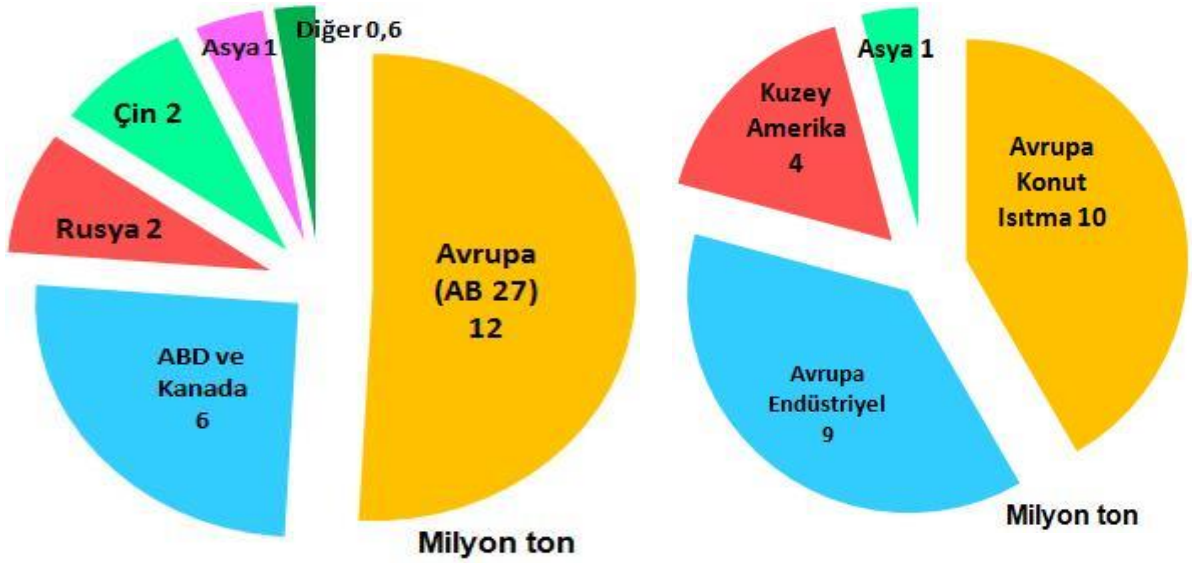


## Pelet Biyoyakıt Üretiminin Ekonomik Analizi

Serkan ÖZDEMİR

ODTÜ İşletme Bölümü

Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, küresel ısınmaya neden olan sera gazı etkili gazların emisyonlarını azaltmak ve doğal gazın ulaşmadığı bölgelerde enerji gereksinimini karşılamak için pelet yakıtlara olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Küresel olarak 2014 yılında 23 milyon ton olan pelet yakıt üretiminin 2024 yılında 50 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Özellikle fiyatı yüksek ve küresel düzeyde dalgalı seyir izleyen fosil yakıt kaynakları tüketicileri, sanayicileri ve elektrik enerjisi üreticilerini alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Pelet biyoyakıtlara halen en büyük talep AB ülkelerinden özellikle Kuzey Avrupa ülkeleri İsveç, Danimarka, Almanya, İngiltere gibi ülkelerden olmaktadır. Farklı ülkelerde oranlar farklı olmakla birlikte pelet yakıtlar daha fazla konutlarda ısınma amaçlı ve elektrik enerjisi üretim amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 1).



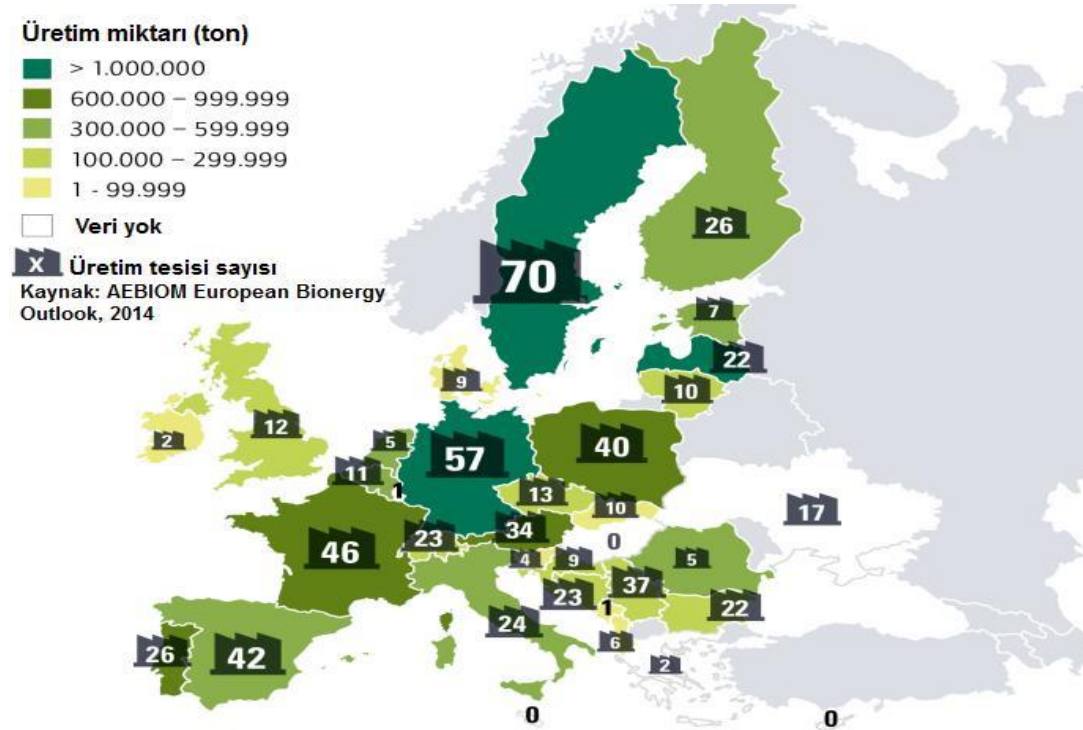
Şekil 1. Pelet biyoyakıtların dünyadaki üretim miktarı ile tüketim alanları ve miktarı

Pelet yakıtına olan talep arttıkça her geçen gün tesisleşme de artmakta, pelet üretiminin gerçekleştirildiği ülkelerde gittikçe daha büyük kapasiteli pelet tesisleri kurulmaktadır (Şekil 2). Avrupa ülkelerinden olan yüksek talep pelet biyoyakıtın uluslararası ticaretine de yansımakta; potansiyeli yüksek Kanada, Rusya gibi ülkelerde ihracata yönelik üretim artış göstermektedir. Biyopeletlerin sahip olduğu 17 GJ/ton (=16.500.000 BTU/ton) değerindeki enerjileri uzak mesafelere kadar taşınmasını da ekonomik hale getirmektedir.

Pellet yakıt üretimi ve tüketimi ülkemizde henüz yaygın değildir. Farklı bölgelerde olan daha çok küçük ve orta büyüklükteki tesisler; ağaç talaşı, mobilya artıkları gibi materyallerden iç tüketim için pellet yakıt üretmektedir. Bitkisel kaynak ve ürün artıklarından pellet üretimi bulunmamaktadır.

### Pellet Tesisi Kurulumu

Pellet tesisi kurulum maliyeti düşük bir işletme değildir; maliyet tesisin büyüklüğü, kullanılan ekipmanın kalitesi ve bulunabilirliğine bağlı olarak değişir. Kapasitesi büyük makineler doğal olarak daha pahalıdır. Fakat büyük makinelerin hem dayanım ömrü uzundur hem de bu makinelerde üretilen pellet ürünü daha kaliteli olur. Makine seçiminde yedek parçaların temin edilebilirliği ve uzman kişiler tarafından tamir servisinin verilmesi de önem taşır. Genel olarak pellet tesisi toplam maliyetinin yarısını pellet makinesi ve diğer yarısını gerekli diğer ekipmanlar oluşturur. İşletme masraflarını ise ham madde tedariki, enerji, işgücü ve tamir+bakım maliyetleri oluşturur. Tipik olarak pelletleme kalıplarının 1000 ile 1500 saat çalışmadan sonra değiştirilmesi gerekir.



Şekil 2. Avrupa ülkelerinde pellet üretim miktarının mukayeseli gösterimi ve tesis sayıları.

Pelet tesisi kurulumu için gereken maliyet kalemleri; projelendirme, altyapı tesisleri inşaatı, makineler ve diğer masraflar başlıkları altında incelenebilir. Her yörenin ayrı gereksinimleri olduğu da unutulmamalıdır.

Yılda 45.000 ton pelet üretim kapasiteli bir tesisin kurulumu için yatırım kalemleri ve fiyatlandırması Tablo 1’de verilmiştir. Peletleme makinesi günde 8 saat ve haftada 6 gün çalışacak şekilde planlanmıştır. Tesis 1 hektar (10.000 m<sup>2</sup>) bir alana kurulmuş ve arazi fiyatı €200.000 olarak hesaplanmıştır. Bina ve ofis için kullanılacak alan da 1000 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiş ve bunun için gereken masraf da €450.000 olarak baz alınmıştır. Pelet üretmek için gereken makine ve aletler, öğütücü tesisi, peletleme ve soğutucu tesisi, basınçlı hava tesisi, paketleme ünitesi, depolama siloları, yükleyici ve forklift maliyete dahil edilmiştir. Gerekli olan aletlerin masrafı, kurulumu ve yıllık masrafı Tablo 1’de gösterilmiştir. Kurulum için gereken sermaye yatırımı 6,98 €/t pelettir.

Tesis üretim kapasitesi küçültülüp örneğin 40 bin ton/yıl kapasiteli, arazi maliyetleri düşürüldüğünde kurulum maliyeti 1.350.000 ABD dolarına kadar düşürülebilmektedir. Kurutma sistemi tesis dışında yapıldığında yine maliyet düşürülebilir.

Tablo 1. Yıllık yaklaşık 45 bin ton pelet üreten bir tesisin kurulum maliyeti

Alet	Alış fiyatı (000 €)	Kurulum fiyatı (000 €)	Tahmin edilen ömür(yıl)	Geri kazanım faktörü	Yıllık yatırım maliyeti (000 €)	Spesifik yatırım maliyeti (€/t)
Öğütücü Tesisi	405,34	162,14	10	0,1424	80,8	1,78
Peletleme ve Soğutma	515,70	273,32	10	0,1424	112,34	2,47
Diğer Elektrik Aletleri	272	-	15	0,1098	29,86	0,66
Basınçlı Hava Tesisi	9,08	0,91	15	0,1098	1,10	0,02
Paketleme Ünitesi	120	22,8	15	0,1098	15,68	0,35
Depo/Silo	20	2,8	15	0,1098	2,50	0,06
Kepçe	95	-	10	0,1424	13,53	0,30

Forklift	11	-	10	0,1424	1,57	0,03
Bina	450	-	20	0,0944	42,48	0,93
Arazi Kullanımı	200	-	25	0,0858	17,16	0,38
Toplam	2098,12	461,97	-	-	317,01	6,98

*Kaynak: Nolan ve ark., 2010. The Open Renewable Energy Journal.*

### **İşletme Masrafları**

Kullanılan aletlerin ve enerjinin operasyon masraflarını hesaplamak için gereken bilgi üreticilerden ve imalatçılardan alınan bilgilerden ve enerji masraflarından elde edilmiştir. Elektrik enerjisi masrafları €0,109 / kWh<sup>3</sup> olarak, tarımsal dizel yakıtı ise €0,77 / l olarak hesaplanmıştır. Kepçeden yıllık faydalanma periyodu %30, forkliftten ise % 10 olarak düşünülmüştür. Toplam operasyon masrafları içerisinde her aletin yıllık bakım masrafları da dahildir. Personel masrafları içinde ise üretim, pazarlama ve yönetimde çalışan personeller vardır. Tesisin büyüklüğüne bakılmaksızın 8 saatlik devriye için 3 üretim personeline ihtiyaç vardır. Yönetim tarafında ise bir resepsiyon, bir yönetici ve 2 personele ihtiyaç vardır.

Tablo 2. Pelet üretiminde kullanılan donatıların ton pelet başına işletim maliyeti

Alet	Operasyon Masrafı	Bakım	Toplam
Öğütücü tesisi	7,22	0,89	8,11
Pelletlemeve soğutucu tesisi	7,90	1,13	9,04
Basınçlı hava tesisi	0,10	0,05	0,16
Paketleme ünitesi	0,30	0,05	0,35
Depolama siloları	X	0,01	0,01
Kepçe	0,13	0,04	0,17
Forklift	0,03	0,01	0,04
Bina	0,18	0,20	0,38
Arazi kullanımı	X	0,09	0,09
Personel masrafı	9,31	X	9,31
Toplam	25,17	2,47	27,64

*Kaynak: Nolan ve ark., 2010. The Open RenewableEnergyJournal.*

Pelet üretiminde kullanılan ekipmanların ton başına pelet üretimi için işletim maliyeti 8 ton/saat kapasiteli tesis için 27,64 €/t civarındadır. Bu maliyeti ham madde dahil kapital maliyetleri de eklendiğinde 1 ton peletin üretim maliyeti 100,95 €'yu bulmaktadır.

## **Pelet Üretim Maliyeti**

Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara karşı pek çok çevresel üstünlüğü olmakla birlikte en büyük dezavantajları fiyatlarının fosil yakıtlardan pahalı olmasıdır. Biyokütleden pelet yakıt üretimi de halen maliyeti düşürülebilmiş bir proses değildir. Hacim ağırlığı düşük malzemelerin preslenerek yoğunlaştırma prosesinin enerji tüketim maliyeti vardır ve enerji maliyeti pelet ürün maliyetine yansımaktadır.

Genel olarak pelet üretim maliyetinin % 43'ünü ham madde, % 35'ini kurutma ekipmanları, % 7'sini peletleme ünitesi, % 6'sını personel giderleri, % 3'ünü depolama aktiviteleri, %2,5'ini yan ekipmanlar, % 2'sini öğütme, % 1'ini kapital, % 0,5'ini soğutma oluşturmaktadır.

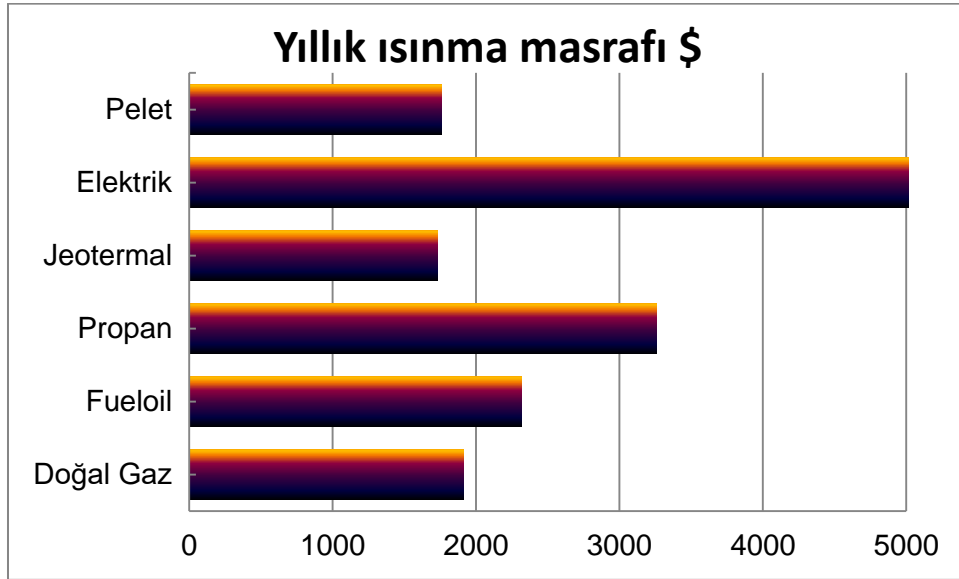
Pelet üretim maliyetinin en büyük maliyet kalemini % 70 gibi yüksek enerji tüketimi nedeniyle kurutma oluşturmaktadır. Kurutma tesis dışında yapılıp, ham madde kuru olarak temin edildiğinde üretim maliyeti doğal dolarak düşmektedir. Literatürde verilen ton başına üretim maliyeti genelde 72 ABD doları ile 113 ABD doları arasında değişmektedir. Maliyet farklılığına neden olan unsurlar tesisin üretim kapasitesi, elektrik enerjisi fiyatı, ham madde fiyatı gösterilmektedir.

Biyokütle peletlerinin ton başına üretim maliyetinin 51 ABD dolarına kadar düşürülebileceği de öngörülmektedir. Ham madde maliyeti 10 dolar ve rutubet içeriği % 10-40 olduğunda ve kurutma için de biyokütle yakıtı kullanıldığında maliyetler düşürülebilmektedir. Başka bir bakış açısı ile eğer pelet yerel kaynaklardan üretilip aynı bölgede tüketilecekse peletten kazanılacak enerjinin % 25'i ile hasat, taşıma, üretim yapılabilen; 4'te 3 (3/4) oranında artı enerji kazanılmaktadır.

## **Diğer Enerji Kaynaklarıyla Karşılaştırılması**

Pelet biyoyakıtların üretim maliyeti yanı sıra enerji verimliliği, enerji verim maliyeti, ısıtma maliyeti şimdiye kadar pek çok çalışmaya konu olmuştur. Ev ısıtmalarında en çok kullanılan ısınma kaynakları ile mukayeseli maliyeti Şekil 3'te gösterilmektedir. Pelet biyoyakıtlar fueloil, propan, doğal gaz gibi sıvı yakıtlardan daha ucuz bir yakıt türüdür. Ayrıca Şekil 3'te görüldüğü gibi en ucuz ısınma kaynaklarından jeotermal kaynaklı ısınma maliyeti kadar fiyata ısıtma gerçekleştirilebilmektedir. Yıllık ısınma maliyetlerinin hazırlanması için MMBTU (1

milyon British ThermalUnit)'dan faydalanılmıştır. MMBTU olarak ısıtma maliyeti doğal gaza yakındır ve doğal gaz kullanımını kadar otomasyon ve kullanım kolaylığı sağlamaktadır.



Şekil 3. Konut ısınmasında kullanılan farklı kaynaklarının yıllık ısınma maliyetleri

Pelet biyoyakıtlarının ton fiyatı satış stratejisi, pelet kalitesi, enerji içeriği ve yapıldığı ham maddenin kaynağına bağlı olarak dalgalanma göstermektedir. Uluslararası ticarete ton fiyatı 125 € etrafında değişim göstermektedir. Ülkemizdeki satış fiyatı yine aynı aralıkta değişim göstermekte tonu 250 - 400 TL arasında işlem görmektedir.

### Pelet Yakıtın Geleceği

Fosil enerji kaynaklarının fiyat seyrinin pelet endüstrisinin gelişimini belirlemeye devam etmesi öngörülmektedir. Uluslararası düzeyde karbondioksit salınım vergilerinin miktarı ve sıkı kontrolü, yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan teşvik ve prim sistemleri gibi enerji ve çevre politikaları belirleyici olacaktır. Enerji kaynakları arasındaki fiyat dalgalanmaları pelet ekonomisini de belirlemektedir. Avrupa birliği 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının oranını % 20'ye çıkarmaya hedeflemektedir. Bu senaryoya göre pelet yakıtına olan talebin 180 milyon tona kadar çıkması öngörülmektedir. Biyokütle ham madde kaynaklarına olan rekabet yine pelet endüstrisinin rekabetini etkileyici faktör olacaktır.

### Sonuç

Pelet üretimi halen büyüme trendinde olan bir endüstri dalıdır. Pelet ne kadar ucuza üretilirirse diğer yakıt kaynakları ile rekabeti o ölçüde yüksek olacaktır. Pelet üretim

maliyetinin en büyük kalemini ham madde ve onun rutubet seviyesi dolayısıyla kurutma için gereken enerji oluşturmaktadır. Diğer maliyetler peletleme makinesi ve personel de önemli kalemlerdendir. Üretim tesisinin büyüklüğü, son ürünün maliyetinde en belirleyici unsurdur. Küçük ölçekli tesislerde üretim maliyeti yüksektir ve bu ürün maliyetine yansımaktadır. Üretim kapasitesi 10 ton/saat'in üstündeki tesislerde pelet üretim maliyeti daha düşük olmaktadır. Kurutma kaynağı olarak üretilen pelet yakıtların bir kısmının kurutma amaçlı kullanılması en optimum kurutma kaynağı olmaktadır.