

1-GİRİŞ

İnsanlık tarihinin hiçbir döneminde enerji gözardı edilerek gelişme olmamıştır. Her ne şekilde olursa olsun ilerlemenin temel gücü kesinlikle enerji olmuştur. Günümüzde ise enerji kalkınmışlığın bir göstergesi kabul edilmekte, ülkelerin gelişmişliği kişi başına düşen enerji miktarıyla ölçülmektedir.

Sanayi ve teknolojide gelişmeler gösteren ülkemizde enerji talebi her geçen gün artmaktadır. Gelişmenin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için enerji talebinin tümü karşılanmalıdır. Gelişmiş ülkeler seviyesine ulaşabilmek için ihtiyaç duyulan enerjinin temininde tüm alternatiflerin belirlenerek hizmete sokulması gereklidir. Çünkü; enerji, sanayi ve teknolojide temel girdidir. Enerjisiz bir sanayileşme düşünülemeyeceği gibi yeterli enerji olmadan teknolojide verim artışı sağlamak mümkün değildir. Mevcut enerji kaynaklarının rasyonel kullanımı ve yeni enerji kaynaklarını devreye sokulmasının zorunlu olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, gelişmeyi yavaşlatmadan sürdürebilmek için bu da yeterli değildir. Yenilenmeyen enerji kaynakları potansiyeli gün geçtikçe azalmakta ve yakın bir gelecekte tükeneceği hesaplanmaktadır. Bu yüzden dünyanın birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hem mevcut olan kaynaklardan yararlanarak tükenme sürecini yavaşlatmak, hem de yeni enerji kaynaklarından yararlanmak amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Enerji temel iki kaynaktan sağlanmaktadır. Bunlar; yenilenemeyen ve yenilenebilen enerji kaynaklarıdır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının sanayi devriminin başlamasından günümüze kadar bilinçsizce tüketilmesi tehlike çanlarının çalmasına sebep olmuştur. En iyimser hesaplar bile yenilenemeyen enerji kaynaklarının (petrol, kömür v.b.) yakın bir gelecekte tükeneceğini göstermektedir. Oysa, gelişmeye paralel olarak enerji tüketimi de artmaktadır. Bu durumda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, dolayısıyla yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenme sürecini yavaşlatmak bir zorunluluk olmuştur. Dünyadaki tüm ülkeler bu konuda yoğun çaba içindedirler.

Ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin değerlendirilebilmesi için gerekli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Ülkemiz güneş, rüzgar, jeotermal ve biyogaz enerjileri bakımından oldukça zengin kaynaklara sahiptir. Bu kaynakların kullanılmasıyla toplam enerji tüketimine küçümsenmeyecek derecede bir katkı sağlanacaktır.

Ülkemizde enerji tüketimi, üretime oranla daha hızlı artmakta ve açık giderek büyümektedir. Bunun nedenlerinin biri enerji üretimimizin aritmetik, nüfusun ise geometrik olarak artmasıdır. Bir başka neden ise, nüfusun artışının yanı sıra kişi başına tüketilen enerji miktarının da kalkınmaya paralel olarak artmasıdır. Ülkenin ihtiyacı olan enerji kaynaklarından doğalgaz, taşkömürü ve petrol dışındakiler ülkece karşılanabilmektedir. Ancak ithal edilen enerji kaynakları içinde petrolün önemi büyüktür. Çünkü hem toplam enerji tüketiminde %45 paya sahiptir, hem de tüketilen petrolün % 87.7' si ithal edilmektedir. Enerjide bu kadar büyük dışa bağımlılık hem stratejik yönden son derece önemlidir, hem de ekonomik dengeye olumsuz etkileri büyük olmaktadır. Ayrıca 124 ülke arasında yapılan bir sıralamada ihracatının %63'ü nü enerji ithalatına harcayan Panama'dan sonra 2. ülkeyiz. Ülkemiz kalkınmakta olan bir ülkedir. Kalkınmış ülkeler, kalkınmakta olan ülkelerin 18 katı enerji kullanmaktadırlar. Bu değer, gelişmiş ülkelerle, gelişmekte olan ülkeler arasındaki teknoloji farkını açık bir şekilde göstermektedir.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının hızla tükenmekte oluşu gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkeleri yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini değerlendirmeye yöneltmiştir. Bu yöneliş bir bakıma bir enerji tasarrufudur ve tükeniş sürecini yavaşlatmayı amaçlamaktadır. Bu noktada, ülkemizin bugünkü enerji üretim ve tüketim dengesini vurgulamakta yarar vardır. Enerji tüketimimizin yaklaşık yarısı yerli kaynaklardan sağlanmaktadır. Diğer yarısı ise yurt dışından ithal edilmektedir.

Başta biyogaz olmak üzere, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin değerlendirilmesi bir ülkenin enerji sorununu çözmez. Amaç, bu kaynakları kullanarak önemli oranda enerji tasarrufu sağlamak olmalıdır.

Dünya bankasınca yapılan bir araştırmada, dünyada yaklaşık 2 milyar insanın ısınma ve yemek pişirme amacıyla odun, tezek ve bitkisel artıklara bağımlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu değer 5 milyon varil petrole veya kalkınmakta olan ülkelerin toplam enerji tüketiminin 1/4'ü ne eşittir. Başka bir deyişle ticari olmayan enerji türlerinin kullanılması doğal dengeyi dolayısıyla kalkınmayı olumsuz yönde etkilemektedir.

Biyogaz başta hayvan gübreleri ve bitki artıkları olmak üzere, her türlü organik materyalin havasız koşullarda fermantasyonu sonucu elde edilen, bileşiminde metan ve karbondioksit olan bir gaz karışımıdır. Isıl değeri yüksek bir enerji kaynağıdır. Biyogaz dendiğinde sadece enerjinin akla gelmesi yanlış değerlendirmelere neden olmaktadır. Tarımsal üretimle uğraşanlar ve ülke ekonomisi bakımından biyogazın asıl önemi, fermente olmuş değerli bir organik gübre elde edilmesidir. Diğer taraftan, kırsal kesimde yaşayan insanlarımız, biyogaz uygulamaları sonucunda temiz bir çevreye kavuşmakta, gübrelerle yayılan hastalıklar en aza indirilerek çevre sağlığına olumlu etkiler sağlanabilmektedir. Bu yüzden biyogazı bir bütün olarak düşünmek, hiç tükenmeyecek bir kaynak olduğunu göz önüne almak, biyogaz konusunda yapılacak veya yapılması gereken çalışmaları organize etmek ülke ekonomisi açısından önem taşımaktadır.

Son yıllarda ülkemizde özellikle rüzgar, güneş ve biyogaz enerjilerinin kullanımı ile ilgili çalışmaların hızlandığı görülmektedir. Biyogaz teknolojisinin yaygınlaşmasıyla çok yönlü yararlar sağlanacağı bilinmektedir. Bu çalışma biyogaz potansiyelinin tespitine yöneliktir. Mevcut potansiyel evsel yemek artıkları göz önüne alınarak bir sonuca varmaya çalışılmıştır. Bu sonuçlara varabilmek için bazı istatistik veriler, kabuller ve araştırma sonuçlarından yararlanılmıştır.

2- YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya Bankası 2025 yılında dünya nüfusunun 8,3 milyar olacağını tahmin ediyor. Doğal olarak bu dünya enerji gereksinimini önemli ölçüde arttıracaktır. Eylül 2000 de, Londra'da World Wide Fund Nature in raporunda dünyanın ısındığı ve bunun bu yüzyılın sonunda dünyadaki bitki örtüsünün ve etobur canlıların üçte birini köklü biçimde değiştireceği öngörülmüyor.

2000 yılı Kuzey Kutbunda seyahat eden bilim adamları, orada buz tabakalarının incelendiğini gözlemlediklerini anlatıyorlar. Diğer taraftan ozon tabakası deliğinin büyüdüğü gözleniyor.

Bu son gelişmeler gösteriyor ki, dünyada fosil yakıtların kullanımından mümkün olabilecek en kısa zamanda uzaklaşarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Bu da ancak yerel yönetimlerin enerji politikalarını değiştirmeleri ile mümkündür. Bu nasıl olacaktır? Yenilenebilir enerji kaynakları nasıl etkin kullanılabilir hale getirilebilirler? Bu iş için kısa, orta ve uzun vadeli yerel yönetim politikası ne olmalıdır? Yeni oluşmakta olan köykentlerde ne gibi enerji politikaları izlenmelidir? Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranları nasıl arttırılabilir?

Bu çalışmada yukarıda sorulan sorulara yanıtlar aranacak ve seçenekli çözümler önerilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımını arttırabilmek için izlenecek politikalara bazı örnekler verilecektir.

Dünya Bankası 2025 yılında dünya nüfusunun 8,3 milyar olacağını tahmin ediyor. İnsan başına enerji tüketimi artan refah düzeyi ortamında artacağından, artmasa sabit kalsa dahi, artan insan sayısına orantılı olarak, yani geometrik diziye göre, enerji gereksinimi artacaktır. Örneğin Türkiye için nüfus artışı %2,5 ve kalkınma hızı %5,5 olarak öngörüldüğünde, Türkiye'nin bir yılda en az kurulu gücünü 2000 MW arttırması gerekir. Dünyada bu enerji artışı, yaşam tarzımızı değiştirmesek, yine dünyadaki fosil yakıt kaynaklarından veya nükleer kaynaklardan karşılanacaktır. Bu enerji kaynakları, dünya dışından, uzaydan gelen güneş enerjisi ile karşılaştırıldığında, güneşin yaşam süresi 10^{11} yıl olduğu düşünülürse, sınırlıdır ve tükenmeye mahkumdur. Öyleyse, güneş enerjisi ve bunun neden olduğu rüzgar enerjisi, dalga enerjisi vb... yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, hem çevre kirliliği hem de fosil yakıtları başka amaçlı kullanımına olanak tanıma yönünden yararlıdır. Ozon tabakasının delinmesi, dünya sıcaklığının ekolojik dengeyi bozacak şekilde artması, aerosollerin yoğunluğu artması, asit yağmurları, iklim değişmesinin 40 yıl kadar önce başlaması gibi olayların birdenbire durdurulması, dünyanın artan enerji gereksinimi dikkate alındığında, hemen fosil yakıtlarından uzaklaşarak yenilenebilir enerji kaynaklarını devreye almak ne ekonomik yönden nede teknolojik yönden olanaksızdır. Ancak yavaşlatılabilir. Bu nedenle, uluslar arası bir uzlaşma ile fosil yakıtların tüketimi yavaşlatılabilir. Güç üretiminde ve kullanımında bu ciddi soruna ancak fen bilimlerinde, ekonomide ve sosyal filozofide inovatif düşünme yardımı ile çözüm aranabilir. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji

kaynaklarını “etkin kullanımında alternatif yerel politikalar geliştirilmesini” zorunlu olduğu anlatılacaktır. Kentlerde ve yeni kurulması düşünülen “köykentlerde” kısa, orta ve uzun vadeli politikalarla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının nasıl arttırılacağı tartışılacaktır. Enerji fiyat politikalarından bazı örnekler verilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının nasıl arttırılabileceği açıklanacaktır.

Enerji, politik olarak en çok karşıt görüşlerin çarpıştığı bir alan, ekonomik olarak önemli bir konu, savaşlar çıkabilir, hükümetler düşürülebilir, en büyük lobi savaşlarını ateşleyebilir. Diğer taraftan enerji ekonomik ve sosyal gelişmenin bel kemiğidir. Enerji, milyarlarca kişiye ümit, ekmek, sağlık verir. Isıtma, soğutma ve konfor sağlar, iş sahası açar, kolay hareketlilik sağlar ve günlük bilgilendirmeye yardımcı olur.

Görüldüğü gibi bu kadar çeşitli çıkarları bir araya getiren enerji, yerel yönetimler, hükümet ve dünya organizasyonlarını aynı anda ilgilendiren ve çok büyük bir organizasyon isteyen bir konudur. Burada asıl olan, çevreyi sürdürülebilir biçimde temiz tutan, garantili ve . ekonomik yönden rekabet gücü olan enerji sistemlerini bulmak ve hayata geçirmektir.

2.1-Yenilenebilir Enerji Teknolojileri

Burada, kısaca yenilenebilir enerji teknolojilerinden söz edilecektir. Bu teknolojileri ayrıntılı olarak anlatmaktan çok, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımında yerel yönetim politikalarının saptanmasında yardımcı olacak bilgiler aktarılmaya çalışılacaktır.

Halen uygulamaların yoğun olduğu ve ekonomik rekabet gücü olasılığı yüksek olan potansiyel teknolojiler aşağıda verilmiştir.

2.1.1-Biyogaz Enerjisi

Biyogaz; bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan ve bileşiminde % 60-70 metan, % 30-40 karbon dioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbon monoksit ve azot bulunan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogazın ısı değeri bileşimindeki metan oranına bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 4700-6000 kcal/m³ kadardır. Bu nedenle ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla kolaylıkla kullanılabilen temel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır. Öte yandan biyogaz üretimi sonunda elde edilen fermente gübrenin, bir başka deyimle

biyogübrenin tarım uygulamalarında kullanılması durumunda verimin yaklaşık olarak % 25 oranında arttığı belirlenmiştir. Biyogaz, bütün bu yararlarının yanı sıra biyogaz üretiminde kullanılan hayvan gübrelere kokusu proses esnasında kaybolduğundan ve insan sağlığını tehdit eden birçok unsur ortadan kalktığından, biyogaz üretiminin gerçekleştirildiği alanlarda yaşayan insanlara temiz ve sağlıklı bir çevre kazandıracaktır.

Biyogazın dünyadaki yeri ve önemine bakıldığında tarım ve hayvancılığın çok yaygın olduğu, başta Çin olmak üzere özellikle uzakdoğu ülkelerinde (Hindistan, Güney Kore, Pakistan, Tayland vb.) yüz binlerce (hatta Çin'de milyonlarca) biyogaz üreticinin çalışır durumda olduğu görülmektedir.

Ülkemizde ise biyogazla ilgili olarak ilk çalışmalar 1960'lı yıllarda "Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü" ile "Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü"nde gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki dönemlerde, özellikle 1980'li yılların başlarında tüm dünyada yaşanan petrol krizinin etkisiyle Köy Hizmetleri Ankara Topraksu Araştırma Enstitüsü'nde bir biyogaz birimi kurulmuş ve biyogazın ülke çapında yaygınlaştırılması çalışmaları hız kazanmıştır. Ancak, konunun ülkemiz açısından öneminin tam olarak kavranamaması, araştırmalardan elde edilen verilere olan güvensizlik, yönetimlerin konuya olumsuz bakışları, çalışmaları koordine edebilecek bir yapılanmanın oluşturulamaması ve konuyla ilgili gerekli ve yeterli desteğin sürekli olmaması nedeniyle 1980'li yılların sonunda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü biyogazla ilgili tüm araştırma ve uygulama çalışmalarını durdurmuştur.

Bütün bunlara rağmen, tüm hayvan varlığımızdan elde edilecek gübrenin biyogaz üretiminde kullanılmasıyla yaklaşık 3-3.5 milyar m³/yıl oranında biyogaz üretiminin gerçekleşmesi mümkün görünmektedir. Bu enerjinin de yaklaşık olarak 2-2.5 milyon ton taşkömürü/yıl veya 20-25 milyar kwh elektrik enerjisine eşdeğer olduğuna dikkat edilmelidir. Biyogaz, endüstriyel gelişmenin itici gücü elektrik enerjisi üretimine inter-konnekte sisteme katkı olarak düşünülmemelidir. Ancak küçük yerleşim birimleri ve çiftliklerin elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Böylece bir yandan küçük yerleşim birimlerine elektrik ileten iletim hatları ve trafo maliyetlerinden kurtulma şeklinde katkı ile bu yerleşim yerlerinin yükünü çekerek ana şebeke elektriğinde önemli tasarruf sağlayıcı bir kaynak olarak düşünülmalıdır.

2.1.2-Biyokütle

Güneş enerjisinin depolanmasına olanak sağlayan ve çevreye zarar vermeyen bu yakıtın, son zamanlarda, gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra, gelişmiş ülkelerde de büyük oranlarda kullanılmaya başlandığı gözlenmiştir. Bunun başlıca nedenleri arasında, fosil yakıt kullanımı yüzünden dünyanın giderek artan boyutta çevre kirliliği problemi yaşamasıdır. Biyokütlenin daha çok ve verimli yetiştirilmesi için hızlı büyüyen özel bitkiler ve genetik mühendisliği yardımıyla yeni tohumlar geliştirilmektedir. Burada dünya nüfusunun %80'inin 35⁰ kuzey ve 35⁰ güney enlemleri arasında yaşadığı göz önüne alınırsa, bu bölgede metrekareye düşen güneş enerjisinin yılda 3000-4000 saati bulunduğu ve bunun da enerji olarak 2000kWh/m² ettiği ortaya çıkmıştır. Bütün bu verilerden yola çıkarak, güneş enerjisinden foto biyolojik çevrim sonucu elde edilebilecek biyokütle enerjisinin büyüklüğü ve çevre etkisi çok az olan bu yakıtın sağlayacağı yararların önemini açıkça göstermektedir.

Son yıllarda hızla sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve yaşam düzeyinin yükselmesi gibi etkenler yalnız Türkiye'de değil, dünyada da enerji tüketimini arttırmış, bu da fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesine ve dolayısıyla çevre kirliliğine yol açmıştır. Dünyada enerji tüketimi 1900'lü yılların başlarında 2×10^{18} J iken 1998 yılında 17 kat artarak 3.4×10^{20} J değerine ulaşmıştır. Bütün bunların sonucu olarak, gerek bu enerji açığını karşılamak gerekse çevre kirliliğini azaltmak için dünyada biyokütle çalışmalarına büyük hız verilmiştir. Biyokütleden elde edilebilecek yıllık enerji, 1,120,000 MW'ı samandan, 500,000 MW'ı hayvan atıklarından 1,360,000 MW'ı orman atıklarından 2,400,000 MW'ı çöplerden ve 17,700,000 MW'ı şeker kamışı, odunsu bitkiler gibi enerji tarlalarından olmak üzere yaklaşık toplam 23,100,000 MW gibi büyük bir potansiyele sahiptir. Biyokütle elde etmek için harcanan enerji ve %20 dolayında bir çevrim göz önüne alındığında, yılda net 3000MW gibi bir enerji elde edileceği açıkça görülmektedir. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik, bölgesel ve çevre dostu oluşu gibi özelliklerde göz önüne alındığında, biyoenerji konusuna ilgi giderek hızla artmaktadır. Bir çok gelişmekte olan ülke biyoenerjiyi, geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Özellikle biyokütle enerjisi karbondioksit salınımını azaltmaya yönelik çalışmalarda en iyi seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

Orta verimdeki bir arazi parçası üzerinde yapılan hesaplara göre 1 hektar tarladan yılda ortalama 80-100 ton yaş veya 25-30 ton biyokütle elde edilmektedir. Böyle bir bölge için yıllık ortalama yağış tutarı 250 mm dolayındadır. İklim koşulları açısından daha uygun olan

yarı-tropik bölgelerde ise verim hektar başına 40 ton biyokütle düzeyine çıkabileceği kesindir. Biyokütleden elde edilen enerjinin birim maliyeti diğer yakıtlarla yarışabilecek durumdadır.

2.1.3-Dalga Enerjisi

Archimedes prensibi ve yerçekimi arasında ortaya çıkan büyük güç dalga enerjisidir. Dalga enerjisi en çok önerilen yenilenebilir teknolojilerden biridir. Sadece büyük bir enerji kaynağı değildir, aynı zamanda bir çok yenilenebilir enerji kaynaklarından daha güvenilirdir. Güneş ve rüzgar zamanın %20-30'unda temin edilebilirken dalga gücü zamanın %90'ında elde edilebilir durumdadır. Temiz, ucuz ve doğal enerji kaynağı olan, doğal dengeyi koruyan, solunabilir temiz havayı sağlayan, ülke ekonomisine destek olan dalga enerjisi üç yanı denizlerle çevrili ülkemizde yararlanılması gereken yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

Dalganın gücü genliğinin karesi ve hareket periyodu ile orantılıdır. Uzun periyotlu (~7-10s), büyük genlikli (~2m) dalgaların metre olarak genişliğinin başına 40-50 kW enerji oluşur. Diğer yenilenebilir kaynaklar gibi dalga enerjisi de dünyada düzenli dağılıma sahip değildir. Dünyada yüksek dalga gücüne sahip birkaç bölge bulunmaktadır. Her iki yarıkürede ~30° ve ~60° enlemler arasında dalga hareketi batı rüzgarlarının hakimiyeti ile yüksektir. Avrupa Ülkelerinin Akdeniz sahillerinde yıllık dalga gücü 4 ile 11 kW/m arasında değişmekte ve en yüksek değerler Ege Denizinin güney batı bölgesinde görülmektedir. Avrupa'nın toplam dalga enerji kaynağı 320 GW iken Avrupa'nın Akdeniz sahilleri boyunca derin su kaynağı yıllık 30 GW mertebesindedir.

2.1.4-Güneş Enerjisi

Günümüzde global ısınmanın kanıtları giderek artmaktadır. Bugünkü trend, atmosferik sera gazlarının 30 yıl içinde ikiye katlanacağını göstermektedir. Bu da büyük oranda, gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik büyümeyle ilgilidir. Bununla birlikte, iklim değişikliği ve atmosferik sera gazları arasındaki bağlantı, gelecekte oluşabilecek yıkımsal çevre etkilerinin potansiyelini göstermektedir.

Güneş enerjisi yoğunluğunun, yaz-kış, gece-gündüz ve hatta günün değişik saatlerinde belirli bir bölgede farklı olması nedeniyle güneş enerjisinden başlıca dört farklı şekilde yararlanmak mümkün görünmektedir. Bunlar sırasıyla; güneşin ısı etkisinden (yeryüzünü ısıtma etkisi), güneşin fotoelektrik etkisinden, orbital enerjisi şeklinde ve biyolojik-kimyasal etkisinden

yararlanmadır. Güneş enerjisinden kimyasal ve biyolojik etkiyle yararlanma fotosentez ve güneşte oluşan kimyasal tepkimelerle güneş enerjisini tutma ve depolamaya dayanır. Kimyasal enerji biyokütleye aktarılabildiği gibi, bu enerjiden örnek olarak suyu özel katalizörle güneşte hidrojen ve oksijene ayrıştırarak hidrojenin yakıt olarak kullanılması şeklinde de yararlanılabilir.

Güneş enerjisinden orbital enerjisi şeklinde yararlanma, dev bir uydunun dünya çevresine gönderilerek güneş enerjisinin fotoelektrik ve termik olarak depolanması ve atmosferde absorblanmayacak biçimde (mikrodalgaya dönüştürme gibi) dünyaya gönderilmesi prensibine dayanır. Ayrıca, özellikle hızlı büyüyen özel bitki, kamış, ağaç yetiştirme ve bunları biyokütle olarak kullanıp kimyasal ve diğer enerji şekillerinde de kullanılabilir.

Güneş enerjisinden elektrik üretimi daha çok yüksek yoğunlukta güneş ışığı alan, sahra gibi çöl veya az yağmur alan ekvatorial bölgelerde ekonomik olmaktadır. Fakat enerjinin tüketim alanlarından uzaklığı ve depolanma güçlüğü nedeniyle ancak suyu elektroliz ederek oluşan hidrojeni doğal gaz gibi taşımak şeklinde yararlanma yolları araştırılmaktadır. Toplayıcı özel kollektörlerle Fransa'da 2400°C kadar ulaşılmıştır. Özellikle Fransa, İspanya , ABD ve İsrail başta olmak üzere birçok ülkede güneş enerjisinden elektrik üretimi amaçlı yararlanma yollarını araştırmak için yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Günümüzde 60-100 MW'lık deneme güneş-elektrik santralleri bulunmaktadır. 2050 yılında dünya enerji tüketiminin %15'inin güneşten karşılanacağı tahmin edilmektedir.

Güneşin fotoelektrik etkisinden yararlanmada güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine çevrilir ve bu enerji tüketilir. Güneş ışığı ile çalışan bir çok gereçler (hesap makinesi, saat, oyuncak, güneş enerjili taşıtlar gibi) ve uzaydaki uydular enerjilerini bu teknikle kazanmaktadırlar.

Güneş enerjisinden en iyi yararlanacak şekilde ve çatılarında güneş ısıtması yapmak, seraları ısıtmak, güneş kurutması gibi diğer enerjilerin tüketimini azaltacak imkanları değerlendirmek bile önemlidir. Açık havada 100 m² ev çatısına bir günde 80-100 litre benzin eşdeğeri enerji düştüğü unutulmamalıdır.

Evlerimizi ve işyerlerimizi enerjilendirmek için yeterli miktarda enerji her gün güneşten dünyamıza gelmektedir. Bu potansiyelin kullanımı, başlangıç aşamasında olup, güneşten

gelen güç yoğunlukla ısıtma sistemleri için kullanılmaktadır. Bugün artık güneşten termal-elektrik anlamında yararlanmanın yolları araştırılmaktadır.

Geleneksel güç tesislerinin aksine, güneş ışınlarını yoğunlaştıran güç sistemleri, çevreye duyarlı bir enerji kaynağıdır, neredeyse hiçbir atığa sahip değildir ve gün ışığından başka yakıt tüketmezler. Güneş ışığını yoğunlaştıran güç tesislerinin çevre üzerindeki tek etkisi kullandıkları alanla sınırlıdır. Fosil yakıtlı bir tesisin kullandığı alan daha küçük görünse de fosil yakıtı arama, çıkarma ve tesisin bulunduğu yere ulaştırılması için kullanılan alanlarla birlikte, bir güneş enerjisi tesisinden daha fazla alan kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

Güneş ışınlarını yoğunlaştıran güç tesislerinin diğer yararları ise düşük işletme maliyetleri ve yüksek enerji taleplerinin olduğu periyotlarda enerji üretebilme kabiliyetleridir. Enerjiyi depolayabildiklerinden, kapalı havalarda veya günbatımından sonra da çalışabilirler. Fosil yakıtlı sistemlerle hibrit olarak çalıştıklarında ise hava durumundan bağımsız olarak çalışabilirler.

2.1.5-Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik düzenekler, güneş enerjisi tarafından harekete geçirilen hidrolojik çevrimin bir kısmındaki enerjiyi açığa çıkarmaktadır. Karalarda yağın yağmur miktarı genelde buharlaşan miktardan daha fazladır. Bu fazlalık denizlere doğru akışa geçer. Bu akarsu enerjisi su türbinlerini çevirmek suretiyle elektriğe dönüştürülür. Her ne kadar küçük çapta tesislerde akarsular üzerine kurulu türbinler kullanılsa da Türkiye gibi enerji açığı fazla ülkelerde öncelikli olan büyük tesislerdir ve bu tesislerde suyun enerjisini arttırmak amacıyla derin barajlar yapılarak su biriktirilir. Bu barajlar enerji dışında sulama, içme suyu temini, sel baskınlarına karşı önlem, ulaştırma, dinlenme ve turizm amaçlı görevlerde üstlenebilmektedir.

Dünya çapında düşünüldüğünde sadece %14 civarında olan hidroelektrik potansiyeli ülkemizde bunun çok üstündedir. 1998 itibariyle elektrik kurulu gücümüzün %44ü su gücüne dayalıdır. Bu sayıların gelecekte de GAP ilerledikçe bu civarda devam edeceği söylenebilir. Üstelik Türkiye henüz küçük boyutlu nehir ve benzeri küçük su santralleri konusuna yeni girmektedir. Bundan dolayı da önemli potansiyel vardır ve kullanılmayı beklemektedir.

Ancak su gücünde yararlanılırken çevrenin tahribi de söz konusudur. Özellikle yeni ve eski (ZEUGMA örneği gibi) yerleşimler, tarım alanları, kıyıları ve kıymetli ekosistemler sular altında kalabilmektedir. Akarsuların ekosistemleri değişmekte, göç halindeki canlı türleri

zarar görmektedir. Mısır'daki ASSUAN barajında olduğu gibi Nil nehrinin taşması artık engellendiğinde nehir kıyısındaki doğal toprak ıslahı ve gübrelenme sona ermekte, çöl nehre kadar yaklaşabilmekte, nehrin deltasında toprak tuzlanmakta, denize döküldüğü kıyıda besin maddesi fakirleşerek balıkçılığı olumsuz etkileyebilmektedir. Barajlardaki durgun su kütlesi ötrofikasyon tipi kirlenmeye açık haldedir. Ayrıca toplanan çökelti malzemesi dipten yukarıya doğru yükseldikçe türbin girişlerini sarmaya başlar ve sorun çıkarır. Bir süre sonra baraj gölü bu malzeme ile dolacak ve baraj kullanıma kapanacaktır. Nehir türü küçük santrallerde bu sorunlar pek görülmez.

2.1.6-Hidrojen Enerjisi

Günümüzde dünyada enerji ihtiyacının büyük bir kısmının karşılanmasında kullanılan fosil yakıtlar (petrol, doğal gaz, kömür) hızla tükenmektedir. Ayrıca bu yakıtların yanma ürünleri sera etkisi, ozon delinmesi, asit yağmuru, hava kirliliği gibi global problemlere neden olmaktadır. Bu problemler çok ciddi çevresel problemler yaratmasının yanında gezegenimizin üzerindeki tüm hayatı tehdit etmektedir. Birçok bilim adamı ve mühendis bu global probleme çözüm olarak şu anda kullanılan fosil yakıtların yerini hidrojen enerjisinin alması gerektiği konusunda görüş birliği içerisinde. Hidrojenin yanma ürünlerinin sera etkisi, ozon tabakasını delme, asit yağmuru, hava kirliliği gibi etkileri yoktur. Hidrojen yenilenebilir bir enerji kaynağından üretildiği takdirde değiştirilmesi gerekmeyen, kalıcı bir enerji sistemi olur.

Çevre kirliliğine yol açmadan çeşitli alanlarda kullanılabilecek esnek bir yakıt olan hidrojen, 21. yüzyılın yakıtı olarak düşünülmekte; üretimi, taşınması, depolanması ve kullanılmasına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi için çok kapsamlı programlar yürütülmektedir. Hidrojenin üretiminde kullanılabilecek kaynaklar arasında hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerji sayılabilir. Ayrıca biyokütleden, doğalgazdan, biyoyakıtlardan ve metanol gibi alkollerden çevre dostu teknolojiler kullanılarak hidrojen üretimi konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Hidrojenin son kullanımı ile ilgili teknolojilerde de önemli bir sorunun olmadığı kabul edilebilir. Ancak hidrojenin taşınması ve depolanması ile ilgili problemler, hidrojen enerjisine geçişteki en önemli engeller olarak varlıklarını sürdürmektedirler.

Her ne kadar hidrojenin gaz veya sıvı fazda saklanması, taşınması veya kullanımı mümkünse de gaz fazında saklama veya kullanma çok büyük hacimler gerektirmektedir. Bu da hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının düşünüldüğü cihaz ve taşıtların anormal ölçülerde olmasını gerektirir. Sıvı olarak depolama çok yüksek basınçlarda çalışmayı gerektirdiğinden

maliyetlerde çok büyük artışlara neden olduğu gibi emniyetli kullanım açısından da çeşitli risklere neden olur. Diğer taraftan hidrojenin katı olarak saklanması, taşınması bütün bu sakıncaları bertaraf ettiği gibi yangın, kaza gibi tehlikeli durumlarda hidrojenin patlama tehlikesini de ortadan kaldırır.

2.1.7-Jeotermal Enerji

Yerkürenin erimiş sıvı kütlesi büyük bir enerji deposu olarak görülebilir. Magma adını verdiğimiz bu demir, nikel gibi erimiş kütle, kalın bir yer kabuğu tabakası ile örtülüdür. Yer kabuğunun derinliğine inildikçe 30-45 metrede (normal 33 m'de) sıcaklık 1°C veya 1 km'de 30°C artar. Fakat bu enerjiden yararlanmak teknolojik ve ekonomik açıdan uygun değildir. Ancak yer kabuğunun bir çok yerinde normal dışı yüzeye yakın sıcak bölgeler de vardır. Bu bölgeler sıcak lavlar (yanardağ), sıcak kayalık ve taşlıklar şeklinde magma kaynaklı ısındığı gibi, radyoaktif bozunmalarla da ısınabilir. Bu sıcak bölgelere kadar inebilen yeraltı suları o bölgenin sıcaklığına göre yüksek basıncın da etkisiyle çözebildiği mineral ve kayaları çözerek yüksek sıcaklıkta buhar ve sıcak su kaynağı olarak yeryüzüne ulaşır. Ayrıca yer altı suyunun bulunmadığı yüzeye yakın sıcak bölge ve kayalara özel tekniklerle su ve gaz göndererek bu ısı enerjisi yeryüzüne taşınabilir. Her iki şekilde de yer ısısından yararlanma jeotermal enerji adı altında ticari enerjilere alternatif enerji olarak tanımlanır. Bunların ve kaynak suyunun sıcaklığına göre elektrik üretiminde, konut ve sera ısıtmasında, kaplıca sıcak su hamamlarında yararlanır.

Özellikle yanardağ ve lavların yakınlarından geçen sular yüksek sıcaklıkta buhar olarak yer yüzüne ulaşırsa doğrudan elektrik üretiminde kullanılabilir. Su ve buharın çözdüğü minerallerden geçen iyon ve gazların çevre kirliliğine neden olmaması için bu sular ısı değiştiriciden geçirilir ve içerdikleri kükürt dioksit, hidrojen sülfür, karbon dioksit ve azot oksitleri ise enerjisinden yararlanan artık su ile tekrar yeraltına gönderilir. Böylece çevreye karşı olumsuz etkisi de önenebilir. Dünya anomali jeotermal enerji potansiyeli 4.4×10^6 TWh (4.4 milyon teravat saat) olarak hesaplanmaktadır. Yer kabuğunun 7 km.ye kadar olan kısmının 80°C'ye soğuması ile kazanılacak enerji ise 3.5×10^{10} TWh (35 milyar teravat saat) düzeyinde olacaktır (şüphesiz bu değerler teorik değerlerdir).

Dünya jeotermal kaynaklı elektrik üretim potansiyel kurulu gücü 1977 yılında 502 MW'ı ABD'nde olmak üzere 1350 MW kadardır. 1986 yılında ise kurulu güç 8228 MW'a

yükselmiştir. Bu alanda dünya liderleri 1915 MW kurulu güçle Çin, 1874 MW ile ABD ve 1443 MW ile İzlanda'dır. Bu üç ülkeyi, Fransa (337 MW), Japonya (318 MW), Yeni Zelanda (264 MW), İtalya (307 MW), Arnavutluk (245 MW), Macaristan (240 MW), Rusya (210 MW) ve Türkiye (140 MW) izlemektedir. Bugün toplam 27 ülkede elektrik üreten jeotermal santraller çalışmaktadır. Özellikle İzlanda ve Yeni Zelanda'nın enerji tüketiminde (elektrik üretimi ve konut ısıtma) jeotermal enerji çok yüksek bir paya sahiptir. ABD'nin "The Geysers", İtalya'nın "Landrello", kaynakları en yüksek potansiyele sahip olanlardır.(Örme 1997)

Doğal ve ısıtma ile 160°C'nin üzerinde su buharı veya sıcak su kaynakları elektrik üretiminde,diğer kaynaklar ısıtma amaçlı kullanılmaktadır.

Ülkemizde en büyük jeotermal enerji potansiyeli Denizli-Sarayköy civarı olup, 1000 km²'lik bir alanda 160-200°C sıcaklıkta sıcak su (buhar) kaynakları mevcuttur. Halen 700 L/s debideki kaynaklar elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Diğer yüksek jeotermal enerji potansiyel bölgeleri Çanakkale, Afyon-Sandıklı, Kızılcahamam, Gönen, Simav, Kozaklıdır. Halen Kırşehir, Gönen, Simav, Kızılcahamam ve İzmir-Balçova'da sıcak kaplıca suları merkezi konut ısıtmasında kullanılmaktadır. Ülkemizde ÖRME adlı özel bir jeotermal mühendislik şirketi, konuyla ilgili dernek ve kuruluşlar jeotermal ısıtma ile uğraşmakta ve bu kurum-kuruluşların verilerine göre Türkiye bu alanda Dünya'da 7. sırada yer almakta olup Türkiye'nin 5 milyon konutu ısıtacak potansiyele sahip olduğu iddia edilmektedir.

2.1.8-Rüzgar Enerjisi

Dünyada özellikle 1990-2000 yılları arasında en hızlı gelişen alternatif enerji kaynağı rüzgar enerjisi oldu. Dünyada 1990 yılında toplam rüzgar kurulu gücü 2160 MW kadardır. Bu güç planlanandan da hızlı artarak 1997 yılında 7500 MW, 1998 de 9600 MW'a ve 1999 sonunda da 10200 MW'a ulaşmıştır. Sadece Almanya'da 1998 yılında 2875 MW kurulu güce ulaşırken aynı yıl Avrupada kurulu güç 2100 MW artış göstererek 6276 MW'a ulaşmıştır. Rüzgar enerjisinde en iddialı ülke ise Danimarka. Danimarka her yıl 200-250 MW artışla 1999 yılında 1560 MW'a ulaşmış ve toplam enerjideki rüzgar enerjisi payını % 6'ya çıkarmıştır. 2005 yılına kadar Danimarka 4000 MW'a, tüm avrupa ise 12000 MW 'a ulaşmayı hedeflemektedir. Rüzgar enerjisinde diğer iddialı 2 ülke Hindistan (ki toplam enerjideki rüzgar enerjisi payı % 1'e ulaşmış durumdadır) ve ABD'dir.

Son yıllarda rüzgar türbinlerinin yüksekliği 95 m'ye çıkarılarak ve santralleri karalar yerine kıyıya yakın denizlere (off-shore) kurarak rüzgar enerjisinden yararlanmada önemli bir artış sağlanmıştır. Denize kurulan rüzgar türbinleri daha verimli ve güvenilir olması yanında kıymetli olan kara topraklarının bu amaçla boş kalmasını da önlemektedir.

Rüzgar enerjisinin en üstün yanı rüzgarın bedava ve temiz olmasıdır. Bu nedenle de çevreye herhangi bir olumsuz etkisi olmamaktadır. Rüzgar santrallerinin işletme maliyeti çok düşük, dışa bağımlılık azdır. En olumsuz yanları ise halen yapım maliyetlerinin çok yüksek olması ve birim kapasitenin düşük olmasıdır (ancak, yapım maliyeti 1981 yılında kW kurulu güç başına 4000 dolardan 1000 doların altına (900 dolar/kW) düşmüştür. Birim ünite ise 500-600 kW'a çıkmış ve önümüzdeki yıllarda 1,5 MW'a çıkabilecektir. Bir santral ömrü 30 yıl kadar olduğu düşünülürse önümüzdeki yıllarda rüzgar santralleri daha ekonomik olabilecektir. Halen yıllık ortalama rüzgar hızı 5 m/s ve üzerindeki rüzgar, enerji üretimi için önemli potansiyel sayılmaktadır.

Rüzgar enerjisinin diğer bir sakıncalı yönü ise mutlaka şebekeye bağlı çalışma ve her bir türbine yükseltici trafo konma zorunluluğudur. Kapasite kullanım verimi de ancak % 30 kadardır. Rüzgar esmediği zaman üretim duracağından rüzgar enerjisi ancak ancak termik ve hidrolik santrallere ek olarak ya da kombine şekilde güvenilir elektrik enerjisi kaynağı olarak görülmelidir.

Türkiye'de Rüzgar Enerjisine bakacak olursak,1990 yılından sonra Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ülkemizin birçok bölgesinde ölçüm yapmış ve rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan bölgeleri belirlemiştir. Türkiye'nin batı ve kuzey sahilleri ile, iç kesimlerinde bazı tepelerde uygun potansiyelin bulunduğu, özellikle Karaburun Yarımadası, Çanakkale sahilleri ve Boğazi, Güneydoğu Anadolu ve Kuzey Anadolu tepelerinin rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek bölgeler olduğu saptanmıştır. 1998 Yılında Çeşme ilçesi Germiyan köyünde ilk rüzgar santrali kurulmuştur. Halen her biri 500 kW gücünde 4 santral çalışmakta olup, yenileri eklenmek üzeredir. Rüzgar enerjisi kurulu gücü 9 MW'a ulaşmak üzeredir.

2.2-Yerel Yönetim Enerji Politikaları

Yerel yönetimlerin enerji politikaları milli enerji ana planı ile uyum içinde olması gerekir. 2-7 Kasım 1981de 2.Türkiye İktisat Kongresinde ‘Türkiye Enerji Ana Planı’ hazırlanmasına ve Türkiye’nin sağlıklı enerji durumunu gösteren envanterinin yapılmasına karar alınmıştı. 5 yıllık kalkınma planlanmasında öngörülen hedeflerin bu ‘Enerji Ana Planı’ çerçevesinde gerçekleştirilmesi doğal olarak hükümetlerin görevleri arasındadır.

Yerel yönetimlerin enerji politikaları en azından aşağıda belirtilen konuları kapsamalıdır;

- * Enerjiye bağlantılı olan emisyon sınırlarının hedefleri, enerji ürünleri ve sistemleri için performans standartlarının saptanması,
 - * Enerji ile ilintili her türlü etkinliklerde çevre kirliliği, sağlık ve diğer tahribatları dikkate alarak, her türlü enerji sistemlerinin maliyet analizinin yaptırılması, ve bunu için teknik şartnamelerin hazırlanması,
 - * Enerji etkinliğini arttırmak, emniyet kontrolü, atık işletmeciliği ve üretimlerde emisyon reaksiyonları, depolama, ulaşım ve milli stratejilere uygun her türlü enerjinin kullanımı için yerel stratejilerin ve planların saptanması,
 - * Benzine ve diğer fosil yakıtlara vergi ilaveleri ile bunların gerçek fiyatlarını topluma yansıtmak, vergilerle enerji verimini arttıracak çareler aramak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için özendirici öneriler getirmek ve gelir düzeyi küçük kesime enerji yardımı yapmak,
 - * Enerji tasarrufu sağlayan taşıtları satın alabilmek için krediler sağlamak ,
- Özel firmalar tarafından güneş enerjisiyle üretilen elektrik enerjisini, şebeke fiyatının üstünde satın almak ve gerektiğinde onlara elektriği şebeke fiyatına geri satmak.

Yerel yönetimler saptadıkları politikaları yürütebilmek için aşağıda belirtilen konularda alt komiteler kurmalıdırlar;

- * Enerji performans standartları ve emisyon limitleri hedefleri,
- * Toplam enerji fiyatlandırma rehberi,
- * Yenilenebilir enerji teknolojileri,
- * Enerji üretimi maliyet analizi,

- * Yenilenebilir enerji teknolojilerini tanıtmak ve hayata geçirmek için finansal enstrümanlar üretme,
- * İşbirliği ve teknoloji transferi,
- * Bilgilendirme,gösterim ve program uygulamaları.

Yerel politikaların çerçevesi hazırlandıktan ve alt komiteler kurulduktan sonra yenilenebilir enerji teknolojileri için mevcut engelleri aşmak üzere aşağıda verilen ayrıntıları yürütecek yürütme komitesi itici güç olarak çalışmalıdır.

- * Büyük ölçekli güneş enerjisi tesisleri kurulması,
 - * Düşük faizli, uzun vadeli kredilerin bulunması,
 - * Konfordan ödün vermeden binalarda her bir odaya takılan iklimlendirme cihazlarından tasarruf etmek için,
aşağıda belirtilen konulara dikkat etmek gerekmektedir;
1. Binalarda akıllı cepheler ve çatıların kullanımı,
 2. Binaların yönlendirmelerinin güneş enerjisinden yararlanabilecek biçimde olması,
 3. Doğal serinletme yapı elemanlarının kullanılarak, binaların soğutulmasında gerekli gücü azaltma,
 4. Düşük wattlı lambaların kullanımını özendirmek,
 5. Bina ısıtmasında ısı pompalarını özendirmek, reklamlarda kullanılan elektrik gücü tüketimini azaltmak,
 6. Elektrik tüketiminde akıllı fiyat politikaları uygulamak,
 7. Nüfus artışını kararlı halde tutacak özendirici tedbirler almak.

ÖNERİLER: Bilindiği gibi uygar toplumların yaşamlarını sürdürebilmeleri için sürekli bir enerji akışına gereksinimi vardır. İçin bulunduğumuz duruma göre enerjiye her fiyatı ödemek zorunda kalabiliriz. Ancak, sürdürülebilir bir dünya topluluğu olabilmek için en azından aşağıda verilen konuları yerine getirmek zorundayız;

- 1.Yenilenebilir malzeme kaynaklarını tekrar kullanmak ve geri dönüşümü sağlamak (örneğin kağıt) ,
- 2.Çevre kirlenmesini önlemek ve atıkların azaltılmasını sağlamak,
- 3.Nüfus artışını kontrol etmek.

Aşağıda santrallerin yaklaşık kurulma işletmeye alma süreleri verilmiştir. Buna göre Enerji Ana Planında, yenilenebilir enerji teknolojilerinin payının saptanması;

- * Rüzgar Tarlaları : 8-11 ay
- * Termik Güneş Santrali : 43 ay
- * Kömürlü Termik Santral : 3 yıl
- * Doğal Gaz Termik Santrali : 2-3 yıl
- * Nükleer Santraller : 4-7 yıl
- * Barajlar : 7-15 yıl

Sonuç olarak Türkiye de 5, 6, 7, beş yıllık kalkınma planlarında önerilen, yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin olarak kullanımının hayata geçirilmesi yerel yönetimlerin akılcı politikaları ile gerçekleştirilebilir. Köykentlerde merkezi olarak uygulanması önerilir.

3-BİYOĞAZ NEDİR ? NASIL ELDE EDİLİR ?

3.1-Neden Biyogaz ?

Günümüzde bol ve ucuz enerji özellikle kömür, petrol ve doğalgaz gibi klasik enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu enerjilerin bir müddet sonra tükenebileceği görünümü ortaya çıkmaktadır. Dünyada enerji konusu ile ilgilenen kuruluşlar, bütün ülkelerin enerji tasarrufunda bulunmalarını ve bu arada her ülkenin kendi koşullarına göre yeni alternatif enerji kaynakları bulmalarını önermektedir.

Yeni ve önemli enerji kaynaklarından biride, 'BİYOĞAZ' olarak dikkati çekmektedir.

Tesis ve üretim teknolojisinin basitliği, enerji potansiyelinin büyüklüğü, uygulama alanlarının genişliği, kullanımının kolaylığı gibi nedenlerle biyogaz üzerinde önemle durulması gereken bir enerji kaynağı görünümündedir.

Ülkemizde yılda yaklaşık 20 milyon ton hayvan gübresi tezek olarak yakılmaktadır. Oysa bu gübre biyogaz üretiminde kullanıldıktan sonra yine tarımsal hizmetlerde çiftlik gübresi olarak uygulanabilir. Ayrıca biyogaz üretimi ile,

1. Organik artıkların oksijensiz fermantasyonu sonucunda oldukça temiz, evlerimizde kap ve kacaklarımızı kirletmeyen bir gaz elde etmiş oluruz.
2. Fermente edilmiş organik atıklar içerisindeki azot ve fosfor miktarı aynı kaldığı için gübre olarak değerinden hiçbir şey yitirmez. Bununla birlikte gübre mikroorganizmalar tarafından parçalanıp daha küçük yapıları moleküllere dönüştükleri için bitkiler tarafından daha kolaylıkla kullanılabilir, kısacası gübre değeri eskisine oranla %20-25 arasında artmaktadır.
3. Fermantasyon sırasında ortamda doğal ayırım esasına dayalı bir mikroorganizma ekosistemi oluştuğundan zararlı parazit ve patojen mikroorganizmaların üremesi imkansızlaşmakta, bu şekilde artık ortamın çevre sağlığını tehdit etmesi önlenmektedir.
4. Fermantasyon işlemi sonucunda organik artıkların biyolojik oksijen ihtiyaçları azaldığından artıkların hava kirlenmesine sebep olması önlenmektedir.

Yaygın Olarak Kullandığımız Yakacaklar

Bugüne kadar evlerimizde ısınmak, yemek pişirmek, aydınlanmak ve diğer gereksinimlerimizi karşılamak için yakıt olarak:

- * Odun,
- * Maden kömürü,
- * Petrol ürünleri,
- * Doğalgaz,
- * Tezek,

kullanılmaktadır.

Odun: Ormanlarımızdan elde edilen bu tür yakıt zamanla ormanlarımızın yozlaşmasına, azalmasına, toprak erozyonunun hızlanmasına, doğa iklim ve su dengesinin bozulmasına neden olur. Ayrıca hem pahalı ve hem de kalori değeri düşük bir yakıttır. Odunun, kerestenin esasen sanayide kullanılması yakıt olarak kullanılmasından daha da karlıdır. Bu nedenle, gelişmiş ülkeler odunu yakıt olarak hiçbir zaman kullanmayı düşünmemişlerdir.

Maden Kömürü: Yurdumuzun doğal servetlerinden olan kömür madeni miktar bakımından çok olup, çıkartılması ve taşınması güç olduğu kadar da pahalı bir yakıttır. Bu yakıt daha çok sanayi yakıtıdır. Bu yakıtın ısınmada kullanılması büyük kentlerde ayrıca hava kirlenmesine

neden olmaktadır. Miktar bakımından çok olan bu yakıtın sanayide kullanılması ve artan kısmın dış ülkelere ihraç edilmesi ekonomimizin güçlenmesini sağlayacaktır. Bu nedenle bu yakıtın evlerde ısınmak amacıyla kullanılması doğru değildir.

Doğalgaz: Maden kömüründen kok kömürü imali amacıyla damıtılması sonucunda elde edilen bir yan üründür. Yakıt olarak kullanılması uygundur. Gelişmiş avrupa ülkeleri ısınma, yemek pişirme v.s. gereksinmelerinde bu yakıttan büyük çapta yararlanmaktadırlar. Yurdumuzda ise büyük kentlerde yaşayan toplumun bir kısmı havagazından yararlanabilmektedir.

Petrol Ürünleri: Bu yakıt ne yazık ki yurt dışından büyük paralar karşılığı ithal edilmektedir. Kullanılışındaki tehlike ve fiyatının her geçen gün artması nedeniyle yakıt olarak kullanmak doğru değildir. Her gün çevrenizden, gazetelerden ve televizyondan tüp gaz denilen likit gazın patlaması sonucu birçok kişinin hayatını kaybettiğini veya sakat kaldığını duymakta ve okumaktayız.

Tezek: Çeşitli hayvan gübrelere az miktarda saman ve artıkları ile karıştırılarak yapılan bir yakıttır. Köylerimizde ve kırsal alanlarda kullanılan bu yakıtın ana maddesi gübredir. Gübre esas olarak çeşitli mahsullerin meyve ve sebzelerin üretiminde kullanılması gerekirken, çok yerde yakıt olarak kullanılması mahsullerin verim ve kalitelerinin düşmelerine neden olmaktadır. Bu durum ise çiftçi ve yurt ekonomisine zarar vermektedir. Bitkilerin gübrelenmesi için yurt dışından büyük paralarla dövizlerle ithal ettiğimiz kimyevi gübreler, mahsul maliyetinin yükselmesine ve dolayısıyla devlet bütçesine büyük yükler getirmektedir.

Tezeğin yakıt olarak kullanılması sonucunda meydana gelen artık külün hemen hemen hiçbir değeri bulunmamaktadır. Yurdumuzdan başka dünyanın hiçbir ülkesinde gübre tezek şeklinde yakıt olarak pek kullanılmaz.

3.2-Biyogaz Nedir ?

İnsan dışkıları, bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan ve bileşiminde genel olarak % 60-70 metan, % 30-40 karbon dioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbon monoksit ve azot bulunan renksiz, kokusuz havadan daha hafif, havaya karşı yoğunluk oranı 0.83, oktan sayısı 110 dolayında,

enerji değeri yüksek ve yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogazın ısı değeri bileşimindeki metan oranına bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 4700-6000 kcal/m³ kadardır. Bu nedenle ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla kolaylıkla kullanılabilen temel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır. Öte yandan biyogaz üretimi sonunda elde edilen fermente gübrenin, bir başka deyimle biyogübrenin tarım uygulamalarında kullanılması durumunda verimin yaklaşık olarak % 25 oranında arttığı belirlenmiştir.

Bu şekilde elde edilen gübre, mahsullerin gübrenmesinde kullanıldığından, dışarıdan daha az kimyevi gübre alınmasına neden olur. Böylece gübrenin ikinci defa kullanılması ve değerlendirilmesi sayesinde çiftçilerimizin gelirinin artmasına yardımcı oluruz. Ayrıca ısınma, aydınlanma için yakıtta da para verilmemiş olur. Bütün bu saydığımız yakıtlar içerisinde, en ucuzu, en kullanışlısı biyogazdır

Biyogazın birim hacmi içerisinde % 40 oranında ve yanmayı zorlaştıran karbondioksit (CO₂) asit solüsyonlarından geçirilerek ya da özel tasarlanmış soğutma kulelerinde yoğunlaştırılarak ayrıştırılabilir.

3.2.1-Biyogazın Özellikleri ve Bileşimi

Biyogaz renksiz, kokusuz, parlak mavi bir alevle yanan ısı değeri yüksek bir gaz karışımıdır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, gazın bileşiminin ortamın sıcaklığı, su miktarı, asiditesi ve artıkların cinsi gibi etkenlerle değiştiğini göstermektedir.

Bileşim Elemanı	% Hacimsel bileşimi
Metan (CH ₄)	54-80
Karbondioksit (CO ₂)	20-45
Azot (N ₂)	0- 1
Hidrojen (H ₂)	1-10
Karbonmonoksit (CO)	0,1
Oksijen (O ₂)	0,1
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	Eser miktarda

Tablo 1: 1m³ Biyogazın Hacimsel Olarak Ortalama % Bileşimi.

Metan tek başına kokusuz, renksiz, tatsızdır. Ancak beraberindeki diğer gazlar biyogaza hafif çürük yumurta kokusu verir. Metanın ağırlığı 0.716 kg. dır.

Metanın suda çözünmesi çok düşüktür. 20 C° ve bir atmosfer basınçta sadece 3 ünite metan 100 ünite suda çözünür.

Metanın molekül ağırlığı 16 dır ve sabit bozunmayan bir yapıya sahiptir.

Metanın tamamen yanması ile mavi bir alev oluşur ve çok fazla ısı açığa çıkar.

Biyogaz içerisindeki metan gazı, yanma ve ısı değerleri yönünden benzemekle birlikte diğer fiziksel özellikleri yönünden propan ve butan gazlarından farklıdır. Bu gazlar oda sıcaklığında düşük basınçlarda sıvılaştırma imkanına sahipken, biyogazın sıvılaştırılması çok yüksek basınç ve düşük sıcaklık gerektirdiğinden ekonomik olarak mümkün değildir. Bu nedenle tüplere doldurulmamakta ve ancak üretildiği yerden kullanılmakta veya taşınması borularla yapılabilmektedir.

Metan gazı miktarı uzun bekleme sürelerinde yüksektir. Bekleme süresi kısaltılırsa metan içeriği % 50'nin altına düşer, bu durumda biyogaz uzun süreli yanmaz. Biyogaz kolayca bozulmayan sabit bir yapıya sahiptir ve ancak -164 C° sıvı hale gelebilir. Bu özelliğinden dolayı halen kullandığımız likit gazlar gibi kolayca sıvı hale gelemez. Bunun için biyogaz gaz nakil boru hatları ile ancak 300–500 metre uzaklara taşınabilir.

Gazlar ve semboller	Bileşim (%)	Isıl değeri Kw-h/m ³	Yoğunluk $\bar{\rho}=1.2 \text{ kg/m}^3$	Yanma Hızı cm/s	Hava ihtiyacı m ³
Metan (CH ₄)	100	9.94	0.554	43	9.5
Propan(C ₃ H ₁₀)	100	25.96	1.560	57	23.8
Bütan (C ₄ H ₈)	100	34.02	2.077	45	30.9
Doğalgaz CH ₄ H ₂	65 35	7.52	0.384	60	7.0
Sıvı Gazlar H ₂ CH ₄ N ₂	50 26 24	4.07	0.411	82	3.7
Biyogaz CH ₄ CO ₂	60 40	5.96	0.940	40	5.7

Tablo 2: Yanıcı Gazların Özellikleri

Biyogaz diğer yanıcı gazların kullanıldığı yerlerde kullanılabilir. Biyogaz hava ile 1 / 20 oranında karıştırılırsa yüksek patlama meydana gelebilir.gaz borularındaki sızıntılarda tehlikeye sebebiyet verebilir. (Günümüze kadar biyogaz ünitelerinin sebep olduğu patlamalar görülmemiştir.) Biyogaz kullanılırken kullanılan aletin ayarlarının iyi olması gereklidir.

Biyogaz kullanan lambalar düşük verimlidir. Filtreleri uzun süre dayanmaz. Biyogazın fitle gelmeden önce hava ile karıştırılması önemlidir. Biyogaz ünitelerinde hidrojen sülfidin yoğunlaşması ile aşındırıcı asitler oluşur. Bu nedenle su ısıtıcıları, buzdolapları kısmi risk taşırlar. Buzdolaplarında kullanılan biyogaz basıncı düzenli olmalıdır. Yanmanın meydana geldiği yerlerin (ocak v.b.) dökme çelikten veya yüksek yoğunluktaki emayeden olmalıdır. Biyogazın içeriği sülfür demir oksit filtre ile giderilebilir.

Yüksek maliyete rağmen filtre içerisinde,yüksek yoğunlukta çelik kullanılmalıdır. Filtre edilmeyen gaz motorlarda kullanılabilir. Gaz basıncı motor emişinden dolayı düşük olabilir.

Motoru çalıştırmak için biyogaz kullanımı pek yaygın değildir. Biyogaz yüksek yanma sıcaklığına sahip olduğundan dizel yakıtı ile karıştırılarak kullanılabilir. Buji ile ateşlemeli motorlarda % 100 biyogaz kullanılarak çalışma sağlanabilir (benzine gerek yoktur). Biyogaz dizel yakıtında daha yavaş yanar ve bu nedenle motor devri 2000 dev/dak'dan daha düşük olan motorlarda kullanılmalıdır. Her yanma olayında alevin snme riski vardır. Bu nedenle gaz, alev gidince otomatik olarak kesilmelidir.

3.2.2- Biyogazın Bazı Enerjilerle Kıyaslanması

Biyogaz içerisindeki metan gazına bağlı olarak yüksek kaliteli bir yakıt ve yanıcı bir gazdır. biyogaz öncelikle doğalgazın ve tp gazın kullanıldığı tüm yerlerde kullanılabilir. Biyogazın kullanımında n şart normal enerji teminidir. İstenilen yanma ve ısı temini için biyogazın oksijene ihtiyaı vardır.

1 m³ biyogaz ile řunlar yapılabilir:

- * 2 BG motoru 1saat süre ile çalıştırabilir,
- * 60 W eşdeğerindeki fitilli bir lambayı 7 saat süre ile çalıştırabilir,
- * 4 kişilik bir ailenin  oęn yemeęini piřirebilir,
- * 300 litrelik bir buzdolabını 3 saat süre ile çalıştırabilir,
- * 1.25 kw-h elektrik enerjisi üretebilir.

Yakıt	Birim	Isıl Değeri Kwh/u	Cihaz	Verim % (n)	Net Isıl Değeri Kwh/u	Biyogaz Eşdeğer m ³ /u	1 m ³ 'de ki Biyogaz u/m ³
İnek atığı (tezek)	Kg	2.5	Ocak	12	0.30	0.09	11.11
Odun	Kg	5.0	Ocak	12	0.60	0.18	5.56
Mangal Kömürü	Kg	8.0	Ocak	25	2.0	0.61	1.64
Taş Kömürü	Kg	9.0	Ocak	25	2.25	0.69	1.45
Bütan	Kg	13.6	Ocak	60	8.16	2.49	0.40
Propan	Kg	13.9	Ocak Ocak	60 50	8.34 6.0	2.54 1.83	0.39 0.55
Dizel Yakıtı	Lt	12.0	Motor Ocak	30 67	4.0 0.67	2.80 0.20	0.36 0.5
Elektrik	Kw-h	1	Lamba Motor Ocak	9 80 55	0.09 0.80 3.28	0.5 0.56 1	2.0 1.79 1
Biyogaz	m ³	5.96	Lamba Motor	3 24	0.18 1.43	1 1	1 1

Tablo 3: Diğer Yakıtlarla Biyogazın Karşılaştırılması

3.2.3-Biyogaz Üretiminde Kullanılan Gübrenin Özelliği ve Bazı Hayvanların Yıllık Gübre Verimleri

Biyogaz üretiminde bütün hayvanların gübre ve idrarlarından yararlanabildiğimiz gibi, insan dışkılarından ve çiftlik artıklarından da yararlanmak mümkündür. Biyogaz üretiminde kullanılan gübre ne kadar taze ve katı maddesi ne kadar az ise o gübreden o kadar fazla biyogaz elde edebiliriz. Gübre biyogaz üretiminde en çok sırasıyla:

- * Sığır gübresi ve idrarı ,
- * At, eşek gübresi ve idrarı ,

- * Koyun, keçi gübresi ve idrarı,
- * Tavuk gübresinden yararlanılabilir.

Hayvan Cinsi	Canlı Ağırlık (kg)	Gübre Miktarı (kg/gün)	Su %	Organik Madde Mik.%
Sığır	500	26	80	18
At, Eşek	500	15	75	23
Koyun, Keçi	45	2	68	29
Tavuk	1-3		56	26
TAZE İDRAR				
Sığır		15	92.5	9.0
At, Eşek		10	89.0	7.0
Koyun, Keçi		0.5	86.5	8.0

Tablo 4: Çeşitli Hayvan Gübre Verimleri ve Miktarları

Hayvan Cinsi	Yılda Ortalama Gübre Miktarı (ton)
Sığır	6
At, Eşek	8
Koyun, Keçi	0.7
Tavuk	5.5 kg

Tablo 5: Çeşitli Hayvanların 1 Yılda Verebileceği Ortalama Olarak Gübre Miktarları

Aşağıda tavuk ve büyükbaş işletmelerinin hayvan sayılarına bağlı olarak kurabilecekleri biyogaz tesislerinin; büyüklüğü, günlük biyogaz üretimleri ve bu gazın etkili eşdeğer ısı karşılığı LPG miktarı verilmiştir.

İşletmelerin Hayvan Sayısı	Uygun Tesis Büyüklüğü (m3)	Günlük Beslemeler İçin Gereken Gübre (Kg (Yaş)/ Gün)	Üretilebilecek Biyogaz Miktarı (m3/gün)	Eşdeğer LPG Miktarı (Kg)
2500 adet Tavuk	15	200	17	7
5000 adet Tavuk	30	400	34	14
10.000 adet Tavuk	60	800	68	28
20.000 adet Tavuk	120	1600	136	56
50.000 adet Tavuk	300	4000	340	140
5 Adet Büyükbaş	5	75	2.5	1
10 Adet Büyükbaş	10	150	5	2
50 Adet Büyükbaş	50	750	25	10
100 Adet Büyükbaş	100	1500	50	20

Tablo 6: Biyogaz Tesislerinin; Büyüklüğü, Günlük Biyogaz Üretimleri ve Bu Gazın Etkili Eşdeğer Isı Karşılığı LPG Miktarı

Hayvan gübrelere içerdikleri zararlı bitki tohumlarının ve patojen mikroorganizmaların yok edilmesi ve azot-karbon oranının yükseltilmesi amacıyla taze olarak toprağa verilemezler. Gübrelilerde belirli süre bekletilmeleri gerekir. Bu zorunlu bekletilme süresi içerisinde karbon, azot, potasyum ve fosfor gibi bitki besin maddelerinin önemli bir kısmı kaybolur. Bu kaybın değeri yaklaşık % 30 – 33 kuru madde kaybına karşılık gelmektedir. Gübrenin bu

zorunlu bekletilme süresini ortadan kaldırmak ve kayıp olan gübreyi biyogaz olarak geri kazanmak amacıyla hayvansal atıklar aneorobik fermantasyona tabi tutulabilirler. Fermantasyon sonucu elde edilecek olan organik gübrenin diğer bir üstünlüğü de anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olmasıdır.

Sığırların günlük gübre ve idrar miktarları aşağıdaki regresyon eşitlikleri ile verilmiştir. Eşitlikler 494-599 kg canlı ağırlıklar için geçerlidir.

$$y_1 = 0,028x - 4,70 \quad (r=0,642)$$

$$y_2 = 0,157x - 53,2 \quad (r=0,791)$$

Burada; y_1 : Günlük idrar üretimi (kg/hayvan.gün),

y_2 : Günlük gübre üretimi (kg/hayvan.gün),

x : Hayvan ağırlığı (kg)

Bu eşitliklerden yararlanarak 50 baş hayvandan elde edilebilecek günlük gübre ve idrar üretimi toplamı, hayvan ağırlığı 500 kg alındığında yaklaşık 1730 kg'dır. Gübrenin kuru madde oranı %18 kadardır. Bu gübrenin fermantöre yüklenmeden önce bakterilerin kuru maddeden yararlanabilmesi için kuru maddesinin %9'a indirilmesi gerekir. Bu nedenle taze gübre yarı yarıya sulandırılır.

3.3-Biyogazın Elde Edilmesi

Biyogaz çeşitli hayvan gübresi, insan dışkıları ve tarımsal artıkların havasız ortamda (anaerobik) fermantasyonu, mikroorganizmalarla parçalanması sonucunda elde edilir

Biyogaz üretiminin sağlandığı organik maddelerin anaerobik fermantasyonu, üç temel aşamada gerçekleşmekte, bu üç aşama sırasında aynı adlarla isimlendirilen, üç değişik bakteri grubu etkinlik göstermektedir. Anaerobik fermantasyonun bu üç aşaması aşağıdaki gibi sıralanır.

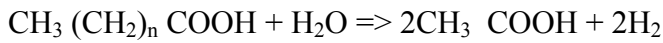
- * Fermantasyon ve hidroliz,
- * Asetik asidin oluşumu ,
- * Metanın oluşumu.

1. Fermantasyon ve Hidroliz:

Bu aşamada fermantatif ve hidrolitik bakteriler olarak isimlendirilen bakteri grupları organik maddenin üç temel ögesi olan karbon hidratları $(C_6H_{10}O_5)_n$, proteinleri $(6C\ 2NH_3\ 3H_2O)$ ve yağları $(C_{50}H_{90}O_6)$ parçalayarak CO_2 , Asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler. Bu son gruptaki uçucu organik maddelerin büyük bir bölümünün uçucu yağ asitleri olması nedeniyle, bu aşamaya uçucu yağ asitlerinin $[CH_3(CH_2)_n COOH]$ oluşum aşaması adı da verilir.

2. Asetik Asitin Oluşumu

Bu aşamada, birinci aşama sonucunda açığa çıkan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren asetojenik (asit oluşturan) bakteri grupları devreye girmekte ve bir kısım asetogenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürmektedir.

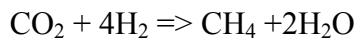


Diğer bir kısım asetojenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturmaktadır. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı, birinciye oranla daha azdır.

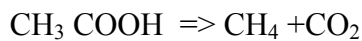


3. Metanın Oluşumu

Anaerobik fermantasyonun bu son aşamasında metanojenik (metan oluşturan) bakteri grupları devreye girmekte, ve bir kısım metanojenik bakteriler CO_2 ve H_2 'yi kullanarak metan (CH_4) ve suyu (H_2O) açığa çıkarırlarken, öteki bir grup metanojenik bakteriler ise ikinci aşama sonucu açığa;



Çıkan asetik asiti kullanarak CH_4 ve CO_2 oluşturmaktadırlar.



Ancak bu aşamada birinci yolla oluşan metan miktarı, ikinci yolla elde edilen metan miktarından daha azdır. Üretilen tüm metanın %30'u birinci yolla %70'i ikinci yolla yapılmaktadır.

Organik maddenin üç temel ögesi olan karbonhidrat, yağ ve proteinden anaerobik fermantasyon sonucu elde edilecek CH_4 ve CO_2 'nin ağırlık yüzdesi olarak bileşimi ile 1kg organik katı maddeden (KM) üretilebilecek biyogaz ve metan miktarları ile üretilen biyogaz içindeki hacimsel olarak metan yüzdeleri tablo 7'de verilmiştir.

Organik madde ögesi	Ağırlık %'si olarak biyogaz karışımı		Birim organik kuru maddeden gaz üretimi (m ³ /kg KM)		Hacimsel olarak % metan
	%CO ₂	%CH ₄	Biyogaz	Metan	
Karbonhidrat	73	27	0,75	0,37	50
Yağ	52	48	1,44	1,04	72
Protein	73	27	0,98	0,49	50

Burada ağırlık ve hacimsel %'lerde meydana gelen farklılık CO_2 ve CH_4 'ün yoğunluklarının farklı olmasından ileri gelmektedir. $CO_2 = 2$ hava yoğunluğu; $CH_4 = 1/2$ hava yoğunluğu.

Tablo 7: Organik Maddenin Üç Temel Ögesinden Elde Edilecek Biyogaz ve Metan Miktarlarıyla Hacimsel ve Ağırlık Yüzdesi Olarak Gaz Bileşimleri (Wheatley 1979)

Anaerobik fermantasyonun üçüncü aşamasında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır.

Bunlar;

- 1- Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 25 °C,
- 2- Mezophilic (Mezofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 36 °C,
- 3- Thermophilic (Termofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 55°C,

Sakrofilik bakteriler deniz ve göl diplerindeki tortullar ile bataklıklar, termofilik bakteriler ise yüksek sıcaklıklardaki volkanik ve jeotermal bataklıklar içerisinde yaşamaktadırlar. Bu üç bakteri gurubu ile yapılan fermantasyonda, sakrofilik, mezofilik ve termofilik fermantasyon ile aynı adı almaktadır. Bu bakteri gruplarından 1. ve 3. grupta yer alan sakrofilik ve

termofilik bakteriler sığır gübresi içerisinde yaşamamaktadır. Sığır gübresinde mezofilik bakteriler bulunmaktadır. Biyogaz tesisinde sığır gübresi kullanılması durumunda, mezofilik fermantasyon uygulanır.

Uzun gayretler ve çabalar sonucunda çeşitli yöntemler ile biyogaz üretilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu yöntemler.

* Kesikli Besleme metodu,

* Sürekli besleme metodu.

3.3.1-Kesikli Besleme Metodu İle Biyogaz Üretimi

Bu amaçla yapılan fermantasyon tankına taze çiftlik gübresi doldurulur ve fermantasyon tankı hava almayacak bir şekilde kapatılır. Gübrenin havasız ortamda fermantasyonu sonunda meydana gelen biyogaz cihaz üretimindeki bir boruyla gazometre denilen ikinci bir kaptan toplanır. Gazometrede toplanan gaz bilahare ihtiyaç yerinde kurulan tesisat vasıtasıyla kullanılır.

Kesikli besleme metoduyla üretilen biyogazın üretimde fermantasyon tankı taze çiftlik gübresi doldurduktan sonra havasız ortamda (anaerobik) faaliyet gösteren bakterilerin faaliyetleri sonunda ancak 15 gün sonra gaz çıkmaya başlar ve gazın sürekliliği 60 gün devam eder. Bu sürenin sonunda gaz verimi düşer. Bu durumda fermantasyon tankı boşaltılır ve tekrar taze çiftlik gübresi ile doldurulur. Böylece olay tekrar edilmiş olur. Bu durumda gaz üretiminde kesiklik meydana geldiğinden bu metoda bu nedenle kesikli besleme metodu denilmiştir.

Gazın kesikliğini giderebilmek için fermantasyon tankının 1 adet yerine 2-3 adet yapılması ile gazın sürekliliği sağlanmakta ise de bu durumda tesisin inşaa maliyetinin artırılması nedeniyle çiftçilerce fazla tasvip görmemiştir. Ayrıca gazın sürekliliğini sağlamak nedeniyle fermantasyon tankının 30-35 C° arasında olması da bu metotla gaz üretime talebi azaltmaktadır.

3.3.2-Sürekli Besleme Metodu İle Biyogaz Üretimi

Sürekli besleme metodu, kesikli besleme metodu ile gaz üretiminin tatbikatta görülen sakıncalarını gidermek amacıyla geliştirilmiş bir metottur. Bu fermantasyon biçiminde organik madde fermantöre her gün belirli miktarlarda verilmekte ve aynı oranlarda fermante

olmuş materyal günlük olarak fermantörden alınmaktadır. Bu fermantasyon şeklinde gaz üretimi sürekli olmaktadır. Bu metotla gaz üretim tesisleri kuran ülkeler metodun ana prensibini, amacını değiştirmeden tesis üzerinde bazı ufak değişiklikler yaparak, Çin, Hindistan, Nepal, Kore gibi isimlerle tesis projeleri hazırlanmışlardır. Bütün bu projelerin müşterek noktası işletmelerin, çiftliklerin ve evlerin biyogaz ihtiyaçlarını sürekli olarak temin etmektedir.

Sürekli besleme metoduyla gaz üretiminin esasları

- * Tesisin kuruluşu,
 - * Tesis için gerekli taze çiftlik gübresinin hazırlanması,
 - * Tesisin hazırlanan çiftlik gübresi ile doldurulması,
- teşkil eder.

3.4- Tesis Nereye Kurulmalıdır?

Tesisi kurmadan önce tesisin kurulacağı yerin seçimi başarının esasını teşkil eder. Bu itibarla yurdumuzda iklim özelliklerine göre biyogaz tesisi ahır, samanlık gibi tesisler içerisinde veya işletme binasının münasip bir yerinde kurulmalı, mümkün olmadığı takdirde ahıra en yakın yerde kurulmalıdır.

Tesis toprağın içerisine gömülü olarak kurulduğundan yukarıda belirtilen bölümler kullanma amaçlarına hiçbir şekilde engel teşkil etmez.

3.5-Biyogaz Tesisinden Çıkan Gübrenin Değeri

Kapalı kaplarda havasız ortamda olgunlaşan ve mikroorganizmalarca parçalanan gübrenin değeri açık ortamda güneş ve yağmur altında olgunlaşan gübreye nazaran % 20-25 azot fosfor bakımından daha zengindir. Bir dekar araziye aynı miktarda biyogaz tesisinden çıkan gübreden ve yine ayrıca 1 dekar araziye de güneş ve yağmur altında olgunlaşan gübreye tarlayı gübreleyelim. Gübreli bu tarlalar üzerine aynı ürünü ektiğimizde biyogaz tesisinden çıkan gübre ile gübrelenen araziden diğer gübre ile gübrelenen araziye nazaran en az 22-25 kg daha fazla ürün aldığımızı görürüz. Bu nedenle gelirinizde % 25 artış olacaktır

3.6-Bir Biyogaz Üretici Kurabilmek İçin Ne Kadar Gübreye İhtiyaç Vardır ?

Hayvanların gübre verimleri cinslerine göre değişik miktarlarda olabilmektedir. Gübre miktarını hesabında; büyükbaş hayvanlar için 10-20 kg/gün (yaş) gübre verimi kabul edilebileceği gibi canlı ağırlığının %5-6 sı da günlük gübre miktarına esas alınabilir. Aynı şekilde koyun ve keçi için 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığının % 4-5 i günlük gübre üretimi olarak kabul edilebilmektedir. Tavuk için günlük gübre üretimi ise 0,08-0,1 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığının % 3-4 ü dür.

2 öküzü, 2 ineği, 1 atı, 1 eşegi ve 10 koyunu olan bir çiftçi ailesinin 1 yılda elde edeceği toplam gübre miktarı yaklaşık 33 tondur.

Bir ton gübreden 80 m³ gaz elde edebileceğimize göre toplam yılda

$33 \times 80 = 2640$ m³/ton biyogaz elde ederiz. Bu değerde günde 7 m³ biyogaz demektir. Bu gazın 8 kişilik bir ailenin 3 öğün yemek pişirme, temizlik, aydınlanma ve binasının 2 odasını ısıtma için ihtiyacını tam olarak karşılayabileceğini söylemek mümkündür. Buna ek olarak 33 ton çiftlik gübresi % 25 değer artımıyla 41 ton gübreye eşdeğer olacaktır.

Optimum biyogaz oluşumu için tesis içi gübre - su karışımının katı madde oranının % 7-9 olması gerekmektedir. Katı madde oranları; sığır gübresinin % 15-20, tavuk gübresinin % 30, koyun gübresinin ise % 40 civarındadır.

Bilinmesi gereken diğer bir konu ise hayvan gübrelerinin değişik sıcaklarda optimum alıkonma-bekleme süreleri ve biyogaz üretim miktarlarıdır.

Kabuller :	
Fermantör Sıcaklığı :	30 derece
Üretilen Gübre Miktarı:	10 kg (yaş) gün/hayvan
Gübrenin Katı Madde Oranı	% 20
Alıkonma-bekleme Süresi	30 gün
Gübrenin Yoğunluğu:	975 kg/ m ³
Günlük Gübre Üretimi :	20 x 10 = 200 kg (ağırlık olarak)
	200/975 = 0,205 m ³ (hacim olarak
Tesise Günlük Beslemede Verilecek Su Miktarı:	200 kg (% 10 katı maddenin sağlanması için gerekli su miktarı)
Tesisin Hacmi :	200 x 2 x 30 / 1000 = 12 m ³

Tablo 9: 20 Büyükbaş Hayvanı Olan Bir Çiftçi Ailesi İçin Gerekli Olan Biyogaz Tesisinin Hesabı ve Kabuller..

12 m³ kapasiteli bir biyogaz tesisinden yukarıda belirtilen koşullarda günlük elde edilebilecek biyogaz miktarı 6-7 m³ civarındadır.

Bu hesabı tavuk gübresi için yaptığımız taktirde, yine tesisi 30 derecede çalıştırdığımızı kabul edersek, 12 m³ kapasiteli bir tesis için gerekli olan tavuk sayısı yaklaşık 2000 adettir ve bu tesisten günde 14-15 m³ biyogaz elde edilebilir.

3.7-Biyogazın Artıları Eksileri

Kontrollü havasız sindirimli bir biyogaz tesisi, doğrudan depolama seçeneğine oranla önemli yararlar sağlar. Bir kere biyogazdan elde edilen enerji, yatırım maliyetini karşılar. Öte yandan sindirilmiş atığın besin içeriği, ham atığına eşittir. Halbuki doğrudan depolanan sıvı atığa oranla, kayda değer miktarda daha az kokusu vardır. Ek olarak, biyolojik açıdan bir denge durumundadır ve koku sorunu doğurmaksızın, uzun sürelerle depolanması daha kolaydır. Daha fazla sıvı içerir ve uzun zaman mesafelere pompalanması, ham atığa oranla daha az enerji gerektirir. Sıvı atık depolama alanlarındaki metan sağlıları azaltılmış olur. Homojen sindirilmiş atık, ekin alanlarındaki son kullanım sırasındaki sıvı uygulama sistemlerinde iyi sonuç verir. Son olarak, kemiricilerle sinekler için daha az çekicidir.

Ancak böyle bir sistem tercihinin olumsuz yanları da yok değildir. Sindirim sistemi için başlangıç yatırımı maliyetlidir ve bu tür sistemler için kredi bulmak zor olabilir. Sindirici, tıpkı bir canlı organizma gibi, özenli bakım ve besleme gerektirir. Sindirim süreci hakkında teknik bilgi ve iyi yönetim yanında, önleyici veya program dışı bakım için kaliteli işçilik lazımdır. Gerçi günlük bakım uğraşı, yok denecek kadar azdır. Fakat haftalık yağ değişimleri, düzenli motor bakımı ve sindiricide periyodik bakım şarttır. İdeal olarak, sindiriciden sorumlu bir eleman bulunacak ve sindirici, bu kişinin çiftlikteki diğer sorumluluklarına göre öncelik taşıyacaktır. Öte yandan, uğraş konusu olan atık hacminde bir azalma olmadığı gibi, sisteme su ilave edilmesi halinde, bu hacim artacaktır. Halbuki, aşırı miktarda gübre üreten bir çiftlikte, gübre depolamak sorun oluşturabilir. Bir başka olumsuzlukta ham atıktaki nitrojenin çoğunun, organik formundan çıkartılıp, amonyuma (NH_4) dönüştürülmüş olmasıdır. Gerçi amonyum, amonyak (NH_3) gazına veya nitrata (NO_3) dönüştürülebilir. Fakat amonyak, ekim alanlarına yüzeyel olarak uygulandığında, kaybedilir. Nitratsa topraktansa sızarak, zamanla yer altı su tabakasına ulaşabilir. Dolayısıyla, nitrojen kayıplarını azaltmaya yönelik alan uygulamaları ve yönetimi, işlenmemiş sıvı atığa oranla, sindiriciden çıkan atık için daha fazla uğraştırıcı olabilir. Son olarak, havasız sindiriciler, çiftlik güvenliği açısından tehlike oluşturabilirler.

3.7.1-Biyogazın Yararları

3.7.1.1-Ekonomik Yararları

Kırsal bölgelerdeki ekonomik gelişme biyogazın en önemli yararlarından biridir. Biyogazın taşınmasının zor ve pahalı olması, biyogaz dönüşüm birimlerinin ekili alanlara yakın yerlerde kurulmasına neden olabilir. Ülkemiz her yıl milyarlarca liralık petrol harcamaktadır. Biyogaz yakıtları, yakın bir gelecekte petrol ithalatını yarıya indirebilir. Ülkemizin kırsal bölgelerindeki milyarlarca liralık değişim potansiyeli inanılmaz derecede bir etkidir. Pek çok iş sahası oluşturulmakta (üretim, hasat ve kullanım) ve endüstriyel gelişmede (yakıt için dönüşüm fabrikalarındaki gelişme ve enerji) önemli olacaktır. Çiftçilere düzenli maddi yardım sağlanarak farklı ürün ve güçte topluma katılacaktır.

Biyogaz ulusal enerji güvenliği içinde faydalıdır. Yabancılardan sağladığımız petrol pahalıdır. Aldığımız petrol deniz aşırı ülkelerden gönderilmekte ve gelecekte de yabancı petrollerine sınırlanma gelecektir. Kendi yakıtımızı kendimiz karşılayarak kendi ekonomimize güç katıp, ticari dengelerimizi geliştirebiliriz.

3.7.1.2-Çevresel Yararlar

İklim değişiklikleri, asit yağmurları, toprak erozyonu, su kirliliği gibi çevresel konularda, ayrıca çöp depolama alanlarındaki basınç sıkışıklığını azaltmakta yardımcı olur. Vahşi yaşamın ve ormanlık alanların korunmasında da yardımcı olur.

3.7.1.2.1-İklim Değişikliği

İklim değişikliği dünyanın en önemli problemlerinden biridir. İnsan aktiviteleri ve fosil yakıtların yanmasıyla atmosfere GREENHOUSE-GASES diye adlandırılan yüz milyonlarca atık salınmakta. GHG'ları CO₂, CH₄ gibi gazları içerir. Atmosferdeki GHG'ların tümü dünya iklimini değiştirmekte ve biyosfer tabakasını bozmaktadır. Biyogaz enerjisi teknolojinin zararlarını minimize edilmesine yardım edebilir. CH₄ ve CO₂ ikisi önemli problemlere neden olabilmektedir. CH₄, CO₂' den 20 kat daha etkilidir (atmosferde kısa süre bulunur). CH₄ depolama alanlarında tutularak, atıksular ıslah edilerek, metanın atmosfere verilmesi önlenir. Elde edilen metan gazından elektrik üretiminde veya güç aktaran motorlarda kullanılması

sağlanır. Metan'nın yanmasıyla açığa çıkan CO₂ bir sonraki üretim için absorbe edilir. Bu karbon halkası olarak adlandırılır.

3.7.1.2.2-Asit Yağmurları

Asit yağmurları yakıtların yanmasıyla açığa çıkan sülfür ve nitrojen oksitlerden kaynaklanmaktadır. Asit yağmurları insanları, vahşi yaşamı ve çevreyi etkilemektedir. Biyogaz sülfür içermediğinden ve kömürle kolay karıştığından (co-firing, sülfür emisyonlarını azaltmanın en basit yöntemlerinden biridir) asit yağmurlarını azaltmaktadır (Co-firing geleneksel kömür yakma güç fabrikalarında kömürle biyogazın yakılmasına karşılık gelir).

3.7.1.2.3-Toprak Erozyonu ve Su Kirliliği

Biyogaz pek çok yönden su kirliliğini azaltmaktadır. Enerji üretimi daha çok tarıma elverişli olmayan alanlarda, sulak alanlarda ve yıllık üretimin yapıldığı alanlarda yapılmalıdır. Tüm bu durumlarda, üretim, toprak erozyonu ve su ile sürüklenmeyi azaltarak toprağı stabilize etmektedir. Bunlar aquatik (suya ait) ekosistemi koruyarak besin kaybını azaltmaktadır.

Ayrıca enerji üretimi yıllarca sürdüğünden, her yıl ekim yapma zorunluluğı yoktur. Bu yüzden, tarım makineleri tarlalarda daha az çalışacak, daha az sıkılaşacak ve toprak problemleri daha aza inecektir.

Biyogaz enerjisinin başka bir yararı da küçük ve büyük baş hayvan çiftliklerinden gelen sulara metanın tutularak (oksijensiz parçalanmasıyla) su kirliliğinin azaltılmasıdır. Fazla miktardaki su, çiftliklerden gelerek nehirlerin ve aktığı ülkelerin kirlenmesinden de sorumludur. Oksijensiz parçalanmayı çiftçiler kokusuyla kontrol eder. Enerji için metanın tutulması, ya da yarı katı kullanılabilir halde tutulmasıyla, (ticari olarak) satılabilir ürün elde edilir.

Son olarak biyogaz enerji kaynaklarının etkili kullanılmasına yardımcı olabilir (su kirliliği oluşmadan önce elde edildiği için). Örneğin; çürümüş odun veya talaşlardan doğal olarak tabakalar elde edilir. Çok büyük miktarlarda yüzey sularına ulaşır ve kirlilik oluşturur. İlk olarak bunların (talaş veya çürümüş odun parçalarının) çürümeden önce yakılması suların kirlenmesini önler.

3.7.1.2.4-Depolama Hacmini Azaltma

Biyogaz elde etmek veya enerji üretmek için her yıl tahmini olarak 350 milyon ton tarımsal atık kullanılmaktadır. Bu kaynakların uygun ve düzenli kullanımı sonucunda depolama alanlarında boş alanlar oluşur. Bu sistem ile dağ gibi atık toplama alanları oluşmayacaktır.

3.7.1.2.5-Vahşi Yaşam ve Yağmur Ormanları

Biyogaz üretmek geniş değişkenlik gösteren vahşi canlılar için yaşam alanları sağlar. Yukarıda bahsedildiği gibi, ağaçlar direkt güneş ışığından korur ve akışı stabil hale getirir veya nehir kenarlarında balıklar için yaşama alanı sağlar. Bu enerji kuşlar ve diğer hayvanlar için ev sağlar. Ayrıca enerji üretimi yaşlı ormanlar ve burada yaşayan canlılar için tampon rolü oynar.

3.8-Biyogazda Güvenlik Faktörü

Biyogaz tehlike potansiyeli taşıyan bir gazdır. Örneğin, içeriğindeki metan gazı havayla % 5-15 oranında karıştığı takdirde patlayıcıdır ve gaz hattındaki bir kaçak, yangın tehlikesi yaratır. Dolayısıyla atık depolamanın, biyogaz üretim ve kullanımının olası zararların kontrol altında tutup, en aza indirmek için, bazı güvenlik donanımının bulundurulması ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınıp uygulanması gerekir. Bu amaçla, gaz kaçağı belirleyicileri, alev tuzakları, fiziksel engeller ve uyarı işaretleri gibi güvenlik araçları kullanılır.

Güvenlik açısından en önemli bileşen, havasız sindiricinin varlığı yanında, bakım ve onarımıdır. Çünkü havasız sindiriciler, insan hayatına yönelik ciddi potansiyel tehdit oluşturabilecek kapalı hacimlere hapsedilmişlerdir ve daha fazla değilse bile, en azından atık çukurları kadar tehlikelidirler. İçlerinde hidrojen sülfid ve amonyak gibi zehirli gazlar birikir. Oksijen girişine karşı yalıtılmış olduklarından, girişten sonra saniyeler içerisinde, havasızlıktan boğulma sonucu ölüme yol açabilirler. Doğal havalandırma tek başına, zehirli gazların sindiriciden çıkarılması veya solunabilir hava sağlanması açısından yeterli değildir. Çünkü, yoğun hidrojen sülfid gazı tankın dibine çökerken, daha hafif olan amonyak, tankın üst kısmında dolanacak ve bu gazlardan hiçbiri, mekanik havalandırma olmaksızın kaçmayacaktır. Bu yüzden, boş bir sindiriciye ; mekanik vantilatörlerle kapsamlı

havalandırma sağlanmaksızın, gaz dedektörleriyle zehirli gaz kontrolü yapılmaksızın ve güvenli giriş talimatlarına uyulmaksızın girilmemelidir.

3.9-Biyogazın Ülke Ekomisine Katkısı

Ülkemizde yılda yaklaşık 20 milyon ton hayvan gübresi tezek olarak yakılmaktadır. Oysa bu miktar biyogaz üretimi kullanıldıktan sonra yine tarımsal hizmetlerde çiftlik gübresi olarak uygulanabilir. Yapılan çalışmalarda 1 ton çiftlik gübresi 4.5 kg potasyum, 4.5 kg saf azot ve 2.3 kg saf fosfor içermektedir. Bundan dolayı ülke tarımının baş ürünü olan buğdayla 1.5 milyon hektarlık alan teorik olarak gübrelenebilir. Kaldı ki sebze ve meyve yetiştirmede çiftlik gübresinin kullanılması önemli düzeyde verim artışını getirir.

Biyogaz, özellikle küçük yerleşim birimleri ve çiftliklerin elektrik ihtiyacını karşılamakta önemli bir değer olarak görülüyor. Bu yöntemle küçük yerleşim birimlerine elektrik ileten iletim hatları ve trafolardan kaynaklanan maliyetler de önemli ölçüde ortadan kaldırılabilecek. Kırsal bölgelerdeki ekonomik gelişme biyogazın en önemli yararlarından biridir. Biyogazın taşınmasının zor ve pahalı olması, biyogaz dönüşüm birimlerinin ekili alanlara yakın yerlerde kurulmasına neden olabilir. Ülkemiz her yıl milyarlarca liralık petrol harcanmaktadır. Biyogaz yakıtları, yakın bir gelecekte petrol ithalatını yarıya indirebilir. Ülkemizin kırsal bölgelerindeki milyarlarca liralık değişim potansiyeli inanılmaz derecede bir etkidir. Pek çok iş sahası oluşturulmakta (üretim, hasat ve kullanım) ve endüstriyel gelişmede (yakıt için dönüşüm fabrikalarındaki gelişme ve enerji) önemli olacaktır. Çiftçilere düzenli gelir sağlanarak farklı ürün ve güçte topluma katılacaktır. Bu konuda ülkemizdeki çiftçilerin yapmış olduğu örnekler mevcuttur. Mesela bunlardan birkaçı:

Zonguldak'ta hayvan gübresini değerlendirerek tesis kurup "biyogaz" oluşturan ve evinin mutfağında yakacak ihtiyacını karşılayan çiftçi Ferhat Öztürk, "Zamlar beni bunalttığı için yeni arayışlara yönelerek böyle bir icat gerçekleştirdim" dedi.(21 Ağustos) Evli ve üç çocuk babası Öztürk, gazetecilere yaptığı açıklamada, yaklaşık iki yıldır söz konusu tesisi kurmak için mücadele ettiğini ve sonunda bunu başararak geçen ay faaliyete geçirdiğini söyledi. Tesisin yaklaşık 400 milyon liraya mal olduğunu, hesabına göre LPG' ye yapılan periyodik zamlarla iki yıl sonra kendini amorti edeceğine inandığını anlatan Öztürk, şunları kaydetti:"Mutfak gazına sık sık yapılan zamlar beni bunalttığı için yeni arayışlara yönelerek böyle bir icat gerçekleştirdim. Şu anda da tüp gaz kullanmıyorum. İhtiyacımızı hayvan

gübresinden elde ettiğim gazla gideriyorum. Çünkü gerekli hammadde bende mevcut. Dört büyükbaş hayvan sahibi olan bir kişi hayvanların dışkıyla, bir ailenin mutfakta yakacak ihtiyacını rahatlıkla karşılayabiliyor. Biz hayvan gübresini suyla ıslatarak tesise aktarmaktayız. Hayvan gübresine su katarak oluşturduğumuz elementler, gazın ayrışımını yapıyor ve üst seviyeye çıkartıyor. Tüp gaz'da olan patlamalar gibi bizde böyle tehlike yok. Çünkü burada biriken fazla gaz, depomuzda kontrol altında tutuluyor. Gaz elde ettiğimiz hayvan gübresini de, bahçemizde sebze yetiştirmede de kullanıyoruz." Öztürk, hayvan gübresinden oluşturduğu gazın LPG araçları ile şofbende de kullanılması yönünde çalışmalar yaptığını sözlerine ekledi. Nurgül Öztürk de, eşininin geliştirdiği icattan memnun olduğunu ve ev hanımı olarak yiyeceklerini pişirmekte zorluk çekmediğini söyledi.Öztürk'e daha şimdiden Zonguldak'ın Çaycuma ilçesine bağlı Erenköy'de çok sayıda gaz talebi geldi.

Dünyada da benzer ama daha ilerlemiş kapsamlı örnekler mevcuttur. Bunlara örnek olarak bazı şeyler söylenebilir:

İngiltere'nin tezekle çalışan ilk enerji üretim merkezi, Ocak ayında açılacak. Merkezin müdürü Charles Clarke, ülkenin güneybatısındaki Devon kentinde kurulan merkezde elektrik enerjisi, sıcak su ve sıvı gübre üretimi yapılacağını bildirdi. Projeye destek veren bölgedeki 30 çiftçinin merkeze yılda göndereceği 1.6 milyon ton tezekten açığa çıkan gazlar, 2 megavata kadar elektrik enerjisi üretmek için kullanılacak. Elektrik enerjisi, kentin kuzeyindeki elektrik şebekesi tarafından dağıtılacak. Soğutma süreci sırasında üretilen sıcak suyla çevredeki okullar, hastaneler ve evler ısıtılacak. Günde 450 tona kadar tezeğin işleneceği merkezde, sıvı organik gübre de üretilen. Merkezden açığa çıkan gazlar, gübrelerin dağıtımını yapan 2 kamyonun yakıtı olarak kullanılacak. Atık yiyeceğin de işleneceği ve sıvı organik gübrenin muhafazasına ilişkin sorunları azaltacak merkez, AB ile Almanya'daki "Farmatic" adlı bir kuruluşun başlattığı 10 milyon dolarla kuruldu.

Tüm bunlardan biyogazın Türkiye için önemine gelirsek, Türkiye'nin yılda 2,5 milyon ton taşkömürü veya 20-25 milyar kwh elektrik enerjisine eşdeğer biyogaz üretim potansiyeli bulunuyor. Biyogaz, özellikle küçük yerleşim birimleri ve çiftliklerin elektrik ihtiyacını karşılayabiliyor. Bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan biyogazın bileşiminde % 60-70 metan, % 30-40 karbondioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbonmonoksit ve azot bulunan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımı yer alıyor. Biyogaz, bileşimindeki metan oranına bağlı olarak değişmekle beraber, genellikle 4700-6000 kilokalori ısı veriyor. Bundan dolayı da ısınma, su ısıtılması ve

aydınlatma gibi amaçlarla kolaylıkla kullanılabilen temel enerji kaynaklarına alternatif bir enerji kaynağı olarak niteleniyor. Biyogaz üretimi sonucunda elde edilen fermante gübre, diğer bir ifade ile biyogübrenin tarım alanlarında kullanılması halinde, verim yüzde 25 dolayında artış gösteriyor. Bunların yanı sıra, üretimde kullanılan hayvan gübrelerinin kokusu işlem sırasında kaybolduğundan ve insan sağlığını tehdit eden birçok unsur ortadan kalktığından, biyogaz üretiminin yapıldığı alanlarda insanlara temiz ve sağlıklı bir çevre oluşuyor

4. YURT EKONOMİSİNDE VE TARIMINDA BİYOGAZIN ÖNEMİ VE BİYOGAZ POTANSİYELİ

Türkiye nüfusu hızla artmaktadır. Bu nüfusun beslenebilmesi, sağlıklı bir yaşama kavuşturulması, kalkınma çabası içerisinde bulunan ülkemizin en başta gelen sorunudur. Bu nedenle Türkiye zirai üretimini artırmak zorundadır. Hatta bir ziraat memleketi olmamız dolayısıyla dış ticaret açığımızın kapatılabilmesi için daha çok ve daha kaliteli üretim yapmak zorunda ve mecburiyetindeyiz. Zira yurdumuzda tarla arazisinin daha fazla genişlemesi mümkün değildir. Bunun için mevcut tarımsal potansiyelin değerlendirilerek üretimin artırılması zorunlu bulunmaktadır. Bunun yolu da birim alan başına verimi arttırmaktır.

Birim alandan fazla ürün alabilmek için başvurulacak tedbirlerden biriside gübredir. Yurdumuz toprakları genellikle bitki besin maddesince ve organik maddece fakirdirler. Bunun nedenleri:

1. Toprak varlığı için hayati önemi olan çiftlik gübresinin genellikle tarlaya atılmayarak tezek olarak yakılmasıdır,
2. Çeşitli yollarla topraktan uzaklaştırılan bitki besin maddelerinin uygun bir teknik içerisinde toprağa yeniden iade edilmemesidir,
3. Topraktan alınan organik madde (sap ve saman) gibi çeşitli artıkların yanlış bir uygulamanın sonucu anızı yakma yöntemi ile yok edilip kül halinde etrafa savrulmasıdır.

Yukarıdaki açıklamalardan çıkaracağımız tek sonuç artan nüfusun beslenebilmesi, sağlıklı bir yaşama kavuşturulmasına paralel olarak üretimin artırılmasıdır. Bunun içinde organik madde bakımından çok fakir durumda olan topraklarımızdan daha yüksek verimin alınabilmesi, çiftlik gübresinin ticari gübre ile birlikte kullanılmasını sağlanacak bir gübreleme tekniğini geliştirmektir.

4.1-Çiftlik Gübresinin Üretimindeki Önemi

Gübre, tarımsal üretim için gerekli temel girdilerden biridir. Gübreleme ise bitkisel üretimde amaçlanan verim ve kaliteye ulaşmak için içerisinde bir veya birkaç çeşit bitki besin maddesi bulunan organik veya inorganik bileşiklerin toprağa veya doğrudan doğruya bitkiye verilmesi şeklinde tarif edilebilir.

Genel olarak, bütün tarım topraklarında her çeşit bitki besin maddesinin az veya çok var olduğu bilinmektedir. Bu nedenle de gübrelemedeki esas beceri; toprakta eksik olan bitki besin maddesinin cins ve miktarını tespit ederek gübrelemenin zamanında ve usulüne uygun olarak yapılmasını sağlamaktır.

Organik artıkların ve bilhassa çiftlik gübresi toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerinde yaptıkları olumlu etkileri nedeniyle bitki gelişmesi için uygun bir ortamın oluşmasında büyük ölçüde yararları vardır.

Çiftlik gübresini esas olarak amaçlayan bir gübrelemenin daha etkili bir uygulama olacağı bilimsel olarak kabul edilmiştir. Çiftlik gübresi ve organik gübre toprağın verimini artırması yanında:

1. Toprağın erozyonda kaybını önler,
2. Toprağın su tutma kapasitesini artırır,
3. Ürünlerin lezzetine etkisi bilimsel olarak saptanıp; topraktaki mikroorganizmaların gelişmesi ve yaşaması için en iyi ortamı sağlar ve topraktaki hava ve su dengesini düzenler,
4. Elde edilen ürünlerin protein ve vitamin miktarının artmasında etkili olur.

Saymış olduğumuz bu özellikleri itibariyle çiftlik gübresinin çiftçilerimizce tezек olarak yakma alışkanlığından vazgeçirmeliyiz ve böylece çiftlik gübresini biyogaz üreteçlerinde kıymetlendirerek hem çiftçilerimizin ısınma, ısıtma, aydınlanma gereksiniminde duyduğu enerjiye kavuşturmuş olduğumuz gibi ayrıca artık gübreyi de tarımda en iyi nitelikli bir gübre olarak kullanma alışkanlığına sahip kılmış oluruz. Bu husus hem yurtseverliğin ve hem de ekonomimizin güçlenmesi için gösterilecek çabanın gereğidir.

4.2-Toprakta Organik Madde ve Biyolojik Dengenin Korunması

Topraktan bol ve kaliteli verim alınabilmesi ve toprağın bizden sonra gelecek nesillere iyi bir şekilde devri için en iyi tedbir toprağın organik madde ve biyolojik dengesini korumakla mümkündür. Ticari (kimyasal) gübrelere verimi artırmak her zaman mümkündür. Fakat devamlı değildir. Bu artış bir noktaya kadar devam eder. Topraktan aynı verimin alınabilmesi toprağa daha fazla kimyevi gübre vermekle olabilir. Kimyasal gübrelere hammadde H_2SO_4 ve HNO_3 asitleridir. Bu asitlerin SO_4 ve NO_3 kökleri topraktaki Ca (kalsiyum) ile birleşerek $CaSO_4$ ve $CaNO_3$ halinde toprak katyonlarına bağlı olarak kalır ve zamanla toprağın tuzlaşması ve çoraklaşmasına neden olur. Bu nedenle topraktan bol ve kaliteli ürün alınabilmesi için gübrelere bir uygun teknoloji programı içinde gübrelenmesi gerekmektedir. Kimyevi gübreyi geniş çapta kullanan Avrupa ülkeleri yukarıda açıkladığımız plan içerisinde kullanılmaktadırlar. Kimyevi gübrenin etkisi ile bol ve kaliteli verimin alınabilmesi ancak bu esaslar dahilinde mümkündür. Aksi takdirde topraklarımızda ki tuzlaşma ve çoraklaşma sonucunda toprağın biyolojik dengesi bozulmuş olur. Biyolojik dengesi bozulan toprak erozyona uğrar. Erozyona uğramış toprak kanser olmuş insana benzer. Kanserin tedavisi ne kadar zor ise biyolojik ve organik madde dengesi bozulan toprağın tedavisi o denli zor ve zaman alıcıdır. Bu itibarla toprağın en iyi muhafazası ve erozyonun önlenmesi için çiftlik gübresinin mutlak suretle toprağa verilmesi ve böylece organik madde ve biyolojik dengenin korunması için şarttır. Konuya hakim ülkeler hiçbir zaman çiftlik gübresini yakıt olarak kullanmamışlardır. Ekonomik bakımdan yeri olan ülkeler ise çiftlik gübresi yakıt olarak kullanılmaktadırlar. Bu ülkelerin tarımsal ürünleri diğer ülkelerin ürünleri ile karşılaştırıldığında birim alana düşen verimin çok düşük düzeyde olduğu görülmektedir.

Ayrıca sulu şartlarda yetiştirilen bitkiler kuru şartlarda yetiştirilen bitkilere nazaran daha fazla çiftlik gübresine ve organik gübreye ihtiyaç duymaktadır ve esasen sulu koşullarda çapa ve endüstri nebatları ile sebze ve meyveler daha fazla yetiştirilmektedir. Bu nebatlar kimyevi gübreye nazaran daha fazla çiftlik gübresine ve organik gübreye ihtiyaç duyarlar.

Yurdumuzda sulanabilir arazi yapıları baraj, gölet ve sulama kanalları ile her geçen gün artmaktadır. Bilhassa kalkınma planı içerisinde bulunan GAP sulama projesi içinde yer alan Atatürk ve Karakaya barajlarının bitmesi ve Urfa sulama tünelinin devreye girmesi ile Harran, Ceylanpınar ve Urfa ovalarının sulanması ile sulanabilir arazimiz bir kat daha artmıştır. Bu durum karşısında mevcut çiftlik gübresini tezek olarak yaktığımız takdirde kimyevi gübre yanında birde dış ülkelere organik gübre ithal etme durumu ile karşı karşıya kalacağız bu

nedenle şimdiden bütün devlet kuruluşları bir plan ve program içerisinde Atatürk yılında bu işe başlayarak çiftçimizin çiftlik gübresini biyogaz üreteçlerinde değerlendirerek onun ısınma, aydınlanma ve pişirme ihtiyacı için duyduğu enerjiyi temin etmek ve artakalan fermente gübreyi tarımda bitki yetiştirmede kullanılmalıdır.

4.3-Biyogaz Üreteçlerinden Çıkan Fermente Gübrenin Tarımdaki Önemi

1. Biyogaz üreteçlerinden çıkan fermente artık gübre organik madde yönünden çok yüksek değerli bir gübre özelliğindedir. Organik artıklar mikroorganizmalarca parçalanması sonucunda gübre içindeki azot ve fosfor miktarı aynı kaldığı için gübre olarak değerinden hiçbir şey yitirmez. Bununda ötesinde gübre mikroorganizmalar tarafından parçalanıp küçük yapıli moleküllere dönüştüğü için bitkiler tarafından daha da kolaylıkla kullanılabilmekte, gübre değeri ise açık ortamda güneş ve yağmur altında olgunlaşan gübreye nazaran % 20-25 verimin artmasını sağlamaktadır.

2. Gübrenin biyogaz üreteçlerinde olgunlaştırılması esnasında ortam doğal ayırım esnasına dayalı bir mikroorganizma ekosterm oluştuğundan zararlı parazit ve patojen mikroorganizmaların üremesi imkansızlaşmakta ve bu şekilde artık ortamın çevre ve insan sağlığını tehdit etmesi önlenmektedir. Böylece kokusuz sağlık için tehlikesiz üretim için en iyi bir gübre elde etmiş oluruz.

3. Biyogaz üreteçlerindeki gübre mikroorganizmalarca parçalanması esnasında gübrede mevcut olan amonyak kokusu fermantasyonla giderilmiş olmaktadır. Bu nedenle biyogaz üreteçlerinden çıkan gübre hiçbir şekilde insanları rahatsız edici bir koku taşımamaktadır.

4. Biyogaz üreteçlerinde metan bakterisi çiftlik gübresi ile birlikte selülozu da parçalamaktadır. Gübre içerisinde bulunan ve sindirim esnasında hazmedilmeyen yabancı ot tohumları biyogaz üreteçlerinde metan bakterilerince tohum üzerindeki selüloz maddesi parçalayarak yabancı ot tohumlarının çimlenmesini önlemektedir. Bu nedenle çapa bitkilerinin ihtiyaç duyduğu çapalama işlemleri de böylece azalmış olmakta ve aynı zamanda tarlanın su kaybı büyük ölçüde önlenmektedir.

5. BİYOGAZ ÜRETİMİ İÇİN TÜRKİYE'DEKİ HAMMADDE POTANSİYELİ

Organik artıkların anaerobik fermantasyonu ile elde edilen biyogazın kullanımı özellikle 3. Dünya Ülkelerinde hızla yaygınlaşmaktadır. Isınma ihtiyacının % 30-40 kadarının odun ve tezek gibi ticari olmayan yakıtlardan sağlandığı Türkiye, biyogaz üretiminde kullanılacak

çeşitli bitkisel ve hayvansal artıklar bakımından oldukça zengin kaynaklara sahiptir. Örneğin, yıllık büyükbaş hayvan dışkısı üretimimiz ortalama 76 milyon tondur. Bu miktarın tamamının biyogaz üretiminde kullanılması durumunda, yılda 2.5 milyon ton taşkömürüne eşdeğer enerji üretimi mümkün olacaktır. Ancak iyi organize edilmiş önyargısız bilimsel ve teknolojik araştırmalar yapılmadan, biyogaz üretimine geçilmesi ve yaygınlaştırılması sakıncalı sonuçlar doğurur.

Sanayisi hızla gelişmekte ve aynı zamanda bir tarım ülkesi olan ülkemizde sanayi ve tarımın temel girdisi olan enerji ve enerji üretimi büyük önem arz etmektedir. Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi, Türkiye’de 1986-1993 yılları arasında birincil enerji kaynaklarından elde edilen enerji ile tüketilen ve ithal edilen enerji miktarları, üretilen enerji ile tüketilen enerji arasındaki açık her geçen yıl artmaktadır.

KAYNAKLAR		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Taş Kömürü	Üretim	2151	2111	2212	2027	2080	1827	1727	1722
	Tüketim	3992	4404	5204	4722	6150	6501	6243	5834
Linyit	Üretim	8949	9827	8603	10564	9524	9117	10299	9836
	Tüketim	8879	9189	9189	10207	9765	10572	10743	10274
Asfaltit	Üretim	261	271	268	179	119	60	92	37
	Tüketim	261	271	268	176	123	60	85	44
Doğalgaz	Üretim	416	270	90	158	193	185	180	182
	Tüketim	416	669	1115	2878	3110	3827	4179	4630
Petrol	Üretim	2514	2762	2692	3020	3902	4674	4495	4087
	Tüketim	19622	22596	21860	22416	23881	23297	24937	28437
Hidrolik	Üretim	1020	1600	2490	1512	1991	1950	2285	2921
	Tüketim	1020	1600	2490	1542	1991	1950	2285	2921
Odun	Üretim	5271	5308	5313	5345	5361	5391	5421	5451
	Tüketim	5271	5308	5313	5345	5361	5391	5421	5451
Hayvan-Bitki Atıkları	Üretim	2622	2586	2614	2580	2548	2530	2512	2494
	Tüketim	2622	2586	2614	2580	2548	2530	2512	2494
Jeotermal	Üretim	38	50	59	54	69	70	60	67
	Tüketim	38	50	59	54	69	70	60	67
Diğer	Üretim	5	10	13	21	37	43	61	67
	Tüketim	5	10	13	21	37	43	61	67
TOPLAM	Üretim	23247	24795	24354	25490	25824	25847	27132	26864
	Tüketim	42181	46796	46927	46991	53314	54606	57084	61043
İthalat		67	49	33	48	15	65	16	18
İhracat		---	---	---	---	78	44	27	51

Tablo 10: Birincil Enerji Üretim ve Tüketimi (Bin Ton Eşdeğer Petrol)

Türkiye’de 1991 yılı istatistiklerine göre; toplam nüfusun 56.493.035, tarla ziraatı ve hayvancılıkla uğraşan nüfusun 12.547.796 olduğu, suni gübre ile gübrelenen arazinin 17.510

hektar ve bu alanlardan 8.981.296 ton azot, fosfor ve potasyum içerikli gübre kullanıldığı anlaşılmaktadır.

5.2-Çiftliklerde Organik Madde Potansiyeli

Yurdumuzda 13.483.000 hektar hububat ekim alanı mevcuttur. Mevcut bu alandan 147.190.500 ton organik madde elde edilmektedir. Bunun %60 ını teşkil eden 88.315.300 tonu saman ve hayvan yemi olarak kullanılmakta ve geriye kalan 59.037.200 tonu anız yakma, tarlada bırakma ve kağıt imalinde hammadde olarak kullanılmaktadır. (Bugün dünyada kara kavak, balzam kavakları, titrek kavaklar, söğüt, okaliptüs, cynara gibi hızlı büyüyen ağaçlar enerji amacıyla yetiştirilmektedir).

Yapılan hesaplar 1 milyon hektar enerji ormanlarından yaklaşık 7 milyon ton biyokütle enerji kaynağı elde edilebileceğini göstermektedir. Bu miktar yaklaşık 30 milyon varil ham petrole eşdeğerdir. Görüldüğü gibi, enerji ağaçları ile hem var olan ormanların korunması, hem de çevre kirliliğini azaltmak mümkündür.

5.3. Organik (Turbo) Toprak Potansiyeli

Tarımsal istatistiklerde sahası belirtilmemesine rağmen Türkiye Toprak Haritası Envanterlerine göre 22.065 hektar organik turbo sahası mevcut olup yapılan hesaplara göre 154.455.000 ton organik turbo toprak atığı mevcuttur.

5.4-İnsan Dışkısı ve Kanalizasyon Artığı Potansiyeli

İstatistiklerde yapılan hesaplara göre takriben yılda 90.000.000 ton insan dışkısı ve kanalizasyon artığı çöp ve potansiyeli mevcut olduğu belirtilmektedir. Bu potansiyelde ilk etapta mevcut çiftlik gübresi tezek olarak yakılmayıp biyogaz üreteçlerinde kullanıldıktan sonra tarımda tekrar gübre olarak kullanılması halinde 1.800.000 ton azotlu gübre,400.000 ton fosforlu gübre, 360.000 ton potaslı gübre elde edilmiş olur.

Mevcut potansiyel iyi bir şekilde planlanıp realize edilebilirse yurdumuz kimyevi gübre ithal eden ülke durumundan çıkar ve kimyasal gübre ihraç eden ülke durumuna gelebilir.

Kanalizasyon artıklarından da biyogaz elde edildiği gibi arta kalan materyal ya termik enerjiden hammadde veya tarımda organik gübre olarak kullanılmaktadır. Esasen Avrupa ve Amerika ülkeleri arasında kanalizasyon artıklarını arıtarak değerlendirmeyen ülke yok gibidir. Büyük paralarla yapılan baraj ve su nakil tesisleri ile elde edilen suyun bir defa kullanıldıktan

sonra o suyun doğayı kirletmek için nehirlerle ve denizlere boşaltan ülke pek nadirdir. Bu itibarla mevcut potansiyelden mutlak yararlanmamız gerekmektedir. Gelişmiş ülkeler kanalizasyon suyunu arıtıp kullanma suyu elde etmeleri anında kanalizasyon artıklarını büyük ve derin havuzlarda dinlendirip atığın üst kısmında biriken yağı alıp steril duruma getirilerek sabun sanayinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Arta kalan kanalizasyon artığı organik maddenin litresinde %3-4 mg deterjan mevcutsa bu organik madde biyogaz tesislerinde değerlendirilmektedir. %3-4 mg dan fazla deterjan varsa bu organik maddeler termik santrallerde hammadde olarak değerlendirilmektedir. Böylece termik enerji elektrik enerjisine çevrilmiş olur. Bundan hem ülke ekonomisi güçlenmiş ve hem de çevrenin kirlenmesi önlenmiştir.

5.5-Sonuç

Üretimin artırılmasında en önemli rolü oynayan faktörlerden birisi gübredir. Gübre bu nedenle tarımsal üretim için gerekli temel girdilerden biridir. Bu nedenle çiftlik gübresi, kullanılmasının toprakta organik madde birikiminde ve dolayısıyla bitki besin maddeleri artışında ve toprağın fiziksel, biyolojik özelliklerinde yaptıkları olumlu etkileri nedeniyle bitki gelişmesi için uygun bir ortamın oluşmasında büyük ölçüde yararları vardır. Çiftlik gübresini esas olarak amaçlayan bir gübrelemenin daha etkili bir uygulama olacağı bilimsel olarak kabul edilmiştir. Organik madde bakımından çok fakir durumda olan topraklarımızdan daha yüksek verimin alınabilmesi için çiftlik gübresinin ticari gübreler ile kullanılması için gerekli önlemleri almalıyız.

Çiftlik gübresini biyogaz üreteçlerinde değerlendirilmesi hususunda tüm kamu kuruluşlarının bir plan ve program içinde konuya gereken önemi vermesinden yurt ekonomisi ve tarımı bakımından büyük yarar vardır.

Biyogaz üreteçlerinden arta kalan fermente gübre tarımsal ürünü % 20-25 oranında arttırması yanında çevre kirlenmesi ve insan sağlığı bakımından da büyük yararı vardır. Bunlara ek olarak da ayrıca kaliteli enerji elde edilmesi ile şehirlerdeki rahatlığın ve konforun kırsal kesimde yaşayan halkımızın da faydalanmasıyla da önem kazanmaktadır.

6. ORGANİK ATIKLARDA ANAEROBİK YÖNTEMLERLE BİYOGAZ ELDESİ, TÜRKİYE' DE UYGULANABİLİRLİK

1970' lerde ABD ve diğer zengin ülkelerde yaşanan enerji krizi sonucu fosil bazlı enerji kaynaklarının tükenmekte olduğu ve enerji tasarrufu ile alternatif enerji kaynaklarına özellikle

güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmaların hızlandırılması yönünde genel bir kanı oluşmuştu. Bu kriz 1980'lerin sonunda ortaya çıktığı gibi aniden gündemden kalktı. Daha doğrusu daha ileri bir tarihe ertelendi.

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ilgi yeniden yükselişe geçti. Bunun ana nedeni yine fosil bazlı enerji kaynaklarının tükenmekte oluşu olsa da, bunların yanma ürünleri kaynaklı küresel çevre sorunlarının (asit yağmurları, küresel ısınma, ozon tabakasındaki incelme, delinme v.b.) son dönemde daha sık görülür olması da bunun önemli nedenleri arasında sayılmalıdır.

Yenilenebilir biyokütle kaynaklarının (enerji bitkileri ve organik atıklar) enerji kaynağı olarak kullanılması enerji üretimi kaynaklı pek çok kirleticinin önlenmesi amacıyla çok büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca atmosferik karbondioksit bazında da karbon döngüsüne ek bir yük getirmemektedir.

Ülkemizde yenilenebilir alternatif enerji kaynakları ile ilgili çalışmaların başlangıcı 1980'lere kadar gitse de, bu konuda yapılan araştırma ve yatırımlar hala sınırlı düzeydedir. Bu çerçevede, anaerobik biyoteknoloji uygulamaların ve atıklardan biyogaz eldesinin Türkiye'deki değişik sektörlerdeki kullanımının artırılabilmesi amacıyla, ODTÜ Çevre Mühendisliği bünyesindeki laboratuvarlarda çeşitli atıkların anaerobik arıtılabilirliği ve biyogaz üretimi potansiyelleri üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

6.1-Deneysel Yöntemler

6.1.1-Atık Karakterizasyon Çalışmaları

Bu araştırma kapsamında çalışılan atıklar zeytin yağı üretimi atıksuyu, peynir üretimi atıksuyu, tavuk gübresi, mezbaha atıksuyu, yemekhane atıkları) Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Fosfor, Toplam Kjehdal Azotu, Askıda Katı Madde, Uçucu Askıda Katı Madde parametreleri bazında karakterize edilmiştir. Karakterizasyon çalışmalarında standart metotlar kullanılmıştır.

6.1.2-Biyokimyasal Metan Potansiyeli (BMP)

Çeşitli atıkların anaerobik arıtılabilirliğini belirlemeye yönelik olarak geliştirilen BMP testi yukarıda sıralanan atıklar için uygulanmıştır. Bu kapsamda değişik miktarlarda aşı, besiyer çözelti, atıksu ve çeşme suyu içeren 125-500 ml'lik serum şişeleri anaerobik reaktör olarak hazırlanmıştır. Serum şişelerine eklenen anaerobik aşı, çamur bekletme süresi 14 gün olan

Ankara Atık Su Arıtma Tesis Çamur Çürütme Tanklarından alınmış ve delik çapı 1mm olan filtreden süzülmüştür. Daha sonra şişelerin tepe gazı anaerobik ortamın sağlanması için 3-4 dakika 75/25 oranındaki N₂/CO₂ gaz karışımı ile uçurulmuştur. Şişeler plastik kapaklarla sıkıca kapatıldıktan sonra 35°C' de inhibe edilmiştir. Şişelerde oluşan tepe gazı her gün düzenli olarak ölçülmüştür. Zeytinyağı üretimi, peynir üretimi, tavuk üretme çiftliği ve mezbaha kaynaklı atıksular, yemekhane ve bahçe atıkları için yapılan BMP deney sonuçları sırasıyla tablolarda verilmiştir.

6.1.3-Metan Gazı Yüzdesi ve Sonuçları

Anaerobik arıtım sonucu üretilen gazın metan yüzdesinin belirlenmesi için serum şişeleri kullanılmıştır. Şırınga ile belirli serum şişelerinin ürettiği gazın bir kısmı alınarak kapalı bir serum şişesinde basıncı atmosferik basınca eşitlenmiş olan ve 20 gr/l derişiminde KOİ içeren çözeltiye verilmiştir. 3-4 dakikalık karıştırma işleminden sonra şırınga çözelti şişesine batırılarak mevcut gaz çekilmiştir. KOH' ın CO₂ ile tepkimesi sonucu ortamda sadece (> %99) metan gazının kaldığı bilinmektedir.(Tablo11)

6.2-Anaerobik Arıtılabilirlik Çalışmaları ve İstatistik Verileri

Bu çalışmada sırasıyla yaş evsel atıkların, zeytinyağı, peynir üretiminden kaynaklanan atıksuların ve tavuk çiftliklerinden çıkan yaş atıkların anaerobik arıtılabilirliği ve biyogaz üretim potansiyelleri incelenmiştir. Bu amaçla, kesikli reaktörlerde Biyokimyasal Metan Potansiyeli (BMP) deneyleri gerçekleştirilmiş ve biyogaz üretimleri zamana karşı izlenmiştir. Deneysel yöntemlere ait detaylı bilgiler ilgili kaynaklarda verilmektedir.

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümde verilmiş ve literatürden ulaşılabilen en son istatistiki veriler ışığında değerlendirilmiştir. Türkiye'nin adı geçen atıklardan elde edebileceği potansiyel biyokütle ve eşdeğer enerji miktarları hesaplanırken 1 m³ metan gazının 5,75 Kcal. 1,25 kwh ve 22,7 MJ' ye denk olduğu esas alınmıştır.

6.2.1-Yaş Evsel Atık

Devlet İstatistik Enstitüsü, Türkiye'nin başlıca büyük 11 ilinde en son 1993 yılı Temmuz ve Aralık aylarında "Hane halkı Katı Atık Kompozisyon Araştırması ve Eğilim Anketi" yapmıştır (9). Türkiye'de 1993 yılında yaşayan 16.139.061 kişiyi kapsayan bu anket, evsel katı atık karakterizasyonu alanında Türkiye çapında yapılmış en son ve en

kapsamlı çalışma olduğundan, bu çalışmadan seçilen evsel katı atık ve yaş atık verileri kullanılmıştır. Bu verilere göre, ülkemizde kişi başına günlük evsel katı atık üretimi 530 gr/gün kişi'dir. Evsel katı atığın %65.5'inin yaş evsel atık olduğu varsayıldığında ortaya çıkan değer ise 352,4 gr gün\kişi L' dir. Türkiye'nin 30 Kasım 1997 tarihli en son resmi genel nüfus sayımına göre, Türkiye'de 62.810.111 kişi yaşamaktadır. Anket çalışması ve nüfus sayımı sonuçlarına göre, Türkiye'nin ürettiği günlük yaş evsel atık miktarı 22.134 ton/gün olarak hesaplanabilir.

ODTÜ yemekhanesinden alınan yaş evsel atık örnekleri ile yürütülen anaerobik arıtılabilirlik çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, 1 gr yemek atığının 0,563 gr KOİ' ye sahip olduğu ve anaerobik arıtıma tabi tutulduğunda 157 mL metan gazı oluştuğu bulunmuştur. Bir başka deyişle, 1 gram KOİ' ye sahip olan yaş evsel atıktan 279 mL CH₄ üretildiği anlaşılmıştır. Yukarıdaki veriler esas alınarak, Türkiye'nin yaş evsel atıktan elde edebileceği yıllık biyogaz potansiyeli 1.267x10⁶ m³ CH₄ olarak hesaplanmıştır. Yaş evsel atıklardan elde edilebilecek metan gazı potansiyeli, yıllık ortalama 1.584x10⁶ Kcal, 7.285x10⁶ kwh ya da 28,7x10⁹ MJ enerji şeklinde de ifade edilebilir.

6.2.2-Zeytinyağı Fabrikası Atıklarının Enerji Amaçlı Kullanımı

Zeytinyağı üretimi Türkiye'de önemli bir sektör olup, üretim sırasında oluşan atıkların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Ülkemizde mevsimsel üretim sonucunda oluşan zeytin atıksuyu ve küspesinin anaerobik olarak arıtılmasına yönelik laboratuvarlarımızda yapılan araştırma sonuçlarına göre geleneksel zeytin işleme prosesi sonucunda ortaya çıkan atıksuyun KOİ' sinin 138.250 mg/L olduğu ve anaerobik arıtım sonucunda 1 litre atıksudan 57,5 L CH₄ elde edilebileceği bulunmuştur.

Türkiye'nin 1990-1999 yılları arasındaki toplam zeytin üretimi Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre 9.525.000 ton olup, on yılın ortalama zeytin üretimi 952.500 ton/yıl'dır. FAO 1994 ve DİE 1998 verilerine göre 1990-1996 yılları arasındaki Türkiye'de üretilen zeytinyağı miktarının, zeytin miktarına oranı ortalama %9 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, Türkiye'nin yıllık ortalama zeytinyağı üretimi 85.725 ton olarak kabul edilebilir. Zeytinyağı üretiminde kullanılan 1 kg zeytinin yaklaşık olarak %14'ünün zeytinyağına dönüştüğü ve proses sırasında ortalama olarak 1,43 L karasuyun oluştuğu kabul edilmektedir. Bu değerlere göre, Türkiye'de yılda 612.322 ton zeytinin, zeytinyağı üretmek üzere işlemden geçirildiği ve 875.621 m karasu oluştuğu hesaplanmıştır.

Türkiye'de bu sektörden elde edilebilecek yıllık toplam metan gazı miktarının $50 \times 10^6 \text{ m}^3$; enerjinin ise yaklaşık olarak $288 \times 10^6 \text{ Kcal}$, $63 \times 10^6 \text{ kwh}$ ya da $1,14 \times 10^9 \text{ MJ}$ olduğu hesaplanmıştır.

6.2.3-Peynir Altı Suyunun Enerji Amaçlı Kullanımı

Türkiye'de 1996 yılında üretilen peynir miktarı 265.000 ton olarak kayıtlara geçmiştir. Peynir üretiminde kullanılan 1 kg sütün %90'ı atıksu (peynir altı suyu) olarak ortaya çıkmakta ve 1 kg süt 2.500 mg KOİ' ye denk gelmektedir. Bu verilere göre. Türkiye'de 1996 yılında peynir üretimi sırasında ortaya çıkan atıksu miktarı 2.385.000 ton, KOİ değeri ise 6.559 ton olarak hesaplanmıştır. Anaerobik arıtılabilirlik çalışmamız sonucunda, peynir altı suyunun KOİ' sinin 55.250 mg/L olduğu ve bir litresinden 23,4 L CH₄ üretildiği bulunmuştur. Bu doğrultuda, Türkiye'nin 1996 yılına ait toplam peynir altı suyu miktarının 118.710 m³ olduğu ve bu sektörden elde edilebilecek toplam metan gazı miktarının $2,8 \times 10^6 \text{ m}^3$; enerjinin ise yaklaşık olarak $16 \times 10^6 \text{ Kcal}$, $3,5 \times 10^6 \text{ kwh}$ ya da $63,6 \times 10^6 \text{ MJ}$ olduğu hesaplanmıştır.

6.2.4-Tavuk Yaş Atığı

Türkiye'de 1998 yılında 236.997.651 adet tavuk yetiştirilmiştir (11). Tavuk başına düşen yıllık yaş atık miktarının 60 kg olduğu esas alınarak , 1998 yılında 14×10^6 ton tavuk yaş atığının ortaya çıktığı varsayılmıştır. Laboratuvarlarımızda yürütülen anaerobik arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda, 1 kg tavuk yaş atığının KOİ 'si 112.090 mg/L ve 1 kilogramından 30,4 L CH₄ üretildiği bulunmuştur. Türkiye'nin 1998 yılında tavuk üretimi kaynaklı metan gazı potansiyelinin toplam $426 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve bu potansiyelden elde edilebilecek enerji miktarının ise yaklaşık olarak $2.450 \times 10^6 \text{ Kcal}$ $533 \times 10^6 \text{ kwh}$ ya da $9,7 \times 10^9 \text{ MJ}$ olduğu hesaplanmıştır.

6.3-Sonuçlar

BMP deneyleri sonucunda zeytinyağı ve peynir üretimi atıksuları, tavuk besleme çiftliği atığı, mezbaha atıksuyu, yemekhane ve bahçe atıklarından sırasıyla 57.5/23.4, 33.5/3.2-4.2 lt CH₄/lt atıksu, 157/138.4 ml CH₄/gr atık oluştuğu bulunmuştur. Bu atıklardan çıkan biyogazların metan yüzdelerinin sırasıyla 77±6, 77±5, 78±3, 76-80, 64±5, ve 71±3 dür.

Türkiye'nin sözü geçen atıklardan elde edebileceği yıllık biyogaz ve eşdeğer enerji potansiyelini hesaplamak için, ülkenin bu sektöre ait yıllık biyokütle üretimini içeren

literatürde ulaşılabilen en son istatistiki veriler kullanılmıştır. Buna göre, Türkiye’de üretilen yıllık yemek atığı miktarının $8,08 \times 10^6$ ton; zeytinyağı üretiminden oluşan yıllık atıksu miktarının 875.621 m^3 ; peynir üretiminden oluşan yıllık atıksu miktarının 118.710 m^3 ; tavuk üretme çiftlikleri kaynaklı yaş atığın 14×10^6 ton/yıl olduğu hesaplanmıştır (1998). Bu sektörlere ait yıllık biyokütle potansiyeline denk gelen enerji üretimini hesaplamak için 1 m^3 metan gazının $5,75 \text{ kcal}$, $1,25 \text{ kwh}$ ve $22,7 \text{ MJ}$ denk olduğu esas alınmıştır.

DeneySEL ve istatistiksel verilerin ışığında elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo12 de özetlenmiştir. Tablo12 de incelenen atık türlerinden Türkiye çapında elde edilebilecek yıllık toplam metan ve buna karşılık gelen enerji miktarlarını göstermektedir (istatistiki verilerin alındığı yıllar için). Buna göre, yaş evsel atık, karasu, peynir altı suyu ve tavuk yaş atığından yılda elde edilebilecek toplam metan gazı miktarı $1.746 \times 10^6 \text{ m}^3$ buna karşılık gelen enerji miktarları ise sırasıyla $4.338 \times 10^6 \text{ Kcal}$, $7.885 \times 10^6 \text{ kwh}$ ve $39.604 \times 10^6 \text{ MJ}$ dur. Bu değerler ancak sözü geçen atıkların tümünün %100 verimle biyogaza çevrildiği koşullar için geçerlidir. Pratikte bu mümkün olmadığından çok genel bir yaklaşımla gerçekleştirilebilir potansiyelin toplam potansiyelin %20’si düzeyinde olabileceği kabul edilmiştir.(Tablo 13).

Sonuç olarak, sadece belirtilen 4 sektör babında dahi, anaerobik yöntemler uygulanarak elde edilen potansiyel biyogaz miktarı ve eşdeğer enerji üretimi oldukça yüksektir. Türkiye’de organik atık üreten diğer sektörlerin de olduğu dikkate alındığında (bira, şeker, meyve suyu üretimi vs.) potansiyel biyogaz ve eşdeğer enerji miktarlarının daha da artacağı bir gerçektir.

Anaerobik yöntemlerle elde edilen biyokütle enerjisinin Türkiye için önemli bir enerji potansiyeli olduğu çok açıktır. Bu nedenle, bu arıtım yönteminin diğer sektörlerdeki uygulamasına bir an önce başlanmalı ve mevcut biyogaz enerji potansiyeli araştırmaları deneysel ve istatistiki verilere dayandırılarak yürütülmektedir. Diğer birçok ülkede olduğu gibi, anaerobik arıtım yöntemlerinin ülkemizde de yaygınlaştırılması çevresel değerlerin yanı sıra ülke ekonomisine de enerji üretimi bazında çok önemli gelirler sağlayacak ve ülkemiz gerçeklerine uygun, sürdürülebilir bir enerji politikasının önemli bir ayağını oluşturacaktır.

Parametre	Zeytinyağı üretimi	Peynir üretimi atıksuyu	Tavuk gübresi	Mezbaha atıksuyu	Yemekhane atıkları	Bahçe atıkları
PH	4,63	3,92	-	6,7	.	-
KOI (mg/L)	138250±7047	55250±1344	123642	6700	563 mg/g	-
TP (mg/L)	55,6	124	-	74		-
TKN (mg/L)	579	145,6	-	530	-	-
AKM (mg/L)	42833	9380±453	103027	170	-	-
UAKM (mg/L)	42633	8280±396	67720	160	-	-
Biyogazın Metan İçeriği (%)	77±6	77±5	78±3	76-80	64±5	71±3
Metan üretimi (L/L atıksu)	57,5	23,4	33,50	3,24,2	157	138,4

Tablo 11. Çalışılan organik atıkların karakterizasyonu ve BMP deney sonuçları

KOI: Kimyasal Oksijen ihtiyacı; TP: Toplam Fosfor; TKN: Toplam Kjehldal Azotu; AKM: Askıda Katı Madde;

UAKM: Uçucu Askıda Katı Madde '

* Bu ölçümler iki kez (duplicate) yapılmıştır

Yemekhane atıkları katı formda olduğundan "mg KOİ/g atık" ve " mL metan/g atık" birimleri kullanılmıştır.

33,5 L CH₄ /1 kg tavuk atığı

ATIK ÇEŞİTİ	Yıllık Metan Pot. (10 ⁶ m ³)	10 ⁶ Kcal/yıl	10 ⁶ KWh/yıl	10 ⁶ MJ/yıl
Yaş Eysel Atık	1.267	1.584	7.285	28.700
Zeytin Karasuyu	50	288	63	1.140
Peynir Altı Suyu	2.8	16	3,5	63,6
Tavuk Yaş Atığı	426	2.450	533	9.700
Toplam Potansiyel	1.746	4.338	7.885	39.604
Gerçekleşebilir Pot.	349	868	1.577	7.921

Tablo 12: Türkiye'nin İncelenen Organik Atıklardan Elde Edebileceği Enerji Potansiyeli

Gerçekleşebilir enerji potansiyelinin hesaplanan enerji potansiyeline	Yıllık Metan Potansiyeli ($10^6 m^3$)	Yıllık Enerji Potansiyeli			Türkiye'nin 1998 yılı enerji ihtiyacına oranı (%)
		10^6 Kcal	10^6 Kwh	10^6 MJ	
%10	174,6	433,8	788,5	3960,4	0,69
%30	524	1301	2366	11881	2,07
%50	873	2169	3942,5	19802	3,46

Tablo 13. Gerçekleşebilir Enerji Potansiyelleri ve Bu Değerlerin Türkiye 1998 Yılı Enerji İhtiyacına Oranları

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye'nin 1998 yılı enerji ihtiyacı 114.024 GWh olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, belirtilen enerji ihtiyacının %1.36'sının ($1580 \cdot 10^6$ KWh) incelenen 4 sektörden çıkan atıkların anaerobik arıtımı ile elde edilen enerjiden karşılanabildiği görülmüştür. Türkiye'de organik atık üreten diğer sektörlerinde olduğu göz önüne alındığında bu değerler daha da yükseleceği açıktır.

Sonuç olarak, genel veri yaklaşımlara dayansa da, bu çalışmayla anaerobik arıtımın ve mevcut biyokütle enerjisinin kullanımının gerekliliği ve Türkiye için önemli bir enerji potansiyeli olduğu anlaşılmıştır. İlgili sektörlerin ve halkın bu konuya duyarlılığının artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımını sağlayacak, elde edilen bu teorik bilgilerin uygulamaya geçirilmesinde büyük katkıda bulunacaktır.