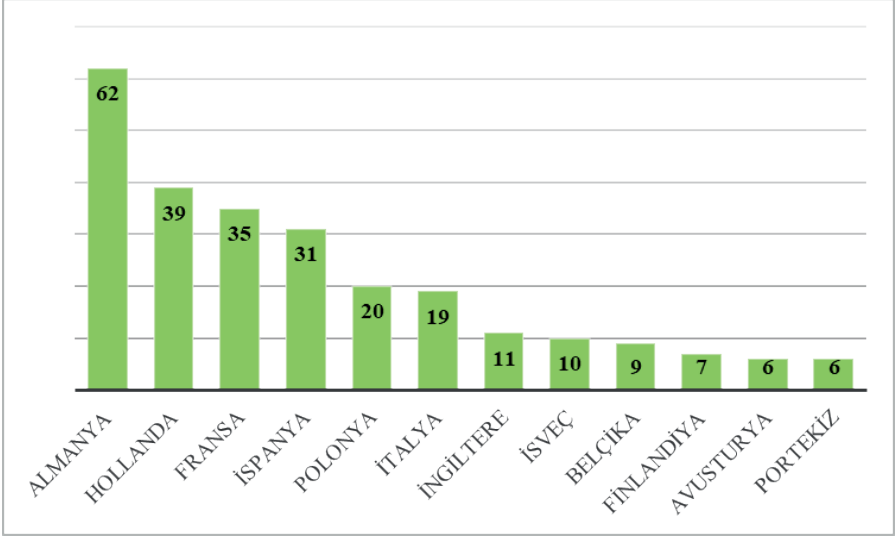
Şekil 2. AB'de 2021 Yılında Ulaşım Sektöründe Kullanılan Toplam Biyoyakıt Hacmi (1.000 ton eşdeğer petrol cinsinden)



Kaynak: EurObserv'ER (2022).

AB'de tüketilen biyoyakıtlar için küresel arazi kullanımı 3 milyon hektarın altındadır. Tüm AB üye ülkeleri biyoyakıt hammadde ile ekilen alanları rapor etmemiş olsa da tahminler AB'deki ulusal ekim alanlarının %2'si (Polonya) ile %6'sı (Fransa) arasında bir kısmının bu amaçla kullanıldığını göstermektedir (European Commission, 2013b).

Şekil 3. AB’de 2022 Yılındaki Biyoyakıt Üretimi (günlük 1000 varil eşdeğer petrol cinsinden)



Kaynak: Energy Institute (2023).

Şekil 3’te görüldüğü üzere Avrupa Birliği’nde 2022 yılında biyoyakıt üretimi günde 62 bin varil petrol eşdeğeri ile en yüksek Almanya’da gerçekleşmiştir. Buna karşılık Fransa günde yaklaşık 39 bin varil petrol eşdeğeri üretmiştir. Yerli üretim AB’deki biyoyakıt talebinin büyük bir kısmını karşılarsa da, özellikle biyodizel hammaddesi olarak kullanılmak üzere palm yağı şeklinde ithal edilen önemli bir miktar bulunmaktadır. Gelişmiş dünyada, toplam tüketim artışına bağlı olarak gıda kullanımında %27 ve biyodizel talebinde %73 artış olması beklenmektedir. Biyodizel üretimi için öngörülen büyüme oranı Avrupa Birliği için yıllık yaklaşık %6, Amerika Birleşik Devletleri için ise %2’nin altındadır. Dünyanın geri kalanında yağlı tohum üretiminin, Kanada gibi geleneksel üreticiler ve Paraguay, Ukrayna ve Rusya Federasyonu gibi gelişmekte olan, hızlı büyüyen ülkeler öncülüğünde %34’e kadar artması öngörülmektedir. Bununla birlikte, küresel yağlı tohum üretimi oldukça yoğunlaşmış durumda ve bu da dünya pazarını başlıca üretim bölgelerindeki üretim eksikliklerine karşı savunmasız hale getirmektedir. Avrupa Birliği’nin ithalatı dünyadaki en büyük ikinci ithalat olmakla birlikte, yağlı tohumlara olan talebin büyük ölçüde artan yerli üretimle karşılanması nedeniyle sadece hafif bir artış beklenmektedir (OECD-FAO, 2012).

AB’de nakliye için kullanılan etanol hammaddesinin yaklaşık %80’i yurt içinden temin edilirken, ithalatın büyük kısmı ABD ve Brezilya’dan

yapılmaktadır; ancak Brezilya'dan yapılan ithalat 2008'den bu yana neredeyse yarı yarıya azalmıştır. Sosyal faydalar açısından, AB biyoyakıtlarının tüketimi 2010 yılında AB içinde tahmini 220.000, dünya çapında ise 1,4 milyon istihdam üretmiştir (European Commission, 2013b).

AB'de biyoyakıtlar alanındaki son gelişmeler arasında ikinci nesil biyoyakıt üretimine giderek daha fazla önem verilmesi ve biyoyakıt üretim sertifikaları yer almaktadır. Tarımsal yakıtlar, kısa vadede ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması için önemli bir önlem olarak övülürken, aynı zamanda Avrupa Birliği'nin kendi biyokütle kaynaklarından yararlanarak veya ithalatı çeşitlendirerek enerji güvenliğini de desteklemektedir. Nihayetinde, gelişmiş biyoyakıtların bu görevi üstlenmesi beklenmektedir (EEA, 2011a). Gelişmiş biyoyakıtlar, CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltma ve ekilebilir arazi için gıda ürünleriyle rekabeti önleme yetenekleri nedeniyle geleneksel biyoyakıtlara göre daha üstün bir seçenektir. Bu nedenle Komisyon, AB'de biyoyakıtlarının tüketiminden kaynaklanan dolaylı arazi kullanım değişikliğinin etkilerini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla Yakıt Kalitesi ve Yenilenebilir Enerji Direktiflerinde revizyonlar önermiştir. Dolaylı arazi kullanım değişikliği etkisi dikkate alındığında, geleneksel biyoyakıtların kullanımının CO₂ emisyonlarında sağladığı düşünülen azalma etkisinin çok daha küçük olduğu ya da emisyonların azaltılmasında herhangi bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Teklif, atık veya saman gibi gıda dışı hammaddelerden ikinci nesil biyoyakıtların geliştirilmesini teşvik etmek için gelişmiş teşvikler içermektedir (European Commission, 2013b). Ayrıca Avrupa Birliği'nin (AB) ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla yakın zamanda revize ettiği Yenilenebilir Enerji Direktifi (RED2), her üye devletin ulaştırma sektöründeki nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payının 2030 yılına kadar en az %14 (asgari pay) olmasını sağlamayı hedeflemektedir (Directive (EU), 2018/2001). Gelişmiş biyoyakıtlar, özellikle alternatifi olmayan havacılık, denizcilik ve ağır hizmet araçları için kısa ve orta vadede taşımacılığı karbondan arındırmak için mevcut seçenekler arasında yer almaktadır. Ancak değer zincirlerinde ortaya çıkan çeşitli zorluklar nedeniyle üretimleri ve pazardaki alımları hâlâ çok düşüktür (Panoutsou vd., 2021).

Tarımsal endüstriyel çiftçiliğin kendisi de küresel ısınmaya önemli bir katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, özellikle önemli tropik yağmur ormanlarına sahip gelişmekte olan ülkelerde tarım ve enerji bitkilerinin yaygınlaşmasına bağlı olarak ormansızlaşma ve arazi kullanımındaki değişiklikler, topraklarda depolanan karbonun özellikle turbalıklardan salınması nedeniyle yoğun karbondioksit emisyonlarına (küresel emisyonların yaklaşık %20'si) neden olmaktadır (EEA, 2011a). Soya, kakao ve palmye yağı gibi ticari ürünler,

gelişmekte olan ülkelerde büyük bir hızla çoğalmaktadır; bu da genellikle geleneksel toprak sahiplerinin, geleneksel geçim kaynaklarının ve biyolojik çeşitliliğin zararına olmaktadır. Bu peyzaj dönüşümleri genellikle, ayrıcalıklı olmayan bölgelere kalkınma getirdiği yönündeki baskın bir mantıkla meşrulaştırılmaktadır. Ancak bu tür kalkınma iddiaları ya yüzeysel ele alınmakta ya da çoğu sosyal meseleyi gözden kaçıran basit makroekonomik göstergelerle birleştirilmektedir. Dolayısıyla bu iddialar ciddi eşitsizlikleri gizleyebilmektedir. Kötü kalkınma, yerel aktörleri dışlayan ve yoksullaştıran, ekonomik veya siyasi kapasitelerini ve dolayısıyla sosyal özgürlüklerini zayıflatan adaletsiz bir değişim süreci olarak tanımlanmaktadır (Russo Lopes vd., 2021). Zenginlik ve refah ayrıcalıklı bir elitin elinde toplanırken, hızlı kötü kalkınma genellikle, yerlerinden edilen, modern sektörün rekabetiyle mahvolan nüfusun geniş katmanlarının sosyal ve maddi koşullarının kötüleşmesine neden olmaktadır (Sachs, 1979). Amazon ormanlarının dolaylı arazi kullanım değişikliği yoluyla kaybedilmesi önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Mekanize tarım, mevcut meralara tecavüz etmekte ve onları yerlerinden ederek sınırı ormanın daha da içine itmektir (Arima vd., 2011). 2011-2015 yılları arasında tropik bölgelerdeki ormansızlaşmanın %90 ila 99'undan tarım sorumlu olsa da temizlenen arazilerin yalnızca %45 ila 65'i birkaç yıl içinde verimli tarım alanlarına dönüşmüştür (Pendrill vd., 2022). Orman kayıplarını engellemek, orman riski taşıyan ürünlerden kaçınmak veya yanlış yapanları cezalandırmaktan daha fazlasını gerektirmektedir; sürdürülebilir bir arazi kullanımına geçişe yönelik stratejik düşünceyle daha kapsamlı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Amazonlar dünya çapındaki etkileri göz önüne alındığında, bulunduğu bölge ve dünya için hayati önem taşımaktadır. Toplumlar, fosil yakıtlar üzerine inşa edilen enerji sistemlerinde karbondan arınma için baskı yaparken, sera gazı emisyonlarının ana kaynağının arazi kullanımı değişikliği olduğu tropikal ülkelerde, yüzyıllar boyunca ormanların yok edilmesi etrafında geliştirilen arazi kullanım rejimlerinden uzaklaşılması iklim değişikliğinin azaltılması açısından enerji dönüşümünden çok daha kritik etkiye sahiptir (Russo Lopes & Bastos Lima, 2022).

AB'nin karayolu taşımacılığında biyoyakıt kullanımına ilişkin hedeflerinden kaynaklanan biyoyakıt ithalatında beklenen artış, sertifikasyon programlarının öneminin artmasına yol açmaktadır. AB'deki biyoyakıt ithalatının seviyesi arttıkça, AB'nin AB'ye biyoyakıt ihraç eden yabancı ülkelerdeki biyoyakıt üretim yöntemlerini izleme kabiliyeti azalmaktadır. AB'ye biyoyakıt hammaddesi ihraç eden bazı ülkeler bu süreçte yağmur ormanlarının zarar görmesine neden olmaktadır. AB'nin biyoyakıt hammaddesi ithalatındaki bu artış, yağmur ormanlarına verilen potansiyel zararı daha da arttırmaktadır. Bu

nedenle AB, sorunu ele almak için sertifikasyon programlarını uygulamaya koymaktadır. Ayrıca, turbalıklar gibi yüksek miktarda CO2 içeren alanların biyoyakıt üretim bölgelerine dönüştürülmesi CO2 emisyonlarını arttırmaktadır. Bu durum, AB'nin temel amaçlarından biri olan küresel ısınmanın azaltılması hedefini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, dönüştürülen arazilerde yaşayan yerli halk, yerel bölgelerinden taşınmak zorunda kalmaktadır. Biyoyakıt hammaddesi üretimi küçük çiftçiler için önemli bir gelir sağlamamakta ve kırsal kalkınmayı engellemektedir. Bu faktörler AB'yi biyoyakıt hammaddelerinin ithalatı için sertifikalar çıkarmaya zorlamıştır. İleriye dönük olarak, biyoyakıt sertifikasyon programları Avrupa biyoyakıt pazarının belirlenmesinde kritik bir rol oynayacaktır. On üç "gönüllü program" biyoyakıtların sürdürülebilirliğini belgelemek üzere Komisyon'dan onay almıştır. Bu da dünya çapındaki biyoyakıt üreticilerinin AB tarafından belirlenen yüksek standartlara uymalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, kayda değer ihracatçı ülkeler (Arjantin, Brezilya, Endonezya ve Malezya) biyoyakıt alanında çevre dostu uygulamalarını ilerletmek için son zamanlarda düzenleyici eylemler gerçekleştirmektedir (European Commission, 2013b). Gönüllü sertifikasyon programları, biyoyakıtların sürdürülebilirliğini tespit eden kontrol sistemleri olarak hizmet vermektedir. Biyoyakıt ithal eden veya üreten şirketler, biyoyakıtlarının sürdürülebilir şekilde üretildiğini kanıtlamak zorundadır (European Commission, 2011). Hem Avrupa içinde hem de dışında tüm çevresel hususlar dikkate alınmalıdır. Sadece sera gazı emisyonlarının önlenmesi değil, aynı zamanda biyoçeşitlilik, su ve toprak kaynaklarının korunması da hayati önem taşımaktadır (EEA, 2011a). Sürdürülebilir olmayan bir şekilde üretildiği takdirde biyoenerji; biyoçeşitlilik, sınırlı su kaynakları ve gıda güvenliği üzerindeki baskıyı artırabilmektedir.

Biyoyakıt sürdürülebilirliğinin göstergelerini oluşturmak için ulusal ve bölgesel düzeyde çok sayıda girişimde bulunulmuştur. Bu çabalardan biri Küresel Biyoenerji Ortaklığı tarafından yürütülmektedir. 11 Mayıs 2006 tarihinde on ülke ve yedi uluslararası kuruluş, Küresel Biyoenerji Ortaklığı'nı (GBEP) kurmak ve G8 Liderlerinin 2005 Gleneagles Zirvesi Eylem Planı'nda dile getirdikleri, özellikle biyokütle kullanımının yaygın olduğu gelişmekte olan ülkelerde biyokütle ve biyoyakıtların yaygınlaştırılmasına yardımcı olma isteğini başlatmak üzere İş Tanımı Belgesi'ni imzalamışlardır. Aralık 2011 itibarıyla GBEP'in üyeleri 23 ortak ülke ve 13 ortak uluslararası kuruluştan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra 23 ülke ve 11 uluslararası kuruluş da gözlemci olarak katılmaktadır. Ortaklık, sürdürülebilir biyoenerji üretimini ve kullanımını ilerletmek amacıyla Sürdürülebilirlik Görev Gücü'nü oluşturmuştur. Görev Gücü, bilim ve teknik uzmanlığa dayanan bir

dizi nicel ölçüt ve gösterge geliştirmiştir. Bu ölçütler, biyoenerji sektörlerini sürdürülebilir bir şekilde geliştirmek isteyen ülkelerdeki politika yapıcılar ve paydaşlar için bir rehber görevi görebilmektedir. Göstergeler, sürdürülebilir kalkınmanın ekolojik, toplumsal ve finansal yönlerini raporlamak üzere bilinçli olarak tasarlanmıştır (FAO/GBEP, 2011).

AB'deki mevcut ekonomik koşullar ve yenilenebilir enerji destek programlarında yapılan ve düzenleme riskini artıran değişiklikler, hedeflere ulaşmak için her üye devlet düzeyinde ek önlemler alınması gerekeceği sonucuna yol açmaktadır. Üye devletlerin kendi Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planlarından sapmaları, yatırımcılar için şeffaflığı ve kesinliği zayıflatan ve düzenleyici risklere maruz kalmalarını artıran politika değişikliklerine işaret etmektedir. Gelecekteki gelişimini incelediğimizde, yenilenebilir enerji sektörünün ekonomik krizden, özellikle de ekonominin diğer tüm sektörlerinde olduğu gibi sermaye maliyetinden etkilendiği görülmektedir (European Commission, 2013b).

Geleceğin gündemini neyin takip etmesi gerektiği konusunda net bir yönlendirme eksikliği vardır. Bu durum yatırımcılar, hükümetler ve vatandaşlar arasında belirsizlik yaratmaktadır. “2050’ye kadar Rekabetçi Düşük Karbon Ekonomisine Ulaşmak için Yol Haritası”nda özetlenen senaryolar, yatırımların ertelenmesinin daha yüksek maliyetlere yol açacağını ve gelecekte daha büyük aksaklıklara neden olacağını göstermektedir. Uzun vadeli ekonomik istikrarın sağlanması için gerekli yatırımların ertelenmesinden kaçınılması önemlidir. Uluslararası Enerji Ajansı tarafından vurgulandığı üzere, hükümetler kritik bir rol oynamaktadır ve hızlı hareket edilmesi gerekmektedir. Enerji Yol Haritası 2050, Avrupa için çeşitli potansiyel yolları ayrıntılı olarak değerlendirmektedir. Bu analiz sayesinde Enerji Yol Haritası, Avrupa enerji sistemi için “pişmanlık duyulmayacak” önemli seçeneklere ulaşmıştır. Yol Haritası, enerji arzının modernleştirilmesine yönelik ulusal, bölgesel ve yerel çabaların uzun vadeli etkinliği için teknolojiden bağımsız bir Avrupa çerçevesi oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu çerçeve söz konusu çabaların yerini almamakta, aksine onları tamamlamaktadır (European Commission, 2012).

Belirsizlik, hedeflere ulaşmaya yönelik yatırımlar için önemli bir caydırıcı unsur teşkil ettiğinden, istenen karbon azaltım oranlarıyla uyumlu yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşılması, yukarıdaki önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. 2020 sonrası dönem için stratejiler geliştirilmesi aciliyet arz etmektedir. Ayrıca, havacılık ve ağır taşımacılıkta (elektrik enerjisi için uygun olmayan) artan biyoyakıt kullanımı, gelişmiş biyoyakıtların öncülük etme gerekliliğini güçlendirmektedir (European Commission, 2012).

Yenilenebilir enerjinin gelecekte de AB enerji politikasının temel taşlarından biri olmaya devam etmesi beklenmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan bir rapora göre, yenilenebilir enerji 2050 yılına kadar nihai enerji tüketiminin %55-75'ini karşılama potansiyeline sahiptir. Bu oran 2010 yılında ulaşılan %10'un altındaki orandan önemli bir artış anlamına gelmektedir (IEA, 2012).

2020 sonrası politikaların belirsizliği ve 2020 biyoyakıt hedeflerinde yapılan değişiklikler, uzun vadeli yatırımları yatırımcılar için rahatsız edici hale getirmektedir. Ayrıca, mali kriz yenilenebilir enerji yatırımlarının maliyetinin artmasına neden olmuş ve bu da sektördeki yatırım oranını etkilemiştir. Gerekli yatırımı garanti altına almak için uzun vadeli politikalar netleştirilmelidir. CO2 emisyonunun azaltılması ihtiyacı gibi çeşitli sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler nedeniyle, sertifikasyon programları gelecekte giderek daha önemli hale gelecektir. AB'nin yenilenebilir enerji alanında öncü teknolojiler geliştiren büyük şirketleri olduğu için AB eleştirileri dikkate almakta ancak aynı zamanda biyoyakıt hedeflerini değiştirmek istememektedir çünkü AB bu alandaki liderliğini kaybetmek istememektedir. AB, yatırımcılar tarafından hedeften geri adım atmaması konusunda uyarılmaktadır. Biyoyakıt hedeflerinin değiştirilmesinin yatırımcıların mevzuat risklerini artıracığı ve yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımları engelleyeceği belirtilmektedir. Sonuç olarak, gelecekte yenilenebilir enerjiye uzun vadeli yatırımların teşvik edilmesi zorlaşmaktadır. AB, yatırımcı güvenini korumak için geleceğe yönelik politikalar geliştirmektedir.

Sonuç

Avrupa Birliği zorunlu hedefler koyarak biyoyakıt tüketimini arttırmaya çalışmaktadır. AB'nin biyoyakıt kullanımını arttırmaya yönelik iki temel hedefi öne çıkmaktadır: iklim değişikliğiyle mücadele ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması. AB'nin biyoyakıt tüketimini arttırmaya yönelik temel hedeflerinden biri olan iklim değişikliğiyle mücadele hedefi çok eleştirilmektedir. Dolaylı arazi kullanım değişikliği etkisi hesaplamaları eleştirilerin ana argümanını oluşturmaktadır. AB, dolaylı arazi kullanım değişikliği etkisi nedeniyle biyoyakıtlar için çevresel kriterler hazırlamaktadır. Bu durum AB içinde yerli üretime yapılan vurguyu ve ikinci nesil biyoyakıt üretiminin önemini arttırmaktadır. Birinci nesil biyoyakıtlara yönelik eleştiriler nedeniyle Avrupa Birliği ikinci nesil biyoyakıtlardan elde edilecek biyoyakıt hedefi belirleyerek genel biyoyakıt hedef kullanım hedeflerine revize etmek zorunda kalmıştır.

Avrupa Birliği'nde sürdürülebilirlik kriterleri önemlidir. AB ülkelerine biyoyakıt ihraç eden ülkeler de bu kriterlere uyum sağlamaya çalışmaktadır.

Bu da önümüzdeki yıllarda sertifikasyon programlarının daha da önem kazanacağını göstermektedir. Avrupa Birliği, Avrupa Birliği dışındaki ülkelerdeki biyoyakıt üretim biçimini doğrudan etkileyemeyeceğini bilmektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği yerli üretimi arttırmak istemektedir. Avrupa Birliği ikinci nesil biyoyakıt üretimini bir çare olarak görmektedir çünkü birinci nesil biyoyakıtlar yeterli hammaddeyi sağlayamamaktadır.

Avrupa Birliği, biyoyakıt hedeflerine ulaşmak konusunda hedeflerinden vazgeçmemekte, önüne çıkan engellere çözüm yöntemleri aramaktadır. Biyoyakıt sektörünün Avrupa Birliği'ndeki durumu incelendiğinde AB'nin biyoyakıt sertifikasyonuna yönelik çalışmaların artacağı ve ayrıca ikinci nesil biyoyakıt üretimine yönelik ar-ge faaliyetlerine ağırlık vereceği öngörülmektedir.

Kaynakça

- Arima, E. Y., Richards, P., Walker, R., & Caldas, M. M. (2011). Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 6(2), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/6/2/024010>
- Blanco Fonseca, M., Burrell, A., Gay, S., Henseler, M., Kavallari, A., M`Barek, R., Pérez Domínguez, I. & Tonini, A. (2010). Impacts of the EU Biofuel Target on Agricultural Markets and Land Use - A Comparative Modelling Assessment. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Blondel, B., Mispelon, C. & Ferguson, J. (2011). Cycle More Often 2 Cool Down the Planet! Quantifying CO2 Savings of Cycling, European Cyclists' Federation.
- Çemrek, F. & Bayraç, H. N. (2021). The Effect of Biodiesel Market on Economic Growth: Policies in the European Union & Turkey, *BILTURK, The Journal of Economics and Related Studies*, 3(1), 10-27. doi: 10.47103/bilturk.796162
- Directive (EU), (2018/2001). European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Text with EEA relevance). Official Journal of European Union L328, 82–209.
- Edwards, R., Szekeres, S., Neuwah, F., & Mahieu, V. (2008). Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties. Petten: European Commission Joint Research Centre, 13 Ekim 2023. ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_biofuels_report.pdf
- EEA. (2008). Opinion of the EEA scientific committee on the environmental impacts of biofuel utilisation in the EU, 6 Temmuz 2013.
- EEA. (2011a). Bioenergy and biofuels: the big picture, 6 Temmuz 2013. <http://www.eea.europa.eu/themes/energy/bioenergy-and-biofuels-the-big-picture>
- EEA. (2011b). Suspend 10 percent biofuels target, says EEA's scientific advisory body, 12 Temmuz 2013. <http://www.eea.europa.eu/highlights/suspend-10-percent-biofuels-target-says-eeas-scientific-advisory-body>
- EEA. (2016). Share of energy from renewable sources, 13 Ekim 2023. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/share-of-energy-from-renewable-sources-1>
- Eisentraut, A. (2010). Sustainable Production of Second-Generation Biofuels, 6 Temmuz 2013. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/second_generation_biofuels.pdf
- Energy Institute. (2023). Biofuel production in Europe in 2022, by country (in 1,000 barrels of oil equivalent per day), 12 Ekim 2023. <https://www.statista.com/statistics/332510/biofuels-production-in-selected-countries-in-europe/>

- EurObserv'ER. (2022). Consumption of biofuels for transportation in the European Union from 2015 to 2021, by fuel type (in metric tons of oil equivalent), 12 Ekim 2023. <https://www.statista.com/statistics/613238/biofuels-consumption-transport-eu/>
- European Commission. (2007). Biofuels Progress Report, 1 Temmuz 2013. http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/07_biofuels_progress_report_en.pdf
- European Commission. (2009). Decision of 30 June 2009 establishing a template for National Renewable Energy Action Plans under Directive 2009/28/EC (2009/548/EC), 16 Ekim 2023. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2009/548/oj>
- European Commission. (2011). Memo: Certification schemes for biofuels, 13 Ekim 2023. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_11_522
- European Commission. (2012). Renewable Energy: a major player in the European energy market, 16 Ekim 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52012DC0271>
- European Commission. (2013a). Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy, 6 Temmuz 2013. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0017:FIN:EN:PDF>
- European Commission. (2013b). Renewable energy progress report, 16 Ekim 2023. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0175:FIN:EN:PDF>
- European Commission. (2015). Sustainable development- Climate change and energy, 16 Ekim 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Sustainable_development_-_climate_change_and_energy#Consumption_of_renewables
- European Commission. (2023). The EU transport sector and its contribution to reaching climate neutrality, 14 Ekim 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/overview_en
- European Council. (2011). EU Energy Policy, 8 Temmuz 2013. http://www.european-council.europa.eu/media/171257/ec04.02.2011-factsheet-energy-pol_finaldg.en.pdf
- European Parliament. (2015). EU biofuels policy Dealing with indirect land use change, 13 Ekim 2023. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/545726/EPRS_BRI%282015%29545726_REV1_EN.pdf
- FAO/GBEP. (2011). The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy. Rome: FAO/GBEP.
- IEA. (2012). World Energy Outlook 2012, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/weo-2012-en>.

- OECD/FAO. (2012). OECD-FAO Agricultural Outlook 2012, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en.
- Panoutsou, C., Germer, S., Karka, P., Papadokostantakis, S., Kroyan, Y., Wojcieszek, M., Maniatis, K., Marchand, P. & Landalv, I. (2021). Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake. *Energy Strategy Reviews*, Volume 34, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100633>.
- Pendrill, F., Gardner, T. A., Meyfroidt, P., Persson, U. M., Adams, J., Azevedo, T., Bastos Lima, M. G., Baumann, M., Curtis, P. G., De Sy, V., Garrett, R., Godar, J., Goldman, E. D., Hansen, M. C., Heilmayr, R., Herold, M., Kuemmerle, T., Lathuillière, M. J., Ribeiro, V., Tyukavina, A., Weisse, M. J. & West, C. (2022). Disentangling the numbers behind agriculture-driven tropical deforestation. *Science*. (New York, N.Y.), 377(6611), eabm9267. <https://doi.org/10.1126/science.abm9267>
- Russo Lopes, G., Bastos Lima, M. G., & dos Reis, T. N. P. (2021). Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. *World Development*, 139, [105316]. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105316>
- Russo Lopes G and Bastos Lima MG (2022) Understanding deforestation lock-in: Insights from Land Reform settlements in the Brazilian Amazon. *Front. For. Glob. Change* 5:951290. doi: 10.3389/ffgc.2022.951290
- Sachs, I. (1979). Development, Maldevelopment and Industrialization of Third World Countries. *Development and Change*, 10(4), 635–646. doi:10.1111/j.1467-7660.1979.tb00057.x