Bitkilerin Gücü

1994 yılı kışında Finlandiya'daki Ahlstrom mühendislik firması ile Sydkraft adlı İsveç Elektrik Kurumu İsveç'in güneyindeki Varnamo Kasabası'nda yeni bir ısıtma tesisini devreye sokuyorlardı. Burada en son jet teknolojisi kullanılmakla beraber enerji kaynağı olarak yarım milyon seneden beri mevcut bir olanaktan yararlanılmaktaydı.

Odun ! Varnamo tesisinde odun gaz haline getirilip bir jet motorunda yakılmakta ve böylece altı megavatlık elektrik ve şehrin merkezi ısınması için 9 megavatlık enerji meydana getirilmekteydi. Bu sayede odunun içindeki enerjinin yüzde sekseni binaların ısıtılması, aydınlatılması ve motorların çalışması için kullanılmakta ve bu arada atmosfere hiç kükürt salınmamakta ve çıkan karbondioksit, kesilen ağaçların yerine ekilenlerin geri alabilecekleri kadar olmaktaydı.

Varnamo tesisi, en eski enerji kaynağını yirminci yüzyıla taşıyan yeni teknoloji kuşaklarının bir ürünüydü. Makine taşıyan yeni teknoloji kuşaklarının bir ürünüydü. Makine Mühendisliği, biyoteknoloji ve ormancılık değişik bitkilerden sıvı ve gaz yakıt olarak yararlanma olanaklarını ekonomik bir biçimde sağlamakta ve buradan da elektrik elde edilmekteydi.

Biyokütle enerjisi teorik bir potansiyele sahipse de, pratikte ne kadar başarılı sonuçlar vereceği belirsizdir. Bazı uzmanlar dünya üzerindeki tarımsal ve ormansal kaynaklar sayesinde biyokütlenin yirmibirinci yüzyılın enerji ekonomisinin temelini oluşturacağını ileri sürmektedir. 1992 yılındaki Çevre ve Kalkınma Konferansı (Conference on Environment and Development) için Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanmış bir çalışma özellikle bu amaca dönük bir şekilde yetiştirilmiş bitkiler sayesinde 2050 yılı civarında bugünkü dünya enerji gereksiniminin %55'i kadarının karşılanabileceğini ortaya koymuştur. Buna benzer vizyonların gerçekleşmesi tarım yapılacak arazinin, suyun ve gübrelerin sağlanabilmesine bağlıdır. Önümüzdeki senelerde ise bu konularda sıkıntılar yaşanmasının beklendiğini unutmamak gerekir.

Biyokütle enerjisinden yararlanmak bir anlamda doğanın güneş enerjisi kollektörlerinden yararlanmak demektir - canlı bitkiler güneşten gelen enerjiyi fotosentez yöntemi ile karbonhidrat moleküllerine dönüştürür. Bitki yiyen hayvanlar, bu enerjinin bir bölümünü almış olurlar. Bütün tarih boyunca evlerini ısıtmak isteyen veya yemek pişiren insanlar bu enerjiden yararlanmışlardır. Ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru fosil yakıtların ortaya çıkması ile biyokütle, enerji ile uğraşanların bir kenara ter ettikleri bir kaynak halini aldı. Doğal olaraka da ticari olanakları izleyen ülke yönetimleri o tarihlerden sonra biyokütleyle ilgilenmediler.

BM kaynakları biyokütlenin dünyada üretilmekte olan enerjinin ancak %5'ini sağladığını göstermekteyse de, bağımsız uzmanların daha titizlikle yaptıkları incelemeler 1992 yılında dünya enerjisinin %13'ünün bu kaynaktan sağlanmış olduğunu ortaya koymuştur. Gelişmekte olan ülkelerin tüketmekte oldukları enerjinin %36'sı biyokütleden sağlanmakta ve bugün kırsal alanlarda yaşamakta olan 2.5 milyar insan- dünya nüfusunun yaklaşık %45'i - hemen bütün enerji gereksinimlerini bu kaynaktan elde etmektedir. Danimarka ve Finlandiya gibi sanayileşmiş bazı ülkelerde bile biyokütle, tüketilen toplam enerjinin %10'unu oluşturmaktadır. Biyokütle yalnızca yakıt amacı ile kullanılmaz. İnşaat, gıda, hayvan yemi ve kağıt gibi birçok uygulamalar biyokütleden sağlanır. Dolayısıyla insanlar ellerindeki biyokütleden enerji kadar bu tip uygulamalar için de yararlanmak durumundadır.

Biyokütle yenilenebilir bir enerji kaynağı olmakla birlikte günümüzdeki kullanım şekli ile ne yenilenebilir, ne de sürdürülebilir ! Dünyanın birçok yerinde nüfus artmakta ve insanlar ormanlık alanları açarak besinlerini elde edecekleri tarla haline dönüştürmekte ve

ormandaki geri kalan ağaçları da yakacak olarak kullanmaktadır. Bunun yarattığı yakıt sıkıntısından dolayı kadınlar ve çocuklar zamanlarının büyük bir bölümünü odun aramak ve toplamakla geçirmekte ve normal şartlar altında mükemmel gübre olabilecek bitki posası ve hayvan artıkları birçok yerlerde sobada yakılmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerdeki biyokütle kullanımı da sürdürülebilir değildir. Tarım uygulamalarının sağlıksız bir şekilde yürütülmesinden dolayı 1993 yılında 4 milyar litrelik etanol sağlamış olan ABD'ndeki mısır kuşağındaki toprak, oluşma hızından 18 katı hızla erozyona uğramaktadır. Dünya enerji gereksiniminin bir bölümünün biyokütleyle karşılanması isteniyorsa biyokütleyi daha verimli bir şekilde yararlanılabilecek bir forma dönüştürecek, çevreyi daha az kirletecek, ve daha ekonomik olarak kullanılabilecek teknolojik yenilikler gerekmektedir.

Dönüşümün daha verimli olmasını sağlayacak adımlar atılmaya başlanmıştır bile. Bunların başında da yemek pişirilen fırınlar gelmektedir. Geleneksel olarak uygulanan üç tane taşın üzerine oturtulmuş tencere gibi bir şekil düşünülecek olursa o şartlar altında yakılmakta olan odunun enerjisinin ancak yüzde onundan yararlanılır. Bunun yanı sıra karbon monoksit, parçacıklar ve kansere neden olan çeşitli maddeler havalandırma olanakları son derece kısıtlı olan mutfaklarda hapsolmakta ve 400-700 milyon insanın soluduğu havanın zehirlenmesine yol açmaktadır. Doğal olarak bu durumdan en fazla kadınlar ve çocuklar zarar görmektedir. Daha verimli bir çalışma için geliştirilmiş fırınlar, yakılmakta olan odunun %40'ının yemek pişirmek için kullanılmasını ve tehlikeli emisyonların çevreye yayılmamasını sağlar. Bu fırınlardan Kenya'da yarım milyon ve Çin'de 130 milyon satılmıştır. Aynı şekilde biyokütleyi elektrik enerjisine dönüştürecek teknolojiler %20 veya daha düşük verimlilikle çalışmakla beraber Varnamo'daki gibi birleşik çevrimli gaz türbinleri sayesinde odundaki enerjinin %45'i kullanılabilir bir hale dönüştürülebilmektedir. Gelecekte daha randımanlı teknolojilerin ortaya çıkacağı kesindir. Gerek odun yakan sobalarda ve gerekse elektrik santrallerinde sağlanan net sonuç, aynı miktarda odunu yakarak iki kat enerjinin elde edilmesidir.

Enerjiye dönüşümde ulaşılan randımanın son derece önemli olduğu açıktır ama ondan daha önemli bir faktörün varlığını unutmamak gerekir. O da biyokütleyle bütün herşeyin temelini oluşturan toprak ve su kaynaklarını tehlikeye düşürmeyecek düzeyde yakıt sağlanmasıdır. Burada tarım ve ormancılık etkinliklerinden geriye kala artıklarla yetinmek, veya yeni ve sürdürülebilir bir şekilde büyütülmüş enerji bitkilerinden yararlanmak gibi iki yol ortaya çıkmaktadır. Yakın dönemde en sağlıklısı bunlardan birincisi görünmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki ormanlardan elde edilen ağaçların yaklaşık dörtte üçü satış olanağı olmayan atıklar halinde kalmaktadır. University of London'ın King's College mensuplarından biyolog David Hall'a göre bu ve bunun gibi tarım ve ormancılık "atıklarının" değerlendirilmesi dünya enerji gereksiniminin %7.5'unu karşılayabilecektir.

Günümüzde talaş, atık odun ve kağıt hamuru gibi maddeleri kazanlarında yakarak elektrik ve ısı elde eden ABD kağıt endüstrisi, bu yolla enerji gereksiniminin yaklaşık yarısını karşılamaktadır. ABD'ndeki biyokütleyle çalışan ve şebekeye bağlı elektrik üretim kapasitesi - bütünüyle atık malzemeyle yürümektedir- 1979 yılında 200 megavatken 1993 yılında 6000 megavata yükselmiştir. Bu artışın altında 1978 yılında çıkartılmış olan ve elektrik üreten kurumların bağımsız üreticilerden rayiç fiyatlarla elektrik almalarını öngören Üretici Kamu Kurumlarının Faaliyetlerini Düzenleyici Kanun (Public Utility Regulatory Policies Act) yatmaktadır.

Bundan daha sonra kükürt emisyon standartlarına uymak isteyen ABD kurumları kükürt içeriği son derece düşük olan odunu kömür ile birlikte yakmayı denediler. Bu denemeler özel ve kamu kuruluşlarının araştırma ve geliştirme etkinliklerini arttırmalarına yol açmış ve yapılan taramalar yalnız kağıt ve diğer orman ürünleri sektörlerinde senede ek 8000 megavatlık biyokütle enerjisi potansiyelinin olduğunu ortaya koymuştur.

Geniş tarım alanlarına sahip olan Danimarka'da çok az orman vardır. Bu ülke, tarımdan sağladığı samanı - bu sektörün en büyük atık maddesi - önemli bir enerji kaynağı haline dönüştürmüştür. Mevcut saman stokları ülkenin enerji gereksiniminin %7'sini karşılayabilmektedir. Rüzgar enerjisinin geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan merkeziyetçilikten uzak yaklaşımla Danimarka Hükümeti, çiftliklerde kullanılmak üzere 12000 küçük çaplı saman yakan fırının kurulmasına olanak tanımıştır. 1980 yılından bu yana 60'dan fazla bölge ısıtma sistemi, yakıtlarının %90'ı saman olacak bir şekilde değiştirilmiştir.

Danimarka, fosil yakıtların fiyatlarının üzerine daha fazla vergi bindirerek saman kullanımını 1991 yılındaki 800 000 tondan 2000 yılında 1 200 000 tona çıkartmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda çiftçiler bu fırınlardan elde edilen külü tarlalarında gübre olarak kullanmaktadır. Bu şekilde besleyici maddelerin azalması önlenmemekle birlikte belirli bir oranda elimine edilmektedir. Danimarkalılar rüzgar türbinlerinde olduğu gibi biyokütle teknolojisini de ihraç etmeyi planlamaktadır. 1993 yılında samanla çalışan bir sistem eski Doğu Almanya'daki bölgesel ısınma ünitesinin yerini almak üzere monte edilmiş ve böylece kömürle çalıştığından dolayı çevreyi kirleten ve bu ünite devre dışı bırakılmıştır.

100'den fazla ülkede şekerkamışından geri kalan atıklar birçok bölgedeki enerji açığının kapanmasına yardımcı olabilir. Kamıştan şeker elde edildikten sonra geri kalan madde olan bagas, kazanlarda yakılarak şeker eldesi işleminde yararlanılan buharın sağlanmasında kullanılmaktadır. Bazı şeker fabrikaları buharla elektrik elde etmekteyse de eski teknolojileri kullanmalarından dolayı tesisin buhar gereksinimini karşıladıktan sonra geri kalanı çok az bir miktarda elektrik üretimine yetmektedir. Hawaii, Mauritius ve birkaç yerde daha kullanılmakta olan yüksek basınçlı modern buhar türbinleri aynı buhar üretimini sağladıkları gibi sekizkatı daha fazla elektrik elde edebilmektedir.

Oksijenden arındırılmış bir ortamda katı biyokütleyi hızla ısıtarak gaz haline dönüştürüp bir gaz türbininde yakmak yoluyla daha büyük artışlar elde edilebilir. Varnamo'daki prototipte olduğu gibi, biyokütleye dayalı gaz türbinleri sayesinde bugünkü standart kazanlardan elde edilen elektrik gücü otuzkatı arttırılabilir. Ama buna karşılık buhar üretiminin az bir miktar düşebileceğini kabul etmek gerekir. Şeker fabrikaları çıkarttıkları atık maddelerin hepsini geliştirilmiş gaz türbinlerinde yakacak olurlarsa, gelişmekte olan ülkelerdeki toplam elektrik üretiminin üçte birine yakın bir düzeyde elektrik enerjisi üretmiş olurlar.

Brezilya'nın kuzey batısındaki Bahia adlı eyalette biyokütleyle çalışacak 25-30 megavatlık bir gaz türbininin tasarımını geliştirme projesi, Global Environmental Facility ile Brezilya yönetimi tarafından desteklenen uluslararası bir çalışma olarak yürütülmektedir. Varlığı Varnamo tesislerinde kanıtlanmış bir teknolojinin bir sonraki adımı olarak kabul edilen bu projenin, biyokütle kullanılarak elde edilen elektriğin kilovat saat maliyetini sekiz cent'ten 5 cent'e düşürmesi beklenmektedir (burada kullanılan biyokütlenin tonunun kırk dolara mal olduğu kabul edilmektedir). Bu şartlar altında biyokütle kullanılarak elde edilen elektriğin maliyeti, klasik termik santrallerle boy ölçüşebilecek bir hale gelmektedir.

Bugün şeker fabrikalarındaki mevcut verimsiz birimlerde atık maddelerden elde edilen elektrik Kosta Rika, Küba, Fiji, Guatemala, Mauritus, Tayland, ABD ve Zimbabwe gibi ülkelerde yerel elektrik firmalarına satılmaya başlanmıştır. Buradaki ince nokta, satın alınan fazladan elektrik gücüne rayiç değerler üzerinden ödeme yapmaktır. Bu olay ise birçok memlekette maalesef geçerli olamamaktadır. Gaz türbinleri aracılığıyla diğer tarımsal atıklar, ormancılık sanayiinden arta kalan maddeler, kağıt hamuru ve hatta özel olarak bu iş için büyütülmüş bitkiler kullanılarak elektrik üretilebilir ve bu şekilde her ülkede sayısı hemen hemen sınırsız çeşitli uygulamalar söz konusu olabilir.

İnsan ve hayvan pisliği gibi diğer atık maddeler anaerobik sindirici gibi özel bazı cihazlarda gaz haline dönüştürülebilir. Gaz eldesinden arta kalan madde, besleyici malzemeler bakımından son derece zengin olduğundan rahatlıkla gübre yerine geçebilir. Sindiriciler tuğla ve metalden yapılma tanklardır. Bunların içinde fermantasyona bırakılmış organik maddeler metan gibi yanıcı gaz çıkartır. Yalnız bu basamak, gaz türbinlerinin tahriki için yararlanılan ısıya dayalı gaz haline dönüştürme aşamasından farklıdır. Çöplüklere terk edilmiş malzemenin mikrop ve bakteriler tarafından işlenmesi sonucu elde edilen metan gazı da toplanıp yararlı bir hale dönüştürülebilir. Diğer ülkelerin yanı sıra Çin, Danimarka, Hindistan ve Hollanda insan ve hayvan atıklarını enerji haline dönüştürecek çeşitli boylarda anaerobik sindiriciler kullanmaktadır. İngiltere'deki çöplüklerin 51 tanesinde, normal olarak atmosfere giden metan gazının %8'ini elde edebilen tesisler bulunmaktadır. Almanya'daki çöplüklerin dörtte birinde, çıkan gazı elektrik ve ısı haline dönüştüren tesisler halen etkinlik göstermektedir.

Çöplüklerden elde edilen metanın yakılması başka yönlerden de işe yaramaktadır. Sindiriciler, çıkan gazları karbondioksitin 11 katı daha güçlü bir şekilde tüketmektedir. Pacific Instute for Studies in Development, Environment and Security tarafından yürütülmüş bir araştırmaya göre çöplükte bir kilovat/saatlik elektrik eldesi için yakılan metan, kömürle çalışan bir termik santralin 10 kilovat/saatlik elektrik eldesi için atmosfere saldığı karbonu dengeleyecek düzeyde olmaktadır.

Biyokütle atıklarıyla baş edebilmenin en iyi yolu onları yakmak değildir. Enerji peşinde olanlar kağıt gibi işlerine daha fazla yarayacak maddelerin peşinde koşarlar. Yalnız kağıt gibi maddelerin geri kazanılması veya yeniden kullanılması daha verimli olmaktadır. Kağıdı yakmak için gerekecek enerji, onu geri kazanmak için harcanacak enerjinin iki ile dört katı daha fazladır. ABD'ndeki geri kazanma ve atıkları an aza indirme programlarının başarısı yüzünden atık fırınları yakacak bir şey bulamama tehlikesi ile karşı karşıyadır. Biyokütleyi oluşturan maddelerin daha verimli bir şekilde işlenmesi, enerji dönüşümü için gereken miktarı azaltacaktır. Orman ürünleri işleyen tesislerin dünya üzerindeki randıman düzeyi %50'ler dolayında gezerken Güneydoğu Asya'dakiler ham ağacın ancak %40'ını piyasaya sunacak hale getirebilmekte, buna karşılık Japonya'daki tesislerin verimlilik oranı %70'ler dolayında gezmektedir.

Atık maddelerden yararlanmanın yanı sıra biyokütle enerjisinden yararlanmanın diğer bir şekli de bu işe uygun bitkileri yetiştirmektir ama bu konudaki deneyimler o kadar geniş değildir. Aynı zamanda, fosil yakıtların maliyetinin düşük olmasından dolayı çiftçiler bu bitkileri yetiştirmeye pek taraftar değillerdir. Ancak birkaç münferit olayda sağlanmış olan devlet desteği, biyokütlenin petrolün yerini almasını sağlamıştır.

ABD'nde doksanlı yılların ortalarında tüketilmiş motorinin onda biri, federal ve eyalet vergilerinden muaf tutularak çekici kılınmış ve içine mısırdan yapılma etanol ve benzin eklenmiş bir karışım olmuştu. Brezilya'da şeker kamışından elde edilen saf etanol- alkollü bütün içkilerde bulunan madde- ülkedeki otomobillerin yaklaşık üçte birinde yakıt olarak kullanılmaktaydı. Bugün benzinle karıştırılan etanolü, Brezilya'daki otomobillerin yarısı yakıt olarak kullanılmaktadır. Yetmişli yılların yarısından buyana, maliyetler yarı yarıya düşmüşse de etanollü benzinin maliyeti, varili otuz dolarlık petrolden rafine edilmiş benzinden bile daha pahalıdır. Bu da 1994 yılı dünya fiyatlarının yaklaşık iki katı olmuştur. Zimbabwe gibi birkaç ülkede şeker kamışından etanol elde etme programları halen yürümektedir.

Bu teknolojilerin daha da gelişeceği açıksa da, gerek mısır, gerekse şeker kamışından elde edilen alkolün kısa dönemde ekonomik bakımdan geçerlilik kazanacağı olası görülmemektedir. Geleneksel biyolojik yakıtların önündeki en büyük engel tarıma açık arazilerin azlığıdır. Küresel olarak bakıldığında dünya gereksinimini karşılayacak kadar ekinin mevcut olmadığı anlaşılmaktadır. Bütün dünya üzerinde elde edilmekte olan mısır etanol haline dönüştürülecek olursa bu, günümüzdeki benzin talebinin ancak %13'ünü

karşılayabilir. Bütün dünya üzerindeki şeker alkole dönüştürülecek olursa, bu ancak mısırın yüzde onüçünün üzerine yüzde yedi daha ekleyebileceklertir. Ekilmekte olan bitkilerin çoğu için gübre, haşarat ilaçları ile sürme, sulama, biçme ve işleme için gerekli enerji için fosil yakıtlara gereksinim vardır. Bütün bu bitkilerin enerji kaynağı olarak kullanılması ne fosil yakıtların kullanılmasını, ne de atmosfere karbon emisyonlarını atılmasını önleyecektir. Kısacası biyokütle yakıtlarının uzun dönemde sürdürülebilir bir şekilde kullanılmaları için bütün tarımsal etkinliklerin yeniden keşfedilmesi gerekir.

Bu yönde atılabilecek adımlardan birisi de, selüloz ve benzeri kompleks organik maddeler gibi daha kalitesiz ve değeri daha düşük olan bitkileri yetiştirmektir. Bilim adamları yeteri derecede araştırma yapılırsa bu bitkilerin önce karbonhidrat, oradan da alkole dönüştürülebileceğini ileri sürmektedir. Örneğin odun, kırılmasını önleyen selüloz, hemiselüloz ve lignin içerir. The National Renewable Energy Laboratory'de geliştirilmiş enzimatik bir yöntemle bunlar etanol haline dönüştürülebilmektedir. 1980 yılında bir galonu yedi dolar on cent olan enzimatik etanolun değeri bu yöntem sayesinde 1994 yılında bir dolar otuz cent ile bir dolar yetmiş cent dolayına inmişti (1993 yılı doları ile). Araştırmacılar bu fiyatların yakın gelecekte yarı yarıya ineceğini ve etanol fiyatlarının galonu kırkbeş cent olan benzin fiyatlarıyla rekabet edebilecek bir düzeye düşebileceğini belirtmektedir. Aynı zamanda da daha ekonomik bir şekilde biyokütleden metanol- odun alkolu- eldesi çalışmalarını da sürdürmektedirler.

Kamçı otu veya fil elması gibi bütün yıl yeşil kalan çalılarla kavak veya söğüt gibi hızlı büyüyen ağaçlar, geleneksel olarak beslenme için kullanılmakta olanlardan çok daha olumlu sonuç vermektedir. Çalılar her 6 ile 12 ayda ağaçlar ise her üç ile sekiz senede bir kesilebilir. Bu ağaçlar mevcut kökleri üzerinde yeniden gelişip büyüyebilir ve böylece hem fosil yakıtlardan üretilen gübre kullanılmamış hem de yeniden ekme zahmetine girilmemiş olur.

Çiftçiler enerji elde etmek için ekecekleri bitkileri piyasaya süreceklerı bitkilerin yanına ekebilirler. Piyasaya sürülecek bitkilerden sağlanacak gelir, enerji için kullanılacak olanların maliyetlerinin yaklaşık yarısını karşılayabilecektir. Bunların biçilmesi sonunda elde edilen malzeme nakliye masraflarını en aza indirecek bir mesafede kurulmuş olan bir dönüşüm merkezine götürülüp orada sıvı veya gaz halinde bir yakıt oluşturulmasında veya doğrudan doğruya yakılıp elektrik eldesinde kullanılabilir. İşleme maliyetlerini an aza indirecek yeni tasarlanan sistemlerden birisi ise kütüklerin bütün olarak yakılmasını öngörmektedir.

Bazı teorik çalışmalara göre yukarıda anlatılanlara benzer yöntemlerle biyokütle 2050 yılına kadar dünyanın katı ve sıvı yakıt gereksiniminin %38'ini ve elektriğinin %18'ini sağlayabileceğe benzemektedir. Bu da dünyanın temel enerji kullanımının yarısı anlamına gelir. Yalnız bunun gerçekleşebilmesi için yüzmilyonlarca hektar alana gereksinim vardır. Sanayileşmiş ülkelerde tarım yapılmayan 32 milyon hektarlık araziden (bunun büyük bir kısmı da erozyona açıktır) yalnızca 5.5. exajüllük enerji sağlanabilmektedir. Bu da sanayileşmiş ülkelerin 1991 enerji tüketimlerinin %3'üne eşdeğerdir. Arazinin varlığı biyoenerji bakımından bugün bir sorun teşkil etmemekteyse de, biyokütle enerjisinin ele ciddi bir şekilde alınması halinde aşılması güç bir engel oluşturacağı açıktır.

Enerji amacıyla yapılacak tarım, çevre korumacılık bakımından başka sorunlar yaratacağa benzemektedir. Bu sorunların bir kısmı ile klasik tarım etkinliklerinde zaten karşı karşıya kalınmaktadır. Yeryüzündeki ve yer altındaki suları zehirleyen sentetik gübre ve haşarat ilaçlarının sürekli kullanılması ve toprak erozyonunun sürekli bir hal alması bunlardan yalnızca birkaçıdır. Ayrıca doğal ekosistemlerin yerini monokültürlerin alması diğer canlı türlerinin sürekliliğini tehlikeye sokacaktır. Kısacası hayvan yemi üretiminde kullanılan yöntemler ne kadar sürdürülebilir ise, biyokütle enerjisi de o kadar sürdürülebilir denilebilir. ABD'nde biyokütle enerjisi kullanmanın yaratacağı sorunlar, National Biofuels Roundtable adlı bir birlik tarafından ciddiyetle izlenmekte ve bu grup çevre koruma

bakımından geçerli olabilecek biyokütleye dayalı enerji sistemlerinin geliştirilebilmesi için yol gösterici prensipler belirlemektedir.

Uzmanlar tarımsal monokültürlerin yarattığı sorunların büyük bir bölümünün biyokütle enerji sistemleri tarafından giderilebileceğine inanmakta ve hatta biyokütle sistemlerinin yerel ekosistemleri geliştireceğini bile ileri sürmektedirler. Bunun gerçekleşebilmesi için enerji eldesi için ekilecek bitkilerin dört mevsim yeşilliklerini korumaları gerekir. Böylece hem toprak erozyonu önlenmiş olacak hem de bu bitkiler su kanalları ve bataklık alanlar ile yoğun ticari tarım alanları arasında bir tampon bölge oluşturmuş olacaklardır.

Gene de, enerji sağlamak için dikilecek bitkiler için ne kadar alan bulunabileceği ve enerji bitkiler çiftçiliği dalının ne kadar tutulacağı sorularının yanıtları açık değildir. İstenen kalitede toprağa sahip tarıma elverişli arazinin zaten fazla olmadığı gelişmekte olan ülkelerin çoğunda, hızlı gelişen ağaçları ve diğer bitkileri dikebilmek için gereken yüzmilyonlarca hektarlık alanı bulmak çok zor olacaktır. Bir tasarıma göre Afrika ve Latin Amerika'da sıvı halde biyokütle ihraç edebilecek ülkeler, bugünkü Orta Doğu şeyhliklerinin petrol imparatorlukları gibi olacaklardır. Yalnız bu düşünceyi gerçekleştirmek için bulunması gereken büyük plantasyonlar kırsal ekonomilerle toprağın kullanım düzenini alt üst eder. Aynı zamanda birçok duyarlı bölge üzerindeki baskıyı da arttıracaktır. İklim değişikliği söz konusu olursa bu baskıların inanılmaz boyutlara ulaşabileceğini de gözden kaçırmamak gerekir.

Üçüncü Dünya köylülerine ağaç ektirebilme çabaları genellikle başarılı olmamıştır. Bu çabaların enerji sağlayacak bitkiler şeklinde sunulması da başarısızlığı arttırmıştır. Yakacak odun bulamasalar bile köylüler enerji sağlamak gibi bir amaçla ağaç ekmeyi benimseyememektedir. Bunun altında da genellikle köylülerin çalıştıkları toprakların sahibi olmamaları yatmaktadır. Diğer bir neden ise ağaç ekmek yerine piyasada satıp para kazanabilecekleri bitkilerle uğraşmayı tercih eden kocalar yatmaktadır. Kocalar yakacak odun peşine kadınlar ve çocukları yollamakta, kendileri ise tarlada çalışmayı yeğlemektedir.

Biyokütle enerjisi üretimi o bölgede yaşayan insanların işine yarayacak ve gereksinimlerini karşılayacaksa başarılı olur. Onun için bu üretimin enerji kadar, gıda ve ham maddeye dönük daha geniş bir tarım politikası çerçevesi içinde ele alınması gerekir. Gıda ve yakacak üretimini bünyesinde birleştiren teknikler birkaç önemli hedefi aynı anda gerçekleştirir. Seksenli yıllarda Kenya ve Nijerya'daki deneme istasyonlarında yapılmış araştırmalara göre mısır ve lösen ağaçlarının aynı anda yetiştirilmesi hektar başına senede 5 ton odun sağladığı gibi mısır üretiminde de önemli artışlar sağlamıştır. Kuzey Çin vadilerinde yarım milyon hektar karışık ekin yetiştiren Çin'in bu yöntemle elde ettiği sonuç, Afrika'nın bütününden sağlananın yaklaşık yarısı düzeyine ulaşmıştır. Tahıl üretimi ise %22-30 artmıştır.

Aynı bölgede gıda ve yakacak için bitki ekilip yetiştirilmesi yakıt ve biyokütleye bağlı diğer bazı ürünlerin eldesini sağlarsa da ellerinde toprağı olmayan en yoksul olanlar gene yakacak odun eldesi gibi sorunlar ile baş başa kalmaktadır. Bugün biyokütle yardımıyla güneş enerjisinin elde edilmesi bu enerjiden doğrudan doğruya yararlanmaktan daha ekonomikse de biyokütle enerjisi üretimi arazi fiyatlarının yükselmesine neden olabilir. Bu yükseliş gıda fiyatlarının artmasına ve dolayısıyla fakir insanların daha fazla açlığa mahkum edilmelerine yol açabilir. Kırsal alanların enerji sorunlarını eşitlik ve hakkaniyet ile toprak mülkiyeti sorunlarından ayırt edebilmek oldukça zordur.

Biyokütle enerjisi taraftarlarının önlerindeki en büyük sorun yeryüzünde yeterli derecede verimli arazinin bulunmamasıdır. Güneş pillerinin %10-15 ve güneş enerjisi ile çalışan elektrik santrallerinin %15-25 civarındaki randımanı ile karşılaştırıldığında biyokütle aracılığı ile güneş enerjisinin elde edilme verimliliğinin %1'den daha düşük olduğu görülür. Bugün Brezilya'da şeker kamışından elde edilen etanolle sağlanan elektrikle

güneş pillerinin verimliliği arasında bire sekiz bir fark vardır. Biyokütle enerjinin avantajı depolamaya çok uygun bir şekle sahip olmasıdır. Bu özellik diğer yenilenebilir. Enerji kaynaklarında bu kadar göze çarpmamaktadır.

Bugün gıda yetiştirmek için yeteri derecede arazi bulmakta zorlanan dünyamızda enerji için kullanılacak bitki için ne kadar alan ayrılabileceği açıktır. Daha önceki senelerde kişi başına düşen ekilebilir arazi ile gene kişi başına düşen sulamanın doruk noktasına ulaşmasından sonra 1984 yılında kişi başına düşen tahıl üretimi de doruk noktasına ulaşmıştır. Bugün, elde edilen ürün eskisi kadar hızla artmamakta ve önümüzdeki on sene içinde birçok ülkenin gıda sıkıntısı çekmesi beklenmektedir. Birleşmiş Milletler 2025 yılında dünya nüfusunun 7 milyarı geçeceğini hesaplamaktadır. Tarım etkinliklerinin bu kadar insanı beslemesi pek olası görünmemektedir. Biyokütle enerjisine dönülmesi bu durumu daha da içinden çıkılmaz bir hale dönüştürülebilir. Geçici de olsa gıda sektöründe yaşanabilecek bir azalma tahıl ve arazi fiyatlarının artmasına yol açacak, bu da biyokütle enerjisinin gelişmesini engelleyecektir.

Gelecekte biyokütle enerjisinin gelişmesi için iki şekil düşünülebilir. Bunlardan birincisi çevreye de zarar verecek yoğun tarım, diğeri ise yerel ekosistemleri zenginleştirecek bir yoldur. İkinci şekilde uzun dönemde verimlilik, korunan biyolojik çeşitlilik ve temiz kalan yeraltı suları gibi faktörler düşünülerek üretim verimliliği ve kısa dönemli unsurlar bir yana bırakılabilir. Bu şekil hem sürdürülebilir olacağa hem de daha başarılı sonuç vereceğe benziyorsa da esas olarak biyokütle kullanımı hakkında son zamanlarda yayınlanmış olan bazı çalışmalarda ileri sürülen prensiplerle ters düşmektedir.

Tartışmaya açık sorulardan birisi de biyokütle enerjisinin gelecekte nasıl kullanabileceğidir. Katı yakıtların konutlara ve işletmelere taşınması yöntemine yeniden dönülmeyeceği açıktır. Onun içinde biyokütlenin öncelikle sıvı veya gaz halinde bir yakıt veya doğrudan elektrik enerjisi haline dönüştürülmesi gerekir. İkinci şık ekonomik bakımdan daha mantıklı durmaktadır. Biyokütleden elde edilip de kilovat/saati beş cente mal edilen elektrik, varili seksenbeş dolar olan petrolle eşdeğerdir. Elektrik eldesinden sonra hayvan yemi olarak bir kenara bırakılmış biyokütle metanol veya etanole dönüştürülebilir. Bu yöntemle biyokütleden elde edilen hidrojen, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisinden sağlanan hidrojeni bir anlamda desteklemiş olacaktır. ABD'deki bazı araştırmacılar verimliliği düşük olan arazilerde yetişen kılıç otundan hidrojen elde edilebileceğini ve bu hidrojenin, çiftliklere elektrik ve ısı temin edecek yakıt pillerinde kullanılabileceğini ileri sürmektedirler.

Biyokütle hayvan yemi, yapı malzemeleri, kağıt endüstrisi gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir. Biyokütlenin bu alanlardaki yararı, elektrik üretimine katkısından daha fazladır. Fosil yakıtlar azaldıkça biyokütleden yağlama, plastik ve kimyasal gıda gibi bazı yeni alanlarda yararlanılması söz konusu olacaktır. Dolayısıyla enerji eldesi için kullanılması, biyokütlenin yarayabileceği işler listesinin en sonunda yer almalıdır. Elektrik eldesi bakımından biyokütleden sonra devreye girmiş olan rüzgar ve güneş enerjisi herhalde biyokütleden daha sağlıklı sonuçlar verecek, biyokütle ise daha yararlı olduğu alanlarda kendisini kanıtlayacaktır.

Yirmibirinci yüzyılın en önemli elektrik kaynakları olmaya aday olan rüzgar, termik, fotosel ve biyokütle gibi dört yenilenebilir enerji kaynağını bölüm altından bölüm dokuza kadar olan sayfalarda gözden geçirdik. Fakat bu listede yer almayıp da kendini zaman içinde gösterecek daha birçok kaynağın varlığını unutmamak gerekir. Bunlardan gel-git ve dalga gibi kaynakların yakın gelecekte kullanılabilmesine pek olanak görünmemektedir. Bunun karşılığında hidroelektrik ve jeotermal gibi iki kaynağın göz ardı edilmesine olanak yoktur. Hidroelektrik santraller zaten genel olarak kullanılmakta olan bir teknoloji olmakla birlikte çevre koruma ve diğer doğal engellerden dolayı hızla gelişmesi zora benzemektedir. Jeotermal enerjisi ise hızla yayılabilecek bir konumda

olmasına karşın yeryüzündeki yayılımı o kadar fazla olmadığından rüzgar ve güneş enerjisi kadar geniş bir uygulama alanı bulamayacaktır.

Akarsulardan sağlanan güç, tarihsel olarak bütün fosil yakıtlardan da önce devreye sokulmuş önemli bir kaynaktır. 1991 yılı itibarıyla dünya üzerinde 643 000 megavatlık hidroelektrik kapasitesi çalışmaktaydı. Bu kapasite dünya elektriğinin %6'sı ve temel enerjisinin %6'sını sağlamaktaydı. Yetmişli senelerden sonra akarsuların gücünden elde edilen elektrik iki katına çıkmıştır. Bu artışın büyük bir kısmı toplam hidroelektrik gücünün %37'sini elinde tutan gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmiştir. Dünya üzerindeki en fazla hidroelektrik gücüne %13'lük oranları ile ABD ve Kanada sahiptir. Bu iki ülkenin ardından Brezilya, Çin ve Rusya gelmektedir. Küçük bir ülke olmasına rağmen Norveç elektriğinin %95'ini akarsulardan sağlamaktadır.

Bu enerji kaynağı geleneksel olarak topografya ve yoğun yağışa bağlıdır. Hidroelektrik santral kurulabilecek alanların büyük bir bölümü ya dağlık alanlarda, yahutta yerleşim bölgeleri çevresindedir. Bu koşullar altında yerleşim bölgelerine yakın bir yerde kurulacak tesislerin önlerine çeşitli engellerin çıkartılmasını doğal karşılamak gerekir. Birçok ülkede hidroelektrik santral projeleri, ellerindeki topraklardan olmak istemeyen insanların itirazlarından dolayı durdurulmuştur. Chang Jiang (Yangtze) Nehri üzerine devasa Three Gorges barajını kurmayı plamlayan Çin, Halkın karşı koyması üzerine bu projeyi askıya almak zorunda kalmıştır. Hindistan, Narmada Nehri üzerinde tesis etmeyi plamladığı barajı aynı nedenlerden dolayı terk etmiştir. Bu anlaşmazlıktan çözüm yollarından bir tanesi, geniş alanları kaplayacak tek bir baraj gölü yerine birkaç tane küçük boy baraj tesis etmektir. Bu yöntem Çin'de başarıyla uygulanmıştır. Gene de hidroelektrik tesislerin yapımı gelecekte yavaşlayacağa benzer. 2025 yıllarında 35 exajüllük enerjinin ancak elde edilebileceği öngörülmektedir. Bu da 1990 yılı itibarıyla %50'lik bir artış anlamına gelir.

Hidroelektrik santraller ile karşılaştırıldığı zaman jeotermal enerji daha çok yeni sayılır. Güneş enerjisine doğrudan doğruya veya dolaylı olarak bağlı olmayan tek yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin kaynağı, aynı zamanda deprem ve volkanların oluşmasının altında yatan dünyanın temelidir. İlk kez İtalya'da 1904 yılında elektrik üretiminde yararlanılan jeotermal enerjisinden ile bugün iki düzineden fazla ülkede elektrik ve ısı için yararlanılmaktadır. Kaliforniya'daki gayzerlerde olduğu gibi elverişli bir noktada yerkabuğunun altına indirilen bir boru yardımıyla yeryüzüne büyük miktarda buhar alınması mümkün olmakta ve termik santrallerde olduğu gibi bu buhar aracılığıyla bir türbin ve türbine bağlı jeneratörle elektrik elde edilmektedir.

Dünya üzerindeki jeotermal enerji kapasitesi bugün 7000 megavattır. 1991 yılında Nikaragua'nın elektriğinin %28'i, Filipinler'in %26'sı ve Kenya'nınkinin %9'u bu kaynaktan elde edilmekteydi. Asrın sonlarına doğru dünya toplamının 15 000 megavata ulaşacağı ve takriben 40 ülkenin jeotermal enerjiden yararlanabileceği düşünülmektedir. Bu kaynağın toplam gücünün çok az bir bölümünden yararlanılmakta olduğu açıktır. Bugün 270 megavatlık bir kapasiteye sahip olan Japonya'nın 69 000 megavatlık bir potansiyele sahip olduğu tahmin edilmektedir. Bu da ülkenin halen sahip olduğu nükleer kapasitesinin iki katıdır. Cibuti ve Saint Lucia gibi diğer ülkelerin halen saptanmış olan rezervler yardımıyla bütün elektrik gereksinimlerini rahatlıkla karşılayabilecekleri hesaplanmaktadır.

Jeotermal enerji elektrik elde etmenin yanısıra doğrudan doğruya fabrikalarda veya binaların ısınma tesislerinde de kullanılmaktadır. 1990 yılında jeotermal enerjinin doğrudan doğruya kullanılma düzeyi 11 730 megavata ulaşmıştı. Bunun da dörtte bir Japonya'daydı. Çin 1985 yılında 3 980 megavat olan kapasitesini 2 140 megavata yükseltmiştir. Macaristan halen 1 280 megavata sahiptir.

Jeotermal rezervler bilinçsiz kullanımdam dolayı tüketilebilirse de (ki bunun bazı örnekleri görülmüştür) dünya üzerindeki yataklar o kadar geniştir ki bu enerji türü yenilenebilir olarak kabul edilebilir. Örneğin ABD'nde, Enerji Bakanlığı hidrotermik rezervlerin (petrol

veya doğal gaz gibi kayaların arasına sıkışmış sıcak su veya buhar) teorik olarak 2 400 quad'lık enerji sağlayabileceğini hesaplamaktadır. Bu da ABD'nin bugünkü yıllık enerji tüketiminin 30 katıdır. "Sıcak kuru kayalar" (hot dry rock) bundan da fazladır. Ama değerlendirilebilmesi de bir o kadar zordur.

Jeotermal enerjinin sektörünün bir bölümünü kaplamamasının ana nedeni ekonomiktir. Rüzgar ve güneş enerjisinde olduğu gibi, üretimle ilgili maliyetleri yükselten nedenler çözüldükçe fiyatlar aşağıya doğru inecektir. Jeotermal enerji 2025 yılında 5 exajüle ve 2050 yılında belki de 10 exajüle yükselerek yirmibirinci yüzyılda önemli fakat mütevazı bir rol oynayacaktır.

Kaynak:

Christopher Flavin, Nicholas Lenssen "Enerjide Arayışlar" TEMA Vakfı Yayını No:12, 1996,
s. 174 - 191