

## OZET

### H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin Biyometanlaştırılması için Yöntem

Depolanabilen metan üreterek "güçten gaza" kavramına göre bir enerji depolanması mümkündür. Her şeyden önce, hidrojen kullanılmayan rejeneratif olarak üretilen enerji pik noktalarının elektroliziyle üretilir. Hidrojen(H<sub>2</sub>), depolanabilir metan (CH<sub>4</sub>) üretmek için karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ile birlikte kullanılabilir. Metan oluşumu aşağıdaki denkleme göre dengelenebilir:  $4 H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2 H_2O$  (Sabatier reaksiyonu adı verilir). Bu reaksiyon tamamen kimyasal ve biyolojik bir şekilde gerçekleştirilebilir. Kimyasal reaksiyon, 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ve yüksek basınçlarda uygulanır ve nispeten karmaşık katalizörler ile mümkün olur.

## İSTEMLER

1.  $H_2$  ve  $CO_2$  reaksiyonu ile metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretme cihazı olup, aşağıdakileri içerir:  
en az bir reaktör;
- 5 en az bir reaktörde sağlanan bir sulu ortam, burada metanojenik mikroorganizmalar, sulu ortam içerisinde;
- $H_2$  ve  $CO_2$ 'yi en az bir reaktöre göndermek için uyarlanmış bir besleme aracı; burada  $H_2$  ve  $CO_2$  içerisinde gaz halinde bir karışım meydana getirir;
- 10 metanojenik mikroorganizmalar ve sulu karışım ile sulu ortam arasındaki temas yüzeyini büyütme için düzenlenen bir reaksiyon artırma cihazı;
- reaktörde biriken gazın en azından bir kısmını devridaim yapacak şekilde düzenlenmiş bir devridaim aracı olup, reaktörde biriken gazın geri dönüşüm oranı, substrat gazının reaktöre verme hızından daha büyüktür.
2. İstem 1'e göre bir cihaz olup, ayrıca aşağıdakileri içerir:
- 15 bir gazın en az bir reaktörden boşaltılması için kurulmuş bir boşaltma cihazı.
3. İstem 1 veya 2'den herhangi birine göre bir cihaz olup, burada gaz metan içerir ve burada tercihen gazda metanın mol fraksiyonu en az % 50'dir.
4. İstem 1 ile 3'ten herhangi birine göre bir cihaz olup;
- 20 burada reaktörde biriken gazın geri dönüşüm hızı, substrat gazının reaktöre beslenme hızını en az 100 faktör aşar.
5. İstem 1 ile 4'ten herhangi birine göre cihaz olup, burada geri besleme aracı bir pompa veya bir kompresör içerir.
6. İstem 1 ile 5'ten herhangi birine göre cihaz olup, ayrıca aşağıdakileri içerir:
- 25 sulu ortamı en az bir reaktörden dolaştırmak için düzenlenen bir dolaşım cihazı olup, burada dolaşım cihazı isteğe bağlı olarak en az bir pompaya, tercihen jet pompasına sahiptir.
7. İstem 1 ile 6'dan herhangi birine göre cihaz olup, burada cihaz, sabit veya kararsız bir reaktör, tercihen bir katı reaktör veya isteğe bağlı olarak bir dalgıç reaktör olarak tasarlanmıştır.
- 30 8. İstem 1 ile 7'den herhangi birine göre cihaz olup, burada cihaz sürekli, ideal bir karıştırma tankı (CSTR), kesintili, ideal bir karıştırma tankı (STR), tüp şeklinde reaktör, döngü reaktörü, seri reaktör veya kaskad reaktörü olarak tasarlanır; ve

burada reaksiyon geliştirme cihazı tercihen en az bir damlama yatağı, bir püskürtme kulesi, bir tüp karıştırıcısı veya bir pompa, tercihen bir jet pompasını içerir.

**9.** İstem 1 ila 8'den herhangi birine göre cihaz olup, buradaki besleme aracı ayrıca şunları içerir:

5 bir gaz karışımından karbondioksiti zenginleştirmek için bir cihaz; ve isteğe bağlı olarak suyun elektrolitik olarak ayrılması için araçları içerir; burada besleme cihazı tercihen,  $H_2$  und  $CO_2$  en az bir reaktöre beslendiğinde, gaz halindeki karışım türbülanslı bir akış oluşturacak şekilde kurulmaktadır.

**10.** İstem 1 ila 9'dan herhangi birine göre cihaz olup, burada besleme cihazı ayrıca operasyon sırasında, saat başına uygulanan  $H_2$  ve  $CO_2$ 'nin hacminin en az bir reaktörün kapasitesini en az 2 faktör kadar geçeceği şekilde düzenlenir; burada reaktördeki basınç isteğe bağlı olarak 0.1 bara eşit veya daha büyüktür;

burada; metanojenik mikroorganizmalar tercihen sulu ortamda makroskopik (pelet) koloniler formundadır; ve isteğe bağlı olarak ayrıca, metanojenik mikroorganizmaların, sulu ortam içerisinde hareketsiz hale getirilmemesidir.

**11.** Reaktör cihazında sulu bir ortamda bulunan metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla ve  $H_2$  ve  $CO_2$ 'nin bir reaksiyon gazı karışımı olarak reaksiyona sokulması vasıtasıyla metan üretimi için bir metot olup; burada metanojenik mikroorganizmaları içeren sulu ortam ve gaz karışım arasındaki temas yüzeyi, bir reaksiyon büyütme cihazı vasıtasıyla arttırılır ve burada reaktörde biriken gazın en az bir kısmı, bir devridaim cihazı vasıtasıyla reaktör cihazına geri gönderilir; burada reaktörde biriken gazın geri dönüşüm oranı, reaksiyon karışımının reaktöre besleme hızından daha büyüktür.

**12.** İstem 11'e göre bir yöntem olup, özelliği, metanojenik mikroorganizmaların, Euryarchaeota suşunun farklı mikroorganizmalarının bir karışımı olması ve metanojenik mikroorganizmaların, sulu ortama makroskopik koloniler (peletler) formunda verilmesidir.

**13.** İstem 11 ila 12'den birine göre bir yöntem olup, özelliği, gaz halindeki karışımdaki  $H_2$  ve  $CO_2$  'nin molar oranının 4'e eşit veya daha az olmasıdır. avantajlı olabilir.

**14.** İstem 1 ila 10'dan herhangi birine göre bir cihazın,  $H_2$  ve  $CO_2$ 'nin reaksiyonu yoluyla metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretimi için kullanımıdır.

**15.** İstem 1 ila 10 arasındaki istemlerden herhangi birine göre bir cihazın aşılınması için metanojenik mikroorganizmalar içeren peletlerin kullanımıdır.

## TARİFNAME

### H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin Biyometanlaştırılması için Yöntem

Depolanabilen metan üreterek "güçten gaza" kavramına göre bir enerji depolanması mümkündür. Her şeyden önce, hidrojen kullanılmayan rejeneratif olarak üretilen enerji pik noktalarının elektroliziyle üretilir. Hidrojen(H<sub>2</sub>), depolanabilir metan (CH<sub>4</sub>) üretmek için karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ile birlikte kullanılabilir. Metan oluşumu aşağıdaki denkleme göre dengelenebilir: 4 H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> + 2 H<sub>2</sub>O (Sabatier reaksiyonu adı verilir). Bu reaksiyon tamamen kimyasal ve biyolojik bir şekilde gerçekleştirilebilir. Kimyasal reaksiyon, 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ve yüksek basınçlarda uygulanır ve nispeten karmaşık katalizörler ile mümkün olur.

Biyolojik dönüşüm özel mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Doğal, anaerobik, bataklıklar, su tortuları veya taşkın topraklar gibi su ekosistemleri, çeşitli organizma gruplarının konsorsiyumu, bir madencilik zinciri aracılığıyla bitki ve hayvan kalıntısı gibi organik maddelerden metan oluşturur. Mezofilik ve termofilik konsorsiyumlar bulunmaktadır. Sıcaklık optimaları 30-40 °C, sırasıyla 50-60 °C'dir. Metan bakterileri, metan ve karbondioksiti azaltmak için organik substrat, organik asitler, alkoller ve hidrojen gibi birçok ara ürün vasıtasıyla bu bozunma zincirinin son üyesidir. Metan bakterileri arke bakterileri arasındadır. Sadece oksijensiz koşullar altında yaşarlar, çok özel besin ihtiyaçları vardır, çok yavaş büyürler ve çok sınırlı bir substrat spektrumuna sahiptirler. Bazı metan bakterileri metan oluşturmak için asetik asit veya formik asit kullanır. Diğer metan bakterileri, yukarıdaki denkleme göre hidrojen ve karbondioksitten metan oluşturur.

Biyojenik metan oluşumu için bilinen teknik sistemler, gaz halindeki substratların reaksiyonu için uygun değildir. Biyogaz tesisleri, dijestörler veya anaerobik atık su arıtma tesisleri gibi bu tür tesisler, hidrolizlenebilir veya çözülmüş organik substratları söz konusu bozunma zincirleri yoluyla biyometanlaştırmak için özel olarak optimize edilmiştir. Hidrojen ayrıca bir ara madde olarak da oluşur. Oluşan organik ara maddeleri daha da azaltabilmek için 10<sup>-4</sup> bar'dan daha düşük bir hidrojen kısmi basıncı gerektirir. Hidrojen tüketen metan bakterileri gerekli düşük hidrojen kısmi basıncını korur. Bu işleme hidrojen eklenirse, tüm bozunma zinciri zarar görebilir ve durma noktasına gelebilir.

Metan yukarıda anlatılan hidrojen kullanan bakteriler vasıtasıyla üretilecekse, bakterilerin yukarıdaki bozunma zincirinin aksine gaz halindeki substratlarına beslenmesi için hidrojen kısmi basıncının mümkün olduğu kadar yüksek olması gerekir. Bozunma zincirindeki metan bakterilerinin üstündeki organizma grupları artık bir rol oynamaz. Bu yüzden, maksimum dönüşüm hızına ulaşmak için bakterilerin dönüştürebildiğinden daha fazla gaz verilmelidir.

Araştırma amaçlı laboratuvar ölçeği (test tüpleri, şişeler vb.) Bu tür organizmaların saf kültürleri, substratları ile doğrudan gaz fazı üzerinden beslenir. Organizmalar, olduğu gibi, gaz fazından metabolize ettikleri gazları bir gradyan ile çeker ve gaz fazına oluşan metan gazı salgılar. Bu tür saf kültürler endüstriyel ölçekte kullanılmaz, çünkü zaten oksijen izleri ile kesinlikle anaerobik organizmalar olarak öldürülmüşlerdir. Şimdiye kadar bunun için hiçbir sebep yoktur. Tam ölçekte, organizmaların başka şekillerde dezenfekte edilmesi gerekir.

Bu arka plana karşı ve yeni enerji depolama kavramları (güçten gaza) bağlamında, gaz değişim yüzeyini arttırmayı amaçlayan hidrojen ve karbon dioksitin dönüştürülmesi için metan bakterilerinin kullanılması, büyük gaz fazlı sabit yataklı reaktörler kullanılması için yöntemler önerilmiştir. Uygun organizmalar taşıyıcı materyaller üzerinde biyofilmler olarak büyür, besin maddesi ortamı ile yıkanır ve gaz fazından beslenir. Bu yöntemlerin dezavantajı, bu yüzeylerin önce organizmalar tarafından kaplanması gerektiğidir. Bununla birlikte, metan bakterileri çok yavaş büyür ve optimal koşullar altında bile birkaç günlük üretim süreleri vardır. Metan bakterilerinin nasıl bir biyofilm oluşturması gerektiği de sorgulanabilir. Bu tür reaktörlerin başlangıç aşaması pratikte çok uzun, belirsiz ve kontrol edilmesi zordur. Biyofilmler daha sonra çok kalın hale gelirse, iç organizmalar sadece yetersiz miktarda beslenebilir ve "ölü bölgeler" ile sonuçlanır. Bu nedenle reaktör hacmi başına biyokütle konsantrasyonunu kontrol etmek zordur. Bir kaza sonucu organizmalara verilen zarardan sonra, bu tür reaktörler sadece yavaşça tekrar çalışmaya başlarlar. Bu yöntemlerin pratikte kullanımı bilinmemektedir.

ABD patent başvurusu US 2009/(130734 AI), bir biyoreaktörde, bir endüstriyel işlemde bir başlangıç gazının bir biyoreaktöre beslendiği, biyoreaktörde karbon dioksitin metan haline dönüştürülmesi için bir işlemi açıklar; burada kaynak gazı CO<sub>2</sub> ve % 0.02 ile % 6.7 arasında oksijen (başlangıç gazı molü / başlangıç gazı) içerir ve

burada hidrojenotrofik metanojenik archaea, sürekli metan üretmek için kaynak gazını dönüştürür.

KR 2009 0008987 A sayılı Kore Patenti, organik atık kullanarak karbon dioksitin oda sıcaklığında ve normal basınçta kütleli olarak azaltılması için hidrojen ve karbon dioksitten biyolojik metan üretilmesi amacı taşıyan bir işlemi tarif eder.

CO<sub>2</sub> içeren bir başlangıç materyalinden metan gazı üretmek için başka bir yöntem, EP 1 574 581 A2 sayılı Avrupa patent başvurusundan bilinmektedir. CO<sub>2</sub> içeren bir hammaddenin çevre dostu bir şekilde yüksek enerjili bir gaz akımına dönüştürüldüğü, metan gazı üretmeye yönelik bir işlem ve aparatı açıklar.

ABD patent başvurusu US 2013/005010 AI, bir ana reaktörü ve bir büyüme reaktörü olan bir

biyoreaktörü tarif eder. Burada ayrıca tarif edilen, bir reaktör kabının bir ana mayalayıcı kısmı ile sürekli olarak oluşturulan ve bir reaktör kabının büyüme fermenter bölümünde asetojenik bakterilerin tentez gazı ile temas ettirildiği bir yöntemdir.

Guiot ve ark. tarafından 3 Şubat 2011 tarihinde Environmental Science Technology, B. 45, S. 2006-2011'de yayınlanmış "Atık su arıtma anaerobik granüllerin sentez gazının biyometanlaştırılması potansiyeli" yayını, açıklanan anaerobik fermantasyonla sentez gazının biyogaza (esas olarak metan) dönüştürülmesi için bir işlemi tarif etmektedir. Bu amaçla, granül çamur, 30 litrelik bir Gasliftreaktöre reaktör aşısı maddesi olarak sokulur ve çeşitli gaz seyreltmelerinde ve besleme ve devridaim oranlarında metan ve diğer metabolitlerin üretimini incelemek için CO ile beslenir. 20:1'lik bir gaz geri dönüşüm oranı ile birleştirilen 0.6 atm'lık bir CO kısmi basıncında, gaz-sıvı kütle aktarımında azami % 75'lik bir CO dönüşüm verimliliğinin sınırlı olduğu bulunmuştur.

JP 06169783 A sayılı Japon Patent Başvurusu, metanojenik bakterileri endojen ve eksojen kaynaklardan hidrojen asimile etmek için ihtiyaç duyulan hidrojen ve karbondioksit gazını sürekli olarak besleyerek enerji üretimini ve çok amaçlı ve karmaşık bir işlevi olan kullanışlı bir maddeyi açıklamaktadır.

Ozetle, SNG'nin (Yardımcı Doğal Gaz) doğal gaz şebekesine üretimi ve enjeksiyonu, mevcut doğal gaz altyapısını kullanarak yenilenebilir kaynaklardan enerji tasarrufu sağlamak ve yüksek verimlilikle kullanmak için umut verici bir seçenektir. Bununla birlikte, metan gazı üretiminde hala optimizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu nedenle, mevcut buluşun bir amacı, metanojenik mikroorganizmalar kullanılarak metan üretilebilecek etkili ve ucuz araçlar ve yöntemler sağlamaktır.

Bu amaç, mevcut buluş tarafından çözülür, özellikle de amaç, mevcut buluşun aşağıdaki cihazlar, yöntemler veya kullanımlar ve düzenlemeleri gibi ve aşağıdaki istemlerin konusu ile gerçekleştirilir. Şekiller bu buluşu göstermektedir.

İlk yönüyle, mevcut buluş, H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'yi reaksiyona sokarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için aşağıdakileri içeren bir aparat ile ilgilidir:

- en az bir reaktör;
- en az bir reaktörde sağlanan bir sulu ortam, burada metanojenik mikroorganizmalar, sulu ortam içerisinde;
- H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'yi en az bir reaktöre göndermek için uyarlanmış bir besleme aracı; burada H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> içerisinde gaz halinde bir karışım meydana getirir;

- metanojenik mikroorganizmalar ve sulu karışım ile sulu ortam arasındaki temas yüzeyini büyütmek için düzenlenen bir reaksiyon artırma cihazı; ve
- reaktörde biriken gazın en azından bir kısmını devridaim yapacak şekilde düzenlenmiş bir

5 devridaim aracı, burada reaktörde biriken gazın geri dönüşüm oranı, substrat gazının reaktöre olan beslemesinden daha büyüktür.

İkinci bir yönüyle, mevcut buluş,  $H_2$  ve  $CO_2$ 'yi reaksiyona sokarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için buluşa göre bir cihazın kullanımı ile ilgilidir.

10 Üçüncü bir yönüyle, buluş, metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla buluşa göre olan bir reaktör cihazında metan üretimi için,

reaktör cihazında sulu bir ortamda bulunan ve  $H_2$  ve  $CO_2$ 'nin bir reaksiyon gazı karışımı olarak reaksiyona sokulması işlemi ile ilgilidir, buradaki reaksiyonda, metanojenik mikroorganizmaları içeren sulu ortam ve gaz karışım arasındaki temas yüzeyi, bir reaksiyon

15 büyütmeye cihazı vasıtasıyla artırılır ve burada reaktörde biriken gazın en az bir kısmı, bir devridaim cihazı vasıtasıyla reaktör cihazına geri gönderilir; burada reaktörde biriken gazın geri dönüşüm oranı, reaksiyon karışımının reaktöre besleme hızından daha büyüktür.

Bu nedenle mevcut buluş, aşağıda daha ayrıntılı olarak tarif edilen cihazlar, yöntemler veya kullanımlar ve bunların düzenlemeleri ile ilgilidir. Aygıtlar için tarif edilen tercih edilen

20 düzenlemeler ayrıca yöntemler veya kullanımlar için de ve yöntemler veya kullanımlar için tarif edilen uygulamalar cihazlara da uygulanarak tersi için de geçerlidir.

Hidrojen ( $H_2$ ) ve karbon dioksit ( $CO_2$ ) kimyasal olarak ve mikrobik olarak metan ( $CH_4$ ) üretmek için kullanılabilir. Kimyasal reaksiyon  $180\text{ }^{\circ}C$ 'nin üzerinde ve yüksek basınçta katalizlenir. Buna bağlı olarak materyal ve cihaz istemleri de yüksektir. Mikrobik olarak, su

25 ekosistemlerinde  $H_2$  ve  $CO_2$ ,  $CH_4$  üretmek için fizyolojik koşullar altında metan bakterileri tarafından metabolize edilir. Bu organizmalar teknik olarak da kullanılabilir. Biyometanizasyon için bilinen bitkiler (biyogaz tesisleri, vb.) yalnızca katı veya çözünmüş organik karbon bileşiklerinin ayrışması için uygundur. Eklenen  $H_2$ , bu bozulmaya engel olmuştur.  $H_2$  ve  $CO_2$ 'nin mikrobiyal dönüşümü için teknik tesisler bilinmemektedir.  $H_2$ 'nin

30 kaynağı bakterilerin metabolizmasını sınırlar. Su altı reaktörleri laboratuvar ölçeğinde ve ayrıca bakteri kaplı yüzeylere sahip anaerobik filtrelerde bilinir. Bununla birlikte, metan bakterileri bu yüzeyleri çok yavaş şekilde kolonize eder.

Buluş sahibi şimdi, önceki teknikteki görüşün aksine reaktörlerde, tercihen katı hal

reaktörlerinde metan gazı üretmenin etkili ve ucuz bir yolunu bulmuştur, metanojenik mikroorganizmaların, ideal olarak, hidrojen ( $H_2$ ) ve karbon dioksit ( $CO_2$ ) substratları ile temas ettirilmesi şartıyla oluşturulması mümkündür. Bu amaçla, buluş sahibi, metanojenik mikroorganizmaların bulunduğu reaktörün sulu ortamı ile gaz halindeki substrat gazı karışımı (gaz karışımı) arasındaki temas yüzeyinin, ideal olarak maksimize edilecek şekilde artırılması gerektiğini önermektedir. Örneğin ve tercihen, buluşa göre cihazın reaktöründeki sulu ortam ile karbon dioksit ve hidrojen içeren gaz karışımı arasındaki temas yüzeyi, reaksiyon arttırıcı bir cihaz vasıtasıyla arttırılır.

Temas yüzeyini arttırmak için, önceki teknikte, örneğin sabit bir yatak üzerinde ve üzerinde sabit bir yatak üzerinde bir biyofilm formunda metanojenik mikroorganizmaların uyarılması önerisinde bulunulmuştur, burada biyofilmde bulunan mikroorganizmalar üzerindeki sıvı bir film akarken veya damlarsa, reaktöre bir salmastra olarak salgılanır, çoğalır ve sonra  $H_2$  ve  $CO_2$  ile yıkanır (DE 10 2011 051 836). Bu tasarımın amacı, reaktörde biriken hidrostatik sıvı kolonunu atlamaktır, çünkü özellikle  $CO_2$ 'nin reaktörün sulu ortamında çözünmesi ve bu nedenle metanojenik mikroorganizmalar için bir substrat gazı olarak mevcut olmaması nedeniyle substrat gazlarının  $H_2$  ve  $CO_2$ 'nin girişini engellediği veya buna neden olduğu düşünülüyordu. Bununla birlikte, metanojenik mikroorganizmaların biyofilminin bile ortaya çıkabileceği, böylesi bir biyofilmin gelişmesi ne kadar sürse de ortaya çıkabileceği, buna karşılık gelen bir metanojenik mikroorganizma üreten aparatın ucuz ve etkili bir şekilde çalıştırılabileceği tahmin edilmemiştir. Tipik olarak, ideal koşullar altında bile, metanojenik mikroorganizmaların 3-5 günlük bir üretim süresi vardır. Ek olarak, metanojenik mikroorganizmalar kesinlikle anaerobik olduğundan ve hemen öleceğinden, büyüme aşamasında veya daha sonra reaktörün olası laktasyonunda oksijen girişi olmamalıdır. Cihazın laktasyonu, örneğin gaz projesinde olduğu için nadir değildir, çünkü elde edilen hidrojeni metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla karbon dioksit ile birlikte metanola dönüştürmek için elektrolitik olarak suyu hidrojene ve oksijene ( $O_2$ ) bölmek için elektrik kullanılması çok olasıdır. Yani, bu tür bir cihaz, buluşa göre olan cihazda bile, elektrik, büyük bir talep nedeniyle gaza (burada metan) dönüştürülmediğinde daha uzun laktasyon sürelerine sahip olabilir. Bununla birlikte, DE 10 2011 051 836'da açıklanan cihaz, bu tür durumlar için uygun olmayacaktır; çünkü sürekli olarak sulu ortam ile yıkanmaz ise, biyofilm dayanamaz. Ek olarak, bir oksijen girişine maruz kalır ve metanojenik mikroorganizmalar derhal ölür.

Buluşa göre cihaz bu dezavantajlara sahip değildir. Buluşun özü, diğerlerinin yanı sıra, mikroorganizmalara karşı metan ile karbon dioksit ve hidrojen içeren gaz karışımı arasındaki temas yüzeyinin arttırılmasına dayanırken, tercihen, biyofilm oluşumu ve/veya sabit bir yatak,

substrat veya matristeki metanojenik mikroorganizmaların büyümesi yoluyla olmamasıdır.

Bu nedenle buluşa göre cihaz tercihen, metanojenik mikroorganizmalar ile sulu ortam arasındaki temas yüzeyini ve hidrojen ve karbon dioksit içeren gaz karışımını, temas yüzeyinde metanoyu, ambalaj yüzeyindeki mikroorganizmalara karşı hareketsiz hale getirerek ve/veya ambalajı, üzerine hareketsiz hale getirilmiş metanojenik mikroorganizmalara serpiştirmeyerek ve/veya ambalaj yüzeyine hareketsiz hale getirilmiş metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla püskürtmeyle, artırmak için bir reaksiyon büyütme cihazı içerir.

Metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretme aparatının çeşitli uygulamalarında, reaksiyon geliştirme cihazı, metanojenik mikroorganizmaları içeren sulu ortam üzerinde hareket eder, öyle ki, substrat gazı ile temasta olan yüzey artar. Reaksiyon güçlendirme cihazı, çok büyük bir yüzey/hacim oranına sahip bir gövde, örneğin, hem sulu ortam hem de substrat gazı için dıştan erişilebilir bir petek veya delikli yapıya sahip bir gövde olabilir. Tepkime yüzeyinin tepkime artırıcı düzenek vasıtasıyla büyütülmesi, örneğin, ağızlıklar, karıştırıcılar ve benzerleri gibi mekanik olarak dinamik araçlar, örneğin elekler veya akış matrisleri gibi mekanik olarak statik araçlar veya bu iki maddenin bir karışımı vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Reaksiyon geliştirme cihazı, türbülanslı karışımı veya sulu ortamın substrat gazı ile çalkalanmasını indükleyecek şekilde yapılandırılabilir. Aynı zamanda veya ek olarak, reaksiyon artırma cihazı sıvılardan birini alacak şekilde yapılandırılabilir, örn. sulu ortamı veya substrat gazı, ayrı ayrı partiküller (örneğin, gaz partikülleri veya sıvı partiküller) olarak diğer sıvının içine dağıtılır, böylece iki sıvı arasındaki temas alanı büyük ölçüde artar ve ilk olarak, partikül-dönüştürülmüş sıvının yüzeylerinin toplamına yaklaşılar. Burada belirtilebilecek örnekler, substrat gazının bir jet motoru ağızlığı vasıtasıyla sulu ortama beslenmesidir; burada substrat gazı ince gaz kabarcıkları oluşturur (burada gaz parçacıkları olarak kabul edilir) ve sulu ortama veya sulu ortamın (çok küçük sıvı tanecikler) substrat gazı içeren bir hacme püskürtülmesi veya dağıtılması ile oluşturulabilir.

Ayrıca, mevcut buluşun tercih edilen bir düzenlemesi, metanojenik mikroorganizmaların, buluşa göre cihazın reaktörünün sulu ortamında hareketsiz hale getirilmemesidir. Bu örn. kalıcı olarak mekanik ya da pnömatik enerji besleyerek, örneğin reaktörde akış veya gaz kabarcığı oluşumu ile ortaya çıkar. Bu şekilde metanojenik mikroorganizmalar biyofilm oluşturamazlar. Aynı şekilde, metanojenik mikroorganizmaların biyofilm oluşturma, örn. biyofilm oluşumuna uygun bir matris veya yüzey yapısı şeklinde yüzey yapılarının tanıtılması ile hedeflenen bir olasılık sunulmayacağı öngörülmektedir.

Buluşa göre olan cihaz, metanın üretildiği mikroorganizmalar, özellikle metanojenik

mikroorganizmalar almaya uygun olduğundan, buluşa göre cihaz zaman zaman burada "biyoreaktör" olarak da adlandırılmıştır.

Buluşa göre cihazın reaktörü, tercih edilen bir düzenlemede sabit veya kararsız bir reaktör olarak düzenlenir. Reaktör tercihen bir katı reaktördür.

- 5 Katı Hal Fermentasyon Biyoreaktörleri (SFB), mikroorganizmaları kültürlemek ve endüstriyel olarak örn. enzimler, ilaçlar ve yiyecek üretmek için kullanılan reaktörlerdir. Mevcut durumda metan üretimine yöneliktir. Katı reaktörler için, sabit ve kararsız reaktörler arasında bir ayırım yapılır. Sabit reaktörler arasında Petri kapları, Fernbach şişeleri, tahta inkübatörler, Kapalı Pan biyoreaktörü ve sütun SSF biyoreaktörler (Katı Hal Fermentasyonu, SSF, katı
- 10 fermentasyon) bulunur. Sabit reaktörler döner silindiri SFB, karıştırma SFB ve döner SFB'yi içerir.

Buluşa göre bir cihazın reaktörü, sürekli, ideal bir karıştırma tankı (CSTR), kesintili, ideal bir karıştırma tankı (STR), boru şeklinde bir reaktör, döngü reaktörü, bir seri reaktör olarak veya bir reaktör kademesi (kaskad reaktörü veya karıştırma tankı kaskadı) olarak tasarlanabilir.

- 15 Her reaktörde, üç faz katı (biyokütle), sıvı (besin ortamı) ve gazdır. Buluşa göre olan reaktörde, dispersiyon örneğin hareketli mekanik elemanlar (karıştırıcılar) gibi çeşitli önlemlerle homojen tutulmaktadır: örn. karıştırma tank reaktöründe, dış pompa devresinde: örn. sıvı, bir pompa, serbest jet reaktörü, gaz enjeksiyonu ile devridaim: gaz fazı, sıvı havalandırıcı veya kabarcık kolonlu reaktöre enjekte edilir. Diğer şeylerin yanı sıra, buluşun
- 20 özü, metanojenik mikroorganizmaların, mümkün olduğu kadar, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> içeren gaz karışımı ile en iyi şekilde temas etmesi olduğu için, gaz halinde karışımda üfleme özelliği, bu buluş için özellikle önemlidir. Bu nedenle, havalandırıcı veya kabarcık kolon reaktörü, buluşa göre cihazın reaktörünün tercih edilen bir düzenlemesidir.

- 25 Tercih edilen bir düzenlemede, basit kabarcık kolonuna ek olarak, halka reaktörleri (sıvının iç ve dış sirkülasyonu olan kabarcık kolonları) da kullanılmaktadır. İç tüpün koaksiyel olarak yerleştirildiği bir kabarcık kolonundan oluşur. Gaz, bir ağızlık veya fritten, iç tüpte bir kabarcık kolonu oluşturan sıvının içine enjekte edilir. Döngü reaktörü, yüksek viskoziteli sıvı reaksiyon karışımları durumunda bir geri tepme reaktörü olarak kullanılır. İçinde, reaksiyon kütlesi, halka benzeri kısmi devridaim yoluyla boru şeklindeki bir reaktör sisteminde geri karıştırılır.

- 30 Döngü reaktörleri aşağıdaki gibi alt bölümlere ayrılabilir, burada tüm alt bölümler bu buluşun tercih edilen uygulamalarıdır: Jet döngü reaktörü ve atık döngü reaktörü.

Bir jet döngü reaktörü, homojen bir gaz ve sıvı dağılımı ile karakterize edilir. Jet döngü reaktöründe, sıvı, reaktörün tabanındaki bir tahrik jetinde sağlanır, böylece gazı tespit edip

bölebilir. Jet döngü reaktörlerinin örnekleri mamut döngü reaktörü veya jet döngü reaktörüdür. Bir atık döngü reaktörü, düşük yükseklikte ayarlanabilen çok büyük gaz kalış süreleri ile karakterize edilir. Daha küçük spesifik gaz miktarlarının uygulanmasında kullanılır.

- 5 Eğer döngü reaktörlerinde kılavuz tüpler varsa, aşağıdaki reaktör tipleri meydana getirilir: Pervaneli döngü reaktörü (enerjinin aksenel olarak aşağı doğru hareket eden bir karıştırıcıdan sokulduğu ve bir kılavuz tüple donatıldığı bir reaktör), jet döngü reaktörü (kılavuz tüplü bir serbest jet reaktörü), mamut döngü reaktörü (bir kılavuz ya da bir kılavuz tüplü bir hava yastığı ya da bir kabarcık kolon reaktörü).

- 10 Tercih edilen bir düzenlemede, buluşa göre cihazın reaktörü dalgıç bir reaktör olarak ayarlanır. Buluşa göre bir dalgıç reaktörde, gaz fazı sıvı içinde dağılarak gaz-sıvı değişim yüzeyi korunur. Enerji sürekli beslenir: pnömatik olarak, örneğin fümigasyon; mekanik olarak, ör. karıştırılarak veya sıvının zorla konveksiyonuyla; harici bir devrede sıvı pompası ile.

- Dalgıç bir reaktör olarak yapılan düzenleme, daldırılmış reaktörlere ve tercih edilen biyofilm reaktörüne karşı konuşan DE 10 2011 051 836'nın öğretiminin aksidir. Bununla birlikte, biyoreaktörlerin normal çalışma tarzının aksine, bakterileri sulu ortamda  $H_2$  ve  $CO_2$  içeren gaz karışımı ile kalıcı olarak yıkamak, hatta gaz karışımını neredeyse doyurmak mümkün değildir. Bu örneğin gaz karışımının mekanik veya pnömatik enerjinin kalıcı olarak ve büyük ölçüde sulu ortama girmesi ile sağlanmasıyla elde edilir. Metanojenik mikroorganizmalar daima hareket halindedir ve sürekli olarak gaz karışımı ile çevrilidirler, böylece  $H_2$  ve  $CO_2$ 'yi absorbe etmek ve bunları  $CH_4$ 'e dönüştürmek için yeterli ve her zaman fırsata sahip olurlar. Normal olarak biyoreaktörlerde, fermentasyona zarar vermemek ve muhtemelen verimi olumsuz yönde etkilememek için akıntılar ve hatta güçlü bir gaz ve sulu ortam karışımı tercih edilmez. Bununla birlikte, buluşun sahibi, metanojenik mikroorganizmaların,  $H_2$  ve  $CO_2$  içeren gaz karışımına güçlü ve kalıcı bir şekilde temas etmesi gerektiğini keşfetmiştir, burada gaz karışımı metanojenik mikroorganizmalara sunulur, böylece metanojenik mikroorganizmalar ve gazlı karışım arasındaki temas yüzeyi mümkün olduğunca artırılır, böylece metanojenik mikroorganizmalar  $CO_2$  ve  $H_2$ 'nin emilimi için mümkün olan en iyi koşullara sahip olurlar. Bu, örneğin, gaz halindeki karışımın reaktörün sulu ortamı ile ya da tercihen bir tahrik jet pompasına ya da bir kompresör vasıtasıyla, bu köpüğün üretilmesiyle kuvvetli bir şekilde karıştırılmasıyla örn. bir pompa vasıtasıyla, gerçekleştirilir.

Bu nedenle, tercih edilen bir düzenlemede, buluşa göre cihazın reaksiyon arttırıcı cihazı, gaz karışımını buluşa göre cihazın reaktörünün sulu ortamında dağıtacak şekilde tasarlanmıştır. Dispersiyon, gaz halindeki karışımın, köpüklenme için buluşa ait cihazın reaktörünün sulu

ortamına sokulması ile başlar.

Buluşa göre cihazın reaktörü, tercih edilen bir düzenlemede boru şeklinde bir reaktör olarak düzenlenir. Tüp foto-reaktörlerine benzer şekilde, buluşa göre bir tüp reaktörü bir veya daha fazla tüpten yapılır. Bunu yaparken, tüpler yatay veya dikey yönde, ör. yan yana oluşturulur.

- 5 Daha önce belirtildiği gibi, reaksiyon geliştirme cihazı, metanojenik mikroorganizmaların bulunduğu sulu ortam ile gaz karışım arasındaki temas yüzeyini arttırmak üzere tasarlanmıştır. Bu, örneğin enerji girişi ile, örn. mekanik enerji veya pnömatik enerji gerçekleştirilir. Reaksiyon geliştirme cihazı, gaz karışımını, buluşa göre olan cihazın reaktörünün sulu ortamında dağıtacak şekilde tasarlanabilir. Dispersiyon, gaz halindeki
- 10 karışımın, köpüklenme için buluşa ait cihazın reaktörünün sulu ortamına sokulması ile başlar.

Buluşa göre cihazın tercih edilen bir başka uygulamasında, reaksiyon artırma cihazı en az bir damlama yatağına, bir püskürtme kulesine, bir tüp karıştırıcısına veya bir pompasına, tercihen bir tahrik jet pompasına veya bir kompresöre sahiptir. Özellikle, bir tüp karıştırıcısının yardımıyla, bir karışım ya da bir kompresör gaz halindeki karışım, sulu

15 ortamın içine beslenir, böylece gaz karışım, sulu ortam içinde dağılır ve ideal olarak köpürmeye gelir, böylece temas yüzeyi artar, metanojenik mikroorganizmalar  $H_2$  ve  $CO_2$  etkili olur ve/veya mümkün olan en yüksek miktarda emilebilir. Mevcut buluşta, bir boru mikseri ve/veya bir pompa, tercihen bir jet pompa tercih edilir.

Buluş anlamında "metanojenik mikroorganizmalar", karbondioksit ( $CO_2$ ) ve hidrojen ( $H_2$ )

20 metandan ( $CH_4$ ), yani metan oluşturuculardan veya metan oluşturucu mikroorganizmalardan üretilen mikroorganizmalardır. Bu nedenle, buradaki metanojenik mikroorganizmalar, metanojenik mikroorganizmalar olarak da ifade edilebilir. Bu tür metanojenik mikroorganizmaların bir örneği metan bakterileri adı verilen metanojenik bakterilerdir. Metan bakterileri Arachaea familyasına ve oradaki Euryarchaeota suşuna aittir. Metanojenik

25 mikroorganizmalar, Metanobakteriyeller, Metanokokaller, Metanomikrobiyaller, Metanokellalar, Metanosarkainler ve Metanophaller sınıflarına aittir. Mevcut buluş bağlamında, yukarıda belirtilen tüm sınıflardan metanojenik mikroorganizmaların kaynaklanabileceği, ancak bunlara ihtiyaç duymadığı temin edilmiştir. Bu nedenle metanojenik mikroorganizmaların, Euryarchaeota suşunun farklı mikroorganizmalarının bir

30 karışımı olması tercih edilir.

"Sulu ortam", tercihen metanojenik mikroorganizmaların yetişebildiği sulu sıvıları içerir. Teknikte uzman kişi bu ortamı bilir. Bunlar örneğin metanojenik mikroorganizmalar gerektiren vitaminler, iz elementler ve/veya ağır metaller içerir. Tercihen, sulu ortam iyonik bir sıvı olmaz. İyonik bir sıvı, iyonları yük lokalizasyonu ve sterik etkiler yoluyla stabil bir kristal kafes

oluşumunu engelleyen organik iyonlardan oluşur. Dolayısıyla düşük termal enerji bile kafes enerjisinin üstesinden gelmek ve katı kristal yapıyı parçalamak için yeterlidir. Bu nedenle, tuzlar su gibi bir çözücü içinde çözülmeden 100 °C'nin altındaki sıcaklıklarda sıvı olan tuzlardır.

- 5 Tercih edilen bir düzenlemede, buluşa göre cihaz ayrıca bir gazı en az bir reaktörden boşaltmak için düzenlenen bir boşaltma cihazı içerir. Gaz  $H_2$ ,  $CO_2$  ve/veya  $CH_4$ 'ü içerebilir, tercihen gaz  $CH_4$ 'ü içerir. Gazdaki  $CH_4$  'ün mol fraksiyonu en az % 50, % 60, % 70, % 80 veya daha fazla; örneğin % 85 veya % 90 veya daha fazla olabilir. Buluş sahibi, metanojenik mikroorganizmalar ile sulu ortam arasındaki sulu yüzey ile burada açıklandığı gibi gaz
- 10 halindeki karışım arasındaki temas yüzeyinin artırılmasıyla, metan veriminin büyük ölçüde arttırılabileceğini bulmuştur.

Tercih edilen başka bir düzenlemede, buluşa göre cihaz ayrıca gazın en azından bir kısmını besleme cihazına geri döndürmek için uyarlanmış bir geri dönüş cihazı içerir. Geri dönüşüm cihazı tercihen bir pompa veya kompresöre sahiptir.

- 15 Tercih edilen başka bir düzenlemede, buluşa göre cihaz ayrıca sulu ortamı bir reaktörde dolaştırmak için ayarlanan en az bir dolaşım cihazı içerir. Dolaşım cihazı tercihen en az bir pompaya, tercihen bir jet jet pompasına sahiptir.

Buluşa göre cihazın tercih edilen bir başka uygulamasında, besleme cihazı, bir gaz karışımından karbondioksit beslemek için bir cihaza sahiptir.

- 20 Buluşa göre düzenlemenin besleme cihazının ayrıca suyun elektrolitik olarak bölünmesi için bir cihazı içermesi de tercih edilir.

Benzer şekilde, buluşa göre cihazın besleme cihazının, en az bir reaktöre, gaz karışımına  $H_2$  ve  $CO_2$  girerken türbülanslı bir akış oluşturacak şekilde yapılandırılması da tercih edilir.

- Ayrıca, buluşa göre cihazın besleme cihazının, çalışma sırasında, saat başına verilen  $H_2$  und
- 25  $CO_2$  hacminin, en az bir reaktörün kapasitesini, 1,2,3, 4, 5, 10, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500 veya daha fazla faktör kadar azaltacağı şekilde ayarlanması tercih edilir.

Tercihen, buluşa göre cihazın reaktöründeki basınç 0.1'e eşit veya 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 veya daha fazla bar olacak şekilde daha büyüktür.

- Metanojenik mikroorganizmalar tercihen buluşa uygun cihazın reaktörünün sulu ortamında
- 30 makroskopik koloniler (peletler) formundadır. Peletler, endüstriyel atık suların anaerobik ön arıtımı için anaerobik yukarı akış reaktörlerinde (UASB, IC, vb.) üretilenlerdir. 1-5 mm'lik metanojenik mikroorganizmaların makro-kolonileridir. Bu tür peletler, bir anaerobik endüstriyel atık su arıtma tesisinden (örneğin, kağıt fabrikası veya gıda endüstrisi) elde

edilebilir. Peletler örn. Guiot ve ark. (2011) tarafından tanımlandığı gibidir. Muhtemelen çeşitli metanojenik mikroorganizmaların karışık bir popülasyonu olan anaerobik metanojenik mikroorganizmaların bir peletleri içinde olduğuna inanılmaktadır, oysa aerobik mikroorganizmaların yüzeyde ve altta yatan tabakalarda olma olasılığı daha yüksektir.

- 5 Aerolar anaerobları oksijen erişiminden korur. Buluşa göre bir cihazın, özellikle reaktörün, oksijen atılımından sonra, nitrojenle veya oksijen tüketimi ile mevcut aeroblar tarafından metabolize edilen bir karbon kaynağı vasıtasıyla aşılması durumunda, metan dönüştürmek için metanojenik mikroorganizmalar, karbondioksit ve hidrojen sağlanır. Buluş sahibi, bu gibi peletlerin yukarıdaki nedenlerden ötürü çok avantajlı olduğunu bulmuştur,
- 10 çünkü peletler çalışırken ve buluşa göre cihazın reaktörünü tohumlarken anaerobik durumu oluşturmak ya da sürdürmek için özel bir önlem alınması gerekmez. Ek olarak, buluş sahibi, peletlerin yeterli miktarda metanojenik mikroorganizma içerdiğini bulmuştur; metan karbonhidrat ve hidrojenden metan üretimi, buluşa göre olan cihazın reaktöründe çok kısa bir süre içinde başlamaktadır. Ayrıca, buluş sahibi, buluşa uygun bir cihazın peletleri ile aşıl原因 bir reaktörün, uzun süreli laktasyondan sonra bile metan üretimi için kolayca yeniden başlatılabileceğini ve/veya çalıştırılabileceğini bulmuştur. Bu nedenlerden dolayı, peletler bu buluşta kullanılan tercih edilen bir metanojenik mikroorganizma kaynağıdır. Buluşa uygun olarak kullanılan peletlerin metanojenik mikroorganizmalar içerip içermediği, örneğin; Vermicon'un VIT® Metanojenik bakteri testleri ile test edilebilir. Alternatif olarak, peletler
- 15 örneğin; buluşa uygun minyatürize cihaz, özellikle karbondioksit ve hidrojen içeren bir reaktörde uygun bir sulu ortamda gazlanır ve metan üretimi için test edilir.

Bu nedenle, başka bir yönüyle, mevcut buluş, buluşa göre bir cihazı aşıl原因 için metanojenik mikroorganizmalar içeren peletlerin kullanımı ile ilgilidir.

- Daha önce belirtildiği gibi, mevcut buluş, reaktör cihazında sulu bir ortamda bulunan H<sub>2</sub> ve
- 25 CO<sub>2</sub>'nin bir reaksiyon gazı karışımı olarak reaksiyona sokulmasıyla, reaktör aparatında metan üretimi işlemleri ile ilgilidir, ve özelliği; reaksiyonda, sulu ortam ile metanojenik mikroorganizmalar ve gaz karışım arasındaki temas yüzeyinin, reaksiyon artırıcı bir cihaz vasıtasıyla artırılmasıdır.

- Tercihen, buluşa uygun yöntemde, kullanımda veya cihazda kullanılan soy Euryarchaeota
- 30 suşunun metanojenik mikroorganizmalarının bir karışımı kullanılır. Karışım, metanojenik mikroorganizmalar içeren peletlerin kullanılması tercih edildiğinden oluşur, ve ayrıca karakterize edilmez.

Tercihen, metanojenik mikroorganizmalar, sulu ortama makroskopik koloniler (peletler) formunda sağlanır.

Yalnızca yöntemler için değil, aynı zamanda mevcut buluşun cihazları ve kullanımları için gaz karışımındaki H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin molar oranı yaklaşık 4: 1'e eşit veya daha az olduğunda, avantajlı olabilir. Bununla birlikte, 4:1'den büyük molar oranlar da kullanılabilir. Bunlar, göreceli CO<sub>2</sub>eksikliğinin reaktör içindeki pH değerini artırmasına neden olabilir. Bununla birlikte, uygun maddeler, örneğin tampon sistemleri veya asitler sağlayarak, pH, istenen bir değere ayarlanabilir.

Mevcut buluş ayrıca, A1 ila A6 arasındaki aşağıdaki hususlarla da ilgilidir:

**A1.** Suyu batırılmış bir biyoreaktörde bunun için uygun bir ortamda metanojenik bakteriler tarafından H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin biyometanizasyonu yöntemi olup (sıcaklık, pH, redoks, besinler...), özelliği

1.1. reaksiyonun 0.1 veya 1 bar'dan büyük basınçlarda gerçekleşmesidir,

1.2. reaktöre giren bakterilerin makroskopik koloniler halinde olması, yani peletler olması, anaerobik yukarı akış reaktöründe ortaya çıktıkları gibi, sindirim kulelerinden, biyogaz tesislerinden gelen macun çamurları şeklinde eklenmeleri,

1.3. H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin reaktöre yaklaşık 4:1 'den az veya ona eşit, fakat aynı zamanda 4:1' den büyük bir oranda beslenmeleri,

1.4. reaktörün bir gaz devridaimi ile karıştırılması,

1.5. reaksiyonun seri bağlanmış birkaç reaktör parçasında veya kaskaddaki çoklu reaktörlerde gerçekleşmesi.

**A2.** A1 yönüne'e göre daldırılabilir bir reaktör olup, özelliği;

2.1. bir sıvı hacmine (1) ve

2.2. bir gaz hacmine (2) sahip olmasıdır.

**A3.** 2.1 yönüne göre sıvı hacmi (1) 2.1. olup, özelliği;

3.1. bu, daha büyük, fümigasyon yapılmış olması, yukarı akışlı bir parça (A) ve

3.2. topraklanmamış aşağı doğru akan kısmın (B) bölünmüş olmasıdır.

Alternatif olarak, 2.1 yönüne göre sıvı hacmi (1) olup, özelliği;

3.1 bir veya daha fazla fümigasyon parçası (ları) (A) veya

3.2 bir veya daha fazla fümigasyonlu kısım (lar) (A) ve bir veya daha fazla donmamış kısım (lar) 'ya ayrılmış olmasıdır.

**A4.** 1.4. yönüne göre bir dahili gaz devridaimi olup, özelliği;

4.1. İstem 2.2'ye göre gaz taşıyan hacim kısmından (2) gelen gazın, istem 3.1'e göre yukarı akış kısmına (A) uygun araçlarla verilmesidir,

4.2. periyot başına devridaim edilen gaz miktarı, aynı sürede reaktöre verilen gaz miktarından daha büyüktür.

- 5 Alternatif olarak, buluşun 1.4 yönüne göre bir gaz devridaimi olup, özelliği 2.2 yönüne göre gaz taşıyan hacim kısmından (2) çıkan gaz, kademeli parça(lar)'ın (A) yön 3'e göre göre uygun araçlarla yerleştirilmesidir.

**A5.** 1.5. yönüne göre bir kaskad olup, özelliği;

- 5.1. İstem 1.4'e göre gaz devridaimi, her reaktör veya reaktörün bir kısmı için ayrılması  
10 veya bu gibi birkaç ünite için birlikte yürütülmesidir,

5.2. bunlar veya bunların alt grupları bir su odasında (C) bir aradadır ve bununla birlikte temperlenir.

- A6.** Boyuta göre dalgıç biyoreaktörün karakteristik özelliği, köpük giderici dozajlama (6), köpük ayırıcılar (7) veya köpük kapanları (7) gibi uygun köpük giderici cihazlara sahip  
15 olmasındır.

Şekiller 7 ila 10'da kullanılan ve Şekil 1'deki açıklamada belirtilen referans numaralarına atıfta bulunulmuştur.

#### **Sınırlayıcı olmayan örnekler ve resimler**

Ekteki çizimlere (şekiller) ve uygulamalara referansla, buluş detaylı olarak açıklanmaktadır.

- 20 **Şekil 1:** Tüplü bir reaktör kullanan metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek bir aparatın akış şeması

**Şekil 2:** Karıştırma tankı kullanarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek bir aparatın akış şeması

- 25 **Şekil 3:** Dalgıç reaktör kullanarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek bir aparatın akış şeması

**Şekil 4:** Sprey kulesi kullanarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek bir aparatın akış şeması

**Şekil 5:** Damla-yatak reaktörü kullanarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek bir aparatın akış şeması

- 30 **Şekil 6:** Hareketli jet reaktörü kullanarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek bir aparatın akış şeması

**Şekil 7:** Gaz halindeki substratların reaksiyonu için bir dalgıç reaktörünün akış diyagramı. Örneğin, metan bakterileri, dalgıç bir biyoreaktöre kompakt bir pelet olarak sokulur ve fizyolojik koşullar altında  $H_2$  ve  $CO_2$  ile basınç altında gazlanır. Gaz halindeki substratların etkili bir faz geçişi, reaktör gaz alanından (2) gazların sıvı faza (1) bir iç sirkülasyonu (4) ile gerçekleştirilir. Birkaç reaktör ( $R_n$ ) veya farklı koşullara sahip reaktör parçaları seri halinde kademeli olarak çalıştırılır. İşlemin avantajları: düşük sıcaklıklar, yüksek organizma yoğunluğu, kısa başlangıç süreleri, esnek çalışma, kolay kontrol.

**Şekil 8:** Yaygın gaz devridaimi ile  $R_1 - R_n$  reaktörlerinin bir kademesinin akış şeması

**Şekil 9:** Ayrı gaz devridaimi ile  $R_1 - R_n$  reaktörlerinin bir kademesinin akış şeması

10 **Şekil 10:** Ortak bir su kütlesinde (C) birkaç reaktörün ( $R_1 - R_n$ ) düzenlenmesi, kesit

Şekiller listesi, Şekil 1 ila:

- 100 Tüplü reaktörle metan üretme aparatı
- 102 Giriş hattı
- 104 ilk valf
- 15 106 Ağızlık
- 108 Reaktör (tüp şeklinde reaktör olarak kurulmuş)
- 110 Gaz ayırma cihazı
- 112 ikinci valf
- 114 ilk çıkış
- 20 116 sulu ortam
- 118 geri besleme yolu
- 120 pompa
- 122 ikinci gerş besleme yolu
- 124 karıştırma elemanı
- 25 126 besleyici
- 128 sıvı yüzeyi
- 200 Karıştırma tankı ile metan üretmek için cihaz
- 202 Reaktör (karıştırma tankı olarak ayarlanmış)
- 204 karıştırıcı

- 300 Dalgıç reaktörle metan üretimi için aparat
- 302 Reaktör (dalgıç reaktör olarak kurulmuş)
- 400 Sprey kuleli metan üretimi için aparat
- 402 Reaktör (sprey kulesi olarak kurulmuş)
- 5 404 Dispersiyon cihazı
- 500 Damlama yatağı reaktörlü metan üretimi için aparat
- 502 Reaktör (damlama yatağı reaktörü olarak kurulmuş)
- 504 Matris
- 600 Damlama yatağı reaktörlü metan üretimi için aparat
- 10 602 Reaktör (tahrikli jet reaktörü olarak ayarlanmış)

Şekil 7 ila 10 için şekil listesi:

- (A) etüvlenmiş yükselen havalı reaktör parçası
- (B) etüvlenmemiş alçalan havalı reaktör parçası
- (C) Üzerine birkaç reaktörün temperlenebileceği su kütlesi
- 15 (1) reaktörün ağırlıklı olarak su dolu hacim fraksiyonu
- (2) reaktörün ağırlıklı olarak gazla doldurulmuş hacim fraksiyonu
- (3) Gaz besleme
- (4) Gaz devirdaimi
- (5) Besin ve bakteri beslemesi, pH ayarlaması, örnekleme vb.
- 20 (6) Köpük giderici dozajlanması
- (7) Köpük giderici cihaz, köpük kapanı
- (8) Katı, sıvı ve çözünmüş ürünlerin giderilmesi (1)
- (9) Gazlı ürünlerin giderilmesi (2)
- (10) Gaz devridaim pompası
- 25 (11) Obturator
- (12) Basınç tutma valfi

**Buluşun somut uygulamalarının açıklaması**

Şekil 1, hidrojen ve karbondioksiti reaksiyona sokarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için bir cihazın (100) örnek bir düzenlemesini gösterir. Örnek cihaz (100), bir reaktör (108) içerir. Bir giriş hattı (102) bir birinci valf (104), örneğin bir birinci basınç tutma valfi (104) vasıtasıyla bir ağızlık (106) bir birinci girişine, örneğin bir jet motoru ağızlığına birleştirilir. Ağızlık (106) reaktöre (108) karşılık gelen bir kanal vasıtasıyla birleştirilir. Reaktör (108), bir uç aracılığıyla bir gaz ayırma cihazının (110) bir girişine bağlanır. Gaz ayırma cihazı (110), su gibi bir sıvı ile doldurulabilir ve üç çıkışa sahiptir. Bir birinci çıkışta (114), en azından mikrobiyal dönüşümün son ürününü, metan gazı veya esas olarak bundan oluşan bir gaz fazı, ikinci bir valf (112), örneğin bir ikinci basınç tutma valfi vasıtasıyla çıkarılabilir. Aynı gaz fazının bir kısmı isteğe bağlı olarak ikinci bir çıkış vasıtasıyla gaz ayırma cihazından çıkarılabilir ve bir birinci geri besleme yolu (118) vasıtasıyla ağızlığa (106) beslenebilir. Gaz halindeki faz, ağızlığa (106) ayrı bir hat vasıtasıyla beslenebilir veya ilk supap valfin (104) ağızlığa (106) bağlandığı hatla beslenebilir. Birinci geri besleme yolu (118), özellikle mevcut buluşun çalışması için zorunlu olmayan, yeterince uzun tüplü reaktörlere sahip isteğe bağlı bir cihazdır, bununla birlikte, operasyonlarını optimize etmek için uygun olabilir. Gaz ayırma düzeneğinin (110) üçüncü bir çıkışında, sıvı bir faz çıkarılabilir ve bir pompanın (120) bulunduğu bir ikinci geri besleme yolu (122) vasıtasıyla ağızlığa (106) verilir.

Şekil 1'de gösterilen uygulamada, reaktör (108) bir tüp biçimli reaktördür. Bu durumda, bir tüp şeklindeki reaktörün içinde metanojenik mikroorganizmaların bulunduğu ve içinde metanın  $H_2$  ve  $CO_2$ 'den üretildiği bir mikrobiyal dönüşüm reaksiyonunun gerçekleştiği bir tüp şeklindeki kap anlamına geldiği anlaşılabilir.  $H_2$  ve  $CO_2$  birlikte mikrobiyal dönüşüm reaksiyonunun ilk ürünü olan substrat gazını oluşturur. Bu iki gaz, ayrı hatlar vasıtasıyla ayrı ayrı besleme edilebilir veya ağızlık (106) hattı vasıtasıyla zaten bir gaz karışımı olarak besleme edilebilir. İkinci durum, Şekil 2'de gösterilen düzenlemede gerçekleştirilir. Reaktör (108), iç kısmının, reaksiyonun optimum performansını sağlayan belirli bir sıcaklıkta muhafaza edilebileceği şekilde yapılandırılabilir. Örneğin, mevcut metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretilmesi durumunda, sıcaklık yaklaşık  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile yaklaşık  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında, örneğin yaklaşık  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında, ve yaklaşık  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişebilir. Reaktörde (108), metanojenik mikroorganizmaların sulu ortamda (116) olduğu bir sulu ortam (116) bulunur. Sulu ortam (116), bir gaz/sıvı karışımı, örneğin bir köpüklü gaz/su karışımı olabilir.  $H_2$  ve  $CO_2$  içeren substrat gazı, reaktöre (108), ağızlık (106) üzerinden bir besleme cihazı (126) aracılığıyla beslenir. Besleme cihazı (126), reaktöre (108) bir sıvı vermek üzere ayarlanmış olan uygun şekilde yapılandırılmış bir tüp sistemi olabilir. Bu tarifname kapsamında, bir sıvının bir gaz, bir sıvı veya bunun bir karışımını, örneğin bir gaz

ile karıştırılmış bir ince atomize sıvıyı ifade ettiği anlaşılabılır. Tabii ki, kısmen metanojenik mikroorganizmaların gerektirdiği küçük miktarlarda ağır metaller gibi mikrobiyal dönüşüm reaksiyonu teşvik edici katkı maddeleri gibi diğer maddeler reaktöre (108) geçirilebilir.

Birinci geri besleme yolu (118) vasıtasıyla, gaz ayırma cihazından (110) gelen gaz fazı 5 ağızlığa (106) verilebilir ve böylece geri dönüştürülebilir. Birinci geri besleme yolu (118) vasıtasıyla çıkarılan gaz halindeki faz, ağırlıklı olarak, reaktörde (108) metan haline dönüştürülmeyen substrat gazının bileşenleri olabilir. Bu tepkimeye girmemiş "artıklar" tabiri caizse bu şekilde geri dönüştürülebilir ve mikrobiyal reaksiyon için yine mevcuttur. Birinci geri besleme yolu (118), çok uzun tüp biçimli reaktörler (108) durumunda dağıtılabılır, çünkü 10 böyle bir tüp biçimli reaktörün (108) girişine verilen substrat gazı, reaktörün (108) sonuna kadar büyük olasılıkla dönüştürülür. Başka bir deyişle, tüp reaktörün (108) uzunluğu arttıkça, böyle bir reaktörün sonunda reaksiyona girmeyen substrat gazının oranının daha da küçük olduğu varsayılabılır.

Birinci valf (104) ve reaktör (108) arasında düzenlenen ağızlık (106), en azından substrat 15 gazının reaktörün (108) içine, aynı zamanda sıvı ortamın (116) dolaşımını veya penetrasyonunu sağlar, böylece uygulanan substrat gazı ile gerçekleşeceği şekilde beslemeye hizmet eder. Ağızlık (106) vasıtasıyla, substrat gazının kinetik enerjisi reaktöre (108) sokulmadan önce artırılabilir. Böylece, uygulanan substrat gazının, olduğu gibi, metanojenik mikroorganizmaları içeren sulu ortama beslendiği ve böylece sulu ortamın (116) 20 güçlü bir dolaşımının gerçekleştiği anlaşılabılır. Başka bir deyişle, substrat gazının reaktöre (108) ağızlık (106) vasıtasıyla beslenmesiyle, sulu fazdan (116) geçen (bundan sonra dinamik durum olarak adlandırılacaktır) sayısız gaz kabarcıkları elde etmek mümkündür. Sonuç olarak, substrat gazı ve sulu ortam (116) arasındaki reaksiyon yüzeyi, burada tarif edilen sulu fazın (116) dolaşımı olmadan substrat gazının tüp şeklindeki bir reaktöre (108) 25 sokulduğu durumla (bundan sonra statik durum olarak anılacaktır) karşılaştırıldığında büyük ölçüde artırılabilir.

Motor jeti, ağızlık (106) tarafından, gaz ayırma cihazından (110) çıkarılmış olan sıvı fazın yardımı ile yapılabilir. Ağızlık (106), örneğin, cihazın uygulamasına bağlı olarak, örneğin boşaltılmış gazlı ortam veya gaz ayırma cihazından (110) gelen sıvı fazın kullanılabildiği bir 30 jet pompası olabilir. İkinci geri besleme yolu (122) yoluyla boşaltılan sıvı faz, reaktörden (108) gelen sulu ortamdır (116). Gaz ayırma cihazı (110) fonksiyonel olarak bir çökeltme veya ayırma cihazı olarak görülebilir. Reaktörde (108), türbülanslı karıştırma işlemlerinden dolayı, sulu ortam (116), köpüklü bir gaz / su karışımı halinde mevcut olabilir. Başka bir deyişle, metanojenik mikroorganizmaları içeren sıvı, gaz halindeki faz - metan ve substrat gazının 35 kalıntıları ile oldukça zenginleştirilmiştir. Bu durumda, sulu ortam (116), gaz ayırma cihazına

(110) aktarılır ve gaz halindeki fazın sıvı fazdan ayrılması oluşur, burada sulu ortam (116), hala köpüklü olabilir. Bu gaz ayırma işlemi, gaz halindeki faza (substrat gazı ve metanın dönüştürülmemiş artıkları) sıvı ve gaz karışımından (116) yükseltiyle oldukça doğal bir şekilde gerçekleştirilebilir. Şekil 1'de görülebileceği üzere, Gaz fazından büyük ölçüde saflaştırılmış olan sıvı, metanojenik mikroorganizmalar ile birlikte, daha sonra gaz ayırma cihazının (110) üçüncü çıkışından çıkarılabilir ve pompa (120) vasıtasıyla ikinci geri besleme yolu (122) vasıtasıyla ağızlığı (106) beslenir ve reaktöre (108) giren tahrik jetini oluşturmak için kullanılır. Bu şekilde, sulu ortamın (116) kapalı bir devresi gerçekleştirilebilir.

İsteğe bağlı birinci geri dönüş yolu (118) vasıtasıyla ağızlığı (106) beslenebilen gaz ayırma düzeneğinin (110) ikinci çıkışında boşaltılabilen gaz, optimum durumda esas olarak, eğer dönüştürülmemiş substrat gazının uygun küçük kalıntıları varsa, sadece metan içerir. Gaz fazının gaz ayırma cihazından (110) geri dönüşüm oranı, reaktörün (108) uzunluğuna ve daha önce belirtildiği gibi yeterince uzun reaktörler (108) için sıfıra ayarlanabilir; burada gaz ayırma cihazından (110) yeniden sirküle edilmiş gaz fazı esasen metan içerir. Burada sunulan üretim süreci çok verimli bir şekilde ilerlediğinden, yani Sulu ortamın (116) reaktördeki (108) substrat gazı ile kuvvetli bir şekilde karıştırılmasıyla, örneğin % 90, örneğin % 95, örneğin neredeyse % 100'lük dönüşüm oranları sağlanabilir. Eğer bir birinci devridaim dalı (118) varsa, gaz ayırma cihazından (110) gelen gaz halindeki devridaim hızı, giriş hattı (102) vasıtasıyla her zaman substrat gazının reaktöre (108) besleme hızından daha büyük olabilir, örneğin, yaklaşık 1 ila örneğin 100, örneğin 200, örneğin 500, örneğin 1000 veya daha yüksek düzeydeki faktörler kadar fazla olabilir. Çok uzun tüp şeklindeki reaktörler (108) için yukarıda bahsedildiği gibi, substrat gazının neredeyse tamamı metana dönüştürülür. Buna uygun olarak tasarlanmış bir geri besleme yolu (118), bu durumda, devridaim gazı üzerindeki substrat gazı kalıntısının önemsiz bir oranına rağmen sağlanabilir. Reaktör (108) içindeki dönüşüm oranına bakılmaksızın, işlevsel olarak bir devridaim koluna karşılık gelen birinci geri besleme yolu (118) aracılığıyla yüksek bir gaz devridaim oranı vasıtasıyla, reaktörün (108) içindeki gaz-su karışımındaki gaz oranı ve dolayısıyla türbülans derecesi artırılabilir. Gaz devridaimi sayesinde, gaz-su karışımının reaktörün (108) içindeki karışımı, örneğin, dar iki faz arasındaki temas süresi ve temas alanı artırılabilir.

Gaz ayırma cihazında (110) sıvı yüzeyinin (128) üstündeki gaz karışımı, cihazın (100) çalışması sırasında ürün gazına ve dönüşüm verimliliğine bağlı olarak, dönüştürülmeyen substrat gazının ufaktan ufakça küçük tortularına sahiptir. Bu gaz karışımı, birinci çıkışta (114) cihazdan (100) tamamen veya kısmen çıkarılabilir ve isteğe bağlı olarak reaktördeki (108) birinci geri besleme yolu (118) vasıtasıyla kısmen sirküle edilebilir. Başka bir deyişle, ilk çıkışta (112) ve ikinci çıkışta (isteğe bağlı birinci geri besleme yolu (118) ile ilişkili) aynı

bileşimin gaz halindeki bir fazı uzaklaştırılır.

Genel olarak, reaktördeki (108) veya gaz ayırma cihazındaki (110) belirli bir  $H_2/CO_2$  oranında bir denge vardır: gazdaki bir  $CO_2$  konsantrasyonu, sulu ortamda (116) bir  $CO_2$  konsantrasyonuna karşılık gelir. Tüm  $CO_2$  reaksiyona girdiğinde, sulu ortam (116) içindeki pH artar, bu durum istenmeyebilir. Bu nedenle, substrat gazının giriş hattına (102) beslenmesi, hem birinci çıkışta (114) deşarj edilen gaz fazında hem de ikinci çıkışta da, her zaman bir artık  $CO_2$  kalıntısı, örneğin % 1 ila % 2 arasında kalacak şekilde ayarlanabilir. Bununla birlikte,  $H_2$ 'nin tam dönüşümü, pH'ta bir kaymaya yol açmaz. Dolayısıyla, eğer substrat (100), substrat gazı ile birlikte, giriş hattı (102) vasıtasıyla, yaklaşık 4:1 ( $H_2$  ila  $CO_2$ ) oranında veya daha az oranda beslenirse, pH değerini stabilize etmek için bu durum avantajlı olabilir.

Substrat gazının reaktörün (108) içine sulu ortamın (116) substrat gazıyla karışmasına neden olan ağızlık (106) vasıtasıyla sokulması, dinamik durumda birim zaman başına çok daha fazla sayıda metanojenik organizmanın substrat gazı ile temas etmesini sağlar ve birim zaman başına daha fazla sayıda metanojen organizma, statik durumdan daha fazla metan üretebilir. Reaksiyon veya temas yüzeyi yaklaşık olarak reaktör içindeki sulu bir ortam (116) ile ortamın yüzeyinin statik durumunda bulunan substrat gazı arasında karşılık gelir. Buna karşılık, dinamik durumda, yani, bu tarifnamede açıklanan mevcut buluşun istemlerine göre, bu yüzey çok daha büyüktür, çünkü reaktördeki (108) sulu ortamın (116) hali hazırda pürüzlü ve dolayısıyla daha büyük yüzeyi (reaktör (108) içindeki dalgalı çizgi ile gösterilir) 8ulu ortamı (116) zorlayan gaz kabarcıklarının yüzeylerinin toplamına eklenir, burada tüp şeklindeki reaktörün (108) başlangıcında, gaz kabarcıkları, gaz kabarcıklarının ucunda sadece substrat gazına sahip olma eğilimindedir, ideal olarak neredeyse yalnızca son ürün metan olabilir ve kabarcıklar oluşturan gaz arasında herhangi bir substrat gazı ve metan karışım oranına sahip olabilir.

Substrat gazı ve sulu ortam (116) arasındaki temas yüzeyini daha da arttırmak için, reaktör (108) ayrıca isteğe bağlı olarak en az bir karıştırma elemanı (124) içerebilir. En az bir karıştırma elemanı (124) reaktördeki (108) substrat gazının sulu ortam (116) ile karıştırılması için uygun olan bir eleman olabilir. En az bir karıştırma elemanı (124), örneğin, mekanik olarak dinamik bir eleman olabilir ve örneğin, dönen bir su çarkı, bir jet karıştırıcı, bir türbin karıştırıcı, bir pervaneli karıştırıcı veya bir tüp karıştırıcı olarak tasarlanabilir, bunlar hiçbir şekilde olası bir karıştırma elemanlarının kapsamlı bir listesi olarak görülmemelidir. Bununla birlikte, en az bir karıştırma elemanı (124) ayrıca mekanik olarak statik bir eleman, örneğin daha büyük substrat gazı kabarcıklarını daha küçük substrat gazı kabarcıklarına dönüştüren bir püskürtme süzgeci olabilir. En az bir karıştırma elemanı (124) ayrıca en az bir mekanik

olarak dinamik ve bir mekanik olarak statik eleman içerebilir.

Şekil 1'de gösterildiği gibi, metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için örnek cihaz (100), en az iki valf, yani birinci valf (104) ve ikinci valfi (112) içerir. Açıkça, diğer valfler, akış ölçerler ve kompresörler gibi ihtiyaç duyulduğunda diğer akışla ilgili elemanlar da cihazda (100) sağlanabilir. Birinci valf (104) ve ikinci valf (112) vasıtasıyla, örnek cihazın (100) bir kısmı, substrat gazı besleyen giriş hattı (102) ile gaz ayırma düzeneğinin (110) birinci çıkışını (114) gaz halindeki metan gazı fazını ayıran bir basınç gradyanına tabi tutulabilir, bu reaktörün (108) yüklenmesine izin verir ve reaktörden (108) gaz ayırma cihazına bir sıvı akışına neden olur. Basınç farkının daha düşük basınç seviyesi (yani, ikinci valfteki (112) basınç) ortam basıncında (atmosferik basınç) olabilir. Bununla birlikte, gerekirse, düşük basınç ayrıca ortam basıncından daha yüksek bir basınçta, örneğin yaklaşık 50 mbar, örneğin 100 mbar, örneğin 200 mbar, 500 mbar veya daha yüksek bir ortam basıncında olabilir. Bu avantajlı olabilir, çünkü oksijenin cihaza (100) nüfuz etmesi etkili bir şekilde önlenabilir, bu da genellikle kullanım ömrü ve / veya metanojenik mikroorganizmalar üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Birinci valf (104), birim zamanda reaktöre (108) beslenen substrat gazı miktarını ve karışım oranını kontrol etmek için de kullanılabilir. İkincisi,  $H_2$  ve  $CO_2$  için ayrı beslemeler ve buna karşılık gelen iki birinci valf sağlanarak da ayarlanabilir.

Substrat gazının metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla ürün gazı metanına etkili bir şekilde dönüştürülmesi, diğerlerinin yanı sıra, tüp reaktör (108) içindeki yeterli akış hızında tüp reaktörü (108) içinde karışan yüksek türbülanslı gaz-su-bakterilere dayanmaktadır, örneğin, statik tüplü karıştırıcılar kullanılırken, örneğin, statik tüplü karıştırıcılar kullanılırken, örneğin yaklaşık 3 m/sn ile yaklaşık 5 m/sn aralığında, yaklaşık 3 m/sn ile yaklaşık 10 m/sn aralığında olabilir. Bağımsız motor tahrikli dinamik tüp karıştırıcıları kullanılırken bir akış hızı belirtilmez.

Reaktör (108) içindeki artan reaksiyon hızı, sulu ortamın (116) yüksek düzeyde türbülanslı olarak substrat gazı ile karıştırılmasıyla elde edilebilir. Tercihen, saatte reaktöre (108) giren gaz hacmi, tüp şeklindeki reaktörün (108) kapasitesinin üstünde olabilir. Saatte reaktöre (108) verilen gaz hacminin aynı hacme oranı, örneğin yaklaşık 5:1 veya daha fazla, örneğin yaklaşık 10:1, örneğin yaklaşık 25:1, örneğin 50:1 veya daha fazla olabilir. Bu değerler, besleme cihazında (102) gaz girişi ile ilgilidir.

Bu rakamlara dayanarak, sunulan kavramın potansiyel performansını göstermek için küçük bir kaba tahmindir. Saatte reaktöre (108) verilen gaz hacminin aynı hacme oranı 5:1 ise, bu spesifikasyonun öğretisine göre elde edilebilecek substrat gazının neredeyse tamamen

dönüşümünde metre küp başına reaktör hacminde 1 m<sup>3</sup> metan oluşturulabilir. 1 m<sup>3</sup> metan, yaklaşık 10 kWh enerji içeriğine sahiptir. Substrat gazlarının metan haline dönüştürülmesinden başlayarak, saatte 1 m<sup>3</sup> metan ve 1 m<sup>3</sup> reaktör hacmine dönüşmesi, metre küp başına karşılık gelen bir reaktörün yaklaşık 10 kW gücüne sahip olduğunu takip eder. Böylece 100 m<sup>3</sup>'lük bir reaktör 1 MW'lık bir çıkışa sahip olur. Gaz çıkış oranı saatte 25:1'e çıkarılırsa, substrat gazlarının metana tamamen dönüştürülmesiyle, sadece 20 m<sup>3</sup> reaktör hacmiyle 1 MW kapasiteli bir reaktör sistemi gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, bunun metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretme aparatının muhtemel çalışma senaryosunu nicel olarak göstermesi amaçlanan ve burada sunulan konseptin performans marjını herhangi bir şekilde sınırlamadığı örnek bir hesaplama olduğu vurgulanmalıdır.

Sulu ortamın (116) reaktörün (108) içindeki substrat gazıyla yüksek türbülanslı karışımı, metanojenik mikroorganizmalar ve substrat gazı ile sulu ortam (116) arasındaki temas yüzeyinin önemli ölçüde genişlemesini sağlar, ve sırasıyla yukarıda belirtilen statik duruma kıyasla reaktör (108) içinde önemli ölçüde arttırılmış bir reaksiyon hızı sağlar. Sulu ortamın (116) kuvvetli bir şekilde karıştırılması göz önüne alındığında, mevcut durumda, örnek cihazın (100) tüp şeklindeki reaktörünün (108) metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmesi için oldukça tipik olmayan bir işleminden bahsetmesi mümkündür, çünkü kimyada kullanılan benzer tüp şeklindeki reaktörler işlem sırasında genellikle ihmal edilebilir eksenel karışımlara sahiptir. Örnek teşkil eden bir düzenleme olarak Şekil 1'deki cihaz (100) vasıtasıyla burada sunulan metan üretim yöntemi durumunda, bununla birlikte, reaktör içinde daha yüksek bir reaksiyon hızı ve dolayısıyla geleneksel üretim koşullarına kıyasla belirgin bir şekilde artan metan verimi sağlayan bu karışım bulunmaktadır. Bu bakımdan, Şekil 1'deki ağızlık (106), reaktörün (108) ürettiği itici jet sulu ortamın (116) yeniden sirkülasyonuna neden olduğundan, bu sayede temas yüzeyinde bahsedilen artışla artan reaksiyon oranının elde edilmesinden dolayı işlevsel olarak bir reaksiyon arttırıcı olarak düşünülebilir. İsteğe bağlı olarak reaktörde (108) sağlanan karıştırma elemanı (124) ayrıca, sulu ortamın (116) tüp şeklindeki reaktör (108) içindeki dolaşımına katkıda bulunur ve bu nedenle fonksiyonel olarak reaksiyon arttırıcı cihaza gönderilir.

Şekil 1'de gösterilen ve şimdiye kadar tarif edilen metan üretmek için cihazın (100) örnek düzenlemesi, burada sunulan öğretime göre, substrat gazının metan'a yüksek verimli bir dönüşümünün nasıl gerçekleşebileceğinin bir olasılığını temsil etmektedir. Bundan sonra, Şekil 1'deki ağızlık dayalı olarak başka örnek düzenlemeler açıklanacaktır. Bu durumda, Şekil 1'den başlayarak, aynı referans sembolleriyle işlevsel olarak özdeş elemanlar sağlanır ve daha ayrıntılı olarak tekrar açıklanmayacaktır.

Metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için bir cihazın (200) bir başka örnek düzenlemesi Şekil 2'de gösterilmiştir. Cihaz (200), Şekil 2'de gösterilen düzenlemenin aksine, bir karıştırma tankını (202) temel almaktadır (ing.: İçinde sulu ortamın (116) bulunduğu STR, karıştırma tankı reaktörü veya CSTR, sürekli karıştırma tankı reaktörü), burada karıştırma tankı (202), dalgıç reaktör kategorisine atanır. Karıştırma tankı (202), işlevsel olarak bir karıştırma elemanı olarak işlev gören bir karıştırıcıya (204) sahiptir. Karıştırıcıda (204), örneğin rotor kanatlarının yüzeyinde, gazın akabileceği açıklıklar sağlanabilir. Şekil 1'de gösterilen aparatta (100) olduğu gibi, substrat gazı da reaktöre giriş hattı (102) vasıtasıyla beslenir. Substrat gazı daha sonra, Şekil 2'de gösterildiği gibi, karıştırıcıdan (204), örneğin rotor bıçaklarından, dönme sırasında (karıştırma hareketi) ortaya çıkabilir veya alternatif olarak karıştırıcıdan (204) bağımsız olarak ayrı bir besleme cihazı vasıtasıyla sulu ortama (116) beslenebilir. Bu tür bir besleme cihazı, örneğin, karıştırma tankının (202) tabanına yerleştirilebilir ve substrat gazı, bir dizi açıklık vasıtasıyla sulu ortama (116) besleyebilir. Her iki durumda da, substrat gazının sulu ortam (116) ile optimum şekilde karıştırılması sağlanır. Karıştırıcının (204) dönmesi veya karıştırıcının (204) altta düzenlenmiş yerleştirme düzeneği (Şekil 2'de gösterilmemiştir) ile çarpışmasıyla, alt-tabaka gazının sulu ortam (116) ile optimum bir şekilde karıştırılması, Şekil 2'de gösterilen sulu ortamdaki (116) gaz kabarcıklarının yükselmesiyle gösterilebilir. Güçlü bir kabarcık oluşumu arzu edilebilir, çünkü bu, karıştırma tankına (202) ve sulu ortam (116) içine verilen substrat gazı arasındaki reaksiyon yüzeyini önemli ölçüde arttırabilir. Bu açıdan, küçük gaz kabarcıklarının oluşumu, daha az büyük gaz kabarcıklarının oluşumundan daha iyi olabilir. Ayrıca, sulu ortam ve substrat gazı arasında daha yüksek bir temas süresi ve temas yüzeyine sahip olan yüksek bir gaz devridaimi avantajlı olabilir. Sulu ortamdaki (116) metanojenik mikroorganizmalar, her bir gaz kabarcığının yüzeyi vasıtasıyla, H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> ürün gazları ile, sulu tabaka (116) ile üstteki gaz fazı arasındaki sınır tabakasına beslemeye ilave olarak, birinci bir yaklaşım için, sıvı ortamın (116) tüm hacmi metan oluşturmak için kullanılabilir. Küçük gaz kabarcıklarının oluşumunu teşvik etmek için karıştırıcı (204), elekler veya yüzeyindeki diğer ince gözenekli yapılar gibi ilgili elemanlara sahip olabilir.

Birinci geri dönüş yolu (118) vasıtasıyla, bazen karıştırma tankının (202) içindeki sulu ortamın (116) yüzeyi üzerinde biriken dönüştürülmemiş substrat gazı içeren gaz fazı, ayrıştırma gazı ile giriş hattına (102) beslenen substrat gazıyla karıştırılabilir ve böylece, karıştırma tankının (202) içindeki fazların çalkantılı bir karışımını arttırır.

Şekil 3, hidrojen ve karbondioksiti reaksiyona sokarak metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için bir cihazın (300) örnek bir düzenlemesini gösterir. Cihaz (300), bir dalgıç reaktöre (302) dayanmaktadır. Dalgıç reaktörün (302) dibinde, ağızlık (106),

örneğin bir su jetinin oluşturulabileceği ve dalgıç reaktörün (302) tabanından sulu ortama (116) yayıldığı bir jet motoru ağızlığı düzenlenir. Sulu ortamın (116) zorlamalı konveksiyonu, bir yandan ağızlık (106) ile gerçekleştirilebilir ve diğer taraftan, sulu ortam (116), substrat gazı ile türbülanslı olarak karıştırılabilir. İşlevsel olarak, ağızlık (106), reaksiyon artırıcı

5 cihaza karşılık gelir, burada dalgıç reaktörde (302) ki ek olarak yukarıda Şekil 1'de gösterilen aparat ile bağlantılı olarak tarif edilmiş olan en az bir karıştırma elemanı (124) sağlanabilir. Ağızlık (106), Şekil 1'de gösterilen aparat (100) ile bağlantılı olarak daha önce tarif edildiği gibi akışkanlar ile, yani substrat gazıyla, ikinci geri besleme yolu (122) yoluyla sulu ortam (116) ve isteğe bağlı olarak dalgıç reaktörün (302) içinden gaz fazı ile beslenir.

10 Metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için bir cihazın (400) yine bir başka uygulama örneği, reaktör olarak bir püskürtme kulesinin (402) kullanıldığı Şekil 4'te gösterilmiştir. Substrat gazı, püskürtme kulesinin (402) içine birinci valf (104) vasıtasıyla beslenir. İkinci geri besleme yolu (122) aracılığıyla, sulu ortam (116), bir püskürtme cihazı (404), örneğin bir püskürtme memesine, yukarı doğru taşınır. Bu düzenlemede, sulu ortam

15 (116) en iyi damlacıklara (406) atomize edilir ve buradaki püskürtme kulesinin (402) tavanına püskürtülür. Dispersiyon cihazı (404) böylece fonksiyonel olarak bir reaksiyon geliştirme cihazıdır. Dispersiyon cihazı (404) tarafından üretilen damlacıklar (406) ne kadar ince olursa, sulu ortam (116) ile substrat gazı arasındaki temas yüzeyi de o kadar büyük olur ve dönüşümün reaksiyon hızı da artar. Substrat gazının giriş hattı (102) üzerinden sokulması,

20 Şekil 4'teki çizime zıt olarak, ayrıca püskürtme kulesi (402) içerisindeki sulu ortamın (116) yüzeyinin altında, örneğin bir çıkış açıklığı veya yakın aralıklı çıkış açıklıklarının ilgili bir düzenlemesi yoluyla da gerçekleştirilebilir, böylece substrat gazı ilk önce püskürtme kulesine (402) bir sıvı kolon sulu ortam (116) olarak geçebilir ve ayrıca bu sıvı kolonda zaten metan gazı üretimi gerçekleşebilir. Genel olarak, bu başvuruda sunulan reaksiyon geliştirme

25 cihazları, substrat gazı ve sulu ortam (116) arasındaki temas yüzeyini maksimize etmek ve böylece metan üretim oranını maksimuma çıkarmak için metanojenik mikroorganizmalar herhangi bir uygun şekilde birleştirilebilir.

Şekil 5, bir sallama yatağı reaktörünün (502) kullanıldığı metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretme düzeneğinin bir başka uygulamasını gösterir. Cihaz (500), Şekil

30 2'de gösterilen cihaza yapısal olarak benzer. Bununla birlikte, içine, yukarıdan püskürtülmüş olan sıvı ortamın (116) damlayabildiği gözenekli veya bal peteği matrisi (504) sağlanmıştır. Matrisin (504) iç yüzeyi, örneğin iç kısmındaki gözeneklerin veya peteklerin büyüklüğü, reaksiyon yüzeyini tanımlar. Matris (504), matrisin (504) düzgün ve yaygın şekilde ıslanmasını sağlayan ve/veya sulu ortamın (116) matrisin (504) çok hızlı bir şekilde sızmasını

35 önleyen cam, plastik, lav külü gibi bir malzemeden kaplanabilir veya bunlardan yapılabilir.

Şekil 5'te gösterilen metan üretme düzeneğinde (500), reaksiyon güçlendirme aygıtı matris (504) ve dispersiyon cihazı (404) tarafından oluşturulur, çünkü bu iki cihazın statik duruma göre etkileşimi, sulu ortam (116) ile substrat gazı arasında daha büyük bir reaksiyon yüzeyine izin verir.

- 5 Metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretmek için cihazın yine bir başka düzenlemesi, bir jet akımı reaktörünün (602) kullanıldığı Şekil 6'da gösterilmektedir. Bu durumda, substrat gazı ve sulu ortam (116) dışarıdan ağızlığa (106), örneğin tavana veya jet akımı reaktörünün (602) üst bölgesinde düzenlenmiş bir jet motoru ağızlığına beslenir. Ağızlık (106) ayrıca, isteğe bağlı birinci geri besleme yoluna (118) karşılık gelen, gaz fazını, itici jet reaktörünün (602) içinden doğrudan aspire edebilir. Ağızlığın (106) ürettiği itici jet sulu ortama (116) beslenebilir veya saçılabilir, bu sayede alt tabaka gazı ile türbülanslı karışımına gelir. Örneğin, itici jet sulu bir ortama (116) bir tüp (604) vasıtasıyla beslenebilir, burada tüpün (604) kenarlarında, aşağı akan substrat gazının zaten bir kısmının sulu ortama (116) beslenebildiği ince açıklıklar sağlanabilir. Uzatılmış tüp (604) ucunun, hareketli jet reaktörünün (602) altına yakın bir yerde bulunması avantajlı olabilir, böylece hareketli jet, sulu ortamın (116) nispeten büyük bir bölümünden geçer.

- Şekil 7, hidrojen (formül  $H_2$ ) ve karbon dioksit (formül  $CO_2$  'nin reaksiyona sokulmasıyla metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan (formül  $CH_4$ ) üretmek için bir düzeneğin örnek bir düzenlemesini gösterir. Cihaz bir dalgıç reaktördür. Buluşa göre, peletler olarak bilinen metanojenik makro koloniler, yüksek yoğunlukta, ağırlıklı olarak besin sıvısı ile doldurulmuş bir submukozal biyoreaktöre eklenir. Organizmaların substratları ile, bir hidrojen-karbon dioksit karışımının beslenmesi, organizmaların içinde bulunduğu besin sıvısının yoğun bir şekilde fumigasyonu yoluyla gerçekleşir. Bu, hidrojenin çözünürlüğünü arttırmak için reaktörün atmosferik basınçtan (12) daha büyük bir oranda çalıştırılmasıyla gerçekleştirilir. Ayrıca, reaktör bir iç gaz devridaimi (4) ile karıştırılır. Reaktör, gazlı bir yukarı akış kısmına (A) ve tatlandırılmamış aşağı akış kısmına (B) sahiptir. Gaz halindeki sıvı fazın üstündeki gaz gaz halindeki parçaya basınçlandırılır, ve böylece bir gaz-sıvı-pelet karışımının yukarı doğru bir akışını üretir. Reaktörün üst kısmında, gaz gaz fazına salınır, böylece elverişsiz kısımdaki (B) bir pelet besleyici ortam karışımı geri akabilir. Devridaim edilen gaz miktarı (4) yoğunlukla birim zamanda reaktöre (3) beslenen gaz karışımından daha fazladır.

- Bu gibi birkaç dalgıç reaktör ( $R_1$  ila  $R_n$ ), seri halinde kademeli şekilde kaskad olarak çalıştırılabilir (bakınız Şekil 8, 9 ve 10). Bu durumda, her reaktörün önünden alt kısmına belli miktarda gaz akar. Reaktörler farklı gaz basınçlarıyla çalıştırılırsa, reaktörlerde ve tapa akışında farklı koşullar belirlenir. Gaz halindeki substrat bu şekilde büyük ölçüde metan

haline dönüştürülebilir. Bu yöntem, depolanamaz bir forma, yüksek enerjili metan haline dönüştürülmesi için kullanılamaz pik elektrik gücünün kullanılmasına katkıda bulunabilir. İşlem, saf bir şekilde sunulması gerekmeyen karbondioksit tüketir. Kimyasal işlemlerle karşılaştırıldığında, biyometanizasyonun icadına göre olan yöntem doğal koşullar altında gerçekleştirilmektedir. Metan bakterileri besinler olmadan uzun süre hayatta kalabilir. İhtiyaçlara esnek bir şekilde tepki verebilir. Burada sunulan metanojenik mikroorganizmalar vasıtasıyla metan üretme düzeneğinin tüm düzeneklerinde CO<sub>2</sub>, bir baca gazı, örneğin bir atık yakma tesisi veya bir elektrik santrali, örneğin bir kömür santrali gibi elde edilebilir. Bu amaçla, buluşa göre cihaz, örneğin baca gazının geçtiği, suyla dolu bir basınçlı kap içeren bir zenginleştirme cihazı içerebilir. CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> ile karşılaştırıldığında daha iyi bir çözünürlüğe sahip olduğundan, su, basınç altında CO<sub>2</sub> ile zenginleştirilebilir. Basınç düşürüldüğünde ilk önce baca gazı zenginleştirme cihazından uzaklaştırılır. Basıncı daha da azaltarak, CO<sub>2</sub> nihayet sudan ayrılabilir ve substrat gazı olarak ağızlığı (106) beslenebilir ve örneğin, jet akımını oluşturmak için yeniden dolaştırılmış sulu ortam (116) ile birlikte kullanılabilir. Oksijen artıkları, ağızlığı (106) verilmeden önce kimyasal veya biyolojik olarak çıkarılabilir.

Kataliz ile kimyasal işlemlerle karşılaştırıldığında, buluşa ait yöntem saf olmayan gazlarla da gerçekleştirilebilir. Gazları gidermek için hiçbir adım yoktur. Diğer biyometanizasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, iyi tanımlanmış biyokütle yoğunlukları gerekirse ayarlanabilir ve geri yüklenebilir. Ayrıca, gazın iç devridaimi ile organizmalara iyi bir gaz beslemesi sağlanır.

#### Düzenleme örneği 1

Reaktördeki su, tatlı su ortamı için besin tuzları ve bir probil eser elementin bir kısmı için beslenir. Reaktördeki su yaklaşık 60 - 70 °C'ye ısıtılır, atmosfer N<sub>2</sub> ile değiştirilir. Reaktörü kapatılır. N<sub>2</sub> atmosferi altında suyun 40 °C'ye kadar soğuması beklenir ve sonra yaklaşık 0.2 bar'lık bir basınçta N<sub>2</sub> eklenir. Balch ve ark. göre (1979) bir promil vitamin çözeltisi ekleyin. NaS ile <-0.2 V'ye düşürülür. Anaerobik endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden (örneğin, kağıt fabrikası veya gıda endüstrisi) aktif konsantrasyonda topak olarak adlandırılan, pelet adı verilen aktif makrojenik bakteriyel makro koloniler eklenir (yaklaşık% 1 kuru madde). Sıcaklıklar 35 ila 38 °C, pH ise yaklaşık 7 olarak ayarlanır. Reaktör karıştırmaya başlanır. Reaktör birim zaman başına tanımlanmış miktarda substrat gazı (H<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub>) ile yaklaşık 4:1 oranında 0,2 bar basınçta şarj edilir. Reaktördeki basın. 0,2 - 0,1 bar'da tutulur. Elde edilen gaz karışımı reaktörden > 0,2 - 0,1 bar basınçta boşaltılır.

#### **Literatür**

- Balch, W.E.; Fox, G.E. Magrum, L.J.; Woese, CR. ; Wolfe, R.S. (1979): Methanogenis: Reevaluation of a unique biological group. *Micobiol. Review* 43, 260 -296
- Bajohr et al.: Speicherung von regenerativ erzeugter elektrischer Energie in der Ergasinfrastruktur, DVGW- Studie, 2011
- 5 • Brunner, M. (1987): „Anaerober mikrobieller Abbau von 3-Chlor-Benzoesäure zu Biogas" (1987), Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Düsseldorf
- Brunner, M.; Schoberth, S.M.; Sahm, H. (1987): Anaerober mikrobieller Abbau von halogenierten Aromaten zu Biogas. *Chem.-Ing.-Tech.* 59 (1), 55-57
- 10 • Brunner, M. (1989): „Neue Erfahrungen mit der anaeroben Abwasserreinigung mittels UASB-Reaktoren in der Papierindustrie", *Allgemeine Papierrundschau* 11/1989
- Brunner, M. , Dietrich, P. (1988):" Konzepte zur anaeroben Abwasserreinigung in der Fruchtsaftindustrie", *Confructra* 32 III/IV, 118-125
- Das Erdgasnetz als Systemintegrator zur Verstetigung von Wind- und Solarstrom, energie - wasser-praxis, 2010
- 15 • DVGW-Arbeitsblatt G 262 „Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung", November 2004
- Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger, Energietechnische Gesellschaft im VDE, Frankfurt, 2009
- 20 • Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und Internationale Entwicklung, Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010
- George A. Olah et al (2008): Chemical Recycling of Carbon Dioxide to Methanol and Dimethyl Ether Loker Hydrocarbon Research Institute and Department of Chemistry, University of Southern California, 2008
- 25 • Guiot et al. (2011): Potential of wastewater-treating anaerobic granules for biomethanation of synthesis gas", *Environmental Science & Technology* Vol. 45, 2006-2012
- Hartmut Wendt (1984): Neue konstruktive und prozesstechnische Konzepte für die Wasserstoffgewinnung durch Elektrolyse, *Chem. Ing. Tech* 56, 1984
- Immhof-Struckle, D. und Pfennig, N. (1983): Isolation and characterisation of a nicotinic acid-degrading sulfat-reducing bacterium, *desulfococcus niacini*. *Aren. Microbiol.* 136, 194-198
- 30 • Kopyscinski et al: Production of synthetic natural gas (SNG) from coal and dry biomass - A technology review from 1950 to 2009, General Energy Research Department, Paul Scherrer Institut, Villingen, Schweiz
- 35 • Klaus, T. et al. (2010): Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen,

Umwelt Bundesamt, Dessau-Roßlau 2010

- Marcus Reppich: Vergleich verschiedener Aufbereitungsverfahren von Biogas zur Einspeisung in das Erdgasnetz, Chem. Ing. Tech. 81 Nr.3, 2009
- Pehnt, Martin; Höpfner Ulrich: Kurzgutachten Wasserstoff- und Stromspeicher in einem Energie-system mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien: Analyse der kurz- und mittelfristigen Perspek-tive, ifeu -Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Im Auftrag des Bundesmi-nisteriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Heidelberg, Mai 2009; V. 1.1
- Power to Gas: Untersuchungen im Rahmen der DVGW-Innovationsoffensive zur Energiespeiche-rung, energie I wasser-praxis, 2011
- Sahm, H. (1981): Biologie der Methanbildung, Chem.-Ing. Tech. 53 (11), 854-863
- Sahm, H. (1984): Anaerobic wastewater treatment. Ad. Biochem. Eng. Biotech. 29, 83-115
- Sahm, H.; Brunner, M.; Schoberth, S.M. (1986): Anaerobic degradation of halogenated aromatic Compounds. Microbial Ecology 12, 147-153,
- Schoberth, S.M., Brunner, M., Sahm, H. (1984):"Anaerobic degradation of 3-chlor-benzoie aeid to methan in a defind medium", IAWPRC Symposium on Forest Industry Waste Water, Tamper
- Schoberth, S.M., Brunner, M., Sahm, H. (1988):"Anaerober Abbau von Halogenaromaten", Gas-Wasser-Fach 129, (1), 32 - 34
- Sterner, M.( 2009): Dynamische Simulation der Stromversorgung in Deutschland nach dem Ausbauszenario der Erneuerbaren-Energien-Branche, Abschlussbericht, Fraunhofer IWES, 2009
- Sterner, M. (2009): Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy Systems, Limiting global warming by transforming energy Systems, Dissertation, Universität Kassel, Fraunhofer IWES, 2009
- Sterner, M.; Specht, M. (2010): Erneuerbares Methan. Eine Lösung zur Integration und Speicherung erneuerbarer Energien und ein Weg zur regenerativen Vollversorgung, In Solarzeitalter 1/2010
- Sterner, M. (2011): Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung des Windgas-Angebotes, Fraunhofer IWES, Februar 2011
- Tom Smolinka et al. (2011): NOW Studie, Stand und Entwicklungspotential der Wasserelektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff aus regenerativen Energien, Kurzfassung des Abschlussberichts, 2011
- Vereijken, T., Brunner, M. (1989): „Neue Entwicklungen in der

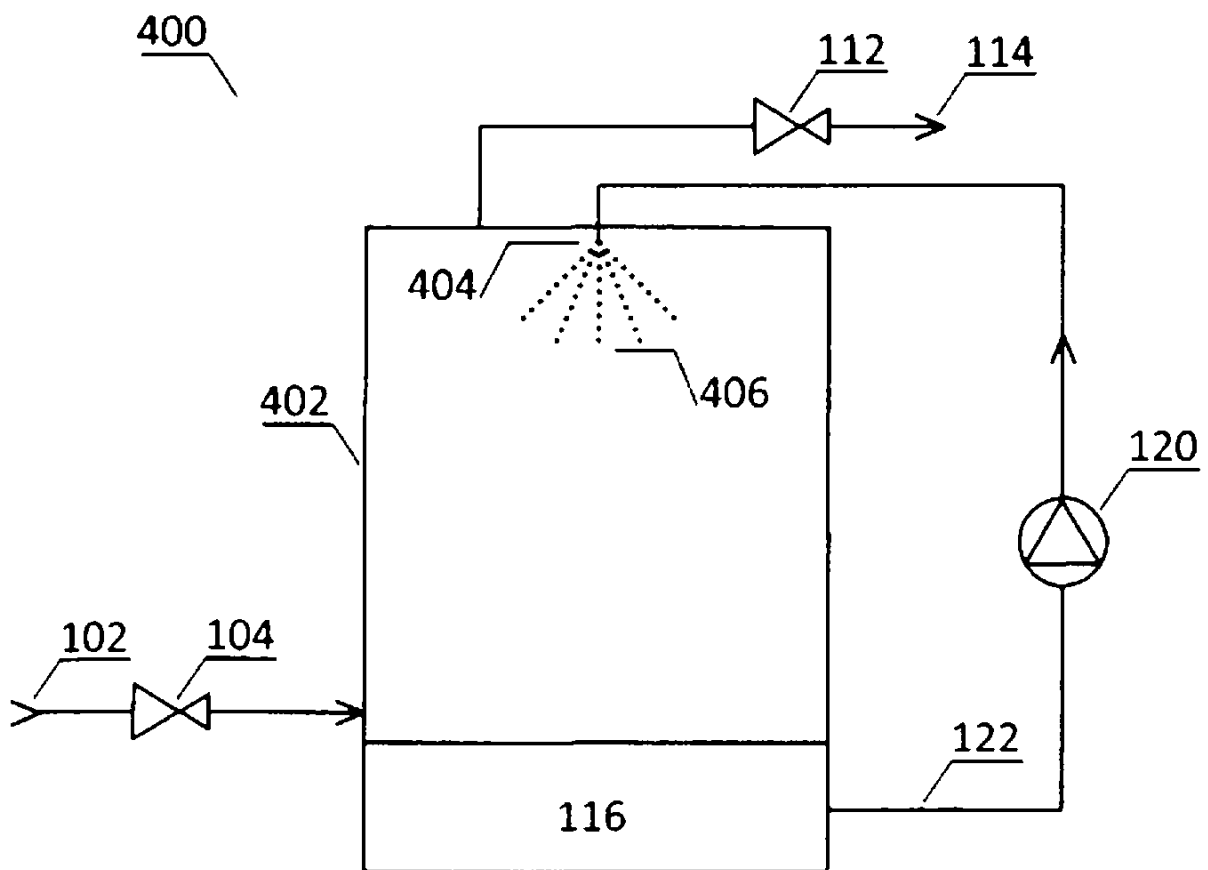
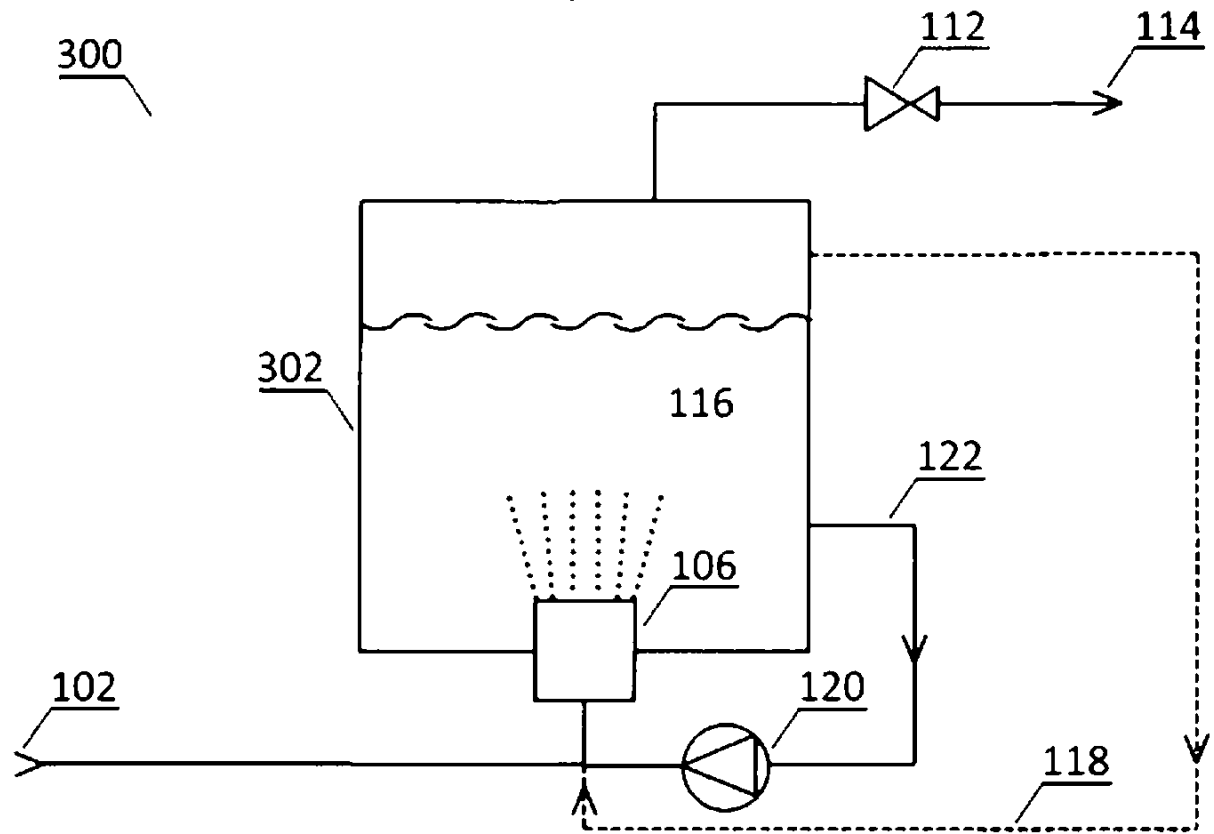
Brauereiabwasserbehandlung", Brauindustrie 6 /1989, 653 - 656

- Verband der Schweizerischen Gasindustrie (VSG), A EE Agentur für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz: „Swiss Renewable Power-to-Gas - Erneuerbares Gas aus Strom für die Schweiz“, Bern, Juni 2012

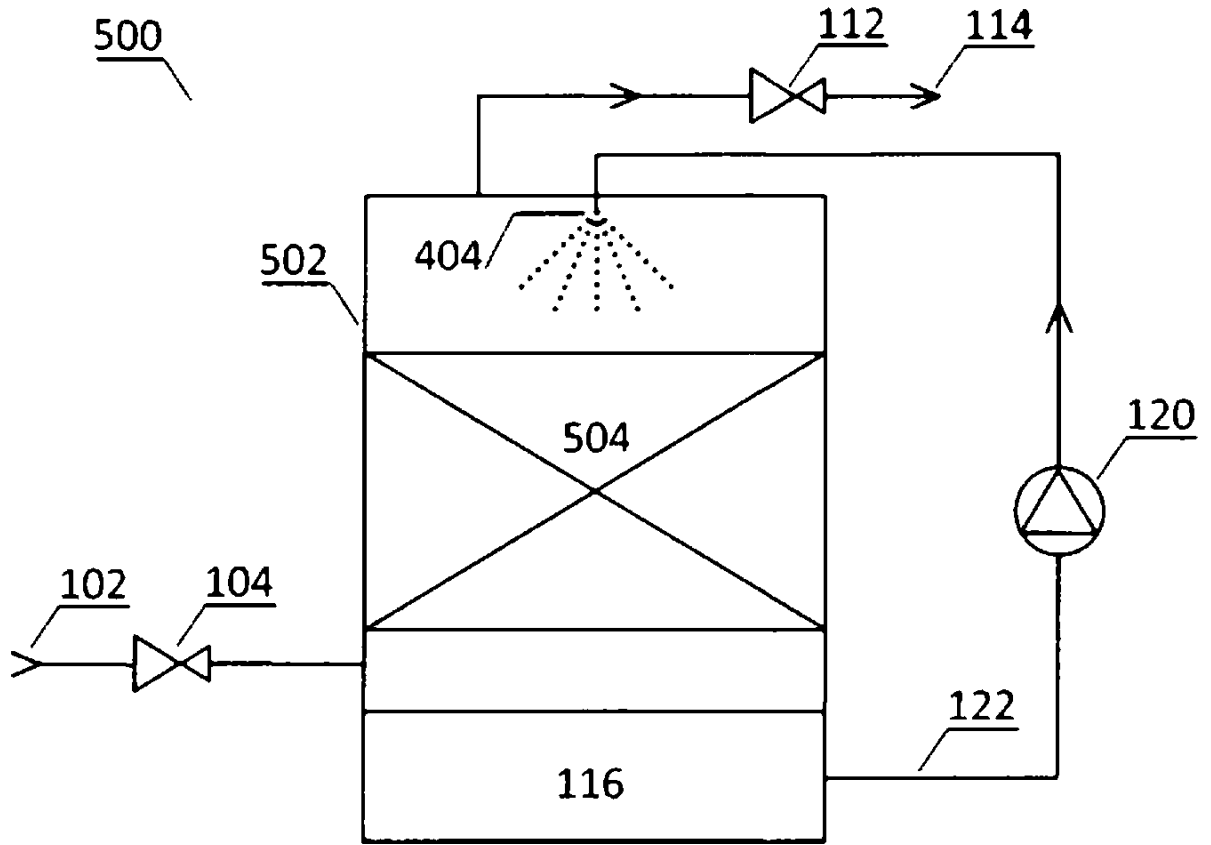
- 5
- Widdel, F. (1980): Anaerober Abbau von Fettsäuren und Benzoesäure durch neu isolierte Sulfat-reduzierende Bakterien. Dissertation, Universität Göttingen



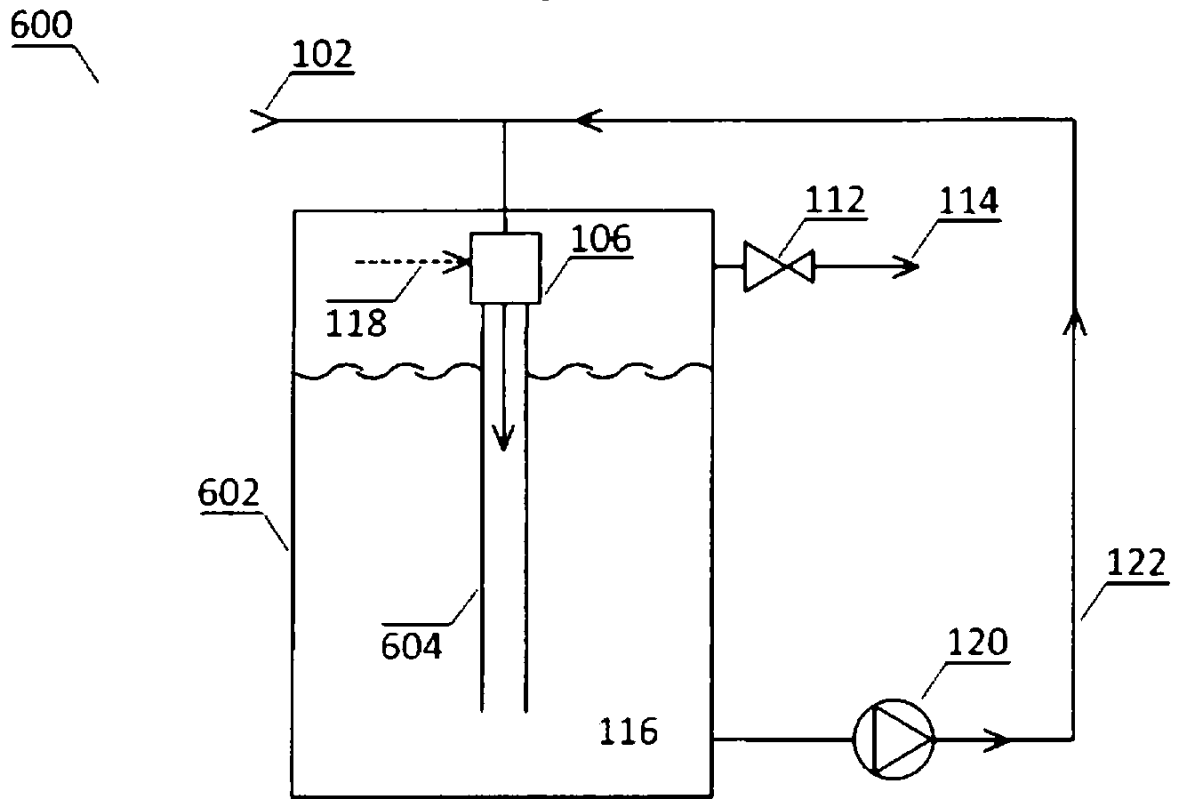
F



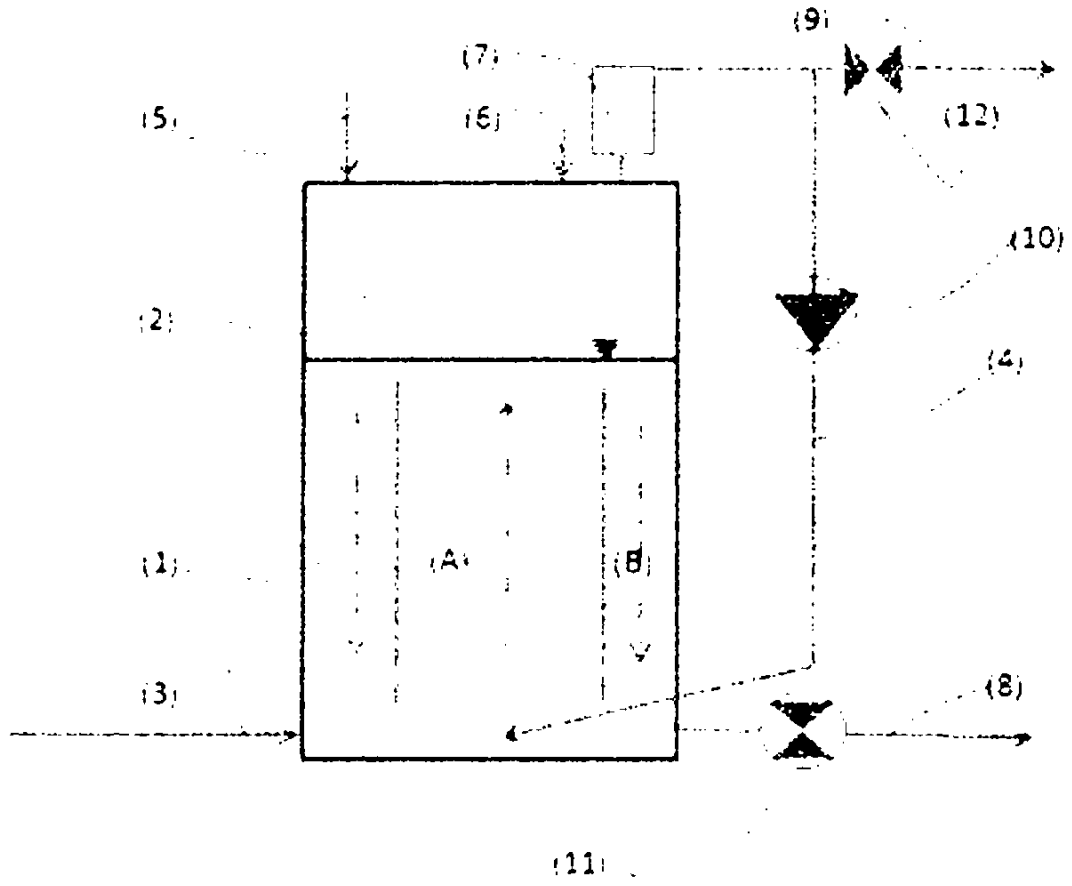
Şekil 5



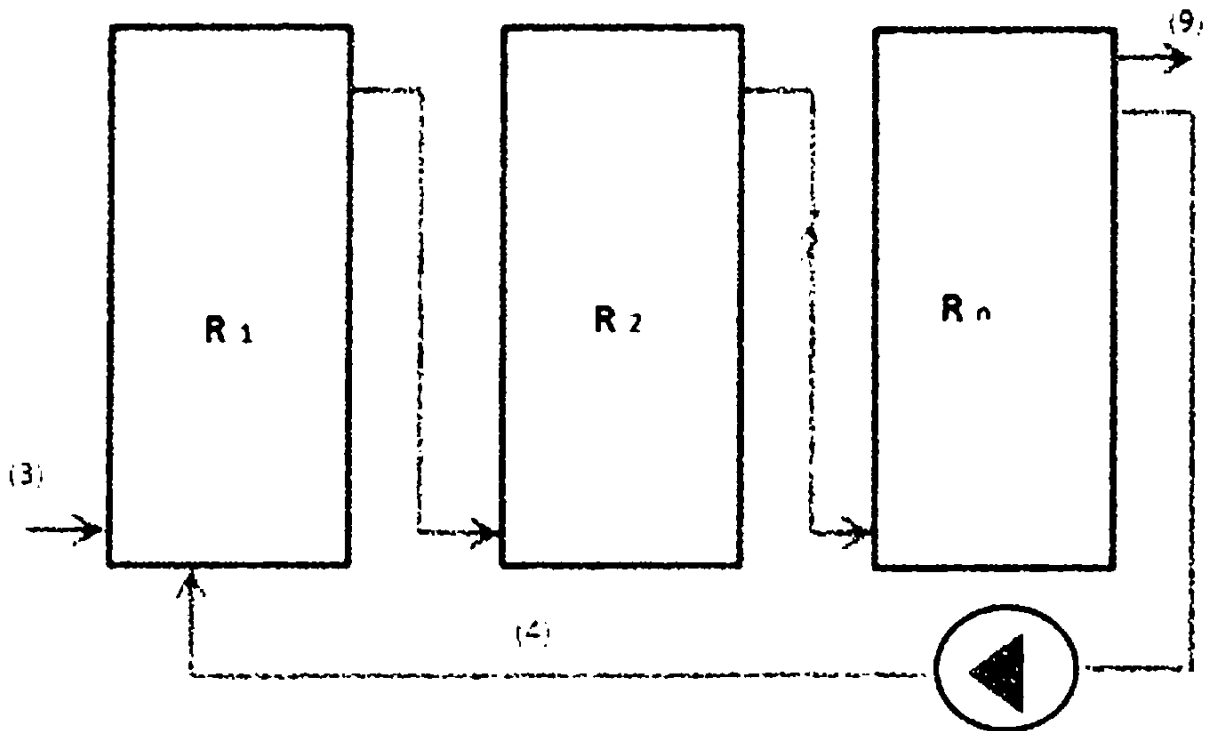
Şekil 6



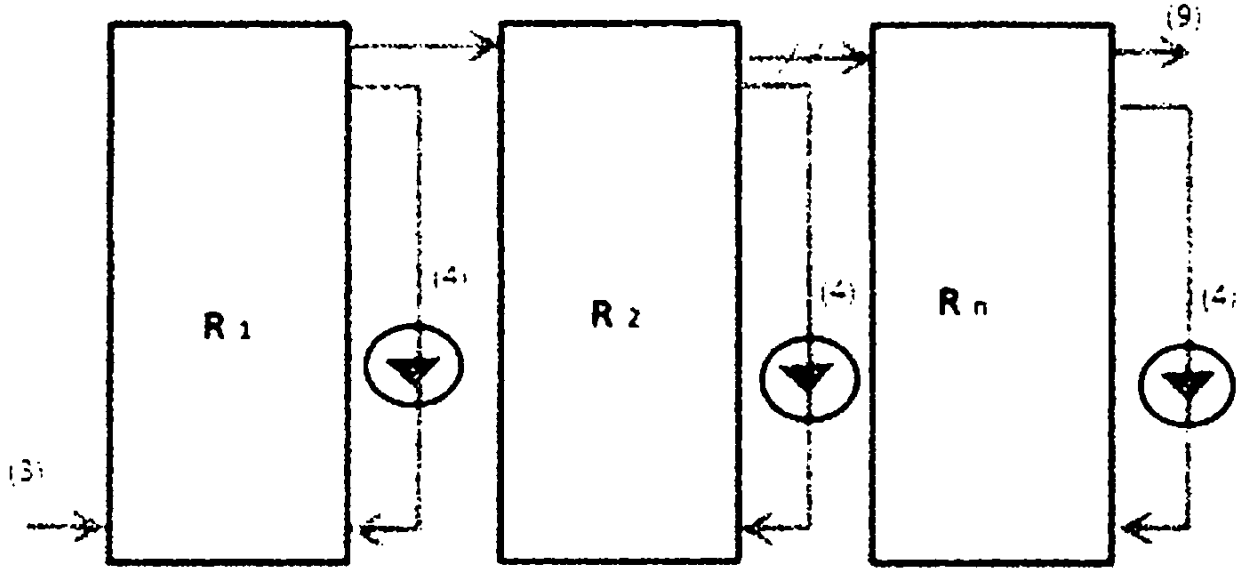
Şekil 7



Şekil 8



Şekil 9



Şekil 10

