

İKİ FAZLI BİYOGAZ ÜRETİM TESİSLERİNDE GAZ ÜRETİMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER

Gülşay ŞERİT,** K.Süleyman YİĞİT,* Mustafa GÜNDÜZ,** R. Bilal ŞENGÜN** ve Özgür TORAMAN**

**İZAYDAŞ Atık ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş – Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
İzmit – 41600 Kocaeli, gulay.serit@izaydas.com.tr

*Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü
İzmit- 41400, Kocaeli, kyigit@kocaeli.edu.tr

Özet:

Oksijensiz Çürütme ile biyogaz üretimi yapılan tesislerde üretilen biyogazın miktarı ve büyük bir bölümünü oluşturan metan konsantrasyonu tesis verimliliği için en önemli veridir. Biyogaz miktarı ve içeriğindeki metan konsantrasyonu arttıkça sistemin verimli çalıştığı söylenebilir. Biyogaz üretim verimi ve kalitesini belirleyen önemli girdi parametreleri Karbon Azot Fosfor oranı (C/N/P), Uçucu Organik madde yüzdesi (UOM), atık suların Kimyasal Oksijen ihtiyacı (KOl), Hidrolik Bekleme Süresi(HBS), Organik Yükleme Hızı (OYH), sülfürlü bileşiklerin, iz elementlerin, toksit maddelerin miktarları gibi büyüklüklerdir. Çürütme süreci kontrol ve verimliliği açısından ise sıcaklık, kütle, basınç, debi, seviye, gaz konsantrasyonu, pH, alkalinite, ölçümleri önem arz etmektedir. Bu bildiriye, Biyogaz üretim sürecini etkileyen unsurlar ele alınmış, Kocaeli Üniversitesi ile birlikte Kocaeli Büyükşehir belediyesine bağlı İzaydaş'ta kurulan 5 m³ kapasiteli Ar-Ge amaçlı biyogaz üretim tesisinde doğrudan sistemde kontrol edilen parametrelerin ölçüm teknikleri ve sistem otomasyonu hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar kelimeler:Biyogaz sistemlerinde kontrol, ölçme .

GİRİŞ

Oksijensiz biyogaz üretim süreçlerinde karmaşık organik bileşiklerin metan gazına dönüştürülmesinde, çeşitli tür ve özellikle mikroorganizma grupları yer almaktadır. Bu karmaşık organiklerin oksijensiz ortamda ayrıştırılması; *Hidroлиз, Asit üretimi ve Metan üretimi* olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşama olan *hidroлиз* kademesinde, katı veya çözünmüş halde olan yağ, polisakkarit, protein ve nükleik asit gibi karmaşık organik maddeler daha basit yapıya dönüştürülür. Hidroлиз hızını etkileyen en önemli faktörler pH, ve sıcaklıktır. Yağ, selüloz ve lignin gibi hidroлиз hızı yavaş olan maddeler içeren organik hammaddenin oksijensiz ortamda parçalanmasında hidroлиз kademesi hız sınırlayıcıdır. *Asit* üretimi olan ikinci kademede ise asetojenik bakteriler birinci kademe hidroлиз ürünlerini asetik, bütirik, izobütirik, valerik ve izovalerik asit gibi ikiden daha fazla karbonlu yağ asitlerine dönüştürürler. Üçüncü aşama olan *metan* üretimi kademesinde de diğer iki kademede oluşan ürünler metan üreten bakterilerce metan gazına dönüştürülür. Metan üretimi yavaş bir süreç olup oksijensiz parçalamada hız sınırlayıcı safhadır. Metan, asetik asidin parçalanması ve/veya H₂ ile CO₂'in sentezi sonucu üretilir. Oluşan metanın yaklaşık %30'u H₂ ve CO₂'den, %70'i ise asetik asidin parçalanmasından oluşmaktadır. Hidrojenden metan oluşumu, hidrojenin elektron vericisi ve karbondioksitin elektron alıcısı olarak kullanılması ile gerçekleşmektedir. Asetattan metan oluşumu ise,

sindirme reaksiyonları sonucu asetatin metil grubundan metanın, karboksil grubundan da karbondioksitin oluşması ile gerçekleşmektedir. Bu karmaşık ve birbirlerine etki eden organizmalar literatürde temel olarak asit bakterileri ve metanojenler olarak tanımlanmaktadır. (Öztürk, 2005).

BİYOGAZ TESİSLERİNDE PROSES KONTROLÜ

Organik atıklardan oksijensiz ortamda biyogaz üretim sürecinde birçok faktör biyogaz verimini etkilemektedir. Bunlar; C/N/P oranı, Kuru madde miktarı (KMM), Uçucu organik Madde miktarı (UOM), Hidrolik bekleme süresi (HBS), Organik yükleme hızı (OYH) Toksik maddeler, Sıcaklık, pH, Alkalinite gibi faktörlerdir. (Grady, C.P.L., vd, 1999). Başarılı işletmeye alma aşaması ve uygun işletilme ile anaerobik sistemler mikrobiyolojik olarak dengeye gelir ve istikrarlı verimler elde edilir. Bu dengenin kurulması öncelikle uygun aşımın kullanılmasıyla olur. Daha sonra, işletmeye alma süresince organik asit oluşumunun ve pH'nın sürekli ölçülmesi gereklidir (Rittmann, B.E vd.,2001).

C/N/P Oranı

Tüm organik maddeler, hayvan gübreleri, insan atıkları, v.b. belli oranlarda karbon, azot, oksijen ve diğer elementer unsurları içerirler. Organik maddelerdeki karbon, oksijensiz ortam

bakterilerinin enerji ihtiyacı için gereklidir. Karbondan başka en önemli besin maddeleri azot ve fosfordur. Azot ve fosfor bakterilerin büyümesi ve çoğalması için gereklidir. Metabolik işlemler için gerekli C/N/P oranı bakteriler için ideal olarak 100-130/4/1 civarında olmalıdır. C/N/P oranı kontrol altında tutulması gereken bir büyüklüktür. Organik maddelerin analiz sonuçlarına göre hangi maddeden ne kadar yüküneceğine karar verilir.

Hidrolik Bekleme Süresi

Hidrolik bekleme süresi (HBS), sindirici içinde, organik maddelerin bakteriler tarafından çürütülmesi sonucu biyogaz üretmesi için gerekli süre olarak tarif edilir. Sindirici içindeki bazı organik maddeler tam olarak biyokimyasal reaksiyona girdiğinde zamanla gaz üretimi azalmaya başlar. Seçilen hidrolik bekleme süresi içinde besin maddelerinin %70-80 oranında biyokimyasal reaksiyona girerek bertaraf olduğu kabul edilir. Biyogaz tesislerinde işletme sıcaklığına bağlı olarak hidrolik bekleme süresi (HBS) 20 ile 120 gün arasında değişir. Sürekli beslemeli sistemlerde, bakterilerin reaktörlerden kaçmasını önlemek ve bakterilerin iki katına çıkmasını temin için HBS süresi daha uzun seçilebilir. Hidrolik bekleme süresi yeterli olmazsa reaktörden bakteriler daha hızlı kaçır ve uçucu yağ asidi konsantrasyonu artar. Bu da biyogaz üretiminin düşmesine neden olur. Sindirim tam olarak gerçekleşmez (Öztürk, 2005).

Organik Yükleme Hızı

Organik yükleme hızı, birim hacim (m^3) biyo sindiricilere günlük olarak beslenen organik madde miktarı olarak tarif edilir. Oksijensiz biyogaz üretim tesislerinde bakteriler organik yükleme hızına karşı oldukça hassastırlar. Organik yükleme hızı yüksek olduğunda biyo sindirici içinde asit birikmesi olur ve pH düşer. pH'nın düşmesi metanojenik bakterilerin faaliyetlerini olumsuz yönde etkiler. Bu da gaz üretim hızını düşürür. Hatta durdurur. Benzer şekilde organik besleme hızı düştüğü zaman gaz üretim hızı düşer.

Sıcaklık

Oksijensiz biyogaz sistemlerinde; **Psikofilik** sıcaklık aralığı 12-20 °C, **Mesofilik** sıcaklık aralığı 20-40 °C, **Termofilik** sıcaklık aralığı 40-65 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık aralığında metan gazı üretmek mümkündür. Metan üretim süreci, Psikofilik sıcaklıklarda çok uzun, Mesofilik sıcaklık aralığında orta, termofilik şartlarda ise süreç kısadır. Ancak Termofilik süreç için gerekli olan ısıtma enerjisi de o oranda yüksektir. Bu nedenle biyogaz tesislerinde 35-37 °C aralığındaki Mesofilik sıcaklık aralığı genellikle tercih

edilmektedir. Sindiricilerdeki sıcaklığın ani olarak değişmesi gerek asetojen, gerekse metan bakterilerinin faaliyetlerini olumsuz yönde etkiler. Bu da biyo kimyasal reaksiyonu yavaşlatır. Metan oluşturuvcu bakteriler sıcaklık değişimine karşı çok hassastırlar. Biyo sindiricilerde biyokimyasal reaksiyon esnasında sıcaklık dalgalanması Psikofilik şartlarda ± 2 °C/saat, Mesofilik şartlarda ± 1 °C/saat, Termofilik şartlarda ± 0.5 °C/saat aralıkları korunmalıdır.

pH ve Alkalinite

Oksijensiz biyogaz üretim tesislerinde pH temel proses kontrol parametrelerindedir. Metanojenler pH değişimine hassastırlar ve buna bağlı olarak da, metan üretimindeki aktivasyonları değişiklik göstermektedir. Metan gazının hidrojen veya asetik asit kullanılarak meydana gelme yüzdeleri pH değişimi ile farklılık gösterir. Özellikle devreye giriş sırasında, ara ürün olarak uçucu yağ asitlerinin oluşması ortamın pH değerini düşürmektedir. Ayrıca organik yükün artması da pH düşümüne yol açmaktadır. Metan üreten bakterilerin aktivasyonu için en uygun pH aralığı 6,8 ile 7,4 olduğundan, sistemde pH ölçümü yapılmalı kritik durumlarda organik yük azaltılmalı veya tampon maddesi ilavesi ile pH dengelenmelidir.

Tamponlama kapasitesi genellikle alkaliniteye bağlıdır. Alkalinite CO_2 ve HCO_3 (bikarbonat) iyonlarının dengesi olup pH'daki ani ve kalıcı düşümlere tamponlama etkisi yapar. Dolayısıyla tamponlama kapasitesi bikarbonat iyonlarıyla orantılıdır. Reaktörün kararsız halinin tespiti için pH'ya göre daha güvenilir bir parametre olup, uçucu yağ asitlerinin oluşumuyla pH düşümü tamponlama kapasitesi kadar engellenecek veya gecikecektir.

Yetersiz tamponlama kapasitesinin artması için yapılacak en kolay yöntem organik yükleme miktarının düşürmek yada kuvvetli baz ve karbonat tuzu eklenmesidir. Baz eklenmesiyle CO_2 gaz ortamından ayrıştırılarak HCO_3 (bikarbonat)'e dönüştürülür veya bikarbonat direkt olarak eklenebilir (Guwy ve diğ., 1997). Direkt bikarbonat eklenmesi daha doğru olacaktır çünkü CO_2 'nin bikarbonata dönüşümü gaz dengesi açısından zaman alan bir işlemdir.

H₂S Kontrolü

Oksijensiz biyogaz sistemlerinde elde edilen biyogazın bileşenleri %60-75 metan, %40-25 karbondioksit, az miktarda H₂S ve diğer gaz bileşenleridir. Bu bileşenlerden özellikle H₂S istenmeyen zararlı bir gazdır. Sülfatların indirgenmesi veya proteinlerin parçalanması sonucu ortaya çıkan H₂S hem toksik, hem de korozif niteliktedir. Ayrıca, gazdaki H₂S istenmeyen kötü kokulara neden olmaktadır. Biyogazın yakılması

durumunda H₂S'nin SO₂'ye oksitlenmesi ile koku problemi azalmaktadır. Ancak, bu durumda da hava kirletici parametre olan SO₂ meydana gelmektedir. Bu nedenle, biyogaz tesislerinde H₂S oluşumu her zaman ölçülmeli ve kontrol altında tutulmalıdır.

Toksosite

Mineral iyonlar, ağır metaller ve deterjanlar anaerobik biyogaz tesislerinde, mikro organizmaların büyümelerini engelleyerek toksik etki yaparlar. Az miktarda mineral iyonlar (sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, amonyum ve kükürt) bakterilerin büyümleri geliştirirken ağır metaller ve amonyum bakteriler üzerinde toksik etki yapar. Benzer şekilde bakır, nikel, krom, çinko, kurşun gibi ağır metaller çok düşük yoğunluklarda bakterilerin gelişmesinde olumlu etki, yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etkisi yaparlar.

PROSESİN İZLENMESİ VE KONTROLÜ

Biyogaz üretiminin verimli olabilmesi için biyogaz tesisinin sürekli izlenmesi ve kararsızlıklara karşı gerekli tedbirlerin zamanında alınması gerekir. Etkili bir işletme ve izleme sonucu, yüksek verimli biyogaz üretiminin sağlanması, metana dönüşüm oranının yüksek olması ve olabildiğince az atığın oluşması gibi yararlı sonuçlar elde edilir. Proses kontrolünün amacı biyogaz tesisindeki düzensizliklerin mümkün olan en erken sürede tespit etmektir. Tesiste süreç kontrolü bakımından dikkatle izlenmesi gereken parametreler Tablo 1'de verilmektedir. Prosesin izlenmesi amacıyla, bu parametrelere ilaveten özellikle sindirici içindeki karışımın ve deşarj edilen organik gübrenin de analiz edilmesi gereklidir.

Tablo 1: Biyogaz üretim tesislerinde izlenmesi faydalı büyüklükler

Besleme	Sindirim süreci	Gaz depolama, filtrasyon
C/N/P oranı	Sıcaklık	CH ₄
KM yüzdesi	pH	CO ₂
UOM yüzdesi	Uçucu Yağ asitleri	O ₂
KOİ	KM yüzdesi	N ₂
OYH	Alkalinite	CO
pH	Seviye	H ₂ S
Kütle	Kütle	Gaz debisi
Sülfür	Debi	Basınç
Amonyak	Sülfür	
Genel tuzlar	Amonyak	
Toksit maddeler	Genel tuzlar	
İz elementler	İz elementler	
	Toksit maddeler	

ANALİZ EDİLEN VE ÖLÇÜLEN BÜYÜKLÜKLER

Kocaeli Üniversitesi ile birlikte Kocaeli Büyükşehir Belediyesine bağlı İzaydaş'ta kurulan 5 m³ kapasiteli Ar-Ge amaçlı iki fazlı biyogaz üretim tesisinde aşağıda belirtilen ölçüm ve kontrol uygulamaları yapılmaktadır.

Girdi analizleri:

Sindiricilere yüklenecek organik materyallerin Toplam Kuru Madde Oranı (TKM) Uçucu Organik Madde Oranı (UOM), Toplam Organik Karbon (TOC) mg/kg, Toplam Kjedral Azotu (TKN) mgN/kg, Toplam Fosfor (TP) mg/kg, pH, Yoğunluk(kg/m³), hazırlanan karışımda ise bunlar ile birlikte engelleyiciler ve iz elementlerin analizleri yapılmaktadır.

Ölçüm sistemleri:

a) Kütle Ölçümü

Organik materyalin yüklendiği ve su ile karışımın hazırlandığı karıştırıcı ünitesinde kütle ölçüm sistemi kullanılarak istenen karışım oranı sağlanmaktadır. Aynı zamanda karıştırıcının maksimum ve minimum seviye emniyeti iletkenlik seviye sensörleri ile kontrol edilmiştir.

b) pH Ölçümü

Sindirici içerisindeki materyalin pH ölçümü online yapılmaktadır. Ölçüm noktası olarak, pH sensörü örnek tesiste sirkülasyon pompası çıkış hattına monte edilerek hem 1. sindirici hem de 2. sindiricide sıvısının pH ölçümünün yapılması sağlanmıştır.

c) Sıcaklık Ölçümü

Sindiricilerde sıcaklık ölçümünde, düşük sıcaklıklarda termocupplara nazaran daha doğru değerler verdikleri, değer değişimi doğrusala daha yakın oldukları için rezistans termometre (Pt 100) kullanılmıştır. Pt 100 bilgisinin ortamdaki elektriksel yüklerden ve kablo direncinden dolayı ölçüm hatalarını önlemek amacıyla direnç /akım dönüştürücüsü ölçüm elemanının bağlantı kafasına monte edilmiştir. Sindirici içindeki sıcaklık ölçümünde Pt 100 elemanları direk montajdan kaçınılmış dış koruyucu kılıf (termowell) içerisine daldırılmıştır.

d) Akış Ölçümü

Biyogaz tesisinde pompa çıkış hattında elektro manyetik tip debimetre kullanılmıştır. Elektriksel iletkenlik değeri 5 microS/cm değerinden yüksek olan sıvıların hacimsel akışlarının ölçülmesinde kullanılan elektro manyetik debi ölçerden anlık debi, toplam debi yüksek/düşük debi alarmı scada programında izlenmiştir.

Gaz akış ölçüm sisteminin belirlenmesinde en etkili parametreler hattın çapı, gaz ihtivası ve çığlenme noktasıdır. Biyogaz içerisindeki H₂S nedeniyle gaz debisi filtrasyon ünitesinden sonra ölçülmüştür.

e) Basınç Ölçümü

Pompa emiş ve basma hatlarında manometre kullanılmıştır. Manometreler transfer sıvısının partikül içerdiği göz önünde tutularak tıkanmalara, aşınmaya karşı dayanımı yüksek metalden diyaframlı tip seçilmiştir.

Pompa basınç hattına pompa emniyeti için metal diyaframlı basınç anahtarı konulmuş uygun basınç aralığına ayarlanmıştır ve pompanın otomasyonu ile ilişkilendirilmiştir.

Gaz basınç ölçümü için aynı şekilde metal diyaframlı tip basınç sensörü kullanılmıştır. Sensör ömrünün uzun olması için metal diyafram PTFE ile kaplı seçilmiştir.

f) Seviye Ölçümü

Sindirici 2 tankın üst yapısı membran olduğundan (gaz depolama için), üstten seviye ölçümü sızdırmazlık sorunları getireceğinden tank seviyesi için fark basınç ölçüm sistemi kullanılması uygun görülmüştür. Fark basınç sensörü paslanmaz çelik diyafram tip seçilmiştir. Aynı zamanda sıvı seviyesinin üzerinde oluşan gaz fazının basıncı fark basınç sensörü düşük basınç hattına uygulanmıştır. Dip çamurundan kaynaklı bloajları engellemek amacıyla sensör yüzeyini su ile yıkama devresi kurulmuştur.

Transfer pompası emiş hattındaki taş tutucu filtreye seviye kontrolü yapılarak tam dolu sinyali alınmış, pompa otomasyonu ile ilişkilendirilerek sindiricilere hava girmesi engellenmiştir.

g) Gaz Analizörü

Sindirici 1, Sindirici 2 ve filtrasyon gaz çıkış hatlarından portatif gaz analizörü ile günlük gaz konsantrasyon ölçümleri yapılmaktadır. Ölçülen gaz bileşenleri CH₄(%), CO₂(%), O₂(%), N₂(%), CO(ppm), H₂S(ppm)' ve LEL(%) dir.

SİSTEM OTOMASYONU, SİSTEM PARAMETRELERİNİN SCADAN İZLENMESİ VE KONTROLÜ

Arge amaçlı Biyogaz tesisinin otomasyonu Siemens S7300 PLC ile yapılmıştır. SCADA ekranı Win CC programı kullanılarak oluşturulmuş ve Şekil 1'de görülmektedir. Scada ekranı atık hazırlama grubu, Sindirici-1, Sindirici-2, organik gübre tankı, transfer üniteleri, ısıtma sistemi, H₂S filtrasyon sistemi, motor-jeneratör, sıcak su eşanjöründen oluşmaktadır. Sindiricilere yüklenecek organik materyallerin girdi analizlerinden çıkan sonuçlara göre eklenmesi gereken su miktarı Scada atık hazırlama ekranına girilir. Günlük besleme miktarı

operatör tarafından atık karıştırıcıma konulduktan sonra tüm proses otomasyon sistemi doğrultusunda çalışmaktadır. Atık hazırlama ünitesinde besleme yapılacak ürüne su eklemesi, organik gübre tankından sıvı eklemesi kütle ölçüm sistemine göre yapılmaktadır. Besleme öncesi tam karışım sağlamak için belli bir süre ürün, karıştırılmaktadır. Sindirici 2 deki hidrolik bekleme süresi dolmuş günlük besleme miktarı kadar ürün gübre tankına gönderilmekte, gönderilmiş miktar kadar ürün Sindirici 1 den Sindirici 2 ye transfer edilmektedir. Diğer adımda atık hazırlama ünitesinde karışım sürecini tamamlamış ürün taş-ku m tutucu filtreden geçirilip atık oluşum ve toplama süreçlerinden kaynaklı inorganik materyalin ayrıştırılması sağlanarak Sindirici 1 e yüklenmektedir.

Sindiriciler Mesofilik şartlarda 37 °C de çalıştırılmakta, ısıtma, sindiricilerin iç cidarlarında ki serpantinler ve karıştırıcı shaftların içerisinde sıcak su sirkülasyonu yapılarak sağlanmaktadır. Isıtma sistemi otomasyonu 2 noktadan alınan sıcaklık bilgisinin aritmetik ortalaması alınarak on-off kontrolle yapılmaktadır. Sindirici maksimum 37 °C ±1 °C/gün hassasiyetinde tutulur. Isıtma sistemi devrede iken mekanik karıştırma otomatik olarak başlar ve ürünün sıcaklık dağılımının her noktada eşit olması sağlanır.

Sindirici-1 de seviye anahtarlarından alınan bilgi transfer pompa ve vanaların otomasyonunda kullanılmakta, Sindirici-2 de ürün seviyesi fark basınç sistemine göre ölçülüp, aynı ölçüm sistemi kullanılarak seviye ve karışımın kütlesi Scada ekranında görülmektedir. Transfer işlemleri hesaplanmış kütle üzerinden yapılmaktadır. Sıvı gübre tankının seviyesi on-line izlenmektedir.

Sindiricilere ürün beslemesi tamamlandıktan sonra hidrolik karıştırma devreye girmekte ve içerilerindeki ürünün homojen karışımı sağlanmaktadır. Hidrolik karıştırma esnasında on-line ürünün pH'sı izlenmekte ve ölçüm sonuçlarına göre gerekli durumlarda tamponlama yapılarak, pH 6,8 -7,4 arasında tutulmaktadır.

Sindirici 1 ve 2 de, biyogazın basıncı on-line ölçülerek scada yazılımında izlenmekte ve toplanan biyogazın basıncı emniyet sınırını aştığında filtrasyon sistemi üzerinden deşarjı sağlayacak otomasyon sistemi devreye girmektedir.

Tüm izlenen parametreler için scada izleme yazılımında alarm, trend kontrol sayfası hazırlanmıştır. Oluşturulan trend kontrol sayfasıyla sistem parametrelerinin biyogaz üretim miktarına ve verimine etkisi izlenmektedir.

SONUÇ:

Biyogaz üretim tesislerinde tesisin verimli çalışabilmesi için sıcaklık, basınç, kütle, seviye pH, alkalinite, gaz debisi gibi proses büyüklüklerinin ölçülmesi ve kontrol edilmesinin yanında organik maddenin yüklenme öncesinde, sindirim işlemi sırasında ve sonrasında kimyasal analizlerinin yapılması önemlidir. Bu ölçüm ve analizlerin tamamı Ar-Ge amaçlı biyogaz tesisleri için gerekli büyüklüklerdir. Ancak bu büyüklüklerin ölçülmesi ve kontrol edilmesi ayrı ayrı maliyet getirmektedir. Hayvan gübreleri, evsel, tarımsal, endüstriyel organik atıklar, atık sular gibi geniş yelpazede organik materyaller ile çalışabilen farklı tasarım yapılarındaki oksijensiz sindirim tesislerinde ise hammadde özelliklerine ve tesisin çalışma prensiplerine göre verimli çalışmanın sağlanması için hangi büyüklüklerin ölçüleceği ve kontrol edileceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Kocaeli Üniversitesi ile birlikte İzaydaş ta kurulmuş olan Ar-Ge amaçlı 5 m3 kapasiteli biyogaz üretim tesisinde pilot çalışma için seçilmiş olan organik materyaller ile yapılan deneme çalışmalarının sonuçlarına göre gereklilikleri karşılayan analiz, ölçme ve kontrol parametreleri belirlenecektir.

Kaynaklar:

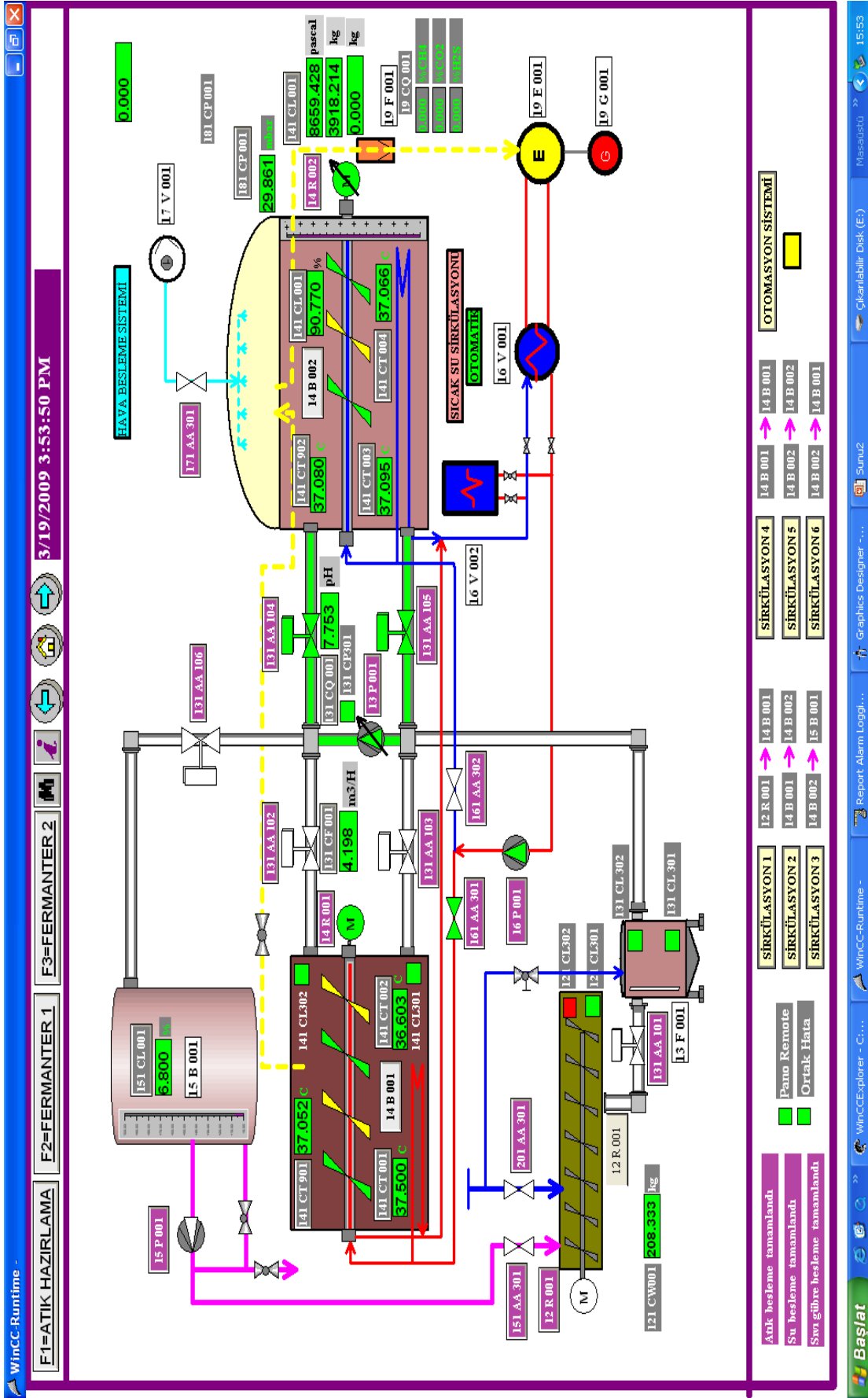
Öztürk, İ., Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, s. 11-46, Su Vakfı Yayınları, İstanbul. 1999.

Öztürk, İ., Hayvan Gübresinden Biogaz Üretimi Çevre Ve Orman Bakanlığı yayınları, 2005

Rittmann, B.E. and McCarty, P.L., 2001. Environmental Biotechnology: Principles and Applications, pp. 570-596, McGraw-Hill, Inc., New York.

Grady, C.P.L., Daigger, G.T. and Lim, H.C., 1999. Biological Wastewater Treatment, pp. 619, 626, 630, Marcel Dekker, Inc., New York.

Guwy A J, Hawkes F R, Wilcox S J and Hawkes D L, 1997, Neural Network and On-off Control of Bicarbonate Alkalinity in a Fluidised bed Anaerobic Digester, Water Research. 31, (8), 2019-2025



Şekil 1: İki Fazlı Biyogaz Üretim Tesisi Scada Ekranı