

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİYOGAZ REAKTÖRLERİNİN OLUŞTURULMASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

ÖZET

Fosil olmayan organik kütle olarak tarif edilen biyokütle, ülkemizdeki potansiyeli açısından bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Anaerobik yani oksijensiz ortamda fermentasyonla biyogaz elde edilmesi de biyokütle potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Organik atıkların anaerobik fermentasyonu ile elde edilen biyogaz hacimsel olarak %50-70 oranında metan gazı içermektedir. Aynı zamanda fermentasyon sonucu arta kalan ürünler de kaliteli ve ekolojik gübre olarak kullanılmaktadır. Anaerobik fermentasyonla elde edilen biyogazın miktarı ve kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden birisi de fermentasyon sıcaklığıdır. Ülkemiz açısından en verimli olduğu değerlendirilen mezofilik fermentasyon sıcaklık bölgesinde çalışan reaktörlerin 35-38°C arasındaki bir sıcaklık değerinde minimum salınımla sabit tutulması gerekmektedir. Özellikle kış aylarında bu sıcaklığı sağlamak için ayrı bir ısıtma desteğine ihtiyaç vardır. Güneş enerjisi potansiyelimiz göz önüne alınarak, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde oluşturulan biyogaz reaktörleri güneş enerjisi destekli tasarlanmıştır. Bu çalışmada, bu tip reaktörlerin gerek tasarımında gerekse işletilmesinde karşılaşılan sorunlar ortaya konmaya çalışılmış ve çözüm yolları önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: güneş enerjisi, anaerobik fermentasyon, biyogaz reaktörü, mezofilik

GİRİŞ

Enerji sorunlarının yaşamın bir parçası haline geldiği günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik araştırmalara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Aynı zamanda fosil yakıtların çevre kirliliğine neden olması ve enerji ihtiyacının artmasına karşılık fosil kökenli rezervlerin azalması alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi daha da önemli hale getirmektedir. Bu çerçevede dünya genelinde ve özellikle Avrupa'da gerek endüstriyel, gerekse enerji amacına yönelik modern biyokütle teknolojisi de hızla gelişmektedir. Dünya birincil enerji tüketiminin 2020 yılında 11,4-15,4 milyar TEP arasında olması beklenmektedir. 2020 yılında dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarından yapılacak üretimin 2,3-3,3 milyar TEP sınırlarında olacağı tahmin edilmektedir. Dikkat edilecek olursa, 2000'li yıllarda dünya enerji bütçesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji talebi içindeki payı minimum %3-4, maksimum %8-12 dolayında olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı açısından ise, modern

biyokütle enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarının toplamının %45'i oranında önemli bir yer tutacağı belirtilmektedir [1,2]. Gelişmekte olan ülkelerde, tarımsal üretimden arta kalan hayvansal ve bitkisel artıkların tarım topraklarına gübre olarak verilmesini sağlamak, kırsal kesimin enerji ihtiyacının bir bölümünü karşılamak ve ayrıca çevre sağlığını korumak amacıyla biyogaz üretimi önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde biyogaz potansiyelinin ise 1,4–2 Mtep/yıl düzeyinde olduğu belirtilmektedir [3]. Bu kapasite ülkemizin toplam enerji ihtiyacını karşılayabilecek bir kaynak değildir. Ancak 2 Mtep göz ardı edilemeyecek bir kaynak olmasının yanı sıra biyogaz eldesi ile; bu enerjiyi sağlamak için kullanılan yakıtların yarattığı kirliliğin yok edilmesi, atıkların değerlendirilerek çevreye olan zararlı etkilerinin giderilmesi, toprak verimliliğinde artışa neden olacak fermente olmuş gübrenin elde edilmesi önemli getirilerdir. Bu tesislerin ülkemiz imkanları ile kurulmasının getireceği sosyal ve ekonomik yararlar göz önüne alındığında biyogazın önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Biyogaz üretiminde hammaddeden, çevre ve fermentasyon koşullarına kadar birçok faktör gaz üretiminde etkilidir. Bunlara bağlı olarak seçilen biyogaz reaktörü tipi de gaz üretimini etkileyecek en önemli unsurlardan birini oluşturmaktadır. Burada öncelikli olarak mevcut koşul ve olanaklarla en çok gaz üretebilecek ve üretimi ekonomik olarak gerçekleştirebilecek reaktör tipinin saptanması gereklidir. Yapılan çalışmalar, yeterli verimin alınamaması veya biyogaz üretimine geçilememesinin önemli nedenlerinden birisinin reaktör sıcaklığının istenilen seviyede tutulamaması olduğunu ortaya koymaktadır. Fermentasyon süresince karışım sıcaklığının sabit tutulması her ne kadar üretimin yalıtılmasıyla gerçekleştirilmeye çalışılsa da, sıcaklığın düşük olduğu kış aylarında gaz üretimi çok yavaşlamakta ya da tamamen durmaktadır. Sürekli ve verimli bir gaz üretimi sağlamak için uygun şekilde planlanmış, entegre ısıtma sistemli reaktörlere gereksinim vardır. Reaktörün ısıtılmasında biyogazın kullanılması durumunda, iklim koşullarına ve seçilen sisteme bağlı olarak elde edilen gazın önemli bir kısmı harcanmaktadır. Bu nedenle reaktörün ısıtılması, oldukça önemli potansiyele sahip olduğumuz diğer bir yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi ile sağlanabilirse, biyogaz üretiminde kullanılan enerji azalacak ve sistem etkinliği artacaktır. Ancak biyogaz üretiminde güneş enerjisinin kullanılması bazı tasarım ve işletim sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Burada önemli olan, bu kriterlerin de göz önünde bulundurularak sistemin optimum olarak tasarlanmasıdır.

BİYOĞAZ VE BİYOĞAZ REAKTÖRLERİ

Biyogaz

Biyogaz organik atıkların oksijensiz ortamda fermente edilmesi sonucu oluşmaktadır. Bu gazın diğer bir adı bataklık gazı veya çamur gazıdır. Bu işlemin yapıldığı tepkime tanklarına/reaktörlerine “havasız çürütücü” ya da “sindirici” adları da verilmektedir. Sistemde

esas olarak oluşan olay polimer maddelerin monomerlere veya daha küçük ünitelere parçalanmasıdır.

Doğal şartlar altında yanabilen gazların olduğu ilk olarak 1776'da Volta tarafından açıklanmıştır. İlk biyogaz reaktörü 1895 yılında İngiltere'de çalıştırılmaya başlanmıştır.

Genel olarak biyogazın içinde hacimsel olarak %60-75 oranında Metan (CH₄), %20-35 oranında Karbondioksit (CO₂) ve geriye kalan yaklaşık %5 oranındaki gazların içerisinde Hidrojen, Azot, Amonyak, Hidrojensülfür, Oksijen, Karbonmonoksit, uçucu yağlar ve su bulunmaktadır. Biyogazın üretim aşamasını üç ana faza ayırabiliriz:

- • Sıvılaştırma (Likifikasyon) Evresi
- • Asitleştirme (Asidifikasyon) Evresi
- • Gazlaştırma (Metan) Evresi

Havasız çürütücülerde anaerobik bozunmaya uğrayan karbonhidrat, protein ve yağlardan oluşan organik maddeler; asit oluşturan bakterilerin hücre dışına salgıladıkları enzimlerle hidrolize uğrarlar. Bu hidroliz sonunda küçük moleküllü şekerler, amino asitler ve yağ asitleri ile gliserin meydana gelir. Anaerobik fermentasyon ortamında oluşan bu ara hidroliz ürünleri, suda çözünebildiği için bu evreye sıvılaştırma (likifikasyon) evresi denilir. Bundan sonra anaerobik mikroorganizmalar, ortamda çözünen bu organik maddeleri besin olarak kullanarak ürerler. Bu sırada uzun zincirli yağ asitleri daha küçük moleküllü yağ asitlerine dönüşürler. Düşük molekül ağırlıklı alkollere ve organik asitlere dönüşüm gözlenir. Bu evreye asitlendirme (asidifikasyon) evresi adı verilir. Bu evrede oluşan formik asitin (HCOOH) büyük bir kısmı dönüşüme uğrayarak ortama hidrojen ve karbondioksit gazı verir. Üçüncü evrede ise metan oluşturan bakteriler tarafından CH₄ ve CO₂ meydana gelmektedir [4].

Bu süreçler sonucunda oluşan biyogazın en önemli bileşeni olan Metan gazının ısı değeri 8900 kcal/Nm³ dür. Bileşimindeki metan oranına bağlı olarak biyogazın ısı değeri ise yaklaşık 5000–6200 kcal/Nm³ arasında değişmektedir. Biyogazın ısı değeri, diğer gaz yakıtların ısı değerleriyle Tablo 1'de karşılaştırılmaktadır.

Tablo **Hata! Yer işareti tanımlanmamış..** Değişik Gaz Yakıtların Isıl Değerleri

GAZ	ISIL DEĞER (kcal/Nm ³)
METAN	7920 – 9450
BIYOGAZ	4776 – 6208
DOĞAL GAZ	9289 – 19438
PROPAN	19438 – 22972
BÜTAN	25623 – 30041

Diğer yakıtların, 1 Nm³ biyogazın ısı değerine karşılık gelen (ortalama 5500kcal) hacimsel oranları Tablo 2’de görülmektedir [5].

Tablo **Hata! Yer işareti tanımlanmamış..** Değişik Yakıtların 1 Nm³ biyogaza eşdeğer hacimsel oranları

YAKIT	HACİM ORANI
DİZEL	0,62
PETROL	0,70
LİKİT BÜTAN	0,87
DOĞAL GAZ	0,57

Metan tek başına renksiz ve kokusuzdur. Fakat biyogazın bileşiminde bulunabilen hidrojen sülfür gazı hafif çürük yumurta kokusu verir. Ancak yanma esnasında koku kaybolur. Üretilen biyogazın kullanılmadığı esnada, gaz taşıyıcı sistemde kaçak olup olmadığı bu kokudan kolaylıkla anlaşılır. Biyogaz is yapmayan, temiz ve mavi alevle yanar. Gün ışığında alevi görmek güçtür.

Anaerobik fermentasyonda bekletme süresine, atıksu ve artık maddelerin türüne, pH ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak oluşan mikroorganizmalar topluluğunun yapısına göre üç değişik sıcaklık bölgesi mevcuttur;

-

Psikrofilik Fermentasyon (5-25°C) : Bu bölgede çalıştırılan çürütücülerin dışarıdan ısıtılmasına gerek yoktur. Bu tür fermentasyona neden olan bakteriler hayvan gübresinde yaşayamazlar. Bu sistemlerde çürütme hızı çok yavaş olup ortalama bekletme süresi 100-300 gün arasındadır.

Mezofilik Fermentasyon (25-38°C) : En çok uygulanan sıcaklık bölgesidir. Bu tesislerde anaerobik bakteriler doğal olarak kendiliğinden ürer ve üreme hızları sıcaklıkla artar. Bu fermentasyon bölgesinde çalışan biyogaz reaktörlerinin en büyük avantajı, yaz aylarında ayrı bir ısıtma sistemine gerek duymamasıdır. Bekletme süresi 20-40 gün arasında değişir.

Termofilik Fermentasyon (50-60°C) : Fermentasyon hızı daha yüksek, dolayısıyla bekletme süresi daha kısadır. Fakat bu tip çürütücülerin, ısı değiştiricilerin yardımıyla yapay olarak ısıtılması zorunludur. Bu da biyogaz üretim maliyetlerinin yükselmesine neden olur [4].

Biyogaz Reaktörleri

Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler genel olarak iki grupta toplanmaktadır:

- • Kesikli besleme sistemleri
- • Sürekli besleme sistemleri

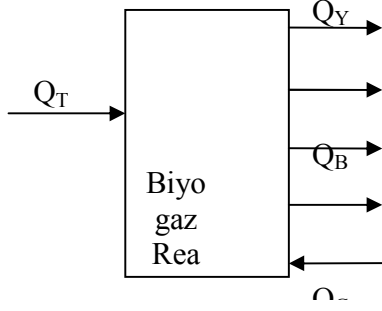
Kesikli besleme sistemlerinde reaktör başlangıçta biyogaz elde edilecek malzeme ile doldurulur ve biyogaz elde edilinceye kadar beklenir. Kullanılan malzemeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekletme süresi değişmektedir. Bekletme süresi sonunda reaktör boşaltılarak yeniden doldurulur.

Sürekli beslemeli sistemde doldurulmuş olan reaktörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Böylece sürekli ve düzenli bir şekilde gaz elde edilmiş olur.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİYOGAZ REAKTÖRÜNÜN TASARIMI

Biyogaz Reaktörünün Isı Kayıpları :

Biyogaz reaktörüne ait ısı enerji dengesi Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Biyogaz Reaktörü Isıl Denge Şeması

Q_T = Biyogaz reaktörünü istenilen sıcaklıkta tutabilmek için gerekli toplam enerji miktarı

Q_Y = Biyogaz reaktörünün yüzeylerinden oluşan ısı kaybı

Q_B = Buharlaşma yoluyla ısı kaybı

Q_G = Reaktörü terk eden biyogazla oluşan ısı kaybı

Q_M = Besleme hammaddesinin reaksiyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı

Q_R = Reaksiyon sırasında açığa çıkan ısı kazancı

Reaktörün ısı ihtiyacı aşağıdaki gibidir [6,7,8]:

$$Q_T = Q_Y + Q_B + Q_G + Q_M - Q_R \quad (1)$$

Hesaplamalarda,

$$Q_B + Q_G - Q_R \cong 0 \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Bu durumda toplam ısı ihtiyacı,

$$Q_T = Q_Y + Q_M \quad (3)$$

olur. Biyogaz reaktörü yüzeylerinden oluşan ısı kaybı aşağıdaki formülle bulunur:

$$Q_Y = A \cdot K_T \cdot \Delta T \quad (4)$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A , toplam ısı geçiş katsayısı K_T , reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT olarak verilmiştir. ΔT hesaplanırken bölgesel iklim verileri dikkate alınır. Emniyet bakımından binaların ısı kaybı hesabında yararlanılan minimum dış sıcaklık verileri hesaba dahil edilmelidir.

Besleme hammaddesinin reaksiyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı da aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Q_M = M \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (5)$$

Burada M besleme hammaddesinin kütlesi, C_p özgül ısısı, ΔT reaksiyon sıcaklığı ile besleme hammaddesinin sıcaklığı arasındaki farktır.

Hesaplamalar sonucunda biyogaz reaktörünün günlük ısı enerjisi ihtiyacı belirlenir. Genellikle bu değer mezofilik bölgede çalışan reaktörlerde, iklim koşullarına ve reaktör malzemesine bağlı olarak günlük elde edilen biyogazın %15-30 arasında bir miktarının harcanmasına neden olmaktadır.

Hesaplanan ısı enerjisi ihtiyacına göre, bölgesel güneş ışınım şiddeti, güneşlenme süresi, kullanılacak güneş kolektörlerinin çalışma değerleri göz önüne alınarak gerekli kolektör yüzey alanı belirlenir. Burada önemli olan güneş ışınımının olmadığı ve dış hava sıcaklığının en düşük düzeye indiği gece koşulları için enerjinin depolanmasıdır. Bu hesaplamada günlük ortalama ışınım şiddeti, kolektör ve ısı değiştiricisi verimi kullanılır. Isı depolama genellikle sıcak su akümülyasyon tankı veya boyler ile gerçekleştirilir. Yapılacak ısı kaybı hesabına boyler yada akümülyasyon tankından oluşacak kayıpların da eklenmesi gerekmektedir.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİYOGAZ REAKTÖRLERİNİN TASARIMINDA VE İŞLETİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Güneş enerjisi destekli biyogaz reaktörlerinin tasarımı ve işletilmesinde karşılaşılan sorunları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Güneş Enerjisinin Süreksizliği : Bilindiği gibi güneş ışınımı gün boyunca sürekli değildir. Geceleri hiç ışınım olmamasının yanında gündüzleri de ışınım şiddeti saatlere göre değişiklik göstermektedir. Bulutluluk oranına göre de yararlanılabilen güneş ışınımında büyük dalgalanmalarla karşılaşılmaktadır. Oysa reaktör için gerekli ısı ihtiyacı sürekli dir. Bu durumda güneş enerjisinin depolanması zorunlu hale gelmektedir. Güneş enerjisinin depolanmasında genel olarak suyla ısı enerjisi depolama yöntemi kullanılır [9]. Bunun için sisteme optimum büyüklükte sıcak su akümülyasyon tankı veya boyler ilave edilir. Ayrıca oluşabilecek pik yük karşılama yetersizliğine karşı yardımcı ısıtıcıların sistem tasarımında göz önüne alınması gerekmektedir. Genellikle bu sorunun giderilmesinde otomatik kontrol elemanlarıyla birlikte elektrikli rezistans veya ortamda bulunan bir ısı üretim ünitesi kullanılmaktadır.

Ani Sıcaklık Değişimi : Güneş enerjisi destekli biyogaz reaktörlerinde karşılaşılan önemli sorunlardan birisi de, reaktör ısı değiştiricisine gönderilen yüksek sıcaklıktaki akışkanın sebep olduğu ani sıcaklık değişimleridir. Bu değişimler metan üreten bakteriler üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Özellikle ısı kayıplarının az ve güneş ışınım şiddetinin yüksek olduğu yaz aylarında akümülatör tankında bulunan suyun sıcaklığı yükselmektedir. Bu sıcaklığın giderilmesi için sisteme otomatik kontrol elemanlarının eklenmesi ve sistem tasarımında değişikliğe gidilmesi gereklidir. Bu sorunu giderebilecek bazı çözüm yöntemleri aşağıda verilmiştir.

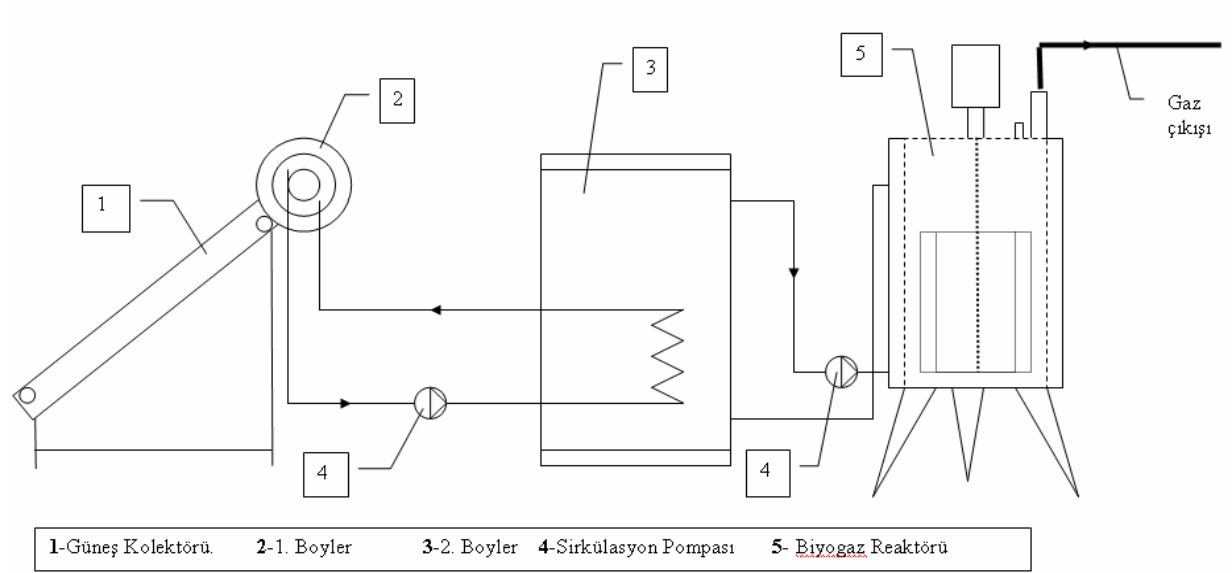
Çift Akümülatör Uygulaması : Bu yöntem ile ısı depolama kademeli olarak gerçekleştirilir. Şekil 2’de görüldüğü gibi güneş enerjisi birinci akümülatörde depolanır. Burada normal koşullardaki sıcaklık artışına karşı önleyici bir mekanizma kullanılmaz. İkinci akümülatörde ise sıcaklığın reaktör sıcaklığından çok yüksek olmayacak seviyede sabit tutulması hedeflenir. Böylece reaktör ısı değiştiricisine gönderilen ısıtma suyu kontrol altına alınmış olur. Bu sistemin dezavantajlarından biri sisteme ikinci bir ısı değiştiricisinin ilave edilmesi ve değiştirici verimi yüzünden enerji kayıplarının artmasıdır. Ayrıca ısı depolama yüzeyindeki artış nedeniyle ısı kayıpları da artmaktadır. Yatırım maliyetlerinin artması da yine bu sistemin dezavantajlarından birisidir.

Üç Yollu Vana Uygulaması : Sisteme Şekil 3’de görüldüğü gibi oransal servo motorlu üç yollu vana ilave edilerek ani sıcaklık değişimleri önlenir. Sıcaklık sensörü tarafından okunan değer kontrol paneli tarafından değerlendirilerek akümülatörden gelen su, reaktörün ısı ceketinden gelen su ile belli oranda karıştırılarak reaktöre tekrar verilir. Bu sistem en sağlıklı ve en verimli çözümdür. Fakat bu sistem de yatırım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

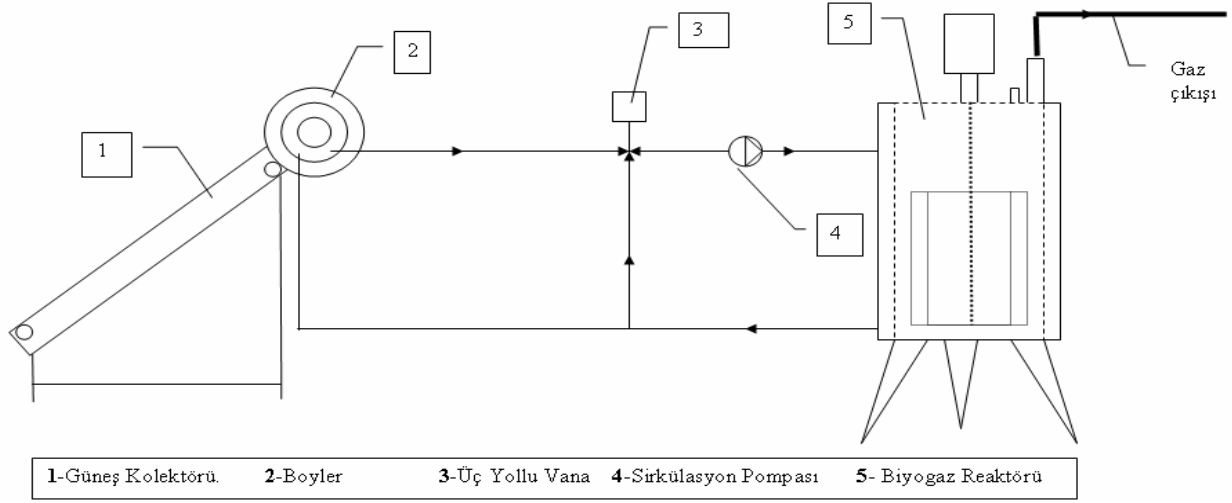
Frekans Konvertörlü Sirkülasyon Pompası Uygulaması : Frekans konvertörü, kontrolü istenen parametreler ışığında pompanın devrini dolayısı ile debisini kontrol etmemizi sağlamaktadır. Şekil 4’deki uygulamada görüldüğü gibi akümülatörle reaktör ısı ceketindeki sıcak su sirkülasyonunu sağlayan pompa, Δt sıcaklık regülasyonu ile çalıştırılmaktadır. Akümülatörde bulunan suyun sıcaklığı ile reaktör sıcaklığı arasındaki fark büyük olduğunda devir/debi düşmekte, azaldığında ise artmaktadır. Bu sistemde yatırım maliyetleri yüksektir. Ayrıca frekans konvertörlü pompalar gerilim düzensizliği yüksek olan yerlerde sık arızaya geçerek sorunlara neden olmaktadır.

Manuel Debi Ayarlama Uygulaması: Yatırım maliyeti öncelikleri nedeniyle yukarıda belirtilen çözümler uygulanmadığında, Şekil 5’de görüldüğü gibi akümülatör ve reaktör arasında bir by-pass hattı eklenebilir. Hat üzerindeki vanalar aracılığı ile ısıtma suyu debisi ayarlanır. Işınım şiddetinin yüksek olduğu zamanlarda A vanası açılarak B vanası kısılır. Bu sistemin dezavantajı

kontrolün insan faktörüne bırakılmasıdır. Ayrıca verim bakımından diğer çözümlerden daha düzensiz bir yapıya sahiptir.



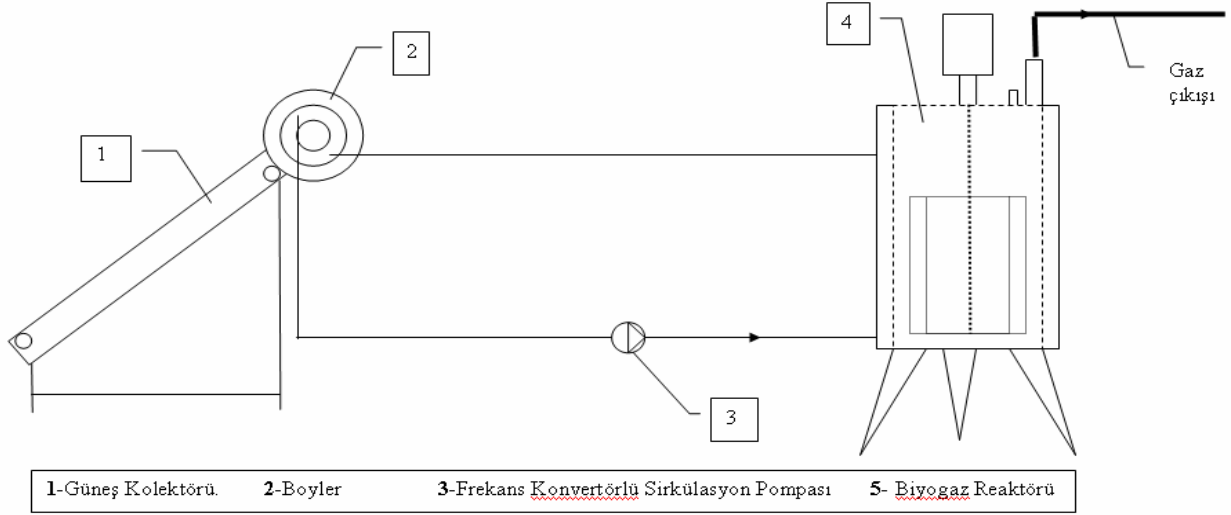
Şekil 2. Çift Akümülatör Uygulamasının Şematik Gösterimi



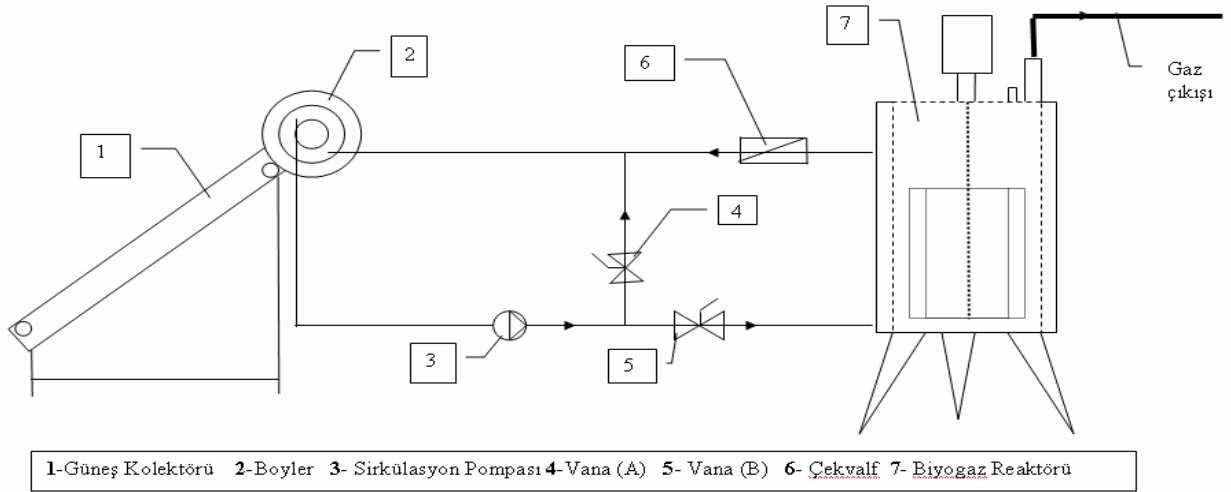
Şekil 3. Üç Yollu Vana Uygulamasının Şematik Gösterimi

Kabuklaşma (Kekleşme) : Isı değiştircilerin yüzeyinde yüksek sıcaklık sebebiyle kabuklaşma oluşur. Bu durum değiştirici verimini düşürerek sistemin çalışmasını olumsuz yönde etkiler. Bu sorunun önlenmesi için mezofilik bölgede çalışan ısı değiştircisine gönderilen suyun sıcaklığının 45-55°C arasında tutulması gerekmektedir [10]. Bunu sağlayabilmek için alınacak önlemler, ani sıcaklık değişimine karşı alınan önlemler ile aynı olacaktır.

Yer Sorunu : Güneş enerjisi destekli biyogaz reaktörlerinin kurulmasında karşılaşılan sorunlardan birisi de yer sorunudur. Isı ihtiyacı hesap edildikten sonra belirlenen kolektör alanı, bazı uygulamalarda oldukça büyük olmaktadır. Özellikle verimleri düşük kolektörler ile çalışıldığında bu sorun daha da belirginleşmektedir. Verimleri yüksek, seçici yüzeyli güneş kolektörlerinin sistem oluşturulmasında kullanılması çözüm olarak uygulanabilir. Ancak bu tip kolektörlerin de yatırım maliyetleri daha yüksek olmaktadır.



Şekil 4. Frekans Konvertörlü Sirkülasyon Pompası Uygulamasının Şematik Gösterimi



Şekil 5. Manuel Debi Ayarlama Uygulamasının Şematik Gösterimi

Enerji Fazlalığı : Sistem tasarımı sırasında ışıınım değerlerinin düşük, ısı kayıplarının yüksek olduğu kış aylarının göz önüne alınması, yaz aylarında atıl bir kapasitenin oluşmasına neden olmaktadır. Projelendirme sırasında ortalama değerler baz alınarak optimum kapasitenin sağlanması ile bu sorun bir derece giderilebilmektedir. Ortaya çıkan fazla enerjinin entegre başka bir ünite değerlendirilmesi yoluna gitmek çözüm yollarından birisidir.

Veri Yetersizliđi : Sistem tasarımı süresince karşılaşılan sorunlardan birisi de, gerek bölgesel iklim verileri gerekse sistemde kullanılması düşünölen kolektörlerin çalışma değerlerinin yanıtıcı olabilmesidir. Çalışma koşullarının belirlenmesinde bölgesel koşulların tümünün göz önüne alınması ve mümkünse projelendirme aşamasından önce sistemin kurulacağı yerde ölçümlerin başlatılması çözüm yöntemlerinden birisidir. Kullanılacak güneş kolektörlerinin seçiminde, malzeme özelliklerinin ve çalışma değerlerinin bağımsız ve yetkili bir kuruluş tarafından belgelendirilmesi koşulunun aranması da hata payını en aza indirecektir. Tasarım sırasında belirli bir emniyet payının hesaplara dahil edilmesi, yatırım maliyetlerinin artmasına sebep olsa da ileride karşılaşıması muhtemel yetersizliklere karşı bir önlem olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyogaz reaktörlerinin çalışma koşullarına göre belirli sıcaklık değerlerinde sabit tutulması, biyogaz üretimi açısından önemli bir faktördür. Bunun için gerekli olan ısı enerji girdisi, sistemden elde edilen net enerjinin düşmesine neden olmaktadır. Ülkemizin özellikle güney ve batı bölgelerinde, bu enerjinin güneş enerjisi ile sağlanması sistem veriminin artmasını sağlayacaktır. Güneş enerjisi destekli biyogaz reaktörlerinin oluşturulması ve işletilmesinde karşılaşılabilecek sorunlar, sistem üzerinde birtakım eklemeler ve değişiklikler yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Tasarım sırasında bu sorunların göz önüne alınması, sonrasında karşılaşılabilecek sorunların çözülmesini sağlayacaktır. Enerjinin ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının her geçen gün artan önemi göz önüne alındığında, biyogaz reaktörlerinin diğer alternatif enerji kaynakları ile birlikte hibrit sistem olarak tasarlanması öncelikli hale gelmektedir. Ülkemizde oldukça geç kalınmış olan biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesinde bu durumun dikkate alınması ve hayata geçirilmesi, biyogaz sistemlerinin yaygınlaştırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle Ege Bölgesinde güneş enerjisinin yanı sıra, jeotermal ve rüzgar enerjisinin de önemli bir potansiyele sahip olduğu bilinmektedir. Reaktörlerin tasarımında bu potansiyelden yararlanabildiğimiz ölçüde biyogaz, ülkemizde hak ettiği konuma gelecektir.