

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE BİYODİZEL, TÜRKİYE'NİN KANOLA POTANSİYELİNE BAĞLI OLARAK BİYODİZEL ÜRETİMİNİN DURUMU VE GELECEĞİ

Baran YAŞAR

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü 01330 Balcalı / Adana.
byasar@cu.edu.tr

Dünya'da insan ihtiyaçları için tüketilen enerjinin büyük bir kısmı yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmakta iken, son yıllarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru eğilimin başladığı görülmektedir. Küresel ısınma, iklim değişikliği ve artan gaz emisyonu oranı, hükümetleri bu konularda daha dikkatli olmaya ve önlemler alma zorunluluğuna itmektedir. Fosil kaynakların çevreye ilişkin olumsuz yönlerinin yanında, bu kaynaklardan kolayca vazgeçilememesi klasik enerji kaynaklarına alternatifler bulma zorunluluğunu doğurmuştur.

Klasik enerji kaynaklarına göre kullanılması ve üretilmesi daha zor ve sıkıntılı olan bu enerji çeşitlerinin yaygınlaşması, insanoğlunun yeryüzü üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmakta ve kaynaklarının sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Ülkemizde de son dönemde kullanımı yaygınlaşan ve yenilenebilir bir enerji çeşidi olan biyodizel, tarımsal hammadde üretilmesi nedeniyle de tarım sektörünü yakından ilgilendiren bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada Avrupa Birliği'nde ve ülkemizdeki mevcut biyodizel üretim durumu ve gelişimi incelenecektir. Ayrıca biyodizel üretiminde Türkiye Standartlar Enstitüsü tarafından standart hammadde olarak kabul edilen kanolanın ülkemizdeki üretim durumu, ürüne ilişkin destekleme politikaları ve sorunları incelenerek, biyodizel üretim potansiyelinin ortaya konulmasına çalışılacaktır.

Anahtar kelimeler: biyodizel, kanola, alternatif enerji, üretim maliyeti.

1

2

3

BİYOYAKIT ÜRETİMİNDE KULLANILAN BİTKİLERİN MEVCUT DURUMU VE GELECEĞİ

Dr. Vehbi ESER, Dr. Fatma SARSU ve Mehmet ALTUNKAYA

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü,

(P.K. 78, 06171, Yenimahalle/ANKARA)

ÖZET

Biyoyakıtlar: Biyoetanol, Biyodizel, Biyogaz, Biyometanol, Biyodimetil Eter Biyoyağ olarak gruplandırılmaktadır. Biyoyakıtların günümüzde en yaygın olanları ise **BİYOETANOL** ve **BİYODİZEL**'dir. Ülkelerin biyodizel yada biyoetanol üretiminde kullandıkları tarımsal hammaddeler tamamen kendi şartlarına bağlı olarak belirlenmektedirler. Örnek olarak; Biyodizel üretiminde A.B.D. soya, Avrupa ülkeleri kolza (kanola)'yı kullanmaktadırlar. Biyoetanol üretiminde ise A.B.D mısırı, Avrupa buğdayı kullanmaktadır. Ülkemizde ise biyodizel hammaddesi olarak kolza (kanola) ve aspir, biyoetanol hammaddesi olarak da buğday ve mısır olarak belirlenmiştir.

Genel olarak yakıt etanolü, Türkiye şartlarında benzine katkı maddesi olarak kullanılması ile ön plana çıkmaktadır. Biyoetanol benzine % 5 oranında katılması durumunda iyi bir oktan arttırıcıdır. Türkiye de henüz biyoetanol için oluşmuş bir pazar yapısı yoktur. Bunun temel sebebi biyoetanolün Türkiye için çok yeni bir enerji kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır (1). Etanolün en fazla üretildiği bitkiler şeker kamışı, şeker pancarı, buğday, mısır, patates, tatlı sorgum, odunsu atıklar, tarımsal atıklar ve selüloz içerikli belediye atıklarıdır.

Yağlı tohum bitkileri, karbo-hidrat bitkileri, bitkisel artıklar, hayvansal artıklar, şehrsel ve endüstriyel artıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilerek mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşılabilmektedir. Biyokütle kökenli en önemli dizel motoru alternatif yakıtı biyodizeldir (biyomotorin = yeşil dizel).

Bu çalışmada da Dünya'da ve Türkiye'de biyoetanol hammaddesi olarak buğday, mısır, şeker kamışı ve şekerpancarı; biyodizel hammaddesi olarak da kolza, ayçiçeği, soya, aspir, çığır'ın üretim durumları ve geleceği ele alınmıştır.

GİRİŞ

Dünyada tarım artık sadece gıda üretimi amacıyla yapılmamakta enerji bitkileri tarımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Biyoyakıt hammaddesi olabilecek bitkiler özellikle gıda amaçlı bitkilerin yetiştirilemeyeceği tarımsal alanlarda da yetiştirilebilmekte böylece bu alanlar tarımsal üretime katılabilmektedir. Modern tarımsal planlamalarda, tarımsal üretim alanlarının %30'unun yem bitkilerine % 20'sinin ise enerji bitkilerine ayrılması hedeflenmektedir. Gelişmiş ülkeler enerji çeşitliliğini artırmakta, yaymakta ve belli enerji kaynağı türlerine

bağımlılığı azaltmaya çalışarak alternatif enerji arayışlarını sürdürmektedirler. Biyoyakıtlar en yeni ve hızla yaygınlaşan alternatif kaynakların en başında gelenidir.

Biyoyakıtlar tarımsal açıdan ele alındığında;

1. Tarımsal üretimde çeşitliliği sağlayarak, tarımsal ekolojiye olumlu katkıda bulunmak,
2. Biyoyakıt üretimi yoluyla organik tarımın gelişimini desteklemek,
3. Tarımsal ürün çeşitliliğini sağlayarak sürdürülebilir tarımsal bir yapı oluşturmak,
4. Yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırarak aynı zamanda yemeklik yağ açığının kapatılmasına imkan sağlamak,
5. Çiftçilerin tarımsal giderlerini azaltmak ve alternatif ürün olarak yağ bitkileri yetiştirerek gelirlerini artırmak,
6. Tarımda ekim nöbetini yaygınlaştırarak toprak verimliliğini artırmak ve polikültür tarıma imkan sağlamak,
7. Biyoyakıt üretiminden geriye kalan organik karakterli atıkların hayvan yemi olarak değerlendirilmesini sağlamak,
8. İhracat potansiyeli yüksek, ülke içinde katma değer üretecek olan yeni bitki türlerinin ekonomiye kazandırılmasını sağlayacaktır.

AMAÇ

Türkiye’de petrol kaynaklarının yetersiz olması, diğer yandan yaşanan enerji krizleri, alternatif enerji kaynaklarını gündeme getirmektedir. Gelecekte bitkisel üretime ve ticaretine yön verecek en önemli faktörün biyoyakıtlar olacağı düşünülmektedir. Özellikle, Avrupa Birliği’nde 2003/30/EC Direktifi çerçevesinde biyodizel kullanımındaki referans değeri, 2010 yılına kadar % 5,75 olarak belirlenmiştir. Bu da yaklaşık 7,5 Milyon Ton biyodizel ihtiyacı demektir (4). Bu nedenle biyoyakıt üretimi için ham materyal temininin kolaylaştırılmasını sağlayıcı önlemler almak ve ülkeler arasındaki bu yöndeki pazar payının artışı sağlamak gerekmektedir. Bu çalışmada da Dünya’da ve Türkiye’de biyoyakıt hammaddesi olarak kullanılan bitkilerin mevcut durumu ve geleceği irdelenmiştir.

DÜNYA’DA ve TÜRKİYE’DE BİYOETANOL HAMMADDELERİNİN ÜRETİM DURUMU

Etanol ya da başka bir deyişle yakıt etanolü şeker pancarı, şeker kamışı gibi şekerce zengin veya mısır buğday, arpa, patates gibi nişastaca zengin tarım ürünlerinin çeşitli kimyasallar ve enzimler eklenerek mayalanması ile üretilen temiz, çevre dostu ve yenilenebilir bir yakıttır.

Bioetanol, ulaşım sektöründe benzin ile karıştırılarak kullanıldığı gibi son yıllarda motorin ile karıştırılarak da kullanılmaktadır. Genellikle nişasta şeker bitkileri üretim potansiyeli yüksek olan ülkelerde söz konusu olan ayrıca E-dizel olarak kullanılan bu karışım AB ülkeleri, Brezilya ve ABD’ de kullanılmakla birlikte kullanım oranının artırılması için çeşitli projeler yürütülmektedir (5).

Dünya’da etanol üretimi 2005 yılında 40,9 milyar litre olup, bunun %34’ü kuzey ve orta Amerika’da, %38’i Güney Amerika’da, %9,8 AB Ülkelerinde, % 6,2’si ise Asya ülkeleri olarak dağılmaktadır. Güney Amerika’daki üretimin % 38’i Brezilya’dadır. AB’de 2005

yılında 4 milyon ton biyoyakıt üretimi gerçekleşmiştir. Bunun %80'i biyodizel ve %20'si ise biyoetanol olup, bunun büyük bir bölümü Almanya, Fransa ve İtalya'da üretilmiştir (6).

ABD' de 2005 yılında yaklaşık 18,5 milyon m³ biyoetol tüketimi ile % 10'luk bir pazar payına sahip olan biyoetanolin kullanım miktarı her geçen yıl artmaktadır. Dünyanın en fazla mısır üreticisi ve ihracatçısı ve aynı zamanda kendine büyük oranda yeterli petrol üreticisi olan ABD, artan etanol kullanımı nedeniyle mısır ihracatını durdurmuş, hatta ithal arayışlarına girmiştir (6). Biyoyakıtlardaki patlama mısır ve soya fasulyesiyle beslenen sığır, domuz ve tavuk gibi farklı besin kaynaklarının ve mısır gevreği üretiminde de düşüşe yol açacağı beklenmektedir.

Ülkemizin yıllık benzin tüketimi 4,5 milyon m³ 'tür. TSE standartlarında da kabul edildiği gibi % 5 karışım esas alınarak hesaplandığında yıllık 225.000 m³ biyoetanole ihtiyaç vardır.

Çizelge 1. 2005 Yılı Biyoetanol Hammaddesi Bitkilerin Üretimi ve Başlıca Üretici Ülkeler

Ülkeler	Buğday Üretim (bin ton)	Mısır Üretim (bin ton)	Şeker Kamışı Üretim (bin ton)	Şeker Pancarı Üretim (bin ton)
AB-25 ülke	122.685,00	43.818,00	*	135.554,26
Çin	97.450,00	139.365,00	87.513,46	*
ABD	57.280,00	282.260,00	*	25.087,29
Hindistan	68.640,00	14172	237.088,40	*
Rusya	47.700,00	3.210,77	*	21.420,11
Türkiye	18.000,00	4.200,00	*	15.181,25
Brezilya	4.658,79	41.700,00	422.956,65	*
Tayland	*	*	49.572,00	*
Meksika	3.015,18	18.012,32	45.195,00	*
Ukrayna	18.699,00	7.166,60	*	15.467,80
Dünya	620.127,00	695.225,00	1.290.345,17	251.946,81

Kaynak: FAO, Statistical Database (www.fao.org)

* Üretimi olmayan veya değerlendirmeye alınmayan

Buğday ve Mısır üretimi;

Dünyada 2005 yılında buğday üretimi 620,12 milyon ton, mısır üretimi de 695, 225 ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde de 2005 yılında buğday üretimi 18,000 milyon ton, mısır üretimi 4,2 milyon ton olarak elde edilmiştir.

Biyoetanol üretimi için en uygun hammaddeler olarak değerlendirilen mısır ve buğday göz önüne alındığında; Her iki ürünün üretimlerinin de ülkemizde artırılma imkânı vardır. Mısır üretiminin 5 yıl içerisinde 8 milyon tona, buğday üretiminin de 23 milyon tona çıkartılması mümkündür. Böylelikle biyoethanol üretimi için gerekli hammadde karşılanırken, her iki ürünün diğer kullanımlarında fiyat yükselmeleri önlenmiş olacaktır. (Biyoyakıt raporu)

Etanol'un mısır, buğday, şeker kamışı, şeker pancarı gibi tarım ürünlerinden elde edilmesi nedeniyle, Çin ve Brezilya mısır ekim alanlarını genişleterek etanol üretimini artırma projelerine ağırlık vermiştir. Amerika ve Avrupa'da mısır ve diğer tarım ürünlerinden elde edilecek etanol tüketiminin yakın bir dönemde iki katına çıkması beklenmektedir (6). Dünya mısır üretiminin yaklaşık %39,4'ünü ABD, %21'ini Çin, % 9'unu Brezilya, Meksika ve Arjantin'den karşılamaktadır (7).

Şeker Kamışı Üretimi;

Şeker kamışı (*Saccharum*), Pasifik ve Eski Dünya tropik bölgelerinin ılıman ikliminde yetişen bir cinstir. Brezilya, 1980'lerden bu yana, şeker kamışına dayalı çok yaygın bir etanol yakıtı endüstrisi geliştirmiştir, yaklaşık 13 milyar litre/yıl şeker kamışından bio-etanolun yıllık üretimi ve 12,4 milyar litre/yıl ile lider ülkedir. Brezilya'daki etanol üretim tesisleri, şeker kamışından kalan şekerli atıkları yakarak %34 pozitif enerji dengesi elde ederler. Brezilya'da etanol üretiminin geliştirilmesi hükümetin desteği ile gerçekleşmektedir. Brezilya'da tüketilen tüm benzinin en azından %25'i alkol içermek zorundadır. Otuz yıl önce benzin yerine şeker kamışından elde edilen etanol kullanımını öngören hızlandırılmış bir program başlatan ve neredeyse tüm tarım arazilerini enerji bitkilerine ayıran Brezilyanın, geçtiğimiz yıl etanol ve yerli petrol üretimindeki artış sayesinde petrol ithal etmekten kurtulduğunu açıklaması bu sektörün cazibesini daha da arttırmıştır (6).

Şeker Pancarı Üretimi;

Şeker pancarı tarımı, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. kontrolünde, ülkemizde en iyi örgütlenmiş üretim sistemine sahiptir. Ayrıca pek çok ürün için çıkış yolu olarak gösterilen üretici birliği de, PANKOBİRLİK adı altında, 1972 yılından bu yana aktif olarak faaliyet göstermektedir. Şeker pancarı; genellikle yüksek rakımlı bölgelerimizde, sulanır hububat ekim sahalarında dört yılda bir ekim nöbetine giren, Türkiye'de Ege, Akdeniz sahil kuşağı, Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimiz dışında 65 ilde 450.000'e yakın çiftçi tarafından üretilmektedir.

1 hektar araziden 50 ton şeker pancarı, 11 ton şeker pancarından da 1 ton biyoetanol üretimi mümkündür. Bu durumda 1 ha araziden yaklaşık 4,6 ton biyoetanol üretilir. 81.000 ha araziden 37.300 ton biyoetanol (2006 benzin tüketimimizin %1,6) üretililecektir (Ar 2006).

Ülkemizde Biyoetanol ağırlık olarak şeker fabrikalarında melastan üretilmektedir. Alkol üretimi yapan kamuya ait şeker fabrikalarının kapasiteleri şöyledir:

Eskişehir Alkol Fabrikası :	40.000 litre/gün
Turhal Şeker Fabrikası:	40.000 litre/gün
Erzurum Şeker Fabrikası:	30.000 litre/gün

Malatya Şeker Fabrikası: 30.000 litre/gün

Şu anda arıtım tesisi bulunduğu için Eskişehir Alkol fabrikası çalışmaktadır. Alkol fabrikaları %95-96 saflıkta alkol üretebilmektedir (KAYNAK: Türk Şeker).

Ülkemizde son yıllarda özel sektörde biyoetanol alanında yatırım yapılmaya başlanmıştır. TARKİM firması düşük kaliteli buğdaydan Biyoetanol üretimine Bursa'daki fabrikasında başlamıştır. Ayrıca Çumra Şeker Fabrikası bünyesinde 2007 yılında 84 milyon/litre kapasiteli biyoetanol tesisi kurulmuştur.

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE BİYODİZEL HAMMADDELERİNİN ÜRETİM DURUMU

Biyodizel yağ bitkilerinden, hayvansal yağlardan, kullanılmış atık kızartma yağlarından ve alglerden üretilmektedir. Bu kaynaklar içerisinde en büyük paya yağ bitkileri sahiptir. Dünyada 2005 yılı verilerine göre 393 milyon ton yağlı tohum üretilmektedir (Çizelge 5). Üretilen yağlı tohumlar içerisinde en önemli paya % 54,5 ile soya (214 milyon ton) sahiptir. Bunu % 12 ile kolza (47 milyon ton), % 11,3 ile pamuk (44 milyon ton), % 9,1 ile yarfıstığı (36 milyon ton) ve % 7,8 ile ayçiçeği (31 milyon ton) izlemekte, geriye kalan % 5,3'lük pay ise diğer bitkiler (susam, aspir, haşhaş, keten, palm, mısır vb.) tarafından oluşturulmaktadır (9).

Çizelge 2: Dünya yağlı tohum üretimi ve toplam üretimdeki payları

Yağlı Tohumlar	Üretim (milyon ton)	Toplam üretim deki payı (%)
Soya fasulyesi	214	54,5
Kolza	47	12,0
Pamuk tohumu	44	11,3
Yarfıstığı	36	9,1
Ayçiçeği	31	7,8
Diğer (susam, aspir, keten, palm vb.)	21	5,3
TOPLAM	393	

Kaynak: FAO, Statistical Database (www.fao.org)

Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi Dünya yağ bitkileri üretiminin üçte birine yakın kısmını ABD elinde tutmaktadır. En fazla üretim yapan ülkeler sırası ile Çin ve Hindistan olup yüksek nüfusları nedeniyle ancak kendi ihtiyaçları kadar üretebilmektedirler. ABD'den sonra Arjantin yağ bitkilerinde özellikle de ayçiçeğinde söz sahibi ülkelerin başında gelmektedir. Ülkemiz bu kalemdede ancak % 1'e yakın bir pay almaktadır.

Çizelge 3. Dünya Yağlı Tohumlar Üretiminin Ülkelere göre dağılımı(%)

ÜLKELER	ÜRETİM MİKTARI (%)
ABD	29,0
Çin	14,0
Brezilya	11,0
Hindistan	10,0
Arjantin	9,0
Avrupa Topluluğu	5,0
Kanada	4,0
Eski Sovyetler	4,0
Türkiye	0,8

ABD soya, Fransa, kanola ve ayçiçeği, İtalya, soya ve ayçiçeği, İspanya ise ayçiçeği ve az miktarda pamuk üretimine büyük oranda öncelik tanımışlardır. Buna karşılık ülkemizde daha çok ayçiçeği ve pamuk ön plana çıkmıştır. Ülkesel yağ ihtiyacımızı karşılamak için, ayçiçeği, soya ve kanola üretimimizi arttırmamız gerekmektedir.

Çizelge 4. Dünyada üretilen yağlı tohumların bazı ülkelerdeki üretim oranları (%):

ÜRÜNLER	ABD	Fransa	İspanya	İtalya	Türkiye
Soya	88	5	-	66	2
Ayçiçeği	2	35	84	29	35
Pamuk Çiğidi	8	-	11	-	56
Kolza/Kanola	0,5	60	4	5	-
Yer Fıstığı	1,4	-	-	-	4
Susam	-	-	-	-	1

Yeryüzünde 4000'den fazla yağı çıkarılan bitki çeşidi bulunmasına rağmen, biyodizelin elde edilebileceği yağ bitkilerinin sayısı 50'nin üzerindedir. Dünyada biyodizel üretiminde bitkisel yağların kullanım oranları incelendiğinde en büyük paya kolza yağı (% 84) sahip olup, bunu ayçiçeği yağı(% 13) izlemektedir (2).

Ülkemizde 2005 yılı itibarı ile 1 milyon 159 bin ha alanda yağlı tohum üretimi gerçekleştirilmiştir. Pamuk ve ayçiçeği toplam yağlı tohum ekiliş alanlarımızın % 93 ünü oluşturmaktadır. Ülkemizde % 0.04 ile kolza en az ekim alanı bulan bir yağlı tohum durumundadır.

Çizelge 5. Türkiye 2006 yılı yağ bitkileri ekim alanı ve üretimi

Ürünler	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)
Pamuk (çiğit)	589.700,00	976.540,00
Ayçiçeği	509.858,20	1.010.000,00
Yer fıstığı	22.490,00	77.454,00
Soya	11.918,60	47.300,00
Susam	39.939,30	26.545,00
Kolza	5.014,40	12.615,00
Aspir	430,50	395,00
Toplam	1.379.151,00	2.150.849

Kaynak; TÜİK,2007

Ülkemizde bitkisel yağ ihtiyacı esas itibarı ile Çiğit ve Ayçiçeğinden karşılanmaktadır. 2005 yılında ülkemizde 1 milyon 291 bin ton çiğit, 950 bin ton ayçiçeği üretilmiştir. Bunları sırasıyla; yer fıstığı, soya, susam ve kolza gibi diğer yağ bitkileri takip etmektedir

ABD Gıda ve Tarımsal Politika Araştırma Enstitüsü'ne (FAPRI) göre; 2015-16 sezonuna kadar, ayçiçeği ekim alanlarında önemli bir artış beklenmezken, verimlerdeki artışa bağlı olarak üretimin % 10 yükselmesi beklenmektedir. Dünya ayçiçeği ticareti ise, 2015-16 sezonuna kadar hemen hemen aynı seviyelerde, yani 1,5 Milyon civarında kalacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'nin ise, nüfustaki artışa bağlı olarak her yıl yükseliş gösteren ayçiçeği yağı yurtiçi tüketim talebini karşılamak için, ayçiçeği ithalatlarına güçlü şekilde devam etmesi beklenmektedir. Biyodizel sektörü kolza üzerine odakmış olmakla beraber ileriki yıllarda sektörden ayçiçeğine ciddi bir talep artışı olması beklenmektedir (11).

Kolza (Kanola) Üretimi

Dünya'da biyodizel üretiminde bitkisel yağların kullanım oranları incelendiğinde en büyük paya (% 84) sahip(2) olan kolza, başta Avrupa olmak üzere birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilen önemli bir yağ bitkisidir. Ülkemizde de zaman zaman ekim alanını artırmak için çalışmalar yapılmış olsa da bir takım problemler yüzünden başarıya ulaşamamıştır. Son zamanlarda gerek yağ hammaddesi olarak ve gerekse biyodizel yapımında kullanılmak üzere

kolza, tekrar önem kazanan bir bitki durumuna gelmiştir. Bu amaçla ülkemizde de yeni biyodizel tesislerinin kurulması sonucu kolza üzerinde tekrar durulmaya başlanmıştır. Gerek yağ sanayii ve gerekse biyodizel sanayi için bir şekilde kolzanın münavebe içersine girmesi sağlanmalıdır.

Çiğit Üretimi

Türkiye, Dünya’da pamuk ekim alanı yönünden yedinci, lif pamuk üretimi yönünden Çin, A.B.D., Hindistan, Pakistan ve Özbekistan’ın ardından altıncı sırada yer almaktadır (ICAC, 2001–2005). Pamuk bir lif bitkisi olmasına rağmen tohumlarında bulunan %17-24 oranındaki yağı ile de yan ürün olarak bitkisel yağ sanayine katkı sağlamaktadır. Elde edilen kütlü’nün %40’ı lif, %60’ı çiğit olarak çırçırılama sonunda değerlendirilmektedir. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planında, Türkiye pamuk tüketiminin nüfus ve gelirdeki gelişmelere bağlı olarak yılda ortalama % 2 oranında artacağı belirtilmiştir. Bu varsayım ile, hesaplanan Türkiye pamuk üretim ve tüketim projeksiyon değeri 2020 yıllarında pamuk üretimimizin 1.130.000 tona; tüketimimizin ise 1.778.000 tona yükseleceği tahmin edilmektedir (13). Bu durum, Türkiye’nin uzun yıllar pamuk ithalatına devam edeceğini ve bu ithalatın gün geçtikçe artabileceğini göstermektedir.

Soya Fasulyesi Üretimi

Sıvı yağ, margarin ve kısmen de bisküvi ve bazı şekerleme türlerinin üretimiyle ülkemizde gündeme gelen soyalı ürünlerin, mürekkebinden benzinine, etinden sütüne ve dondurmasına kadar çok sayıda yan ürününün eldesi şeklinde çeşitlenebilmesi için, soya sanayinin teşvik edilmesi, devlette yönlendirmeler ya da cesaretlendirmeler yapılması gerekmektedir. Belki bu sayede, katma değeri yüksek ürünlerin üretimi yoluyla pazar imkânlarında bir genişleme ve cazibesi arttırılacak yerli üretime çiftçilerce daha fazla rağbet olabilecektir.

A.B.D. şu an yaklaşık 85 Milyon Ton üretimi ile en büyük soya fasulyesi üreticisi olmasına rağmen, son 10 yılda üretimini ikiye katlayan ve en büyük ikinci üretici olan Brezilya’nın sahip olduğu ekoloji itibarıyla, ileriki yıllarda A.B.D.’yi geçerek dünya liderliğine ulaşması muhtemel gözükmemektedir (Kaya ve ark 2007). Bunun yanında, Amerikan Tarım Bakanlığı’nın (USDA) 30 Mart 2007 tarihinde, 2007 sezonunda A.B.D. soya fasulyesi ekimlerinde % 11 düşüş olacağını açıklaması, bunun ilk adımı olarak görülmektedir (11).

Tavukçuluk sektöründen gelen talepleri de dikkate alarak, ülkemizin en az 1.5 – 2.0 Milyon Ton soya fasulyesine ihtiyacı vardır ve ileriki yıllarda bu miktarın en azından bir kısmının, yurtiçi üretiminden karşılanması gerekmektedir.

Aspir Üretimi

Aspir boya, vernik, margarin, yem ve ilaç sanayi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen yıllık bir bitkidir. Aspir yağı ABD, Hindistan, Japonya, Fransa, İsrail, Türkiye ve Mısır gibi ülkelerde salatalık, yemeklik olarak kullanıldığı gibi margarin, vernik ve sabun sanayisinde de önemli bir yer alır.

Dünya'da ve Türkiye'de nüfus artışı, hayvansal yağların üretiminin istenilen oranda artırılmaması, bitkisel yağların sağlık açısından tüketiminin teşvik ve tavsiye edilmesi gibi sebeplerle bitkisel yağa olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Tohumunda %25-40 oranında yağ bulunan aspir'in kurak şartlara iyi adapte olabilen bir bitki olması, önemli hastalık ve zararlısının olmaması nedeniyle Orta Anadolu'da kıraç alanlarda tarımı yapılabilecek bir yağ bitkisidir. Aspir İç Anadolu'da kuru tarım yapılan alanlarda hububat münavebesine girebilecek en uygun bitkidir. Hububat-Aspir-Yem Bitkisi-Nadas münavebesi söz konusu alanlar için önerilebilir.

SONUÇ

Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerdeki ve Diğer Bazı Dünya Ülkeleri'nin bir kısmında biyoyakıt sanayisi iyi organize olmuş ve üretimini hızla artırmaya devam ettirmekle birlikte dünya çapında bir gerçek olmayıda sürdürmektedir. Biyodizel ya da biyoyakıt bugün taşıma sektörü için gaz emisyonlarını azaltmanın alternatiflerinden bir tanesi olarak değer kazanmaktadır. Bu nedenle biyoyakıt üretimi için ham materyal temininin kolaylaştırılmasını sağlayıcı önlemler almak ve ülkeler arasındaki bu yöndeki pazar payının artışı sağlamak gerekmektedir. Ülkemizde 1,5 Milyon Ton civarında kapasiteye sahip (4) biyodizel sanayisinin gelişiminin dünyadaki olumlu veya olumsuz gelişmelerden etkilenmemesi düşünülemez. Biyoyakıtların ülkeye sağlayacağı olumlu katkıları da göz önüne alarak bu yönde yapılacak araştırma ve geliştirme (AR-GE) çalışmalarına hız verilmesi gerekmektedir.

Tarım Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü'ne bağlı araştırma enstitülerinde biyoyakıt hammaddesi olarak da kullanılabilecek bitki türlerinde çeşit geliştirme ve çeşide uygun yetiştirme tekniklerini belirleme çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde Enerji Tarımı Araştırma Merkezi'nin 2009 yılına kadar faaliyete geçmesi planlanmaktadır.

Biyoyakıt üretiminin ilk ve en önemli adımı gerekli hammaddenin teminidir. Ülkemiz arazi varlığı, ekolojik şartlar ve mevcut tür zenginliğimiz, sulanabilir alan varlığı, ekim nöbeti sistemleri, üretim seçenekleri, ürün destekleme politikaları, sözleşmeli üretim sistemleri gibi temel kavramlar ele alındığında ülkemizin biyoyakıt üretimi için gerekli olan hammaddeyi üretebilmesi için;

- Ülkemizde 28 milyon hektarlık tarım arazisinin bilinçli planlanması-programlanması sağlanmalı hiç kullanılmayan veya nadasa ayrılan alanların kullanıma açılması,
- Üretim fazlası olan alanların, oluşturulacak politikalarla fiyat paritelerinin enerji bitkileri lehine çevirerek üretim deseninin oluşturulması,
- GAP gibi ekolojik olarak yağlı tohum tarımına uygun ve sulanabilir alanların artırılması mümkün yerlerde de üretimin desteklenmesi,
- Biyoetanol üretimi için en uygun hammaddeler olarak değerlendirilen mısır ve buğday'ın üretimlerinin gıda ihtiyacımızı etkilemeyecek şekilde artırılmasının planlanması,
- Aşağıda belirlenen bölgelerde biyodizel hammaddesi yağlı tohumlu bitkilerin ilave edilmesi,

BÖLGELER	Yağlı Tohumlu Bitki Üretilebilecek İlave Arazi Miktarı (Bin Ha)	Hedef üretim (Ton)
ORTA KUZAY	245	490.000 (Kolza)
EGE	186	370.000 (Kolza)
MARMARA	132	260.000 (Kolza)
AKDENİZ	115	115.000 (Aspir)
KUZAY DOĞU	266	520.000 (Kolza)
GÜNEY DOĞU	224	320.000 (Ayçiçeği)
KARADENİZ	303	600.000 (Kolza)
ORTA DOĞU	272	272.000 (Aspir)
ORTA GÜNEY	150	150.000 (Aspir)
TOPLAM	1.897	3.000.000

(KAYNAK: Tarım ve Köyşleri Bakanlığı)

Enerji bitkileri üretimini artırmak, bitkisel yağ açığımızı kapatmak ve biyoyakıt sektörü için hammadde temini, yukarıda detayları belirtilen tedbirler; dengeli ve etkin teşvik sistemi, AR-GE çalışmalarının güçlendirilmesi, elde edilen bulguların üretime aktarılmasını sağlayacak etkin bir işbirliği, yayım sistemi, yasal tedbirler ve güçlü bir koordinasyon ile sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Aydın, K., 2006. "Dünya'da Biyoetanol ve Türkiye'deki Uygulamaları" Biyoyakıt Dünyası, Ağustos 2006, Sayı : 1, Sayfa, 22-29.
2. Oğuz, H., Öztürk, Ö., Ögüt, H., Erdem, F.A., 2003. "Yeni Ve Kullanılmış Bitkisel Yağların Gıda Harici Değerlendirilmesi Ve Bunların Ekonomiye Olan Etkisinin İncelenmesi" Türkiye I. Yağlı Tohumlar, Bitkisel Yağlar ve Teknolojileri Sempozyumu, s. 185-192, 22-23 Mayıs, İstanbul.
3. Ögüt, H., F. Akınerdem ve V. Eser 2004. "Türkiye Biyoyakıt Raporu" Tarım ve Köyşleri Bakanlığı – 2004 Ankara.
4. Afacan, T., 2006. "Petrol ve Alternatif Enerji Kaynağı Biyodizel", MÜMSAD Çalıştay, 16 Şubat 2006. Ankara.
5. Ar, F. 2006. "Şeker Sanayi ve Biyodizel Üretimi Dünyası", Eylül 2006, Sayı: 44-48, Sayfa, 56-57.
6. Nastari, P. M. 2006 Uluslararası Şeker Örgütü (ISO), Londra 15. Uluslararası Dünya Şeker ve Etanol Semineri, 21-22 Kasım 2006, Londra
7. 2006 yılı Hububat Raporu Toprak Mahsulleri Ofisi- Ankara 2007

8. Günel, E., M.E. Çalışkan , A. İ.Tortopoğlu, N. Kusman, K.M. Tuğrul, A. Yılmaz, Ö. Dede, M. Öztürk "Nişasta ve Şeker Bitkileri Üretimi" Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005 S: 431-459 Ankara
9. FAO, Statistical Database ,www.fao.org 2007
10. Mielke, T. 2007. [Oil World Monthly March Newsletter](#)
11. Kaya, Y., V., Kaya, M., Üstünkaya, A., Semerci 2007. "Dünya Yağlı Tohumlular Ticareti ve Gelecekteki Projeksiyonları" I. Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu. 28-31 Mayıs 2007 Samsun
12. Agriculture Outlook, World Oilseeds and Products. USDA, FAPRI, U.S. "Food and Agricultural Policy" Research Institute. Washington, US Anonim. 2007.
13. Gencer, O.,T. Özudoğru, M.A. Kaynak, A. Yılmaz, N. ÖREN 2005. "Türkiye'de Pamuk Üretimi ve Sorunları" Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005 S: 459- 479 Ankara.



TÜRKİYEDE BİYOYAKITLAR ve HAMMADDE TEMİNİ

Prof. Dr. Fırat AKINERDEM
S.Ü. Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi
fakiner@selcuk.edu.tr

Tarım sektörü, bir ülkenin vazgeçilmezleri arasındadır. **Tarımsal üretimi yeterli olamayan ve kendi insanını doyurmayan bir ülkenin tam bağımsızlığından bahsedilemez.** Bu anlamda tarım; devlet ve bağımsızlıkla eşdeğer olarak kabul edilmektedir. Canlılığın ve varlığın vazgeçilmezi olan bu sektörün son yıllarda **ENERJİ ve GIDA GÜVENLİĞİNİN** de ana kaynağı olarak görülmektedir.

Ülkemiz, tarımsal potansiyelinin tamamını henüz kullanmış değildir. Tarımsal üretimimiz, iyi organize olduğu zamanda bugünkü değerlerin çok üzerine çıkması kuvvetle muhtemeldir. Diğer bir ifadeyle Ülkemiz tarım potansiyelinin 200 milyon insanı besleyecek bir gelişme hedefine sahip olduğu bilinmektedir. Bu anlamda tarımsal üretim potansiyelimizin tamamen kullanıldığını söylemek oldukça zordur.

Aslında tarım, Ülkemizde sektör olarak da tam anlaşılmış ve hak ettiği yere ulaşmış değildir. Oysa tarımın kendine özgü birtakım değerleri vardır.

Tarımda bulunan 2 avantaj başka sektörlerde yoktur:

- **Enerji de dâhil olmak üzere ihtiyaç duyduğu her türlü konuyu kendi içinde çözebilir,**
- **Çok sayıda konu kendi içinde kolaylıkla entegre edilebilmektedir.**

Enerji ihtiyacımız sonsuz ama enerji kaynaklarımız sınırlı, Enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan fosil yakıt rezervleri sürekli azalmakta; bu çerçevede:

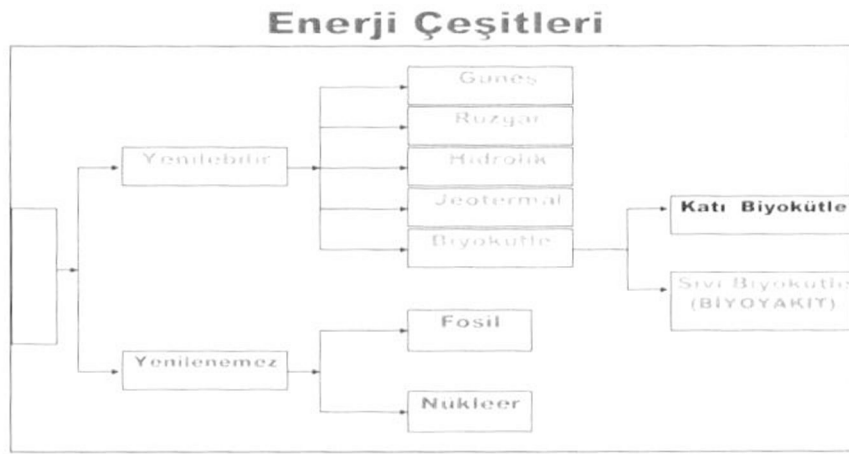
- Kömür rezervleri önümüzdeki 160 yılda,
- Doğal gaz rezervlerinin 70 yılda,
- Ham Petrol rezervlerinin 40 yıl içerisinde tükeneceği hesaplanmakta;

Ülkemiz için Ürün bazında enerji tüketiminde; **petrol % 38, kömür % 27, doğal gaz % 23 ve hidroelektrik % 12 yer almakta;** ham petrolün % 95'i, doğal gazın % 98'i, kömürün % 47 si ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Bu değerlere bakıldığı zamanda Ülkemizin enerjide büyük oranda dışa bağımlılığı ortaya çıkmaktadır.

Enerji değişik özelliklere ve kaynaklara sahip farklı konulardan kaynak almaktadır. Buna göre enerjide 2 ana konu yatırımcılara ışık tutmaktadır.

Enerji sektörü içerisinde genel olarak yenilenebilir ve tükenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırma içerisinde; yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde değerlendirme bulan BİYOYAKITLAR, üzerinde duracağımız ana konuyu teşkil etmektedir.

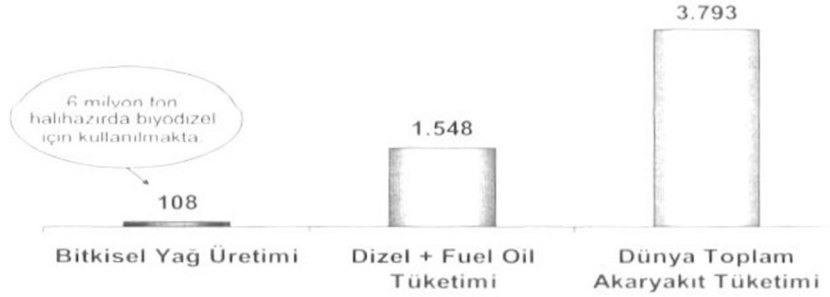
Bu tema içerisinde sınıflandırma teknik olarak bitkisel üretime dayanan bir konu olmakla birlikte değişik bitki grupları ele alınmakta, ülkelerin hammadde üretim potansiyeli ENERJİ TARIMINDA farklı yorumları ve uygulamaları devreye sokmaktadır.



Şekil 1. Enerji çeşitlemesi

ENERJİ TARIMI

Ülkeler, ekolojileri ve tarımda kullanılabilir kaynakları ana konu olmak üzere nüfusları, pazar durumu, sanayileşmesi, ekonomik ve sosyal yapısı, kültürü, teknik alt yapılarına göre üretim politikalarını belirlerler.



Şekil 2. Akaryakıt kullanımına kıyasla global bitkisel yağ üretimi (ton)

Enerjinin hayatın vazgeçilmezi olması dolayısıyla da yine kendi potansiyeline göre değişik kaynaklardan elde edilmesi hesabıyla son yıllarda;

- **Petrole olan bağımlılığı azaltmak ve kriz dönemlerinde kullanılmak üzere alternatif enerji kaynakları,**
- **Kolay ve ucuz kaynak olduğu için bitkisel kaynakların kullanılması görüşü (ENERJİ TARIMI)** tarımda yeni açılımlara neden olmaktadır.

Enerji tarımının tarihi ülkemizde çok eski değildir (her ne kadar 1934 yılında Mustafa Kemal ATATÜRK'ÜN direktifleriyle yerli tarımsal kaynaklardan enerji elde edilmesi tavsiye ediliyor ise de). Ticari olarak dünyada 15 yıl, ülkemizde 2002 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesinde başlayan bir proje ile gündeme gelmiş, sonrasında yerli enerji ilk defa laboratuardan çıkmış ve devlet, yatırımcı ve de hammaddenin yerli kaynaklardan sağlanması ölçüsünce, çiftçinin gündemine taşınmıştır. Özellikle **biyoetanol** (özel bir firmanın teşebbüsü) ve **biyodizel** konusu en çok gündemi işgal eden 2 ENERJİ tarımı alanı olmuştur.

BİYOETANOL

Biyoetanol, hammaddesi nişasta-şeker bitkileri (buğday, mısır, şeker pancarı, şeker kamışı) olan, benzin türevi bir yakıtın adıdır. Tek başına veya karışım halinde kullanılabilir. Ülkemizde 2000'li yılların başında itibaren devreye alınmaya başlamıştır.

Bugün 135 bin ton kurulu kapasite ile devrede bulunan biyoetanol sektöründe hedef üretimin yakın gelecekte 1 milyon ton olması hesaplanmaktadır. Bunun için 250 bin ha alanda mısır veya 1 milyon ha alanda buğday üretimine ihtiyaç vardır.

Biyoetanolde dünya ülkeleri daha çok mısırı (ABD) ve kamış şekerini (Brezilya) kullanmaktalar. Tatlı sorgum üzerinde de çalışmalar vardır. Hammadde üretimi için Ülkemizde yeterli bir üretim potansiyeli bulunmaktadır.

Ülkemizde biyoetanol için özellikle mısır ve buğday ve şeker pancarı bitkilerinin kullanılması programlanmaktadır. Biyoetanol yatırımının biyodizele göre, gerek teknolojisi ve gerekse de yatırım değeriyle hayli yüksek olduğu bilinmektedir.

BİYODİZEL

Hammaddesi yağ bitkileri olan, motorin türevi, tek başına veya motorinle belli oranlarda karıştırılarak kullanılan bir enerji yakıtıdır.

Kolza (kanola), ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların bir katalizator eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda, açığa çıkan yakıtı BİYODİZEL adı verilmekte, ayrıca biyodizel Biyomotorin Dizel-Bi, Yeşil Dizel adları ile de bilinmektedir.

Enerji tarımının en tartışmalı konusu olmaktadır. Çünkü biyodizel hammaddesinin yağ bitkileri (ayçiçeği, pamuk, aspir, kolza vs.) olması bunun yanında Ülkemizde ham yağ açığının bulunması konuya ayrıca bir değer katmaktadır.

BİYOGAZ

Son yıllarda yine gelişmiş ülkelerde enerji arzında daralma dolayısıyla, organik kökenli kaynakları değerlendirmek veya organik maddesi yüksek (biyokütle) bitkileri (miscanthus, switchgrass, kenaf), hayvan gübresi, şehir atıkları, değişik bitki silajlarının değerlendirildiği bir konudur. Bu tür kaynakların kullanılmasıyla hem biyogaz ve bundan elektrik üretilmekte; neticede sıcak su ve organik gübre elde edilmektedir.

Bitkisel Yağ İhtiyacı:

Enerji tarımında dünya ve Türkiye ölçeğinde bitkisel yağların fosil dizel kaynaklarına hiçbir zaman alternatif olmadığı, aksine konularına göre potansiyel ülkelerde tamamlayıcı enerji kaynağı olduğu düşünülmelidir.

Türkiye bitkisel üretim değerlerimiz bazı alanlarda açık vermekte ve ihtiyaçlar ithal edilerek karşılanmaktadır. Bunların başında petrolden sonra en çok para ödediğimiz yağ bitkileri gelmektedir. Ülkemizde yağ ihtiyacımızın yaklaşık % 60'ı ithal yoluyla karşılanmakta; bu alana ödediğimiz döviz de giderek artmaktadır.

Uzun yıllardır alınan tedbirlere rağmen, yağ bitkileri üretimi konusunda bir türlü başarı elde edilememiş, buna rağmen yağlı tohumlu bitkilerin ithalatında sürekli yükselmeler görülmüştür.

Tablo 1. Türkiye Yağ Bitkileri Üretimi

Yıllar	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Üretim 000 ton	1 907	1 941	1 774	1 760	2 285	1 895	1 975	2 145	2 405
Artış %	100,0	101,7	0,93	0,92	119,8	0,99	103,6	112,5	126,1

Görüldüğü gibi, 1998 yılından 2002 yılına kadar yağ bitkileri üretiminde azalma, 2002 yılından itibaren ise % 26 lık bir artış söz konusudur. Bunda yağ bitkilerine verilen yüksek destekleme politikalarının büyük etkisi olmuş, bu artışın özellikle biyodizel hammaddelerinden aspir ve kolza gibi bitkilerin devreye girmesiyle daha da yükseleceği tahmin edilmektedir.

Biyoyakıt Hammadde Temini

Bu zamana kadar yağlı tohumlu bitkileri üretiminin artmamasında 2 ana konu belirlenmiştir. Biyodizel programı ile;

- Üreticiye yüksek gelir,
- Sözleşmeli tarımla alım üretime alım garantisi ile biyodizelciye yerli ve ekonomik hammadde temin elde edilmiş olmaktadır.

Biyodizelin Türkiye ekonomisinde var olabilmesi ve devam edebilmesi için fosil dizelle, biyodizelin fiyat rekabetinde, biyodizel maliyeti önemli olmaktadır.

- Bunun içi de olay değerlendirmede:
- **Üretici (çiftçi) geliri,**
- **İşletmeci geliri** önemlidir.

Biyodizel çalışmaları ile sektörde ilk defa: biyodizel hammaddesi olarak kullanılacak 2 bitki kolza (Kanola) ve aspir son yıllarda hayli önem kazanmıştır. Üretim politikaları içerisinde yağ bitkilerine verilen yüksek destekleme yanında, diğer yan desteklerin toplamı ele alındığında; çiftçi geliri bakımından kolza ve aspir üreten bir çiftçi, buğdaya göre cebine 2 kat daha fazla para gireceği söylenebilir.

Ülke geliri açısından da, yağ bitkileri üretilmesi durumunda ülke gelirinin yine buğdaya göre 3 kat daha fazla olacağı belirlenmiştir.

Bütün bu üretimin yapılabilmesi için yağ bitkileri üretiminde geliştirilen sözleşmeli üretim modelinin gerek çiftçi ve gerekse de işletmeci tarafından çık iyi anlaşılması ve uygulamanın kesintisiz devam etmesi gerekmektedir.

Sözleşmeli tarım uygulaması ile Üreticiye;

- Hammadde üretimine alım garantisi,
- Fiyat garantisi ve yüksek gelir,
- Ürün planlaması demektir.

İşletmeciye;

- Garantili hammadde temini,
- Kaliteli ve sağlam ürün elde edilmiştir.

Mevcut politikalar ve desteklemelerle yağ bitkileri üretimi **çiftçi yönünden kârlı hale getirilmiş**, yeni uygulamalarla da **sözleşmeli üretim biyodizel işletmecisi yönünden tercih edilir** olmuştur.

Her ne suretle olursa olsun Ülke olarak yağ bitkileri üretimini artırma zorunluluğumuz bulunmaktadır. Gıda sektörü olarak ta ithal yağ bağı olmamız yağ, bitkisi aldığımız ülkelerin artık çekirdek veya ham yağ satmadığı bir gerçektir. Zira, dünyada yağ bitkileri üretiminde ciddi atılımlar söz konusudur.

DÜNYADA BİYOYAKITLAR

Günümüzde **ekonomik ve stratejik** açıdan giderek değer kazanan **yenilenebilir** enerji kaynaklarının farklı ülkelerde enerji tarımına dönüştürülmesi çalışmalarının sürmesinin nedeni de budur. Ülkeler **kendi ekolojik şartları ve potansiyeline** bağlı olarak **farklı bitkileri üretmektedirler**. Biyodizelde ABD **soyayı**, Avrupa kolzayı (**kanola**) **hammadde olarak** kullanmaktadır.

Amerika, yerli kaynaklarıyla petrol zengini ve dünya enerji kaynaklarını kontrol eden bir Ülke olmakla birlikte, yerli **kaynağını** kullanarak biyodizel üretime yönelik programlar yapmaktadır. Konunun can alıcı yeri burasıdır. Bugün petrol zengini olan ülkeler dışındaki bütün ülkeler yerli kaynaklarını biyodizel veya biyoetanol kaynaklarına yönlendirmektedir.

AB ülkeleri **2010 yılında** toplam **20 milyon ton** olacak biyodizel ihtiyacını karşılamaya yönelik programlar planlanmaktadır. ALMANYA' nın son 3 yılda kolza üretimini üçe katlamasının temel yaklaşımı budur.

Konu Türkiye açısından ele alınırsa **2010 yılında yaklaşık 20 milyon ton** fosil dizel tüketimine ulaşılması durumunda; AB direktifinde belirlenen % 5.75 karışım oranı ile **1.1 milyon ton** biyodizel **ihtiyacı** olacaktır (AB'nin 2003 tarih - 2003/30/EC sayılı direktifine göre). Böyle bir durumda bu değerlere ulaşmanın karşılığı; **1 milyon hektar tarla** arazisi, **3 milyon ton** yağlı tohum üretimidir.

Buna, mevcut yağ **açığımız** ilave edilirse; **hem yağ ve hem de biyodizel** ihtiyacımızın **yerli kaynaklardan elde edilmesi** için **2010 yılında yaklaşık 2 milyon ha arazinin yağ bitkileri üretimine** açılması gerekmektedir.

Bu bilgiler ışığında elimize bir fırsat geçmiştir. Yukarıda belirlenen hedefe ulaşmada arazi potansiyelimiz yeterli ve çiftçilerimiz çalışmaya hazır durumdadır. Geriye kalan ise yasal düzenlemelerle Bu Programı ve heyecanı gerçek anlamda Ülke lehine üretim değerlerine dönüştürmektir.

Yerli hammadde üretiminin istenen değerlere ulaşması için belli bir süreye ihtiyaç vardır ve çalışmalarda be yasalasmada bu toleransı tanınmalıdır. İlave olarak;

- Destekleme pririmi,
- Yağ bitkileri depolama ve tohum kırma kapasitesi,
- Biyodizel üretim teknolojisinin standartlara uygunluğu,
- Biyodizel kullanım ve dağıtım politikaları da önemli olmaktadır.

Biyodizel her ne kadar enerji boyutuyla ele alınıyorsa da, başlangıç hammadde üretimine (yerli-yenilenebilir kaynaklar) dayandığından, esas itibarıyla **TARIMIN konusu olmaktadır** ve hammadde üretim politikaları esas **unsuru çiftçilerimiz oluşturmaktadır**. Üreticinin olayı ekonomik, teknik ve ucuz enerji sağlanmasına yönelik çalışmalar konu uzmanı kişilere yapılmaktadır.

Biyodizel işletmesi yatırımı

Ülkemizde biyodizel yatırımı ile ilgili hayli yüksek kapasitede bir işletme potansiyeli olduğu söylenebilir. Üretim kapasitesi yıllık **1.5 milyon ton/yıl** (Almanya'dan sonra 2. sırada) olduğu ifade edilmekte de, bu kapasitede tüm işletmelerin standart bir üretime yapabilecek durumda olduğu söylenemez. Burada yanlışlığın temel nedeni, bütün yasal düzenlemelerin yerli üretimi teşvik edecek şekilde düzenlendiği halde, yatırımlar konusunda biraz aceleci davranılmış, işletmeler daha çok ithal yağa yönelik olarak kurulmuştur.

Konu hammadde temini yönünden doğru çalışılmalı; gerek resmi politikalar ve gerekse üreticiler ve kullanıcılar için yasal boyutuyla da **ucuz, yerli ve çevreci enerjiye ulaşmada** işbirliği yapılmalıdır. Bu programı gerçekleştirmek için en az 5 yıllık bir süreye ihtiyaç vardır.

Bu süreçte;

- Yağ bitkileri üretim kültürü öğretilcek,
- biyodizel ve yan ürünlerin işleme teknolojisi gelişecek,
- biyodizel işletmeleri kırma ve depolamada belirli kapasiteye ulaşacaktır.

BİYOYAKITLARIN TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI

Sadece biyodizelin yukarıdaki bilgiler ışığında Ülke ekonomisine katkısını ele alacak olursak, **2 milyon ha alanda 2 milyon ton ham yağ üretilmesiyle;**

Üretici bazında en az **2 milyar \$** kadar yerli istihdam sağlanacaktır. Diğer bir ifadeyle bu miktarda dövizin dışarı çıkmadan yerli üretimle birlikte en az **1 milyon çiftçi ailesinin** gelirinin de yükselmesi demektir. Ayrıca, 1 milyon ton yağın sadece biyodizele işlenmesi durumunda sektör en az **1.5 milyar \$** istihdama ulaşacaktır.

Bugün 135 bin ton kurulu kapasite ile devrede bulunan biyoetanol sektöründe hedef üretim yakın gelecekte 1 milyon ton olarak hesaplanmaktadır.

Bunun için 250 bin ha alanda mısır veya 1 milyon ha alanda buğday üretimine ihtiyaç vardır.

Biyogaz kapasitesi için değer vermek henüz çok erken sayılabilir.

Tüm biyoyakıt sektörünün milli ekonomiye getirisinin birkaç sene içerisinde **5-6 milyar \$'a** ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Bu modelle diğer ekonomik münavebe bitkilerine zarar vermeden (sadece üretim fazlası bitkilerden arazi almak kaydıyla) mevcut üretim değerlerine ilave olarak ihtiyacımız olan arazinin kullanılması sorun olmayacaktır.

POTANSİYEL BİTKİLER

Kolza, Tohumlarında % 38-45 yağ bulunması, katı, sıvı, ham yağ olarak kullanılması, yüksek seviyede doymamış yağ asidi içermesi, E vitaminine zengin olması biyodizel için en iyi yağ bitkilerinden birisidir.

Dünyada 20 den fazla ülkede yetiştirilmekte, Dünyada üretilen biyodizelin % 86'sı kolzadan üretilmektedir.

Kolza Ülkemizin her yerinde yetiştirilebilir, Buğdaydan bir ay önce hasat edildiği için yöresine göre ikinci ürüne olanak sağlar. Böylece hem üreticinin eline erken para geçmesini sağlar hem de ikinci üründen faydalanılır

Küspesi yem sanayimizin protein kaynağı açığını hemde en çok sıkıntısı çekilen dönemde karşılar. Çiçeklerin kış olduğu Şubat ve Mart aylarında arılar için değerli bir mer'a oluşturur.

Aspir, Tohumunda % 45'e kadar çıkan kaliteli yağı ve küspesi, renk veren çiçekleri ile Kurağa oldukça dayanıklıdır, nadas alanlarında özellikle Orta Anadolu ve Geçit Bölgelerinde, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile Çukurova Bölgesi'nin susuz, kısmen fakir yapılı ve buğday ekilen meyilli arazilerinde yetişir.

Ekiminden hasadına kadar mekanize edilmekte, hasat biçerdöverle yapılabilir.

DESTEKLEMELER

- Kolza-aspir : 22.0 ykr/kg; artış % 54
- Ayçiçeği : 17.5 ykr/kg; artış % 30
- Soya : 24.0 ykr/kg; artış % 42

Sonuç olarak;

Biyoyakıt sektörünün istenen hedefler ulaşması ve teknolojik olarak gelişmesi için yerli hammadde kullanılması halinde ÖTV'nin konmaması,

Sektör yönetiminin değişik yasalarla ve çok başlı kontrolü yerine, bağımsız veya özerk bir yönetime (**biyoyakıt üst kurulu**) verilmesi.

Biyoyakıtlar, yukarıda açıklanan konularıyla, **tarımda yeni bir bakışım** adı olmakla kalmayıp, enerjiye tarımdan hammadde alan (**enerji tarımı**), esas itibarıyla Türk tarımında yeni bir atılımın gerçekleştirildiği ve **entegre yatırımlara giden bir felsefeyi de temsil etmesi bakımından üzerinde ısrarla durulmalıdır.**

AB Biyoelektrik Üretimi Mevzuatı ve Karbon Ticareti

Dr. Baha Kuban, Haluk Sayar - Ecofys Türkiye
b.kuban@ecofys.com, h.sayar@ecofys.com

1. Giriş

Avrupa Birliği, sürdürülebilir büyüme, istihdam artışı ve ekonomik büyüme için enerjinin canlandırıcı önemine vurgu yapmakta, enerjide arz güvenliği ve artan birincil enerji maliyetlerinin bu konuda ciddi bir tehdit oluşturduğu saptamasını yapmıştır. Bu tehdidi bertaraf etmek ve fırsata çevirmek Avrupalı politika yapımcılarının en önemli politika hedefleri arasına girmiştir. Bu konu, AB tarafından küreselleşmenin olumsuz etkilerini olumluya çevirmek için en önemli fırsatlardan biri olarak görülmektedir. Bu yorum AB'nin 2005'deki Hampton Court devlet başkanları zirvesinde açık olarak dile getirilmişti.

Bu konuyu bütünsel bir biçimde ele almak ve AB enerji politikasının asli unsurlarını yeniden oluşturmak için AB Komisyonu 2006 Baharında bir Yeşil Kitap (Green Paper) yayınlamış, rekabet üstünlüğü, sürdürülebilirlik ve enerji arz güvenliği konularını masaya yatırmıştır.

Politikanın asli unsurları arasında 'daha az ile daha çok' sloganı ile özetlenebilecek enerji verimliliğine özel vurgu, yerel kaynak ve sürdürülebilirlik özellikleri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının hızlı entegrasyonu ve yaygınlaşması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve uluslararası işbirliğinin artırılması konuları ele alınmaktadır. Bu unsurların enerjide dışarıya bağımlılığı azaltıcı, sürdürülebilirliği artırıcı, iş ve istihdam artırıcı oldukları saptanmaktadır.

Amaçların eşgüdümü yönetiminin başarılı bir politikasının en kritik özelliği olduğu gerçeğinden hareketle, AB bu alanda hedefler koyma, zaman planları uygulama ve kısacası, tüm üye devletleri, Avrupa Parlamentosu üyelerini ve tüm paydaşları da içeren yol haritaları yapma işine girişmiştir (1). AB'nin biyoelektrik üretimini de içeren düzenleme adımları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Enerji Beyaz Kitabı(White paper,COM(1997)599, 6 - 12% YEK).
- Enerji Tedariği Güvenliği Yeşil Kitabı (Green Paper on security of energy supply,COM(2000)769).
- Biyokütle Eylem Planı (Biomass Action Plan, COM(2005)628).
- Rekabetçi ve Sürdürülebilir Enerji Yeşil Kitabı (Green Paper on secure competitive and sustainable energy, COM(2006)105).

YEK

- YE- Elektrik Yönergesi (Directive on renewable electricity (2001/77/EC)).
- YEK üzerine iletişim (Communication on share of RES,COM(2004)366).
- YE-Elektrik Desteklenmesi (Communication on support to RES-E, COM(2005)627).

Bu bütünsel çerçeve içinde Biyoenerji ile ilgili çalışmalar yapılmakta, biyokütlenin Avrupa yenilenebilir enerji üretiminin yarıya yakınına sağladığı gerçeği alanın önemini artırmaktadır.

1. Biyokütle Eylem Planı

Avrupa Birliği Komisyonu 7 Aralık 2005 tarihinde Biyokütle Eylem Planını yayınlamıştır(2). Bu dokümanın gerekliliği AB’de yenilenebilir enerji tedarığının artırılması konusunda 2004 yılındaki yönerge ile belirlenmişti(3). 2004 Bahar Konseyi, çevre ve istihdam bakımından yenilenebilir enerji kullanımının gerekli olduğuna dikkat çekmiş, Avrupa Parlamentosu da biyokütle enerjilerinin gerek fosil gerekse de bazı yenilenebilir enerji türlerine göre avantajları bulunduğunu, bunların maliyet avantajları, kısa vadeli iklim değişikliklerine çok bağımlı olmama, yerel ekonomilere fayda ve çiftçilere ek gelir olarak saptanmaktaydı(4).

Plan temelde orman ve orman atıkları, zirai atıklar esaslı biyokütle kaynaklarının piyasaya müdahaleler ile enerji üretiminde kullanılmaları, biyokütle hammadde tedarığı, finansman ve araştırma-geliştirme ihtiyaçları alanlarında hedefler koymayı öngörmekteydi. Biyokütle Eylem Planı 2010 itibarı ile

- Yenilenebilir enerjinin toplamdaki payının %5’e çıkmasını desteklemeyi,
- İthal fosil yakıtlara bağımlılığını yine aynı vadede %48’den %42’ye düşürmeyi,
- Sera gazı emisyonlarını yılda 209 milyon ton eşdeğeri kadar düşürmeyi
- Çoğunluğu kırsal bölgelerde olmak üzere 250-300.000 civarında yeni istihdam yaratmayı,
- Petrol ve türevlerine talebin düşmesi ile fiyatlar üzerinde aşağıya doğru bir baskı yaratmayı,

hedeflemektedir.

AB mevcut enerji tedarığının %4’ünü biyokütleden yapmakta olduğunu hesaplamaktadır. Bu miktarı rahatlıkla ikiye katlayarak 2003’deki 69 mtpe den 2010’da 185 mtpe’ne ulaşabileceğini saptamaktadırlar. Bütün bu gelişmenin sağlıklı bir tarım politikası, biyokütlenin sürdürülebilir üretimi ve gıda üretimini ve piyasasının sarsmadan yapılacağını belirtmektedirler. Bulgaristan ve Romanya’nın AB’ye üye olmalarının hammadde bulunabilirliğini arttırmış olduğu ayrıca vurgulanmaktadır.

AB-25 için mevcut teknolojilerin kullanılması ile aşağıdaki tabloda verilen senaryoların gerçekleşeceğini öngörmektedir.

Mtpe	2003	2010	Fark
Elektrik	20	55	35
Isı	48	75	27
Ulaştırma	1	19	18
TOPLAM	69	149	80

Bu senaryolar AB’nin 25 üye ülke için koyduğu yenilenebilir enerji hedefleri ile de uyum içindedir; toplam enerji tüketiminde %12 yenilenebilir enerji payı, toplam elektrik üretiminde %25 yenilenebilir enerji payı ve ulaştırma sektöründe %5.75 biyoyakıtlar payı.

Komisyon 2010 değilse de izleyen birkaç yıl içinde bu üç son kullanım sektöründe bu payların gerçekleşeceğini düşünmektedir.

2. Biyoelektrik Üretimi

Biyokütleden elektrik üretimi hemen bütün biyokütle türlerinde farklı teknolojiler kullanılarak yapılabilmektedir. Komisyon üye ülkelerin tüm maliyet etkin biyokütle enerji yöntemlerini sonuna kadar değerlendirme yolunda desteklemektedir. Biyoelektrik üretiminin ana çerçevesinin AB'nin 2001'de yayınlanan 'Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretiminde Kullanılması' başlıklı yönergesi çizmektedir(6). Üye ülkelerin büyük kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi konusunda ulusal hedefler saptamışlardır. Bu hedeflerin biyoelektrik üretiminin katkısı olmadan karşılanması olanaklı görünmemektedir. Biyoyakıtların ısı ve güç santrallerinde hem ısı hem elektrik üretebileceği, üye ülkelerin bu potansiyeli de değerlendirmeleri gerektiği vurgulanmıştır.

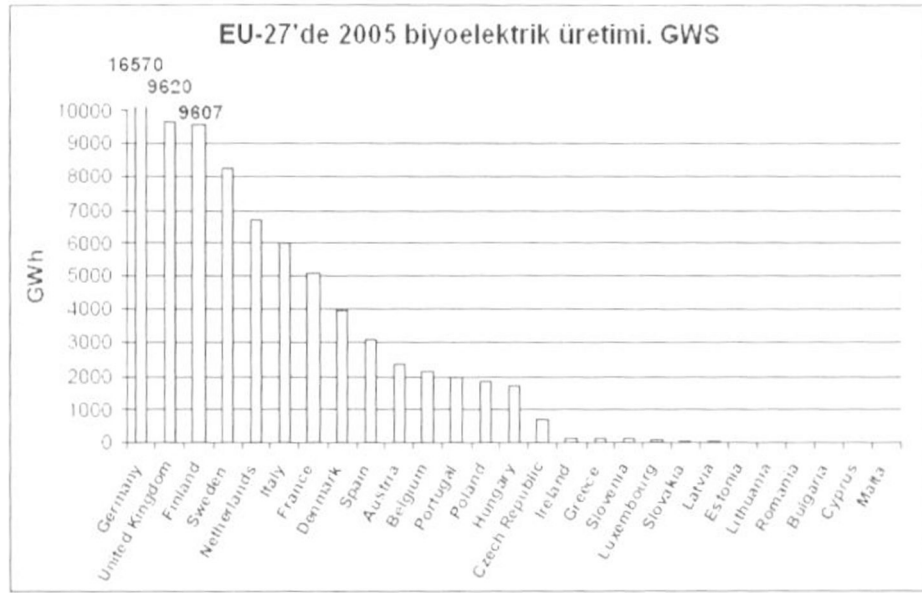
2006 altı yılı itibarıyla AB-25'de biyoelektrik üretimi 80.2 TWh/yıl rakamını aşmıştır (7).



Şekil 1. 1990-2005 arasında EU-25'de biyoelektrik üretimi (Eurostat 2006)

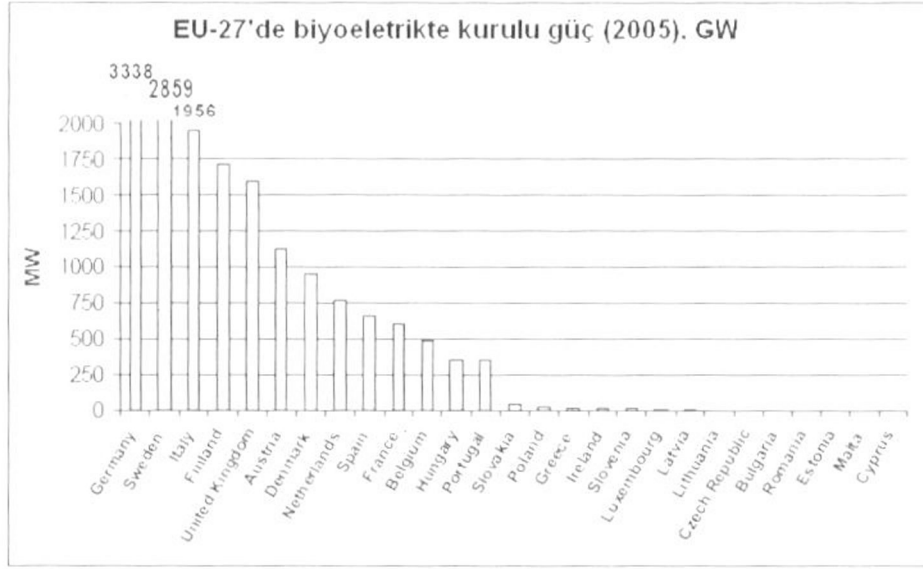
AB-25 içinde biyoelektrik üretimi, 1990-2005 arasında ortalama yıllık yaklaşık % 11 artış göstermektedir. Biyoelektrik üretimine en büyük katkı sırasıyla Almanya, İngiltere ve Finlandiya'dan gelmiştir. Almanya'da 2005'de 16.6 TWh üretimin yaklaşık %40'ı kentsel katı

atıklardan üretilmiştir. Buna karşılık İngiltere’de toplamın %49’u biyogaz tesislerinden Finlandiya’da ise %96’sı odun biyokütlesinden elde edilmiştir.



Şekil 2. EU-27’de biyoelektrik üretiminin ülkelere dağılımı.

EU-27’de biyoelektrikte toplam kurulu güç 2005 sonu itibarı ile 17 GW’ı bulmuştu. Kurulu güçte sıralamanın en üstünde yine 3.3 GW ile Almanya yer almakta, İsveç 2.9 GW ile ikinci, İtalya ise 2.0 GW ile üçüncü sırayı almışlardır.



Şekil 3. EU-27'de biyoelektrikte kurulu güç sıralaması (Eurostat 2007).

Avrupa Birliği, tüm üye ülkelerin eşgüdümlü olarak biyokütle eylem planlarını(BAP) oluşturmalarını şart koşmuş, bunun enerji stratejisinin en canalıcı unsuru olduğunu vurgulamıştır. Dolayısıyla üye ülkeler ulusal planlarını oluşturmaya başlamışlar (nBSAP) ve 6 ülke halihazırda nBAP'larını tamamlamış (Danimarka, Estonya, İrlanda, Hollanda, Slovenya, İngiltere), 7 ülke hazırlıklarını tamamlamış durumdadır(Avusturya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, Latviya ve Slovakya) . 14 ülkede ulusal biyokütle eylem planı yoktur (Belçika, Kıbrıs, Finlandiya, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Polonya, Portekiz, İspanya, Romanya, İsveç), ancak bu durum ülkelerin kendi ulusal faaliyetlerinin olmadığı anlamına gelmez, örneğin İspanya ve Polonya.

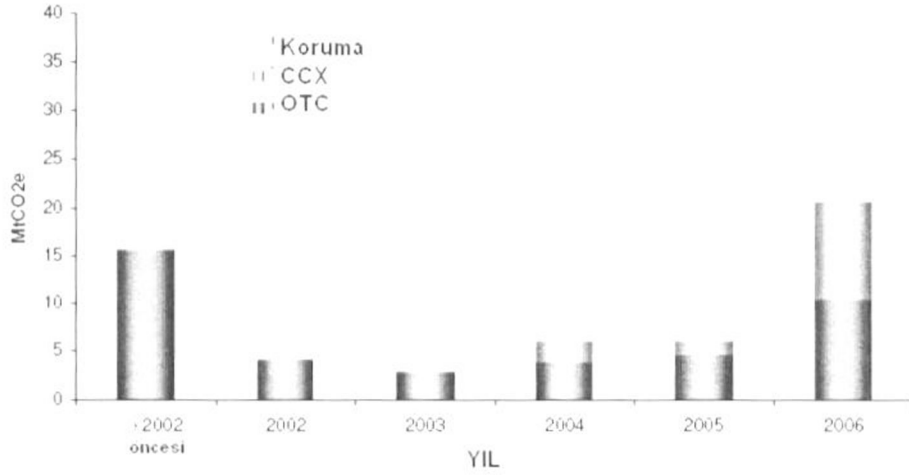
Biyokütlenin elektrik üretiminde kullanılması mevcut güç üretiminde kullanılan kömür ya da doğalgaz santrallerinde eş-yakma (co-firing) şeklinde de olabilmektedir. Danimarka'da kullanılan büyük merkezi biyokütle güç üretim tesislerinin en iyi ekonomik performansı gösterdikleri saptanmıştır. Odun biyokütlesi kullanan bu işletmelerin hem ısı hem güç üretiminde kullanılmaları(CHP) ile ekonomik fizibilitelerinin arttığı bilinmektedir. CHP üretiminin yaygınlaştırılması için AB ayrı bir düzenlemeye gitmiş ve yine 2004 yılında CHP yönergesini yayınlamıştır(8). Daha küçük boyutlu ısı-güç üretiminin ekonomik fizibilesinin daha düşük olduğu bilinmekle birlikte AB, bu tür yerel üretimin kırsal gelişmeye, yerel ekonomik büyümeye, bölgesel ulaştırma altyapısının iyileşmesine ve çevreye ek katkıları yüzünden desteklenmeleri gerektiğini düşünmektedir.

AB'nin teknoloji ve araştırma-geliştirmeye ilişkin düzenlemeleri de biyokütle enerjisinin yaygınlaşması ve teknolojilerde maliyet düşüşleri sağlanması bakımından önem taşır. AB'nin en önemli Arge programı 7. Çerçeve Programında bu konu birkaç başlıkta

önceliklendirilmektedir. Ayrıca Komisyon 'Sıfır Emisyon Güç Üretimi Teknoloji Platformu' kurulması konusunda çerçeveyi çizmiştir.

3. Karbon Ticareti

2006 ve 2007 yıllarında iklim değişikliği, karbon ticareti ve özelde gönüllü karbon ticareti konusunda ilgi artmaya devam etmiştir. Uluslararası antlaşmalarla düzenlenen karbon ticareti, yani Kyoto Protokolü kapsamında esneklik mekanizmalarına da konu olan ticaretin (CDM: Temiz Kalkınma ve JI: Ortak Uygulama) yanısıra tescil edilmiş gönüllü karbon emisyon azaltımları sonucu oluşan gönüllü karbon ticareti piyasası da hızlı bir gelişme kaydetmektedir. 2006 yılı bu alanda kayda değer Ticarete konu olan karbon hacmi ve ticarete yeralan kurum sayıları bir yıl içinde %200'lük bir artış yaşamıştır. 2006'da 23.7 MtCO₂e (milyon ton karbon dioksit eşdeğeri) gönüllü karbon ticaretine dahil olmuştur. Bu miktarın yaklaşık 10.3 MtCO₂e'nin kayıtlı Chicago İklim Borsası (CCX) yoluyla, 13.4 MtCO₂e'nin ise spot piyasa olarak (Over the Counter, OTC) gerçekleştiği tahmin edilmektedir. OTC ticaretinin tam olarak kayıt altında olmaması nedeniyle çok daha yüksek rakamlar olabileceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4. Gönüllü Karbon Piyasalarının Tarihsel Gelişimi.

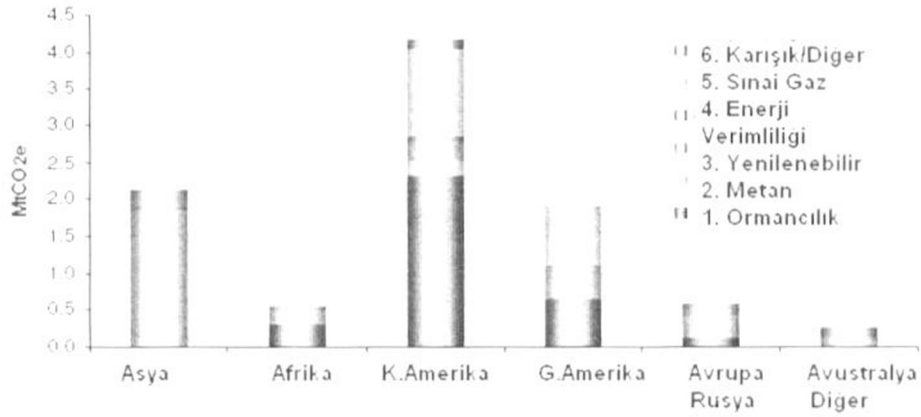
Bu rakamlar AB ETS (Avrupa Karbon Ticareti Sistemi ve diğer düzenlenmiş mekanizmalarda ticarete konu olan hacimlerden çok düşük ise de piyasada hiç düzenlenmeden, doğrudan piyasa oyuncularının talepleri ile oluşmuş olmaları itibarı ile kayda değerdir. Türkiye Kyoto'ya ve dolayısıyla temiz kalkınma mekanizmalarına taraf olmadığı için yalnızca VER piyasasında yer almaktadır.

Tablo 1. Gönüllü karbon ticareti piyasası ve diğerleri(9).

	2006 Hacim (MtCO ₂ e)	2006 Değer (Milyon ABD \$)
Gönüllü (OTC)	13.4	54.9
CCX	10.3	36.1
Toplam Gönüllü Piyasa	23.7	91
Diğer Karbon Emisyon Ticareti Piyasaları		
AB ETS	1,101	24,357
Birinci Sınıf CDM	450	4,813
İkinci Sınıf CDM	25	444
Jİ	16	141
Avustralya (NSW)	20	225

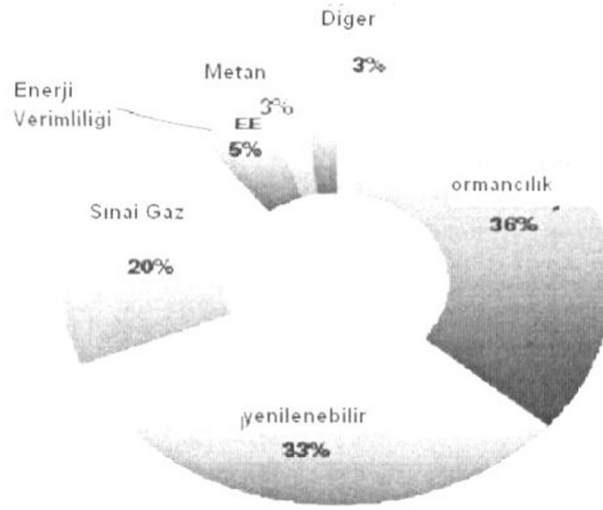
Gönüllü piyasalara talebin büyük ölçüde zengin ve gelişmiş ülkelerde olduğu görülmektedir (%43 ABD, %28 Avrupa). Bir başka ilginç nokta gönüllü piyasaların zengin pazarlar dışındaki varlığıdır. Bunun temel nedeni, bürokrasi ve işlem maliyetlerinin düzenlenmiş piyasada (CDM, Jİ) çok daha yüksek olması, bunun da daha büyük projeler ve getiriler söz konusu olduğunda maliyet etkin hale gelmesindendir. Örneğin gelende çok düşük pay alan Afrika projeleri gönüllü piyasada görece yüksek oranlar tutmaktadır.

Karbon emisyon azaltımı projeleri ve yayıldıkları coğrafya aşağıdaki şekilde görülebilir.



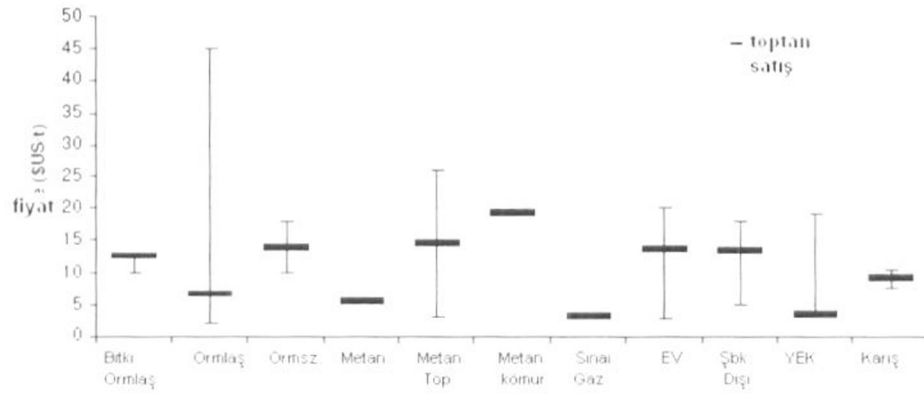
Şekil 5. Gönüllü karbon ticareti emisyon azaltım projeleri, miktar ve coğrafya.

Yukarıdaki gösterimde çok iyi görülmeyen proje tipi payları da şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Gönüllü karbon emisyon ticareti hacimlerinin proje tipine göre dağılımı.

Proje tipine göre ton başına karbon değişim değerleri büyük farklılık göstermektedir. Şekil 7'de bu farklılıklar görülmektedir.



Şekil 7. Farklı proje tiplerine göre karbon değişim değerleri.

Hacim bazında yapılan hesaplarla ortalama tCO₂ fiyatının gönüllü karbon emisyon ticareti piyasalarında 4.1 ABD \$'ı olarak oluştuğu görülmektedir. Buna karşılık piyasa tCO₂

fiyatlarının 0.45 ile 45 ABD \$ arasında değiştiği de görülmektedir. Genelde yüksek fiyatların tescil ve izleme olanakları daha fazla olan metan ve uzun vadeli yenilenebilir enerji projeleri tarafından sağlanabildiği söylenebilir.

İklim değişikliği olgusunun giderek daha fazla tehdit ettiği dünyamızda firmaların bu bilince uygun davranışları da kuşkusuz artmakta giderek daha fazla firma 'iklim dostu' görünmenin yolunu aramaktadır. Bu amaçla kullanılabilecek en iyi araçlardan olan gönüllü karbon piyasasının büyümeye devam edeceğini 'iklim dostu' olmaya soyunan şirketlerin sayısının hızla artmasından anlayabiliyoruz. Bu kervana son katılan firmalar arasında Dell, Delta, Google, Yahoo, Nike gibi enerji tüketimleri özellikle yüksek olmayan ve prestij amacıyla bu işe girişen firmalar var.

Türkiye'de gönüllü karbon emisyon azaltımı piyasasının yavaş yavaş özellikle iklim dostu yatırımları kolaylaştırıcı bir araç olarak anlaşılmaya başlandığı, Ecofys Türkiye/One Carbon'un son 1-1.5 yıl içinde geliştirdiği projelerden anlamak mümkündür.

	Yer	Büyükölük [MW]	Tür	Kredi [tCO2/yıl]
1	Çanakkale	30.40	Rüzgar	74,701
2	İzmir	39.40	Rüzgar	88,960
3	Antalya	9.25	Hidroelektrik	28,482
4	Antalya	9.76	Hidroelektrik	24,512
5	Ankara	10.00	Çöp Gazı	145,000
6	Çanakkale	14.90	Rüzgar	34,594
7	Manisa	30.40	Rüzgar	79,979
8	Düzce	46.20	Hidroelektrik	94,000
9	Giresun	49.10	Hidroelektrik	93,000
10	Giresun	49.20	Hidroelektrik	105,000
11	Muğla	28.80	Rüzgar	61,286
12	Balıkesir	19.00	Rüzgar	40,432
13	Aydın	31.50	Rüzgar	80,964
			Toplam	950,909

Tablo 2. Türkiye'de Ecofys Türkiye/One Carbon 'un geliştirdikleri VER karbon emisyon azaltımı projelerinin bir listesi.

KAYNAKÇA

1. Yeni çalışmalar arasında Amsterdam Enerji ve Ulaşım Forumu, Berlin Fosil Yakıt Forumu, Floransa Elektrik Piyasası Düzenleme Forumu ve Madrid Gaz Forumu sayılabilir.
2. Biomass Action Plan, COM(2005)628 Final
3. "The Share of Renewable Energy in Europe" , -COM(2004)366, section 4.3.1.
4. Avrupa Konseyi, Brüksel, 25-26 Mart 2004, Başkanlık Sonuçları.
5. Avrupa Çevre Ajansı, "How much biomass can Europe use without harming the environment" briefing, 2/2005.
6. AB Yönergesi, 2001/77/EC, 27 Eylül 2001, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimine İlişkin Kanun, OJ L 283, 27.10.2001
7. Eurostat 2006.
8. Avrupa Parlamentosu Yönerge, 2004/8/EC, Kojenerasyonun desteklenmesi üzerine yönerge.
9. Eurostat 2007 .

BİYOGAZDAN ELEKTRİK VE ISI ÜRETİMİ

ALTAN DENİZSEL
ENVİTEC BİOGAS TÜRKİYE LTD.ŞTİ
İSTANBUL

Gübre ve atık yönetimi ülkemizde artık önemli bir iş haline gelmiştir.daha önce kullanılan klasik yöntemler yani sizce müsait başkasının , devletin yada sahıpsız bilenen alanlara gizlice bırakmak veya bıraktırmak suretiyle kurtulmak hala devam etmekle beraber,toplumsal bilincin artması,yaşam alanlarının genişlemesi,atıktanda para kazanılacağını öğrenen girişimciler sayesinde yeni bir sanayi alanı doğmuştur. Topraktan gelen toprağa gider mantığıyla her türlü atıktan para kazanmanın bir yöntemi vardır ve her geçen gün gelişmektedir. Ekonomik kaynaklarını geliştirmek zorunda olan ülkemiz atık yönetiminden para kazanmakta avrupa ülkelerine göre çok geride kalmıştır.

1-BİYOGAZ NEDİR

Yenilenebilir kaynaklardan birtaneside biyogazdır.biyogaz organik maddelerin anaerobik oksijensiz ortamda,farklı mikroorganizma gruplarının varlığında biyometanlaştırma süreçleri ile elde edilen bir gaz karışımıdır.renksiz,yanıcı,ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan bu gazın içinde az miktarda hidrojen sülfür,azot,oksijen ve karbonmonoksit de bulunur.

2-BİYOGAZIN TARİHÇESİ

İlk olarak asurluların kullandığı tahmin edilmekle beraber iranlılarında ısınma amaçlı bu gazı kullandıkları bilinmektedir.1859 yıllarında itibarende hindistanda düzenli kullanım başlamıştır.avrupada ise 50 yıla yakındır intensif bir şekilde kullanılmaktadır.türkiyede ise 1957 yılında toprak ve gübre araştırma enstitüsünde ilk çalışmalar başlamış ve 1963-69 arasında eskişehir bölge topraksu araştırma enstitüsünde ilerletilmiştir.1982 yıllarında ise ciddi bir biyogaz projesi başlatılmış,her ile 3 tane,bölge merkezlerine 5 adet biyogaz tesisi planlanmış ve bazıları kurulmuştur.neyazıkki bir çok yapılan gibi bu işte iyi planlanmamış olduğundan yeterli teknik eleman olmamasından,eğitim ve danışmanlık hizmeti verilememesinden dolayı bu tesisler işletilememiş ve heba olmuştur. 2004 senesinde Enerji Bakanlığı ve elektrik etüd idaresinin yaptığı toplantı ile biyogaz gene gündeme getirilmiş ve üniversiteler bu konudaki araştırmalarını hızlandırmışlardır.

3-NELERDEN BİYOGAZ ÜRETİLİR

Hayvansal atıklar, zirai atıklar, gıda end.atıkları, sebze, meyve ve yağ end.atıkları, yemek atıkları, atık su arıtma çamurları, mezbaha atıkları mısır silajı takviyesi ile kullanılmaktadır

4-BİYOGAZ KULLANIM ALANLARI

doğrudan yakım ile ısınma motor yakıtı olarak kullanma türbin yakıtı olarak elektrik ve ısı üretimi doğalgaz için katkı maddesi

5-BİYOGAZDAN ELEKTRİK VE ISI ÜRETİMİ

metan ağırlıklı karbon dioksit içerikli biyogaz için kojenerasyon makinası kullanılarak elektrik üretimi yapılmaktadır.300 kw/s ten 2000 kw/s e kadar elektrik üretebilen türbinler bulunmaktadır.yüksek verimle çalışan kojenerasyon makinaları egzoz gazını kullanan eşanjör vasıtasıyla 70/80 derece sıcak su üretme kapasitesine sahiptir. Büyük tesislerde elektrik ve ısının beraber üretilmesi çok önemlidir.üretilen elektrik enterkonnekte sistemine satılabilmektedir,ısı ise tesisin kendi ihtiyaçları için,yakındaki bir tesiste,köyde,kasabada veya şehirde merkezi sistemde ısınmada kullanılmaktadır.ufak tesislerde ise jeneratör kullanılarak sadece elektrik üreterek işletme ihtiyacı sağlanır. Bu konuda daha fazla birşey söylemeye gerek yok. Birçok ülkede, Almanya'da, Amerika'da, İngiltere'de, İtalya'da, Fransa'da elektrik üretilmektedir. Doğalgazdan nasıl elektrik elde ediliyorsa biyogazdanda aynı şekilde elektrik elde edilir. Ne yazıkki avrupanın 30/40 senedir yaptığı işe biz daha nasıl başlarız diye akademik çalışmalar yapıyoruz.bu konuda her üniversitenin bu kadar fazla akademik çalışma yaparak vakit ve kaynak harcamasının bence bir anlamı yok,elektrik ve ısı üretilmesi için ne yapılması ve ne kullanılması gerekliliği çok açık ve net.derhal dünyada bu işi yapan firmalarla temasa geçilecek modeller türkiyeye uyarlanacak ve derhal üretime geçilecek.biz türkiyeye uygun fermentasyon tankı,sistemi,kojenerasyon makinası çalışmaları yaparken onlar bugün doğalgazda dışa bağımlılığı nasıl azaltırız diye bu gazın içinden diğer gazları ayırıp sistemi nasıl besleriz çalışmalarına geçmişler.bu tesisler 6-8 ay gibi kısa bir zamanda kurulabilmekte ve hiçbir hammadde sıkıntısı yoktur.

6.GÜBRE YÖNETİMİ

Gelişen Türkiye tarımında gübreden faydalanmak gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Bol ve kaliteli ürün uygun gübreleme ile elde edilebilir.taze ahır gübreleri bir müddet açıkta bekletilerek olgunlaşmaya bırakılırdı ve hala da bırakılmaktadır. Gübre bu halde veriminden çok şey kaybettiği gibi çevreyi de kirletmektedir. Ahır gübrelerinden daha fazla yararlanabilmek ve kayba uğramadan değerlendirilmesi amacıyla biyogaz tesislerinde fermente edilmesi gerekmektedir.

Böylece kaliteli gübre ile birlikte üstün nitelikli ve ısıtma değeri yüksek yanıcı bir gaz elde edilmektedir. Hayvanlar gerek tükettikleri yem katkılarıyla ve gerekse oluşturdıkları gübre, idrar, gaz, tuz, değişik hastalık etkenleri hatta verdikleri çeşitli ürünlerin (et ve süt gibi) işlenmesiyle çevre üzerinde bir takım olumsuzluklara neden olurlar.bu ürünlerin biyogaz tesislerinde kullanılması çevre kirliliğini önemli bir şekilde azaltmaktadır.mezbaha atıklarında hijyenizasyona tabi tutularak biyogaz tesislerinde yararlı maddeler haline gelebilmektedir. Anaerobik bakterilerin fermentasyonu ile gazlar çıkarken gübrede hastalık etkeni olan mikroorganizmalarda yok olmaktadır.ayrıca gazı alınmış gübrede böcek ve sinek larvalarının yaşamasıda güçleşmektedir.bundan dolayıda biyogaz üretiminde,enerji kaynağı elde edilmesi yanında gübrenin çevre için tehlike oluşturmada önlenmektedir.

Biyogaz üretiminden sonra gübrenin bitki besleme açısından değerinde %20 oranında artış olduğu tespit edilmiştir.bu gübrenin toprağa verilmesi sonucunda buğdayda %16,pancada %25 lik verim artışı meydana geldiği araştırmalar neticesinde ortaya konmuştur.gazı alınmış gübrede organik azotlar inorganik tuzlara döner ve daha küçük parçacıklara ayrılır. Biyogaz tesisinden çıkan gübre sıvı olarak toprağa verilebildiği gibi seperasyona tabi tutularak paket

katı gübre ve sıvı gübre halinede getirilebilir.kalan bu sıvı aynı özelliklere sahip olduğu için gene toprağın organik madde ve sıvı ihtiyacını karşılayabilir.

7-ÇEVRE FAYDALARI

Herşeyden önce çiftlikler,köy ve kasabalar hayvan gübresi pisliğinden ve kokusunda kurtulur,yer üstü ve altı su kaynakları kirlenmez ve içme suyu kaynakları azalmaz.sinek ve böceklerle mücadele azalır ve daha az kimyasal kullanıldığından çevresel zarar azalır.atmosfere salınan gazlar azaldığı için global ısınma tetiklenmez,birçok tarımsal ve organik atık yeniden ekonomiye kazandırılır.

Biyogaz tesisinin kurulmasındaki amaçlardan biri de sürdürülebilir kalkınmanın tarımdaki temel unsurlarından biri olmasıdır.kirletmeden yoketmek, gübre ve atık yönetiminin mükemmel koordinasyonundan geçer. Özellikle hayvancılıkla uğraşan kişiler temiz ve yaşanabilir çiftliklerde geleceğe emin bir şekilde bakabilirler.aksi taktirde yeni yetişen ve eğitim alma imkanı elde eden gençler bu ortamlara geri dönmek isteği ve zevki duymazlar ve şehre göç hızlanır. Topraklarımızın kimyasal gübrelerle kirlendiği bu zamanda fermente edilmiş gübre ile beslenmesi ülkemizin ekonomik geleceği açısından çok önemlidir.topraklarımızı genişleterek üretim artışı sağlayamayacağımıza göre elde olan alanın veriminin artırılması birincil hedefimiz olmalıdır,gübre ve atık yönetimi için kurulan tesislerde spesifik bir ürün üretirmiş gibi maliyet/kar analizi yapmak ve satılan malın maliyetini ve karlılığı ve büyümei tespit etmek matematiksel olarak mümkün değildir. Bu tesislerde karlılık birçok nedenlerden dolayı geometrik olarak katlanarak artar.

8-SONUÇ

Ekonomik ve çevresel dar boğazın oldukça fazla olduğu bu dönemde herşeyden tasarruf sağlamak üzere kısıtlamaya gidilmesi yanında enerji kaynaklarımızda israf edilmemesi ve eldeki enerji kaynaklarımızın ucuz, sürdürülebilir ve yenilenebilir yollarla elde edilmesi önem arz etmektedir. Giderek kötüleşen çevremizin daha da kötüleşmemesi hatta iyileşmesi yolunda atılacak adımlar içersinde enerji kaynaklarımızın çevre dostu olmasının gereğinde konunun diğer bir boyutudur. Gelişmiş ülkelere baktığımızda tüketim toplumu olduğunu görüyoruz ama tüketirken dikkat ettikleri şeyler çok önemlidir.herşeyden önce kendi kaynaklarını değil başkalarının kaynaklarını tüketiyorlar,kendi enerji ve su kaynaklarını çok iyi koruyorlar ve dikkatli tüketiyorlar,atıklardan maksimum geri dönüş sağlıyorlar ve çok büyük bir gelir elde ediyorlar. Yeni iş kolları yaratarak işsizliğe çözüm buluyorlar.kaliteli ve yüksek gelirli istahdam sağlıyorlar ve bu teknolojileri ve kişileri diğer ülkeler pazarlıyorlar. Bizimde en kısa zamanda mükemmmel atık yönetim sistemlerine sahip olamamız gerekmektedir

9-ÖNERİLER

Tüm ülkede hızlı bir şekilde 500 kw/s altında olmamak üzere entegre gübre ve atık tesislerini kurmamız gerekmektedir. Ufak tesislerin kesinlikle bu ülkeye faydası yoktur ve 25 sene önce yapılan hatalar tekrar edilmektedir.aynı yöntemleri kullanarak değişik sonuçlar elde edilemez,bazı üniversiteler tarafından planlanan onlarca tesis kurulum planlaması gene Yeterli teknik eleman ve teknik altyapı eksikliğinden dolayı başarısız olacak ve insanların biyogaz

tesislerine menfi bir şekilde bakmasını sağlayacaktır. Ülkemizin biyogazda başarı hikayelerine ihtiyacı vardır ve bu ülkede bu başarı hikayelerini ortaya çıkaracak gerekli malzeme vardır. Büyük çiftlikler,arıtma tesisleri,gıda işleyen fabrikalar, Tarımsal atıklara, otel yiyecek atıklarına ve mezbaha atıklarına sahip belediyeler acilen bu tesisleri kurarak,elektrik+ısı+org.katı gübre+org.sıvı gübre+karbon sertifikası gelirine sahip olmalıdırlar. Hayvancılıkla uğraşan her köy ve kasabanın kendine ait elektrik ve ısı istasyonu olması ithal doğalgaz ihtiyacını azaltır ve ülkenin tarım topraklarının borularla tahrip edilmesini azaltır,tarımsal atıklar faydalı ürün haline gelir. Arıtma çamuru dağları ortadan kalkar,mezbaha atıkları toprağa hastalık vermeyi keser, bu nedenle özel sektör, kooperatifler, çevre bakanlığı, enerji bakanlığı, tarım bakanlığı, özel idareler ve vakıflar birleşerek biyogaz üretecek ortak tesisler kurmalıdırlar, kar amaçlı olmayan bu tesisler 6-7 sene gibi bir süre içinde ciddi paralar kazanan işletmeler haline gelebiliyor. Almanyada bu tesislerden 3500 adet varsa bir düşünün bu insanlar neden bu kadar tesis yaptılar ve yapmaya devam ediyorlar. Biz neden dahala bu kadar geç kaldık. Bu arada Ankara Belediyesinin ve Gaziantep Belediyesinin sahip olduğu arıtma çamurundan biyogaz ve elektrik üretim tesislerini unutmayalım. Onlar bu işin şövalyeleri oldular ama kimse onları dahala örnek almadı.

Saygılarımla
ALTAN DENİZSEL

KAYNAKLAR

1. Prof.Dr.Filiz KARAOSMANOĞLU İTÜ Kimya Fakültesi
www.biyogaz.com
2. Prof.Dr.Ahmet ALÇİÇEK. E.Ü.Ziraat Fak. Çiftlik gübrelerinin biyogaz teknolojisinde kullanılması 1994.
3. Yrd.Doç.Dr.Hüsrev DEMİRULUŞ Çiftlik gübrelerinin biyogaz teknolojisinde kullanılması 1994
4. Envitec Ag
www.envitec-biogas.de
5. 5-Envitec Ag
www.biyo-gaz.com

KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARINDA OLUŞAN METAN GAZINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

MAMAK KATI ATIK DEPOLAMA ALANI ÖRNEĞİ

Erdoğan GÖĞEN
(ITC ANKARA)

Katı atık depolama alanlarının yarattığı sorunların başında bu alanlarda oluşan depolama gazı gelmektedir. Bu gaz patlamaya, kötü koku oluşumuna, iklim değişikliğine vb. sorunlara neden olan çeşitli gazlar içermektedir. Bu gazlardan biri olan metan gazının atmosferde meydana getirdiği sera etkisi karbondioksit emisyonlarının 21 katıdır ve bu etki küçümsemeyecek boyuttadır. Bu gazların kontrollü bir şekilde toplanarak bertaraf edilmesi ve böylece olumsuz etkilerinin önlenmesi gerekmektedir.

İklim değişikliği birinci ulusal bildirim raporu verilerine göre ülkemizdeki sektörlerin sera gazı salınımlarındaki payları şöyledir:

Sektör	Sera Gazı Salınım Oranı (%)
Enerji	77
Sanayi	9
Atık	9
Tarım	5

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı gibi atık bertaraf işlemlerinin iklim değişikliğindeki payı göz ardı edilemeyecek boyutlarda olmakla birlikte bu sektörden kaynaklanan etki, sanayi sektöründen kaynaklanan etkiye eşdeğer bir etki yaratmaktadır.

Ülkemizde atık bertaraf hizmeti verilen belediyeler tarafından metan gazının yarattığı olumsuz etkilerin önlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Günümüzde atıkların düzenli depolama alanlarında kontrollü bertarafı amacıyla gerçekleştirilecek çalışmalara hız verilmiş olmakla birlikte TÜİK 2006 yılı çevresel verilerine göre 2004 yılında oluşan 25,014,000,00 ton katı atığın % 70'i (17,405,000,00 ton) vahşi depolama yöntemleriyle bertaraf edilmiştir.

Başkent Ankara'nın ve ülkemizin gündemini yıllardır kötü koşullarıyla meşgul etmiş olan Mamak katı atık depolama alanında patlama riskinin, kötü koku oluşumunun, sızıntı suyunun kaynak sularına karışımının, kötü görünümün önlenmesi amacıyla çalışmalar başlatılmıştır.

Entegre bir katı atık yönetimi uygulamasının Ankara'da hayata geçirilmesiyle beraber depolama gazının toplanması ve bertarafıyla ilgili çalışmalar hızla tamamlanmıştır.

Mamak katı atık depolama alanında 20 yıldan fazladır kontrolsüz bir şekilde depolanmış olan atıkların kaymasını önlemek amacıyla teraslı katı atık sahaları, sızıntı suyunun kaynak sularına karışmasının önlenmesi amacıyla drenaj sistemi yapılmış olup eski atık alanı, depolama gazının toplanması amacıyla hazırlanmıştır.

Bu çalışmalar neticesinde, depolama sahasında oluşan gazlar, aktif gaz toplama sistemiyle toplanarak gaz motorlarına iletilmekte ve elektrik enerjisi üretilmektedir. Depolama gazının toplanması ile ilgili altyapı çalışmaları, sondaj çalışmaları, yatay ve dikey boruların yerleştirilmesi çalışmaları tamamlanmış olup 5,6 MW'lık enerji sistemi devreye alınmıştır. Enerji üretim santraline EPDK tarafından "Üretim Lisansı" ve enerji üretim ruhsatı düzenlenmiş olup sistem devreye alınarak elektrik üretimine başlanmıştır. Günlük çöpün bertarafı, gaz toplamaya hazır hale getirilmiş alanlarda sürdürülmektedir. Bu sistemle, kontrol dışı oluşan gazların çevreye zarar vermeden bertarafı sağlanmakta ve aynı zamanda patlama ve yangın riski ve koku problemi de ortadan kaldırılmaktadır.

Bunun yanı sıra, enerji üretimi sırasında oluşan atık ısı, kurulacak seranın ısıtılmasında kullanılarak değerlendirilmiş olacaktır. Böylece ıslah edilen alan-eski çöp alanı- üzerinde kurulan sera, fosil yakıtlara ihtiyaç duyulmadan işletilecektir.

Ayrıca, Mamak katı atık depolama alanı peyzaj ve ağaçlandırma çalışmaları kapsamında fidanlar dikilmiştir ve ağaçlandırma çalışmaları aşamalı olarak devam etmektedir.

Atık depolama alanında, eş zamanlı olarak gerçekleştirilen diğer projelerde de hedef geri kazanımı maksimum düzeyde tutarak depolanacak atık miktarını en aza indirmektedir. Bunlardan bazıları; evsel katı atık ve kompost geri kazanımı, ambalaj atıklarının geri kazanımı, hafriyat atıklarının geri kazanımı gibi faaliyetlerdir.

Hafriyat atıklarının geri kazanılmasını sağlamak amacıyla ülkemizde ilk ve tek olarak Ankara'da kurulan ve hafriyat atıkları geri kazanım tesisi Ocak/2006 itibarıyla işletilmeye başlanmıştır. Geri kazanımı sağlanan atıklar sahada gaz toplama çalışmalarında kullanılmaktadır. Geri kazanılamayan hafriyat atıkları çöp yığınlarının üzerinin kapatılmasında kullanılmıştır.

Katı atık depolama alanında oluşan gazın toplanması ve bertaraf edilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmaların yerel ve ulusal faydalarının olmasının yanı sıra küresel ölçekte faydaları da bulunmaktadır. Bu faydalar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Metan gazının bertaraf edilmesi (İklim değişikliğinin önlenmesine katkı sağlanması)

Vahşi çöp depolama alanında;

- 800 m³/saat deponi gazının kontrolsüz bir şekilde salınmasıyla, atmosferde 10.000 m³/saat CO₂ eşdeğeri emisyon oluşur.

Gaz Toplama ve Enerji Üretimi yapılan depolama alanında;

- Tek ünite, 800 m³/saat deponi gazının bertaraf edilmesi & enerji üretilmesi sonucunda sadece 486 m³/saat CO₂ emisyonu atmosfere verilmiş ayrıca 1400 kW/saat enerji üretilmiş olur.

- Fosil yakıtlara ikame edilecek enerjinin üretilmesi sonucunda atmosfere salınması engellenmiş olan emisyonların toplam miktarı CO₂ eşdeğeri 10.381 m³/saat'tir.
- 2. Patlama ve yangın riskinin ortadan kaldırılması
- 3. Sızıntı suyunun yarattığı olumsuz etkilerin önlenmesi
- 4. Koku probleminin önüne geçilmesi
- 5. Kötü görünümün önlenmesi
- 6. İstihdam yaratması
- 7. Diğer belediyelere örnek teşkil etmesi
- 8. Fosil yakıtlara alternatif enerji üretilmesi

Geri kazanım tesislerinde istihdam edilecek personelin çöplüklerde, sokaklarda toplayıcı olarak çalışanlardan ve Mamak çöplüğünün sıkıntılarına yıllardır katlanmış Mamak halkından seçilmesine dikkat edilmektedir. Böylece, projenin sağlayacağı sosyal dönüşüme de katkı sağlanmaktadır.

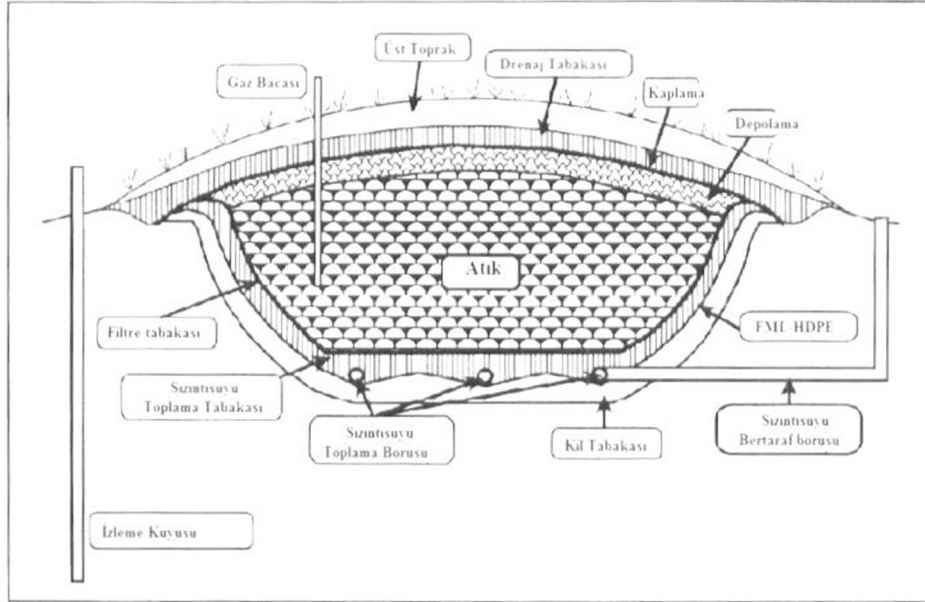
Entegre ve kapsamlı bir çevresel ve sosyal dönüşüm projesi olan "Ankara Katı Atık Yönetimi Projesi"nin uygulanmasıyla beraber Başkentimizde yaşayanların atık yönetimi konusunda bilinçlenmesi de sağlanmış olmaktadır.



KATI ATIK DEPOLAMA ALANINDA DEPO GAZI OLUŞUMU



Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK
Hatay Milletvekili
(e-mail: mustafa.ozturk@tbmm.gov.tr)



1. GİRİŞ

Ülkemizdeki evsel katı atıkların % 50-65 'ini organik atıklar, kalan kısmını ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddeler oluşturmaktadır.

Üretim ve tüketim alışkanlıklarında değişme, nüfusun artışı, yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojiadaki gelişmeler katı atık miktarlarını son yıllarda önemli miktarlarda artırmıştır.

Ülkemizde kişi başına yaklaşık günde 1.35 kg toplam ise **65 bin ton** katı atık üretilmektedir.

Vahşi şekilde depolanmış çöpler yeraltı ve yüzeysel su kirliliğine, haşerelerin üremesine, çevreye kötü kokuların yayılmasına, görüntü kirliliğine ve çeşitli hayvanlar vasıtasıyla taşıyıcı mikropların yayılmasına neden olmaktadır.

Ülkemizde bulunan **3225** belediyeden sadece **18** 'inde düzenli depolama yapılmakta ve üretilen katı atıkların %39'u düzenli olarak depolanmaktadır. Ülkemizde önemli miktarda katı atık vahşi olarak bertaraf edilmektedir. Vahşi depolama yapılan bölgelerde yeraltı ve yüzeysel suları, toprak ve hava kirlenmektedir.

Belediyelerin her birinin ayrı ayrı katı atık bertaraf tesisi kurmaları mali ve teknik olarak mümkün değildir. Belediyeler toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf tesisi kurmamalıdır. Belediyeler için uygun bölgelerde ve mesafelerde katı atık bertaraf tesisleri kurulmalıdır. Büyükşehir, il belediyesi ve nüfusu 100 binin üzerinde olan ilçe belediyeleri planlarında bölgeleri için yeterli ölçekte katı atık bertaraf yerlerini göstermelidirler. Bu bertaraf veya geri kazanım tesisleri özel sektör tarafından yapılmalı ve işletilmelidir. Kurulacak bertaraf tesisi Çevre Bakanlığından lisans aldıktan sonra işletmeye başlamalıdır. Bu firmalar katı atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri kurarken belediyelerin ihalelerine girmeliler ve en az otuz yıllığına belediyenin atığını toplama, taşıma ve bertaraf, geri kazanım garantisini almalıdırlar. Belediyeler katı atıklarını ancak lisanlı toplama, taşıma ve bertaraf tesisi olan firmalara vermeliler. Bu konu ile ilgili olarak mevcut kanunlar yeniden düzenlenmelidir. İhale kanununda ve belediyeler kanununda gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Uzman olmayan kurumlardan alınan olurlar iptal edilmelidir. Bu işler süreklilik isteyen işlerdir. Kendini yenilemeyi ve yatırım yapmayı gerektirir. Dünya’da gelişen teknolojiyi izlemesi gerekir. Bu tür yapılanmalar firmalara kurumsal kimlik kazandırır.

Belediyeler bölgelerinde oluşan atık miktarı üzerinden yüklenici firmaya toplama, taşıma ve bertaraf için ton başına bir bedel ödemelidir. Bu bedeller ayrıştırmayı ve geri kazanmayı yani atık bertarafını minimize edici şekilde özendirici olmalıdır. Yıllık enflasyonlar ve yakıta yapılan zamlar göz önüne alınarak fiyatlarda artış veya azalış yönünde düzenleme yapılmalıdır. Katı atık gerçek bedelinden toplanmalı, taşınmalı, bertaraf edilmeli ve geri kazanılmalıdır.

Optimum verimlilikte toplama ve taşıma modelleri kullanılarak yakıt tüketimi, işçilik ve araç bakımı asgari seviyeye indirilmelidir. Araç parkı fazla yakıt tüketen model olmamalıdır. Araçlarını belli aralıklarda yenilemelidir.

Düzenli depolama alanlarında çalışan personel gerekli eğitimi mutlaka almalıdır. Eğitimden geçmeyen personel depolama sahasında çalıştırılmamalıdır. Çalışanlar gerekli iş elbisesi ile donatılmalıdır.

İhtiyaç olması halinde yüklenici tarafından transfer istasyonları yapılmalıdır.

Ambalaj atıklarının kaynakta ayrı toplanması ile ilgili gerekli donanım belli süre içinde geçmelidir. Bu süre 5 yılı geçmemlidir. Katı atıkların toplanmasında çalışan kişiler tehlikeli ve tıbbi atıklar konusunda eğitilmelidirler.

Şehirde toplama, taşıma konusunda belediyeler gerekli denetimi yapmalıdırlar. Bertaraf ve geri kazanım tesislerinin denetimi Çevre Bakanlığı uzmanları tarafından yapılmalıdır. Gereğini yapmayanlar hakkında yasal işlem yapılmalıdır.

Bertaraf tesisinin kapasitesi en az 250 ton/gün olmalıdır. Bertaraf tesisinin ömrü en az 30 yıl olmalıdır.

Katı atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Katı atıkların düzenli depo sahalarında bertaraf edilmesi, kompostlaştırma ve yakma gibi diğer alternatif atık

bertaraf yöntemleri arasında, ekonomik avantajları dolayısıyla en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Düzenli depolama maliyetinin diğer bertaraf metotlarına göre düşüktür. Düzenli depolama sahalarında organik atıklar kontrollü şartlar altında stabilize olmuş maddelere dönüşürler. Katı atıkların düzenli depolama alanlarında stabilizasyonu uzun yıllar almaktadır.

Katı atık içinde bulunan biyolojik olarak ayrışabilir organik maddeler mikroorganizmaların yardımı ile biyokimyasal olarak ayrışır. Ayrışma proseslerinin başlangıcında, aerobik bakteriler organik maddeleri organik asitlere ve diğer kimyasal bileşiklere dönüştürürler. Çöp depolama alanı üzeri günlük olarak kapatıldıktan sonra, ortamda bulunan oksijen, ortamdaki mikroorganizmalar tarafından hızla tüketilir. Bundan sonra meydana gelen biyolojik ayrışma prosesleri anaerobik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bu mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu ortaya çıkan temel ürünler deponi gazları, yüksek kirletici konsantrasyonlarına sahip sızıntı suları ve stabilize olmuş atıklardır. Anaerobik ayrışma çok yavaş ve uzun süreler alan bir süreçtir ve ayrışma hızı süresi nem, sıcaklık, pH ve atığın boyutu gibi pek çok çevresel faktöre bağlı olarak değişmektedir.

Depo gazları, atık içerisindeki organik maddelerin anaerobik ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışımıdır. Depo gazları, hemen hemen eşit oranda metan ve karbondioksit ile çok sayıda eser miktarda uçucu organik bileşikten meydana gelmektedir. Katı atık depo sahalarından kaynaklanan metan ve karbondioksit global ısınmaya neden olan en önemli gazlardır. Metan (CH_4) gazı karbondioksit (CO_2) göre güneş ışığını 21 kat daha fazla absorbe etme kabiliyetine sahiptir. Ayrıca, metan (CH_4) hava ile % 5-15 oranlarında karıştığında patlayıcılık özelliğine sahiptir. Depo gazlarının diğer bileşenleri ise insan ve çevre sağlığı üzerinde hava kirliliği ve istenmeyen kokular gibi çeşitli etkilere sebep olurlar. Bu nedenle depo gazları doğru olarak yönetilmezse çevresel bir problem olarak değerlendirilmektedir.

Diğer taraftan, depo gazının en önemli bileşenlerinden biri olan CH_4 'in yüksek bir enerji kapasitesine sahip olması sebebiyle, bu gazın bir enerji kaynağı olarak kullanılması yolundaki çalışmalar son yıllarda artmıştır. Bu maksatla depo gazının son yıllarda elektrik üretiminde kullanılması, araç yakıtı olarak kullanılması, doğal gaza dönüştürülmesi gibi çeşitli alternatifler geliştirilmektedir.

2. KATI ATIK DÜZENLİ DEPO SAHALARINDA DEPO GAZI OLUŞUMU

Katı atıklar düzenli depo sahasına depolandıkları ilk anda, boşluklarda oksijen (O_2) mevcuttur ve bu durum biyolojik olarak ayrışabilen maddelerin (suda çözünebilir yapıdaki organik maddelerin) aerobik şartlar altında ayrışmasına sebep olmaktadır. Depo gövdesi içerisinde O_2 'in önemli ölçüde azalması, anaerobik ayrışma fazının başladığını gösterir. Bir düzenli depo sahası ekosisteminde, başlangıçta kısa süreli aerobik ayrışma fazı ve daha sonra daha uzun süren ve gaz oluşumu nedeniyle daha önemli olan anaerobik ayrışma safhası oluşur.

Yapılan çalışmalarda gaz bileşiminde zamanla meydana gelen değişimler 5 safha olarak sınıflandırılmıştır. Bunlar, aerobik safha, anaerobik metanojenik olmayan safha, anaerobik metanojenik kararsız safha, metanojenik kararlı safha ve aerobik şartlara geçiş safhası olarak sayılabilir.



Şekil 1. Depolama Alanı İçinde Geyiği Gazı ve Sızıntı Suyunda İdeal Gelişme

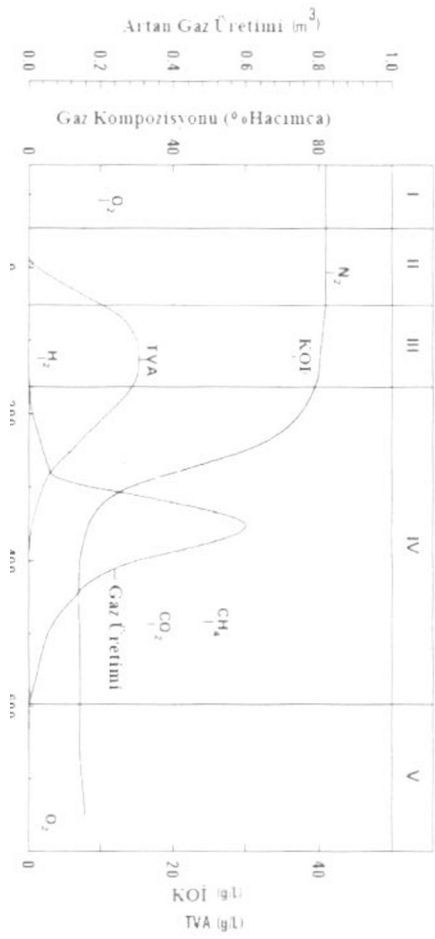
2.1. Aerobik Safha

Bu safhada katı atık depo sahısına atıkların depolanarak saha içerisinde su muhtevasının artmasıyla başlar. Elde edilen bu yeni ortamla birlikte aktif mikrobiyal bir topluluk ortaya çıkar ve biyokimyasal reaksiyonun gerçekleştirilmesi için ilk birkaç gün ile birkaç hafta arasında çevresel şartlarda bazı değişiklikler meydana gelir. Bu safhanın karakteristik özelliği atıkların depolandığı sırada atmosfere gelen O_2 'in varlığıdır. Bu safhanın karakteristik özelliği organik maddelerin reaksiyona girebilmesi için O_2 ihtiyacı çok yüksek olduğundan, kısa süre sonra gaz fazındaki O_2 tamamen tükenir. Bu fazda, tükenen O_2 ile orantılı miktarda CO_2 üretilir. Öte yandan Azot (N_2) gazı konsantrasyonunda çok az bir azalma görülür. Bu safhada çok fazla ısı üretilir ve depo gövdesinin sıcaklığı 60-70 °C'ye kadar çıkabilir.

2.2. Anaerobik Metanojenik Olmayan Safha

Bu safhada depo gövdesindeki O_2 'in tükenmeye başlamasıyla birlikte aerobik ortamdan anaerobik ortama geçişin başladığı görülür. O_2 'in tükenmesiyle birlikte, anaerobik faaliyetin baskın olduğu ikinci safha başlar. Organik asitlerin oluşmaya başlamasıyla daha belirgin miktarda CO_2 üretilmeye başlar ve anaerobik ayrışma safhası başlamış olur. CO_2 'in ulaşabileceği maksimum değer hacimce % 70-90 arasında değişir. Bu değerlere çevre

Düzenli depolama sahalarında gelen ayrışma ve gaz oluşum sahaları Şekil 1'de verilmiştir. Ancak, atıkların biyolojik ayrışması her zaman burada gösterildiği gibi sırayla gerçekleşmeyebilir. Bazı sahalar gerçekleşmezken bazıları da aynı anda meydana gelebilir. Depolanan atığın bileşenlerine ve dene boyutlarına, ayrışabilir organik maddelerin özelliğine, ortamın pH'sına ve ortamdaki nem muhtevasına bağlı olarak değişir. Ayrıca, çevresel şartlara bağlı olarak bir veya iki sahaya baskın hale gelebilir. Bunun yanında, atıkların heterojen yapısına bağlı olarak, aynı anda depo sahasının farklı bölgelerinde farklı prosesler de meydana gelebilir.



şartlarına ve depolama şartlarına bağlı olarak atık depolandıktan 11-40 gün sonra ulaşılabilir. Bu safhada Hidrojen (H_2) gazı konsantrasyonu ise hacimce % 20 civarındadır. Burada birincil elektron kabul ediciler nitrat (NO_3^-) ve sülfat (SO_4^{2-}). Yani bu safhada oksijen ihtiyacı için nitrat ve sülfatın oksijeni kullanılır.

2.3. Anaerobik Metanojenik Kararsız Safha

Depolamanın tamamlanmasından sonra ilk kez bu safhada CH_4 oluşur ve oluşan CH_4 miktarı zamanla artar. CO_2 ve N_2 miktarlarında azalma görülürken H_2 tamamen tükenir. Redox potansiyelleri düşer. Birinci ve ikinci safhaların tamamlanması 10-50 gün arasında gerçekleşirken üçüncü safha 200-500 gün arasında tamamlanır. Ayrışma süreleri arasındaki bu farklılıklar, ayrışma prosesinin her zaman gerçekleştiğini, fakat ayrışmanın tamamlanması için gerekli olan sürenin yerel şartlara bağlı olarak çok fazla değiştiğini göstermektedir.

2.4. Metanojenik Kararlı Safha

Bu fazda gaz üretimi ve bileşenleri hemen hemen sabit olup % 40-70 CH_4 ve % 30-60 CO_2 'den oluşur. En yüksek CH_4 konsantrasyonun görülmesi sebebiyle bu safha oldukça önemlidir. Yapılan saha çalışmalarında CH_4 'ın molar fraksiyonu % 50'nin altında olduğunda ve aynı zamanda gaz içerisinde H_2 de mevcut olduğunda CH_4 üretiminin yavaş gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu safha gaz bileşimi sabit olmakla birlikte, gaz oluşum hızı zamanla düşer. Ancak, yinede depo gazı basıncı atmosferik havanın depo içerisine girmesini engelleyecek seviyelerdedir. Bu safha, gaz miktarının yavaş yavaş azalmasıyla ortalama 10-20 yılda tamamlanır. Bu safhanın bu kadar uzun olmasının ana sebebi atık içindeki katı fazdaki organik maddelerin sıvı faza çok uzun süre içinde dönüşmesidir.

2.5. Aerobik Şartlara Geçiş Safhası

Bu safhada ayrışma prosesleri ve depo gazı üretimi önemli oranda azalır. Başlangıçtaki atmosferik şartlar yeniden etkili olmaya başlar. Bugüne kadar hiçbir çalışma atığın ayrışmasının tamamlanmasına kadar devam etmemesine rağmen, eski sahalardan elde edilen verilere dayanarak mevcut organik karbon kullanıldıktan sonra metanojenik faaliyetin azaldığı ve CH_4 ve CO_2 konsantrasyonlarının hızla düştüğü söylenebilir. Sonuçta kalan artık madde ise biyolojik olarak inert ve stabil haldedir.

3. DEPO GAZI OLUŞUMUNU ETKİLEYEN ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Depolama sahasında oluşabilecek depo gazı miktarı atığın organik madde muhtevasına bağlıdır. Diğer taraftan, atık stabilizasyonu ve CH_4 oluşumu; oksijen, hidrojen, pH, alkalinite, besin maddeleri (nutrientler), inhibitörler, sıcaklık ve su muhtevası gibi abiyotik faktörler ile atık bertarafında kullanılan farklı tekniklerden oldukça fazla etkilenmektedir.

Bu faktörlerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

3.1. Oksijen

Anaerobik bakterilerin ayrışma proseslerini gerçekleştirmesi için ortamda serbest oksijenin bulunmaması gerekmektedir. Metanojenik bakteriler, oksijene karşı çok duyarlı bakterilerdir. Oksijen depo sahasındaki atık içerisine her zaman nüfuz edebilir. Ancak depo sahası yüzeyindeki aerobik bakteriler oksijeni tüketirler. Eğer depolama sahasında katı atıklar yeterli oranda sıkıştırılmamış ve üzeri günlük olarak 15 cm. kalınlıkta toprakla örtülmemişse oksijen daha derinlere kadar nüfuz edebilir. Depolama alanında yeterli sıkıştırma ve günlük örtü işleri yapılmadığı zaman yağmur veya karla gelen oksijenli su, çöp içine sızarak aerobik biyolojik faaliyeti geliştirebilir ve sızıntı suyu miktarını artırabilir. Metanojenik bakterilerin spor oluşturan formu belirlenmemiş olmasına rağmen, metanojenik topluluklar ortama O_2 girişiyle tamamen yok olmazlar. Aerobik çamurun ve aerobik toprağın anaerobik inkübasyonu CH_4 oluşumuyla sonuçlanır.

Günlük olarak depolanan katı atıklar yeterli oranda sıkıştırılmalı ve üzeri günlük olarak örtülmelidir. Birim alanda depolanacak katı atık miktarını artırmak için depolama alanlarının kapasitesine bağlı olarak yayma, ezme ve sıkıştırma için yeterli iş makineleri kullanılmaktadır. Günlük depolanan katı atık miktarı 0-250 ton arasında ise bu alanlara küçük ölçekli işletmeler, 250 -500 ton olanlara orta ölçekli işletmeler ve 500 ve üzeri olanlara büyük ölçekli işletmeler diyebiliriz. Her bir işletme kendine uygun işletme ekipmanına sahip olmalıdır.

- Küçük ölçekli işletmeler için, katı atıkların serilmesinde ve sıkıştırılmasında küçük veya orta ölçekli traktör dozerden oluşan bir bare-bones ekipman donanımı, küçük bir çelik-tambur kompaktör, ve bir küçük veya orta ölçekli atık yükleyen/boşaltan paletli bir loder kullanılmalıdır.
- Orta ölçekli işletmeler için, orta veya ağır ölçekli traktör dozerler, küçük bir çelik tambur kompaktör ve orta veya ağır atık yükleyen/boşaltan paletli bir loder gereklidir.
- Büyük ölçekli işletmeler için çift ağırlıklı traktör dozerler, ağır küçük çelik tamburlu atık kompaktörler ve daha büyük atık yükleyen/boşaltan paletli bir loder kullanılmalıdır.

Çöp depolama alanında kullanılan kompaktörlere örnekler Şekil 2’de verilmiştir.



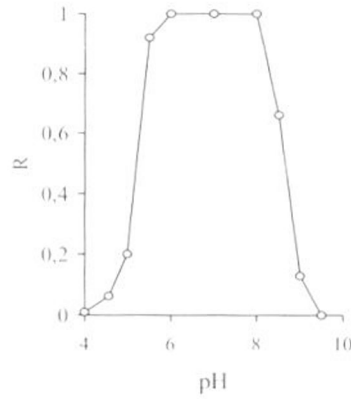
Şekil 2. Katı Atık Depolama Sahasında Çalışan Kompaktörler

3.2. Hidrojen (H₂)

H₂ fermentatif ve asetojenik bakteriler tarafından üretilir ve üretilen H₂'in basıncı biyokimyasal reaksiyonları etkiler. Fermentasyon bakterileri, H₂ basıncı düşük olduğunda H₂, CO₂ ve asetik asit üretirken, yüksek H₂ basınçlarında ise H₂ ve CO₂ üretirler. Etanol, butirik asit ve propiyonik asit gibi organik bileşikler H₂ basıncı çok yüksek değilse asetojenik bakteriler tarafından da oluşturulabilir. Propiyonik asidin oluşabilmesi için H₂ basıncının $9 \cdot 10^{-5}$ atm.'in altında olması gerekmektedir. Yani H₂ basıncı yüksek ise propiyonik (ve bütirik) asit oluşacak fakat bu bileşikler daha fazla ayrılmayacaktır. H₂, metanojenik ve sülfat indirgeyen bakteriler tarafından tüketilir, 10^{-5} atm.den düşük basınçlar, H₂ ve CO₂'den CH₄ oluşumu için uygundur.

3.3. pH ve Alkalinite

CH₄ bakterileri pH 6-8 aralığında faaliyet gösterirler. Optimum CH₄ oluşumu pH 6.5-8.0 aralığında görülmektedir. pH değerinin 6'nın altına düşmesi, CH₄ bakterileri üzerinde toksik etki gösterebilir. Yapılan çalışmalarda pH değerlerinin nötr olması durumunda atık ayrışma proseslerinin daha hızlı gerçekleştiği gözlenmiştir (Christensen ve Cossu, 1998). Şekil 3'de farklı metanojen kültürlerinin karışımı için pH'a bağlı olarak CH₄ üretim oranları (R) verilmiştir.

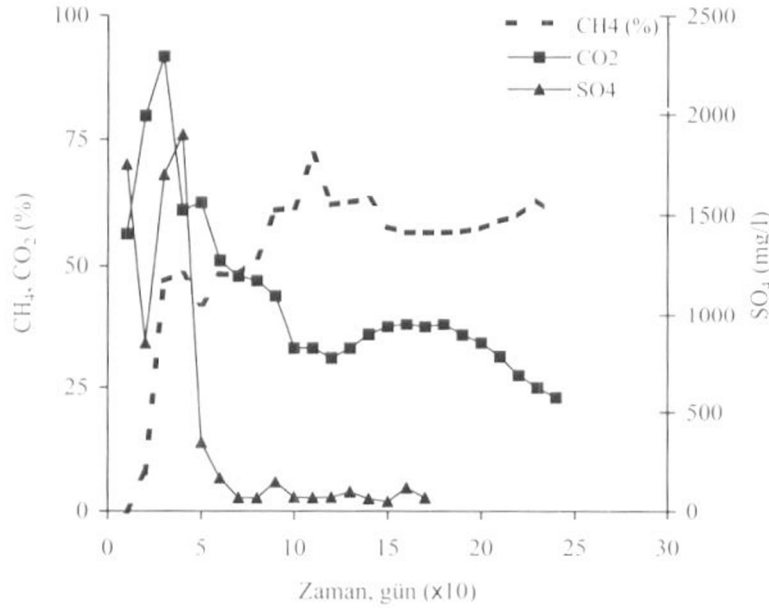


Şekil 3. Anaerobik Bir Filtrede pH'nın Rölatif CH₄ Oluşum Hızı (R) Üzerine Etkisi

Alkalinite, sistemin anaerobik ayrışma için gerekli olan pH değerinin istenen seviyenin altına düşmesine yol açan uçucu ve diğer asitleri tamponlama kapasitesini gösterir. Düşük alkalinite değerlerinde ortamdaki asitler pH değerinin düşmesine sebep olarak biyolojik aktiviteyi durdurabilirken, yüksek alkalinite değerleri sistemi düzensiz pH değişimlerine karşı korur. Alkalinitenin düşük olması uçucu yağ asitlerinin birikmesine yol açar. Evsel atıksu çamurunun anaerobik ayrışması için gerekli toplam alkalinite değeri 2000 mg/l CaCO₃ civarında olduğu belirlenmiştir.

3.4. Sülfat

Hem sülfat bakterileri hem de CH_4 bakterileri asetik asit ve H_2 'in ayrışmasını sağlarlar. Yapılan deneysel ve pilot ölçekli çalışmalar, ortamda SO_4^{2-} mevcut iken CH_4 üretiminin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Sülfat içeren atıkların düzenli depolama alanlarında depolanmasına dikkat edilmelidir. Sülfat içeren önemli atıklardan biride deri sanayi arıtma çamurlarıdır. Şekil 4'de depo gazı bileşimi ile sızıntı suyundaki SO_4^{2-} konsantrasyonlarının zamana göre değişimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, CH_4 oluşumundaki artış ile SO_4^{2-} konsantrasyonlarındaki azalma aynı anda meydana gelmektedir. Yani atık içindeki sülfat biyokimyasal ayrışmaya uğramadan (yani sülfat hidrojen sülfüre dönüşmeden) organik maddeleri metana dönüşümü engellenmektedir.



Şekil 4. Depo Sahalarında SO_4^{2-} ile Depo Gazı Bileşimi Arasındaki İlişki

CH_4 oluşumunun SO_4^{2-} ile ilişkisi, SO_4^{2-} 'in metanojenik bakteriler üzerindeki herhangi bir toksik etkisiyle bağdaştırılmamış, sadece substrat rekabetiyle ilişkilendirilmiştir. CH_4 bakterilerinin az olduğu kültürlerde SO_4^{2-} , CH_4 oluşumunu etkilemez, ancak eğer ortamda *Desulfofibrion* gibi SO_4^{2-} indirgeyen gruplar varsa, SO_4^{2-} 'in indirgenmesi çok fazla enerji gerektiren bir reaksiyon olduğundan bir sınırlandırma söz konusudur.

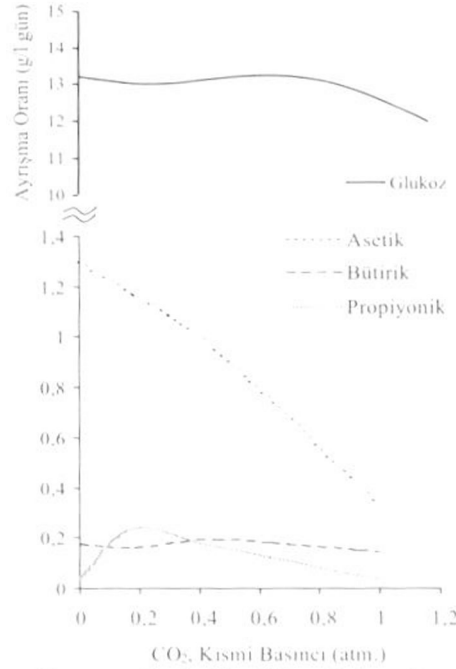
3.5. Besi Maddeleri (Nütrientler)

Anaerobik mikroorganizmalar için gerekli olan mikro nütrientlerin tamamı (sülfür, kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, çinko, bakır, molibden ve selenyum gibi) hemen hemen tüm depo

sahalarında mevcuttur. Anaerobik ekosistemlerde substratın sadece küçük bir kısmı yeni hücreler tarafından özümser, bu nedenle aerobik sistemlerden çok daha az miktarlarda azot ve fosfor gereklidir. **Organik maddeler (KOİ), azot ve fosfor arasındaki optimum oranlar; 100:0,44:0,08** olarak belirlenmiştir. Genel olarak, evsel ve endüstriyel atıkların birlikte depolandığı bir depo sahasında azot ve fosfor sınırlayıcı değildir, fakat evsel veya endüstriyel atıkların ayrı ayrı depolandığı sahalarda nutrient miktarının sınırlandırılmasına yol açabilir. Fosfor, anaerobik ayrışma prosesini sınırlandıran en önemli nütrienttir. Suyu alınmış (%65 katı madde içeren) evsel atıma çamurlarının günlük örtü olarak kullanılması bu problemi çözer.

3.6. İnhibitörler

O_2 , H_2 ve SO_4^{2-} 'in CH_4 oluşumu üzerinde bir inhibisyon etkisi olduğu bilinmektedir. Uçucu yağ asitlerinin (VFA) CH_4 oluşumu üzerine etkisi pek çok araştırmaya konu olmuştur. Asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitin toplam konsantrasyonlarının 6000 mg/L 'nin üzerinde olmaması gerekmektedir. Ayrışma proseslerinin çoğunda CO_2 üretilir. CO_2 'in CH_4 oluşumu üzerindeki inhibisyon etkisi çamur yataklı kesikli reaktörlerde belirlenmiştir. Şekil 5'de CO_2 'in kısmi basıncının asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitin ayrışma oranları üzerine etkisi verilmiştir. Asetik asitin ayrışma oranı CO_2 'in kısmi basıncından önemli ölçüde etkilenir. Depo sahalarındaki CO_2 'nin kısmi basıncı başlangıç fazlarında 0,9 atm çıkabilir ve daha sonra 0,5 atm. seviyesine düşer. Amonyumun inhibisyon etkisi serbest amonyumdan kaynaklanmaktadır ve pH'nın artmasıyla artmaktadır.



Şekil 5. CO_2 'in Kısmi Basıncına Bağlı Olarak Bazı Substratların Ayrışma Oranları

Ağır metal içeren tehlikeli katı veya sıvı atıkların düzenli depolama alanlarında depolanmasından kaçınılmalıdır. Ağır metaller bakterileri olumsuz olarak etkileyerek biyokimyasal reaksiyonları durdururlar. Bu da depolama tesisinde bulunan organik maddelerin bozunmasını engellerler.

Katı atık içinde mineral yağ ve tıbbi atık içeren atıklarında depolanması yapılmamalıdır. Bu tür maddelerde depolama içindeki biyokimyasal reaksiyonları olumsuz etkiler.

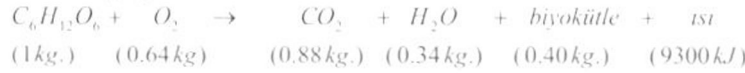
Evsel atık depolama sahalarında tehlikeli atık içeren atıklar kesinlikle depolanmalıdır.

3.7. Sıcaklık

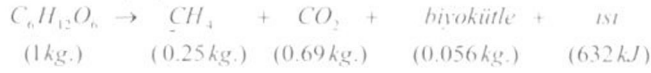
Diğer bütün mikrobiyolojik proseslerde olduğu gibi anaerobik ayrışmayı sağlayan bakteriler sıcaklıktan çok fazla etkilenmektedir. CH₄ bakterileri 40 °C civarında yaşayan bir mezofilik grup ve maksimum 70 °C civarında yaşayan termofilik bir gruptan oluşurlar.

Atıkların aerobik ve anaerobik ayrışmaları ısı veren reaksiyonlardır, ancak anaerobik ısı oluşumu genellikle ihmal edilebilir seviyededir. Buna örnek olarak glikozun aerobik ve anaerobik ayrışması verilebilir. Reaksiyonlar neticesinde anaerobik ayrışma ile aerobik ayrışmadan oluşan ısıların sadece %7'sinin açığa çıktığı belirlenmiştir.

Aerobik Ayrışma:



Anaerobik Ayrışma:



Depo gövdesinin sıcaklığı yoğunluk, yüzey alanı, nem muhtevası vb. gibi faktörlerden etkilenir. Biyolojik ayrışmanın ilk safhasında 70 °C gibi yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir. Anaerobik ayrışma safhası başladığında ise sıcaklık düşer ve 30-35 °C civarında sabit kalır. Bu sıcaklık değerleri mezofilik CH₄ bakterileri için optimum sıcaklıklardır. Sıcaklığın yükselmesi, genellikle gaz üretiminin de arttığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Hartz, biyolojik ayrışma ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi ampirik bir ifadeyle belirtmiş ve depo sahalarında metan oluşumu için optimum sıcaklığın 41 °C olduğunu belirlemiştir.

Buna göre;

$$\ln \frac{G_2}{G_1} = E_a \frac{T_2 - T_1}{RT_1 T_2}$$

olup, burada G₁ ve G₂, T₁ ve T₂ sıcaklıklarındaki (°K) gaz oluşumları; R, gaz sabiti (1.987 cal/°K/mol) ve E_a= aktivasyon enerjisini (20 kcal/mol) ifade etmektedir. Bu ifadeye göre sıcaklık arttıkça biyolojik ayrışma da logaritmik olarak artacaktır.

3.8. Nem/Su Muhtevası

Düzenli depolama alanı içindeki nem muhtevası, besî maddesi miktarıyla birlikte depo gazı oluşumunu kontrol eden en önemli faktörlerden biridir. Şekil 6'da depo gazı oluşum hızıyla atığın nem muhtevası arasındaki ilişki gösterilmiştir.

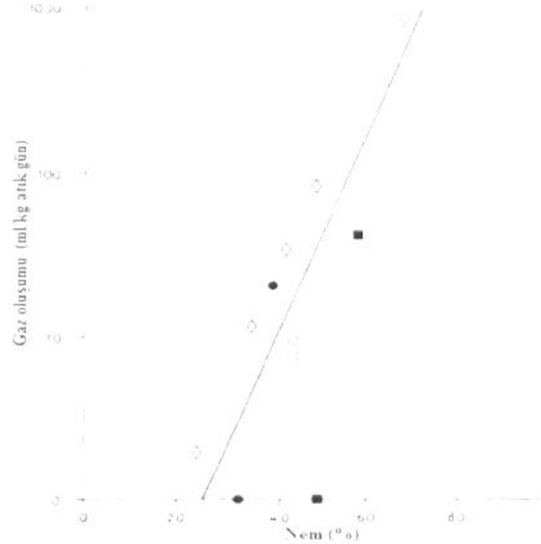
Katı atıklar depo sahalarına ilk depolandıklarında % 30-40 arasında nem muhtevasına sahiptirler. Suyu doygun olmayan atıklardan daha çok H₂ üretilirken, suya doygun atıklar daha çok CH₄ ve CO₂ oluştururlar. Birim katı atık başına oluşan depo gazı üretimi ile nem oranı arasında logaritmik bir ilişki vardır. Depo sahasında CH₄ üretiminin optimize edilebilmesi için atıkların suya doygun olması gerekir.

Steyer, depolama alanı içinde nem oranının %20-70 arasında olması halinde günlük gaz üretiminin,

$$y = 0.024 \times e^{(0.15 \times x - 11.4)}$$

eşitliği ile tespit edilebileceğini belirlemiştir. Burada,

y : cm³ depo gazı/kg kuru katı atık-gün'dür.



Şekil 6. Depo Gazı Üretim Hızı ile Nem Muhtevası Arasındaki İlişki

Şekil 6 incelendiği zaman gaz üretiminin durma noktasına geldiği görülmektedir. Depolama alanı içinde biyokimyasal reaksiyonu devam ettirmek için nem muhtevası kontrol altında tutulmalıdır. Nem muhtevası sınır değerlerinin altına düştüğü zaman sızıntı suyu depolama alanı içine enjekte edilmelidir.

Depolama alanında biyokimyasal reaksiyon artıkcı depolanacak katı atık miktarının da artacağı unutulmamalıdır.

Depolama sahasında nem yetersizliğinden biyokimyasal reaksiyon durma noktasına gelir. Organik maddelerin biyokimyasal bozunmasını hızlandırmak için depolama alanı gövdesinde yeterli oranda nem olmalıdır. Bu değer yaklaşık olarak %50 dir. Ortama sızıntı suyu uygun şartlarda verilerek nem oranı kontrol edilebilir. Böylece sızıntı suyu içindeki organik maddelerin biyokimyasal ayrışması da sağlanmış olur. Çöp depolama sahası bir biyoreaktör gibi düşünülmelidir.

Depolama sahası içinde sızıntı suyunun sağlıklı dağılmasını plastikler önler. Sızıntı suyunun depolama sahası içine nüfus edebilmesi için atıkların ön parçalama işleminden geçirilmesinde yarar vardır. Depolama sahasına gelen atıkların parçalama işlemine tabii tutulduktan sonra depolanması sızıntı suyunun depo içine daha kolay sızmasına yardımcı olur.

3.9. Dane Boyutu

Katı atık dane boyutlarının azalması biyokimyasal reaksiyonu ve gaz üretimini arttırmaktadır. Dane çapının küçültülmesi ile mikroorganizmaların organik maddeleri tüketmek için kullandığı yüzey alanı artmaktadır. Yapılan çalışmada partikül çapının 250 mm. den 10 mm. ye düşürülmesi ile gaz üretim hızının 4.4 kat arttığı belirtilmiştir.

Katı atık depolama tesislerinde atıklar depolanmadan önce parçalayıcı kullanılarak atığın dane boyutu küçültülebilir. Dane boyutu küçültülen katı atıklar daha homojen hale gelmekte, daha kolay depolanabilmekte, sıkıştırılabilmekte ve böylece daha fazla atık depolanabilmektedir. Bazı ülkeler bu sistemi uygulamaktadır. Ülkemizde de katı atıklar depolanmadan önce benzer uygulamaya geçmesinde yarar vardır. Dane boyu küçültülmüş alanlardan daha fazla gaz elde edileceği unutulmamalıdır.

4. DEPO GAZI BİLEŞENLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Katı atık düzenli depo sahalarından oluşan gazların büyük çoğunluğunu CH₄ ve CO₂ oluştursa da, yapılan çalışmalarda gaz içerisinde 170 den fazla bileşiğin olduğu belirlenmiştir. Çoğu eser miktarda olan bu gazlar kontrol edilmezse, insan ve çevre sağlığı açısından önemli problemler ortaya çıkarabilir. Bu nedenle, depo gazlarının kontrol edilmesi ve eğer mümkünse değerlendirilmesi gerekmektedir. Tipik depo gazı bileşenleri

Tablo 2’de, iz bileşenleri ve konsantrasyonları ise Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2 Tipik Depo Gazı Bileşenleri

Bileşen	Kimyasal Formül	Hacim %
Metan	CH ₄	47,4
Karbondiyoksit	CO ₂	47,0
Su buharı (25 °C'de)	-	3,0
Parafin hidrokarbonlar	-	0,1
Aromatik-siklik hidrokarbonlar	-	0,2
Hidrojen	H ₂	0,1
Hidrojen sülfür	H ₂ S	0,01
Karbon monoksit	CO	0,1
İz bileşenler	-	0,5

Tablo 3. Depo gazı içerisindeki bazı iz bileşenler ve konsantrasyonları

Bileşen	Konsantrasyon (ppb)	Bileşen	Konsantrasyon (ppb)
Metanetirol	100-44000	Terpen	100-1000
Benzen	1800-32000	Dimetilsülfid	10-1600
Trikloroetan	250-13000	Trikloroflormetan	150-150000
Etilbenzen	1-6300	Klorotrilormetan	10-2300
Diklorometan	100-260000	Kloroetan	1000-104000
Vinil klorid	500-120000	Diklorobenzen	10-26000
Pentilbenzen	100-300	Klorotoluen	1-10
Dikloroetilen	100-12000	Naptalen	10-100
Sülfürdioksit	10-5000	Metilstiren	10-3100
Dikloroetan	100-35000	Perkloroetilen	100-62000
Trikloroetan	100-60000	Dimetilsülfid	100-15000
Tetrakloroetan	600-70000	Dikloroflormetan	800-24000
Toluen	20-500000	Diklorometan	60-260000
Propil benzen	1000-25000	Tetrakloroeten	15-70000
Bütil benzen	1000-25000	Klorobenzen	100-11000
Stiren	0,5-10	Ksilen	500-115000
Karbontetraklorid	100-2100	Etilbenzen	100-61000
Sikloheksan	10-3200	Dietileter	1-6000

Düzenli depo sahalarının gerek tasarımı ve gerekse işletilmesi sırasında gerekli önlemler alınmazsa çevre sağlığı üzerinde ciddi problemler oluşturmaktadır. Depo gazlarının en önemli iki bileşeni olan CH₄ ve CO₂'in özellikleri aşağıda özetlenmiştir;

CH₄, renksiz ve kokusuz bir hidrokarbondur. CH₄ gazı depo gazının hacimce ortalama % 50-55'ini oluşturur. Yoğunluğu, depo sahasındaki sıcaklık aralıklarında 0.6-0.7 kg/m³ arasında değişir. Bu değerler atmosferik havanın yoğunluğunun hemen hemen yarısına eşit olduğundan, CH₄ rahatlıkla depo sahası sınırları dışına çıkar ve dağılır. Gaz toplama sistemiyle tutulmayan CH₄'in büyük bir kısmı atmosfere yayılır. Metan gazının önemli bir enerji kaynağı olduğu unutulmamalıdır.

CO₂, atmosferde % 0.037 konsantrasyonunda mevcuttur. Depo sahalarındaki sıcaklıklarda yoğunluğu yaklaşık 1.8 kg/m³ civarındadır. Bu değer atmosferik havanın yoğunluğunun 1.5, CH₄'in yoğunluğunun ise yaklaşık 2.8 katına eşittir. Bu sebeple, CO₂ depo sahasının alt kısımlarında hareket halindedir. Özellikle inversiyonlu günlerde ve erken sabah saatlerinde depo gazı dağılmadan depo yüzeyinde bir sis tabakası oluşturarak saatlerce kalır. Depo gazının diğer önemli bileşeni olan CO₂ patlayıcı veya zehirli olmamasına rağmen atmosferdeki CO₂ konsantrasyonları özellikle son yıllarda büyük ölçülerde artış gösterdiğinden önem kazanmış ve çevresel açıdan dikkate alınmaya başlanmıştır.

4.1. Depo Gazlarının Çevresel Etkileri

Katı atık düzenli depolama sahaları, açık havada yakma, açık sahalarda depolama gibi alternatif bertaraf yöntemlerinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırma ihtiyacından dolayı geliştirilmiştir. Depo sahaları eski uygulamaların bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmış olsa da, depo gazı oluşumu gibi yeni bir problemle karşılaşmıştır. Depo gazlarının sebep olduğu potansiyel tehlikeler bu gazların patlayıcılık, yanıcılık, toksik ve kanserojenik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Depo gazlarının sebep olduğu potansiyel tehlikeler yangınlar ve patlamalar, bitki örtüsüne zararlar, istenmeyen kokular, sahada meydana gelen çökmeler, yeraltı suyu kirlenmesi, hava kirlenmesi ve global ısınma olarak sıralanabilir.

4.1.1. Yangın ve Patlama Tehlikesi

Çöp sahalarında yangın sorunu, çöp sahaları var olduğundan bu yana vardır. Eskiden vahşi depolama sahalarında bu yangınlar istenen bir şeydi ve haşereleri ve sıçanları bertaraf etmek amaçlı bir hareketti. O zamanlar çevre bilinci henüz yaygın değildi ve dökülmüş çöplerin yanmasından nerdeyse kimse rahatsız olmuyordu. Günümüzde ise yanan çöpler, ister depo gazı kontrollü bir şekilde yakılsın, ister bir çöp sahasında istem dışı ve kontrolsüz bir şekilde yansın, pek çoğuna göre bir çevre kirliliğidir. Ancak ön işlemden geçmiş, yanmaz nitelikteki atıkların çöp sahalarında depolanması ve enerji amaçlı kullanılmasından sonra, yangın tehlikesi azalmıştır. Ancak yine evsel atık depolama sahalarında bu tehlike mevcuttur.



Şekil 7. Depolama Alanlarında Oluşan Yangınlar

CH₄ muhtevası bakımından zengin olan depo gazı, enerji kazanımı için elverişli olmasına rağmen, uçuculuğu, havayla birlikte patlayıcı özelliğe sahip olması gibi olumsuz etkilere sahiptir. Depo gazı çevreye difüzyon ve adveksiyon yolu ile yayılır. Depo gazının difüzyon ve adveksiyon yolu ile dağılımını, depo gazı oluşum miktarı ve gazın fiziksel özellikleri ile atığın permeabilitesi, depo gövdesinin sıcaklığı, nem muhtevası ve basınç değişimleri etkiler. Sahadan ayrılan depo gazı, gerekli önlemler alınmazsa depo sahasına yakın binalara ve yer altı tesislerine girer. Toprağın karakteristiklerine bağlı olarak depo gazı, depo sahasından çok uzaklara ulaşabilir.

Depo gövdesine havanın girmesiyle CH₄ ve O₂ karışımı belli bir değere ulaşarak yangın riskleri meydana gelebilir. Hava girişi, gaz toplama ve taşıma sistemlerinden aşırı şekilde hava çekilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Depolama alanında katı atık yeterince sıkıştırılmazsa çöp yüzeyinden hava katı atık içine nüfuz eder. Hava içindeki oksijen metan gazı ile kolay tutuşabilir maddelerin yardımı ile reaksiyona girer ve depolama tesisinde yangına neden olabilir. Depolanacak maddelerin alevlenebilirlik sıcaklığı 60 °C den düşük olmamalıdır. Depolama alanlarında katı atıkları yoğunlukları yaklaşık olarak 0.65-0.85 ton/m³ olacak şekilde sıkıştırılmaları tavsiye edilmektedir. Bunu yapmak için depolama sahasında yeterli miktarda çöp sıkıştırma iş makinesi olmalıdır.

- Su girdiği taktirde ekzoterm reaksiyon gösteren kimyasal maddeler nedeniyle kendiliğinden tutuşma (örneğin karpit bağları (fare zehri), ince dağılmış metal tozları (magnezyum ya da alüminyum tozları))

Depolama alanındaki hücreler günlük olarak yeterli miktarda sıkıştırılmıyor ve en az 15 ve en fazla 30 cm kalınlıkta toprakla örtülüyorsa özellikle yağmurlu günlerde depolama alanı üzerine düşen yağmur suyu depo alanı içine sızar ve çöp içine hava sızar. Yağmur suyu önemli miktarda oksijen içermektedir. Çok az miktardaki yağmur suyundaki oksijen ortamı anaerobik şartlardan aerobik şartlara dönüştürür. Aerobik şartlarda ortamda daha fazla ısıdır ve yangın çıkar. Dolayısıyla yağmur suyu depolanan çöp içine sızması gereklidir. Esas itibarıyla bu yangınlara, ekzotermik, reaksiyon gösteren kimyasal maddeler neden olur. Çuvallar, torbalar, kutular, sandıklar vs. yerlerde depolanmış ve ne oldukları bilinmeyen, bazı atıklar çöp sahasına getirilip dökülür. Yıllar ya da onlarca yıl sonra ambalajı tahrip olup da, içindeki madde su ile temas ettiğinde bir tutuşma kaynağı ortaya çıkar. Çöp sahası varlığı içerisindeki yangın yerleri amaca yönelik bir araştırma olmaksızın yıllarca tespit edilemeyebilir.

- Ayrıca yağmur suyunun çöp depolama alanı üzerinde göllenmesi önlenmelidir.

- Sıcak atıkların, kül, cüruf gibi, depolama alanına taşınıp depolanması yangına neden olur.
- Cam atıkların, güneşe dönük açık çöp şevlerinde (geçici şevler) mercek etkisi yapmasıyla yangına neden olur.
- Kolay indirgenebilir, su içerikli, organik atıklarda biyokimyasal dönüşüm proseslerine bağlı olarak kendiliğinden tutuşmaya neden olur.

Gizli yangınlar, her zaman kendiliğinden tutuşarak ortaya çıkar ve esas itibarıyla bu yangınlara, eksotermik, reaksiyon gösteren kimyasal maddeler neden olur. Çöp depolama sahası içindeki gizli yangınlarda yangının çıktığı yer kazılarak ortaya çıkartılır ve böylece yanmakta olan çöp su yada köpükle söndürülebilir. Bu amaçla bazı yangınlarda 45.000 m³'e kadar çöpün kazılarak çıkartıldığı ve söndürüldüğü görülmüştür.

Depolama alanlarında yangın genel olarak yüksek sıcaklığın olduğu ilkbahar ve yaz aylarında daha sık aralıklarla meydana gelir.

Depolama alanına kolay tutuşan atıkların dökülmesi ve depolama alanı yakınında açıkta çöp yakılması da yangına neden olur.

Söndürme hatalarından korunmak için, normalde çöp sahasında çalışan personelinin, tek kullanımlık koruyucu giysi giymesi ve AP3 koruyucu maske takması, tedbir amacıyla da cildin ve solunum yollarının muayene edilmesi ve kanser muayenesinin yapılması gerekir.

4.1.2. Yangını Fark Etmeye Yönelik Kontrol Tedbirleri

Yangını fark etmeye yönelik kontrol tedbirleri olarak öne çıkan tedbirler:

- Çöp sahasındaki tertibatlar (boru kanalları, drenaj kanalları, temel sızdırmazlığı) elyaf optiklik sıcaklık ölçümü ya da bir duyurga yardımıyla sıcaklık kontrolü Drenaj kanallarında en az her sene ölçülmesi istenen sıcaklık profilleri sayesinde sıcaklıktaki gelişmeler gözlemlenebilir ve bunlar da duruma göre başlamakta olan bir yangına işaret edebilir.
- Çöp sahası gazında (çöp sahası varlığındaki her bir gaz kolektöründe) CO ölçümleri

Çöp sahasında CO ölçümleri, çöp sahası içerisindeki gizli yangınları fark etmek bakımından çok uygundur. Çöp sahasında anaerobik biyolojik indirgeme süreçleriyle nedeni ile hiç CO bulunmaz (temel konsantrasyon $< 6 \text{ mg/m}^3$). CO, esas itibarıyla tamamlanmamış yanma süreci ile oluştuğundan çöp sahası gazı içerisindeki CO artışı çöp sahasında bir yangın yeri bulunduğu dair bir işarettir. Yangının yakınlığında çöp sahası gazında 100 mg/m^3 çok üstünde 1000 mg/m^3 'e varan CO konsantrasyonları ölçülmüştür. Gaz toplama girişlerinde ya da merkezi toplama noktalarındaki ölçümlerde CO konsantrasyonu, yangından etkilenen bölgelerden gelen gazla önemli ölçüde incelmekte ve böylelikle de son derece düşük konsantrasyonlar da gizli bir yangına işaret edebilmektedir. Bu nedenle karbon monoksit konsantrasyonu yaklaşık 15 ila 20 mg/m^3 olarak ölçüldüğü zaman yangın yeri araştırması yapılmalıdır.

- Geceleyin çöp sahası varlığının video ile denetlenmesi

Bu tedbir, özellikle de sıkça kundaqlama vakalarına rastlandığında işe yaramaktadır.

- Özellikle yangın tehlikesi altında bulunan bölgelerde kızılötesi duman uyarısı

Özellikle yangın tehlikesi altında bulunan bölgeler örneğin geçici ahşap, plastik ya da büyük çöp depolarıdır.

Yanmakta olan bir atığı çıkartırken biriktirilmiş bulunan tehlikeli bir atıktan (örneğin asbestli tozlar) doğabilecek tehlikelere uygun tedbirlerle karşı koyabilmek amacıyla, bu atıkların arazi ölçümlerinin yapılması ve haritalarının çıkartılması gereklidir. Konumlarının hızla ortaya konabilmesi için elektronik veri işlem destekli bir değerlendirme yapılması kaçınılmazdır.

4.1.3. Depo Gazlarının Bitki Örtüsüne Zararları

Depolama sahaları kapatıldıktan sonra; park, golf sahası, kültürel alanlar ve bazen de ticari alanlar olarak kullanılır. Depolama sahasında depo gazı kontrolünün olmadığı durumlarda, depo gazı konsantrasyon ve basınç farklılıklarına bağlı olarak yukarı doğru hareket ederek atmosfere ulaşabilir. Bu olaylar sırasında O_2 yer değiştirir ve bitki kökleri, yüksek konsantrasyonlarda CH_4 ve CO_2 'e maruz kalırlar.

Direkt olarak CH_4 'a maruz kalma bitki büyümesini etkilemeyebilir. Ancak CH_4 'ın oksidasyonu sırasında, topraktaki O_2 'ini azalması ve açığa çıkan ısının toprak sıcaklığını artırması bitki kökünü havasız kalmasına sebep olur. Depo gazı ve CH_4 'ın oksidasyonundan açığa çıkan CO_2 de yüksek konsantrasyonlarda (%30-45) bitkinin gelişimine zarar verebilir. Depo gazı içerisinde bulunan eser bileşikler bitki örtüsüne toksik etkiye bulunabilir. Amonyak, karbon monoksit ve hidrojen sülfür (H_2S) gibi inorganik bileşiklerin bitkilere zarar verdiği bilinmektedir. Uçucu organik asitler, halo-organik bileşikler, hidrokarbonlar ve siklik hidrokarbonlar bitkiler için çok tehlikelidir. Etilenin, 10 ppm gibi düşük seviyelerde dahi bitki örtüsüne zarar verdiği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir.

Depolama alanı kapatıldıktan ve aktif veya pasif gaz toplama sistemi ile gazlar toplanmaya başladıktan sonra üzeri yeterli kalınlıkta bitkisel toprakla örtülür. Bitkisel toprakla kapatılan depolama alanı üzerine kökleri derine gitmeyen çalı türü bitkilerle yeşillendirme yapılabilir.

4.1.4. İstenmeyen Kokular

Kokular, genellikle atmosfere yayılan depo gazı içerisinde, düşük konsantrasyonlarda kokuya yol açan bileşenlerin (esterler, hidrojen sülfür, organosülfürler, alkilbenzenler, limonen ve diğer hidrokarbonlar) bulunmasından kaynaklanmaktadır. Atık kompozisyonu, depo yaşı, ayrışma safhası, gaz oluşum hızı ve depo sahasındaki mikrobiyal popülasyonların yapısı gibi faktörlere bağlı olarak depo gazlarından kaynaklanan kokunun derecesi değişmektedir. Kokuya sebep olan eser miktardaki bileşenlerin çoğu toksik olabilir. Kokuların depo sahası sınırlarının dışına çıkması hava şartlarıyla (rüzgar, sıcaklık, basınç, nemle) yakından ilgilidir.

4.1.5. Depo Sahalarında Meydana Gelen Çökmeler

Depo sahasında meydana gelen çökmelerin nedenleri arasında, atıkların sızıntı suyu içerisinde çözünmesi, atığın yeterince sıkıştırılmamış olması, yüzeye yakın bölgelerdeki yangınlar sayılabilir. Çökmelerin büyüklüğü ve önemi, öncelikle atığın kompozisyonuna, işletme şartlarına ve atığın ayrışma oranına bağlıdır. İşletme sırasında meydana gelen çökmeler, genellikle depolama sırasında ya da depolama tamamlandıktan kısa bir süre sonra meydana gelmektedir. Atığın ayrışmasından kaynaklanan uzun süreli çökmeler ise saha kapatıldıktan birkaç yıl sonra meydana gelir ve gittikçe azalan oranlarda devam eder. Ortalama olarak atığın ayrışmasıyla meydana gelen çökmeler, depo sahasının toplam kalınlığının %15'ini oluşturmaktadır.

4.1.6. Yeraltı Suyu Kirliliği

Yüksek konsantrasyonlarda CO₂ içeren depo gazları, bu gazın yüksek çözünürlüğe sahip olmasından dolayı yeraltı suyunu önemli derecede asidik yapma potansiyeline sahiptir. Ayrıca depo gazındaki eser miktardaki toksik gazların da hava ve yeraltı suyu kaynaklarına ciddi zararlar verebileceği belirlenmiştir. Literatürde düzenli depo sahalarından uzak mesafelerdeki yeraltı sularında vinilklorür ve diğer uçucu hidrokarbonların belirlendiğine dair çalışmalar mevcuttur. Ayrıca katı atık içinde bulunan ağır metallerde zamanla çözünerek yeterli sızdırmazlığı sağlanmayan depolama alanlarında yer altı suyuyla karışır.

4.1.7. Hava Kirliliği

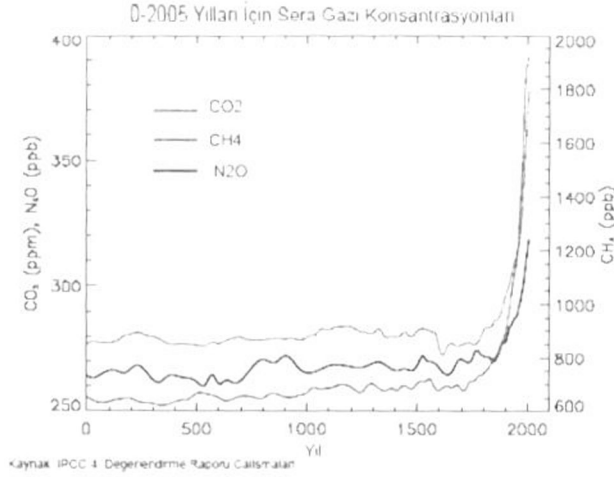
CH₄ ve CO₂, depo sahalarında oluşan gazların en büyük iki bileşeni olmasına rağmen, depo gazları insan ve çevre sağlığına olumsuz etki yapabilecek eser miktarda bileşenler ihtiva ettiği değişik çalışmalarda ifade edilmiştir. Depo sahalarından çıkan uçucu organik bileşiklerin (VOC) emisyonları $4 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ kg/m²/gün arasında değişebilir.

Depo gazında bu kimyasal maddelerin de bulunması evsel katı atıklarla birlikte endüstriyel atıkların da depolanması veya kaçak depolama sonucu meydana gelmektedir. Eser gaz emisyonlarından kaynaklanan en önemli tehlikeler hava kirliliği ve halk sağlığı üzerine etkileridir. VOC emisyonlarının kanser riskini artırdığı ve ozon tabakasına zarar verdiği bilinmektedir. Bunun yanında eser gazlar, metanojenlerin büyümesini inhibe ederek CH₄ oluşumunu etkileyebilir. Ayrıca bu gazlar, gaz toplama sistemlerinde korozyona sebep olabilirler.

4.1.8. Global Isınma

Depo sahalarından çıkan CH₄ ve CO₂ emisyonları global ısınmaya veya sera etkisine katkıda bulunurlar. CH₄ moleküler ölçekte global ısınmaya karbon dioksitten 21 kat daha fazla etki yapmakta ve diğer gazlara nazaran atmosferde kalma süresi daha uzun olmaktadır. CO₂ ve su buharından sonra infrared ışınlarını tutan üçüncü önemli gaz CH₄'dir. Her bir CH₄ molekülü, bir CO₂ molekülünün absorblayabileceği infrared fotonlarının 21 kat daha fazlasını absorblayabilir. Ancak, atmosferde 83 kat daha az miktarda CH₄ molekülü bulunduğundan,

CH₄'ın sera etkisi CO₂'nin sebep olduğu sera etkisinin 1/4'ü kadardır. Atmosferde yıllara göre sera gazları değişimi Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Sera Gazları Konsantrasyonunda Tarihsel Gelişimi

Atmosferdeki CH₄ konsantrasyonlarının son yıllardaki artışı, global CH₄ kaynaklarının karakterizasyon çalışmalarının daha kapsamlı yapılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Atmosferik CH₄ konsantrasyonlarının yılda ortalama % 1-2 oranında arttığı belirlenmiştir. Toplam global ısınmanın yaklaşık %18'ine CH₄'ın sebep olduğu belirlenmiştir. Bu değer yılda yaklaşık 500 milyon tona karşılık gelmekte ve bunun da 40-75 milyon tonu depo sahalarından kaynaklanmaktadır. Depo gazı bertaraf edilmedikçe veya enerji amaçlı kullanılmadıkça, nüfus artışı ve şehirleşmenin artmasına bağlı olarak katı atık depo sahaları atmosferik CH₄ konsantrasyonlarının önemli kaynakları arasında yerini koruyacaktır.

5. DEPO GAZI MİKTARININ HESAPLANMASI

Depolama alanına yerleştirilken katı içindeki biyokimyasal olarak bozunabilir organik maddeler zamanla anaerobik şartlarda bozunarak depo gazı oluştururlar.

LandGEM (EPA) modeli, katı atık düzenli depo sahalarından oluşabilecek, hava kirliliğine yol açan gazların emisyon miktarlarının tahmininde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Model birinci derece bir bozunma reaksiyonuna dayanmaktadır. Modelde depo gazının yarı yarıya metan ve karbondioksitten oluştuğu kabul edilmiş, bununla birlikte çok düşük konsantrasyonlardaki diğer kirlençiler de göz önünde bulundurulmuştur. Herhangi bir katı atık düzenli depo sahasından oluşabilecek emisyonların tahmin edilebilmesi için şu bilgilere ihtiyaç vardır:

- Depo sahasının dizayn kapasitesi (depo sahasında bertaraf edilebilecek toplam katı atık miktarı),
- Depo sahasında günümüze kadar depolanmış atık miktarı veya sahanın ortalama yıllık atık depolama kapasitesi
- Metan oluşum hızı (k),
- Potansiyel metan üretim kapasitesi (L_0),
- Depo sahasının kaç yıldır kullanıldığı,
- Evsel katı atıklarla birlikte tehlikeli atıkların da sahada depolanıp depolanmadığı

Modelde kullanılan denklem temel bir birinci derece bozunma denklemi olup

$$Q_{CH_4} = L_0 * R * (e^{-kt} - e^{-kt'})$$

şeklinde dir. Burada;

- Q_{CH_4} = t anındaki metan üretim hızı, ($m^3/yıl$),
 L_0 = potansiyel metan üretim kapasitesi, ($m^3 CH_4 / ton$ atık),
 R = depolama ömrü boyunca yıllık depolanan atık miktarı, ($ton/yıl$),
 k = metan üretim hızı sabiti, ($yıl^{-1}$)
 c = saha kapatıldıktan sonraki yıl sayısı, (yıl) (depolama devam ediyorsa $c=0$),
 t = depolamanın ilk başladığı yıldan beri geçen süreyi, (yıl), göstermektedir.

Bu modelde en önemli parametreler metan gazı oluşum sabiti (k) ve metan gazı oluşum potansiyeli (L_0) dir. Modelde emisyonların hesaplanması iki farklı standarda göre tasarlanmış ve bunun seçimi kullanıcıya bırakılmıştır. Bunlardan biri CAA (Clean Air Act) yönetmeliklerinin uygulanabilirliği esasına dayanmaktadır ve bu sette k değeri $0,05\ yıl^{-1}$ ve L_0 değeri $170\ m^3/ton$ atık olarak kabul edilmiştir. AP-42 olarak adlandırılan (US EPA Compilation of Air Pollutant Emission Factors) ikinci standartta ise $k = 0,04\ yıl^{-1}$ ve $L_0 = 100\ m^3/ton$ atık kabul edilmiştir. Meksika’da yapılan bir çalışmaya göre LFG oluşma sabiti $0,0606\ yıl^{-1}$ olarak tesbit edilmiştir. Bu değer daha önce tesbit edilen $0,066\ yıl^{-1}$ değeri ile uyumludur. Bu değerlerin tamamı kullanıcıya göre değiştirilebilmekte ve bunların yerine deneylerle elde edilen veriler kullanılabilir. Modelde ayrıca sahanın kapanacağı yıla kadar depolanacak atık miktarı otomatik olarak hesaplanmakta ve kalan süreye eşit bir şekilde dağıtılmaktadır.

İstanbul düzenli depolama alanlarındaki katı atık için yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 1 gr kuru organik atığın ortalama metan oluşma potansiyeli 0,32 litre olarak belirlenmiştir. Bu değer ıslak çöp ağırlığına oranlandığında metan oluşma potansiyeli yaklaşık $40\ m^3$ metan/ ton atık değeri elde edilir. Modelde metan üretim potansiyeli (L_0) olarak bu değer kullanılmıştır.

Metan oluşma hız sabiti, k, çöp depolama alanında çöpten oluşan metan gazı oranını belirler. k için birim $yıl^{-1}$ dir. k değerinin yüksek olması metan gazı oluşumunun başlangıçta çok hızlı olduğunu ve zamanla azaldığını gösterir. k değeri, aşağıdaki parametrelerin bir fonksiyonudur. 1. atık içindeki nem miktarı, 2. metan gazı oluşturmak için besin maddesi mevcudiyeti, 3. pH ve sıcaklıktır. A.B.D. çöp depolama alanlarından elde edilen verilere göre k değeri 0,003 ila 0,21 $yıl^{-1}$ arasında değişmektedir. Meksika modelinde k değeri için spesifik bir değer

bulunamamışsa k değeri için bir varsayım kullanılabilir. Aşağıdaki Tablo 4’de bölgedeki yıllık yağış miktarı esas alınarak k değeri tesbit edilmiştir.

Tablo 4. Metan Oluşum Hız Sabiti (k)

Yıllık Yağış (mm/yr)	k (yıl başına)
0 - 249	0.040
250 - 499	0.050
500 - 999	0.065
en az 1000	0.080

Teorikte, çöpten potansiyel metan oluşma kapasitesi, L_0 , değeri çöp depolama alanında bulunan katı atığın özelliğine bağlıdır. Çöp içinde selüloz içeriği yüksek atık varsa L_0 değeri yüksektir. Pratikte, kuru iklimlerde teorik L_0 değerine ulaşamaz. Çünkü depolama alanındaki nem eksikliği metan oluşumunu sağlayan bakterilerin aktivitesini engeller. US EPA çalışmalarına göre teorik ve elde edilebilir L_0 değeri 6.2 ile 270 m³/ton katı atık arasında değişir. Mevcut çöp depolama alanı için bir değer tesbit edilmemişse varsayım dayanan değer kullanılır. Varsayım dayanan L_0 değeri çöp depolama bölgesinde yağış rejimine bağlı olarak tesbit edilebilmektedir. Yağış miktarına bağlı olarak L_0 değeri değişimi Tablo 5’de verilmiştir.

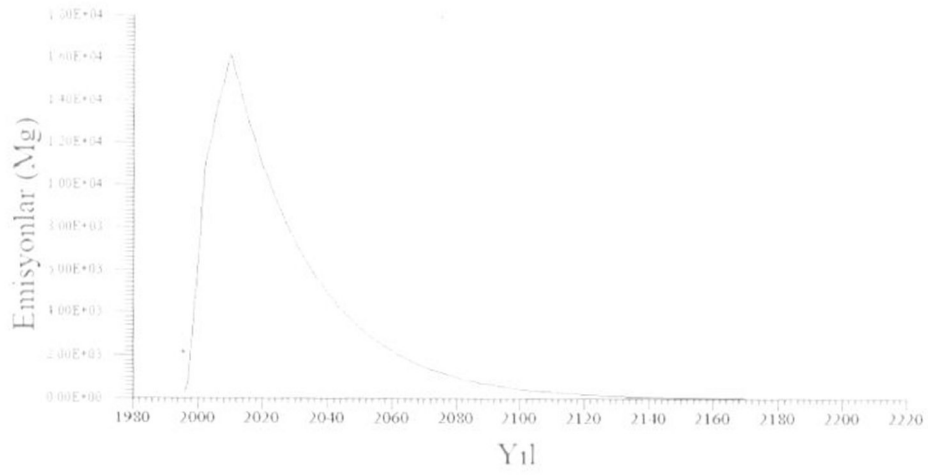
Tablo 5. Potansiyel Metan Oluşma Kapasitesi (L_0)

Yıllık Yağış (mm/yıl)	L_0 (m ³ /ton)
0 - 249	60
250 - 499	80
En az 500	84

Ahmet Demir ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmaya göre “Avrupa yakasında yer alan Ödayeri Katı Atık Düzenli Depo Sahası’nın kapasitesi 20.000.000 ton olup günümüze kadar bu kapasitenin yaklaşık yarısı kullanılmıştır. Sahanın 2010 yılına kadar Avrupa yakasının katı atıklarının bertarafında kullanılabileceği düşünülmektedir. Şekil 9’de EPA Modeli’nin Ödayeri Katı Atık Düzenli Depo Sahası için uygulanması sonucu elde edilen metan üretim grafiği görülmektedir. Elde edilen yıllık değerler toplandığında reaksiyonun hemen hemen tamamlandığı süre sonunda sahadan elde dillecek toplam metan miktarının 820.000.000 m³ civarında olacağı görülmektedir.

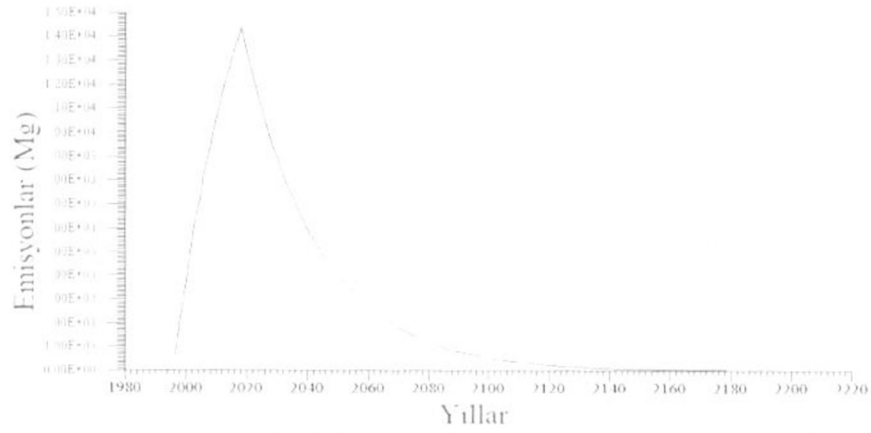
Anadolu yakasının katı atıklarının bertaraf edildiği Kömürcüoda Katı Atık Düzenli Depo Sahası’nın kapasitesi de yaklaşık olarak 20.000.000 tondur. Aneak atık miktarları daha az olduğu için sahanın ömrü daha uzun olacaktır. Sahanın 2018 yılına kadar katı atık bertarafında kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu verilerle EPA Modeli sahaya uygulandığında meydana gelecek metan miktarı Şekil 10’da verilmiştir. Buradan elde edilecek toplam metan miktarı da yaklaşık 816.000.000 m³ civarındadır.”

Projelendirilmiş Metan Emisyonları



Şekil 9. Odayeri Katı Atık Düzenli Depo Sahası için EPA Modeli Sonuçları

Projelendirilmiş Metan Emisyonları



Şekil 10. Kömürcüoda Katı Atık Düzenli Depo Sahası için EPA Modeli Sonuçları

Şekil 9 ve 10'den görüldüğü gibi, oluşacak CH_4 'ın büyük bir kısmı sahanın işletmede olduğu son yıllarda ve bunu takip eden yaklaşık 20-30 yılda ortaya çıkmaktadır. Şekil 9 ve 10'e göre 2000-2040 yılları arasında İstanbul'daki Odayeri ve Kömürcüoda Katı Atık Düzenli Depo Sahaları'ndan oluşacak metan miktarları Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6. Odayeri ve Kömürcüoda Katı Atık Düzenli Depo Sahalarından 2000-2040 yılları arasında oluşacak CH₄ miktarları

Yıllar	Oluşan Metan Miktarları (m ³ /yıl)		Yıllar	Oluşan Metan Miktarları (m ³ /yıl)	
	Odayeri Depo Sahası	Kömürcüoda Depo Sahası		Odayeri Depo Sahası	Kömürcüoda Depo Sahası
2000	9.703.000	5.638.000	2021	15.700.000	19.110.000
2001	12.960.000	7.077.000	2022	15.090.000	18.360.000
2002	16.110.000	8.386.000	2023	14.500.000	17.640.000
2003	17.290.000	9.478.000	2024	13.930.000	16.950.000
2004	18.430.000	10.530.000	2025	13.380.000	16.290.000
2005	19.520.000	11.540.000	2026	12.860.000	15.650.000
2006	20.580.000	12.500.000	2027	12.350.000	15.030.000
2007	21.590.000	13.430.000	2028	11.870.000	14.440.000
2008	22.560.000	14.330.000	2029	11.400.000	13.880.000
2009	23.490.000	15.190.000	2030	10.960.000	13.330.000
2010	24.380.000	16.010.000	2031	10.530.000	12.810.000
2011	23.430.000	16.800.000	2032	10.110.000	12.310.000
2012	22.510.000	17.570.000	2033	9.717.000	11.830.000
2013	21.630.000	18.300.000	2034	9.336.000	11.360.000
2014	20.780.000	19.000.000	2035	8.970.000	10.920.000
2015	19.960.000	19.680.000	2036	8.618.000	10.490.000
2016	19.180.000	20.330.000	2037	8.281.000	10.080.000
2017	18.430.000	20.950.000	2038	7.956.000	9.682.000
2018	17.710.000	21.550.000	2039	7.644.000	9.303.000
2019	17.010.000	20.700.000	2040	7.344.000	8.938.000
2020	16.340.000	19.890.000	Toplam	624.139.000	587.282.000

Tablo 6'den, 2040 yılına kadar Odayeri Depo Sahası'nda 624.139.000 m³ (780.173,8 ton dizel); Kömürcüoda Depo Sahası'nda ise 587.282.000 m³ (734.102,5 ton dizel) metan oluşacağı görülmektedir. Bu miktar enerji kaynağı ve sera gazı etkisi bakımından önemlidir.

Her iki çöp depolama alanında oluşan gazın pratikte yaklaşık olarak %50 sinin kazanılabileceğini unutmayalım. 1m³ metanın 0,8 litre dizel yakıtına eşdeğer olduğu düşünülürse bu kadar önemli miktarlardaki metanın değerlendirilmesinin gerekliliği açıkça görülmektedir.

Saf metan gazının ısı değeri;
33,810 kJ/m³ dir.

Her iki depolama alanında 2008 yılında 36,890,000 m³ (24,790 ton diesele eşdeğer) metan gazı oluşacağı tahmin edilmektedir. Bu değeri saatlik değere dönüştürülürse 4200 m³/saat metan gazı salınacaktır.

$$33,810 \text{ kJ} \times 4,200 \text{ m}^3 \\ = 142,002,000 \text{ kJ}$$

Elde edilen gaz içten yanmalı motorda enerji üretimi için kullanılacaksa bu motor 13,650 kJ metan gazından bir kilowatt enerji üretir. Bunun anlamı depolama tesislerinin kW olarak metan oluşturma kapasitesi 10,403 kW'dır, ve 2008 yılı kWh değeri; 10,403 x 8,760

$$= 91,130,280 \text{ kWh}$$

$$= 91,130 \text{ megawatt saat (MWh)}$$

İstanbul'da her iki depolama alanından yılda teorik olarak yaklaşık 91,130 MWh enerji üretilmektedir. Pratikte depolama alanlarından elde edilen gazın ancak yarısı elde edilebileceği için gerçekte 45 565 MWh elektrik enerjisi üretilir. Bir ailenin yılda 2400 kWh enerji tüketimini kabul edecek olursa, 19 000 ailenin (95.000 nüfuslu bir şehrin) bir yıllık enerji ihtiyacının sağlanacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. California Waste Management Board, (1989), Volume 1, "Landfill Leachate Monitoring and Control Systems", Procedural Guidance Manual for Sanitary Landfills.
2. Christensen, T.H., Cossu, R., (1998), "Basic Processes in Landfills", Proceedings of the International Training Seminar on Management and Treatment of MSW Landfill Leachate, CISA-Sanitary Environmental Engineering Centre, 2-4 December 1998, Cagliari, Italy
3. Eaton, D., Jones, S.R., Patterson, L.M., Pennington, D.G., Roberti, D.A., Chandler, R.E., (1999), "A Guide to the Revegetation and Environmental Restoration of Closed Landfills", California Environmental Protection Agency, Integrated Waste Management Board.
4. El-Fadel, M., Findikakis, A.N., Leckie, J.O., (1997) "Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling", Journal of Environmental Management, 50:1-25.
5. Gardner, N., Manley, B.J.W., Pearson, J.M. (1993). Gas emissions from landfills and their contributions to global warming. Applied Energy, 44, 165-174.
6. Gendebien, A., Pauwels, M., Constant, M., Damanet, M.J., Nyns, E.J., Willumsen, H.C., Butson, J., Fabry R., Ferrero, G.L. (1992), "Landfill Gas: From Environment to Energy", Commission of the European Communities, Final Report, Luxembourg.
7. Gujer, W., and Zehnder, A. J. B., (1983), "Conversion processes in anaerobic digestion", Wat. Sci. Tech., Vol. 15, No. 8/9, pp. 127-167.
8. Lisk, D.J., (1991), "Environmental Effects of Landfills", The Science of the Total Environment, 100: 415-468.
9. Nastev, M., (1998), "Modelling Landfill Gas Generation and Migration in Sanitary Landfills and Geological Formations", PhD Thesis, Département de Géologie et de Génie Géologique, Faculté Des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec.
10. Pohland, F.G., Kim, J.C., (2000), "Microbially Mediated Attenuation Potential of Landfill Bioreactor Systems", Water Science and Technology, 41:3, 247-254.

11. Reinhart, D.R., Al-Yousfi, A.B., (1996), "The Impact of Leachate Recirculation on Municipal Solid Waste Landfill Operating Characteristics", Waste Management and Research, 14, 337-346.
12. Speece, R.E., (1996), "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters", Archae Press, Nashville, Tennessee, USA.
13. Stegmann, R., Spendlin, H.H., (1985), "Research Activities On Enhancement Of Biochemical Processes In Sanitary Landfill", Water Pollution Res.J.Can., 4:2,572-591.
14. Steyer, E., Hilgsmann, S., Radu, J.P., Charlier, R., Destain, J., Drion, R. and Thonart, P., (1999), "A Biological Pluridisciplinary Model to Predict Municipal Landfill Life", Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium CISA-Sanitary Environmental Engineering Centre, 4-8 October, Cagliari, Italy.
15. Wall, D.K., Zeiss, C. (1995). "Municipal landfill biodegradation and settlement", Journal of Environmental Engineering, ASCE, 121: 214-224.
16. A.Demir ve Arkadaşları (2002). 'Katı Atık Düzenli Depo Sahalarında Oluşabilecek CH₄ Miktarının Tesbiti', *GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 06-08 Haziran 2002, şanlıurfa*.

TEřEKKüRLER

Bu çalışmada büyük emeği geçen Yıldız Teknik  niversitesi, evre Mühendisliği Bölümü  ęretim  yesi, Yardımcı Doç. Dr. M. Sinan BİLGİLİ'ye teşekkür ederim.