

Područje tehnike na koje se izum odnosi

5 Predmetni izum se odnosi na postupak anaerobne obrade i proizvodnje bioplina iz pивske komine.

Tehnički problem

10 Iako pивska komina zbog svog sastava predstavlja potencijalno vrijednu sirovinu za proizvodnju bioplina njena obrada kao mono-supstrata procesom anaerobne digestije (obrade) u praksi je teško izvediva. Glavni tehnički problem pri anaerobnoj obradi pивske komine je biotehnoško prirode. Naime, pивska komina je ligno-celulozni supstrat te je upravo zbog svog sastava jako teško razgradiva obzirom da je anaerobni proces u velikoj mjeri inhibiran fenolnim među-produktima biološke razgradnje. Također je važno istaknuti da su cijene energenata u stalnom porastu, te je stoga na globalnoj razini cilj, posebice industrije, sve više se usmjeriti na korištenje obnovljivih izvora energije. Iako pivovare 15 prodaju kominu kao dodatak stočnoj hrani, te se na taj način djelomično rješavaju jednog od tri glavna otpadna toka pивske industrije (otpadna voda, suvišni kvasac i pивska komina), cilj je ne samo zatvoriti proizvodni postupak nego ga što više unaprijediti, tj. pronaći dovoljno tehnološki efikasan, ekološki prihvatljiv i ekonomski isplativ postupak anaerobne obrade pивske komine kojim se ujedno proizvodi bioplin kao vrijedan izvor energije, tj. alternativa fosilnim gorivima. Energija dobivena iz proizvedenog bioplina može se ponovno upotrebljavati u procesu proizvodnje te se na taj 20 način smanjuje potrošnja prirodnog plina, fosilnog goriva, istovremeno smanjujući ukupne troškove proizvodnje. S druge strane, obradom pивske komine kreira se zaokružen sustav zbrinjavanja svih otpadnih tokova, izvlačeći iz njih energiju koja se ponovno koristi u procesu proizvodnje.

Stanje tehnike

25 Prilikom proizvodnje piva nastaju tri glavna otpadna toka, a to su pивska komina, otpadni kvasac i otpadna voda. Dok su za otpadni kvasac i otpadnu vodu pивske industrije poznate metode anaerobne obrade, pивska komina uglavnom se koristi kao dodatak stočnoj hrani.

30 Na pивsku kominu otpada otprilike 85% ukupne količine otpada pивske industrije. U prosjeku na 100 L proizvedenog piva nastaje 20 kg pивske komine. Pивska komina bogata je celulozom i neceluloznim polisaharidima te ligninom, a može sadržavati bjelancevine i lipide. Kemijski sastav pивske komine varira ovisno o vrsti ječma, vremenu žetve, vrsti slada i načinu proizvodnje piva, ali prosječni sastav sadrži cca 24,2 % proteina, 3,9 % masti, 3,4 % pepela, dok ostatak otpada na ligno-celulozne materijale, odnosno organsku tvar. Budući da sadrži oko 70 % organske tvari, pивska komina 35 može služiti kao sirovina za proizvodnju bioplina anaerobnom obradom (digestijom).

Bioplin se sastoji od metana (CH₄) i ugljikovog dioksida (CO₂), a može sadržavati i druge plinove u malim koncentracijama koji predstavljaju onečišćenje. Energetsko iskorištavanje bioplina predstavlja obnovljiv izvor energije i zamjenu za fosilna goriva, posebice prirodni plin. Toplinska i električna energija proizvedena iz bioplina može se 40 ponovno upotrebljavati u industrijskom procesu.

U znanstvenoj literaturi postoji tek nekoliko radova koji se bave pивskom kominom ili njezinom anaerobnom obradom. Istraživana je anaerobna digestija (obrada) pивske komine pomiješane sa životinjskim ekskrementima (Ezeonu F.C., Okaka, A. N. C., *Process Kinetics and Digestion Efficiency of Anaerobic Batch Fermentation of Brewer's Spent Grains (BSG)*, *Process Biochemistry* 31 (1996) (1), 7- 12), zatim sastav i karakteristike pивske komine (M. Santos, J.J. Jimenez, B. Bartolome, C. Gomez-Cordoves, M. J. del Nozal, *Variability of brewer's spent grain within a brewery*, *Food Chemistry* 80 (2003) 17–21; S.I. Mussatto, G. Dragone, I.C. Roberto, *Review Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications*, *Journal of Cereal Science* 43 (2006) 1–14). U posljednjih nekoliko godina objavljeni su radovi ispitivanja utjecaja lignina i hemiceluloze u pивskoj komini na hidrolizu celuloze (Solange I. Mussatto, Marcela Fernandes, Adriane M.F. Milagres, Ines C. Roberto, *Effect of hemicellulose and lignin on enzymatic hydrolysis of cellulose from brewer's spent grain*, *Enzyme and Microbial Technology* 43 (2008) 124–129) te utjecaj predobrade usitnjavanjem na hidrolizu pивske komine (Piritta Niemi, Craig B. Faulds, Juhani Sibakov, Ulla Holopainen, Kaisa Poutanen, Johanna Buchert, *Effect of a milling pre-treatment on the enzymatic hydrolysis of carbohydrates in brewer's spent grain*, *Bioresource Technology* 116 (2012) 155–160), kao i utjecaj termičke pred-obrade na konvencionalnu anaerobnu digestiju pивske komine (Bochmann, G., Drosch, B., Fuchs, W., *Anaerobic digestion of thermal pretreated Brewers' spent grains*, *Environmental Progress & Sustainable Energy* 34 (2015) 1092-1096).

U području patenata u stanju tehnike opisana je tehnologija termičkog iskorištavanja otpadne pivske komine WO9822751 A1, zatim obrada pivske komine pomiješane s otpadnom vodom pivarske industrije u tri stupnja pomoću plug-flow anaerobnog reaktora, UASB reaktora i anaerobnog reaktora s nepokretnim slojem WO2010011544 A1, te metode termičkog iskorištavanja uz prethodno sušenje pivske komine WO2013124124 A1.

5 Razlika između rješenja poznatih u stanju tehnike i predmetnog izuma se sastoji u činjenici da se ovim izumom anaerobne obrade pivske komine savladava problem teške biorazgradivosti pivske komine, te se pivska komina postupkom prema ovom izumu anaerobno obrađuje na tehnološki efikasniji način i također ekološki prihvatljiv i ekonomski isplativ način uz istovremenu proizvodnju bioplina koji se može iskoristiti u procesu proizvodnje u obliku toplinske ili električne energije. Na taj način pivovara smanjuje troškove te ostvaruje i ekološku dobit zbrinjavanjem svih otpadnih tokova.

Izlaganje biti izuma

15 Primarni cilj izuma je tehnološki efikasan postupak anaerobne obrade pivske komine kojim se savladava problem teške biorazgradivosti pivske komine, te se pivska komina postupkom prema ovom izumu anaerobno obrađuje na tehnološki efikasan način.

20 Drugi cilj izuma je da se postupkom anaerobne obrade iz pivske komine proizvede bioplin koji se može iskoristiti u procesu proizvodnje u obliku toplinske i/ili električne energije.

Daljnji cilj izuma da je postupak anaerobne obrade pivske komine prema ovom izumu ekološki prihvatljiv i ekonomski isplativ.

25 Predmetni izum se odnosi na postupak anaerobne obrade i proizvodnje bioplina iz pivske komine, naznačen time da sadrži sljedeće korake:

- a) pred-obradu provođenjem termokemijske hidrolize pivske komine miješanjem pivske komine (1) i anaerobne otpadne vode pivske industrije (2) u omjeru 1:2 s kiselinom (4) uz zagrijavanje;
- 30 b) neutralizaciju smjese nakon pred-obrade lužinom (5) na pH od 6,3 do 6,8;
- c) separaciju smjese nakon neutralizacije na čvrsti dio termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) i tekući dio termokemijski pred-obrađene pivske komine (7) pomoću separatora (6-1);
- d) obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije dvostupanjskim sustavom;
- 35 e) sakupljanje bioplina (12) i separacija pomoću separatora (6-2) tekućeg (14) i čvrstog ostatka (13) proizvedenih u koraku (d).

Kratak opis crteža

40 U nastavku će izum biti detaljno opisan s pozivanjem na crteže pri čemu:

Slika 1. prikazuje izvedbu 1 – u kojoj se za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije koristi dvostupanjski sustav koji se sastoji od reaktora koji radi na principu čvrste digestije (10-A) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnika (11-1 i 11-2).

Slika 2. prikazuje izvedbu 2 – u kojoj se za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije koristi dvostupanjski sustav koji se sastoji od reaktora koji radi na principu miješanja suspenzije (10-B) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnika (11-1 i 11-2).

Popis upotrijebljenih pozivnih oznaka

- 1 – Sirova pivska komina,
- 55 2 – Anaerobna otpadna voda pivske industrije,
- 3 – Termokemijski hidrolizni reaktor,
- 4 – Kiselina,
- 5 – Lužina,
- 6-1 i 6-2 – Separatori za separaciju čvrsto / tekuće,
- 60 7 – Tekući dio termokemijski pred-obrađene pivske komine,
- 8 – Čvrsti dio termokemijski pred-obrađene pivske komine,

- 9 – Reaktor s granuliranom biomasom,
 10-A – Reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine koji radi na principu čvrste digestije,
 10-B - Reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine koji radi na principu miješanja suspenzije,
 11-1 i 11-2 međusprennici za egalizaciju protoka
 5 12 - Izvod bioplina,
 13 – Čvrsti ostatak (biognojivo),
 14 – Tekući ostatak

Detaljan opis najmanje jednog od načina ostvarivanja izuma

10 Predmetni izum se odnosi na postupak anaerobne obrade i proizvodnje bioplina iz pivske komine, naznačen time da sadrži slijedeće korake:

- 15 a) pred-obradu provođenjem termokemijske hidrolize pivske komine miješanjem pivske komine (1) i anaerobne otpadne vode pivske industrije (2) u omjeru 1:2 s kiselinom (4) uz zagrijavanje;
 b) neutralizaciju smjese nakon pred-obrade lužinom (5) na pH od 6,3 do 6,8;
 c) separaciju smjese nakon neutralizacije na čvrsti dio termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) i tekući dio termokemijski pred-obrađene pivske komine (7) pomoću separatora (6-1);
 20 d) obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije dvostupanjskim sustavom;
 e) sakupljanje bioplina (12) i separacija pomoću separatora (6-2) tekućeg (14) i čvrstog ostatka (13) proizvedenih u koraku (d).

25 Za start procesa potreban je inokulum, koji čini mješavina kultura mikroorganizama iz anaerobne obrade otpadne vode u granuliranom stanju, i anaerobno obrađena otpadna voda, koja služi za cirkulaciju tekućine.

Anaerobni proces za proizvodnju bioplina iz pivske komine sastoji se od dva koraka; prvog koraka – pred-obrade, koja je jednaka za oboje izvedbe i drugog koraka, koji se sastoji iz dvostupanjskog sustava anaerobne digestije u dvije izvedbe.

30 Prvi korak procesa (a): termo-kemijska pred-obrada je jednak za obje izvedbe (Slike 1 i 2: pozicije od 1 do 5). Djelovanjem kiseline i povišene temperature teško razgradi organski spojevi; strukture lignina, celuloze i hemiceluloze se efikasno razgrađuju.

Promatrajući Slike 1 i 2:

35 Prvi korak procesa (a): termo-kemijska pred-obrada se odvija na način da se u termokemijski hidrolizni reaktor (3) pomiješaju šarža pivske komine (1) i anaerobna otpadna voda pivske industrije (2) u omjeru 1:2 te se doda kiselina (4). Tako dobivena smjesa se zagrijava, poželjno na 70 - 95 °C u periodu do maksimalno 10 sati, poželjno do 5 sati. Na taj način se ukupni organski ugljik u tekućem dijelu smjese poveća od oko 100 mg/L do 8 000 – 12 000 mg/L.

U poželjnoj izvedbi izuma u koraku procesa (a): termo-kemijska pred-obrada na 1 kg pivske komine (1) dodaje se 20 mL kiseline (4).

45 U poželjnoj izvedbi izuma u koraku procesa (a): termo-kemijska pred-obrada kiselina (4) je klorovodična kiselina, poželjnije 30 do 36 %-tna klorovodična kiselina. U najpoželjnijoj izvedbi izuma dodaje se 20 mL 30 – 36% HCl na 1 kg pivske komine (1).

50 Nakon pred-obrade, u koraku (b) smjesa komine i vode, čiji pH iznosi < 2, neutralizira se lužinom (5) do pH vrijednosti 6,3 – 6,8.

U poželjnoj izvedbi izuma lužina (5) je NaOH.

55 Poslije neutralizacije u koraku (c) odvajaju se čvrsti (8) i tekući dio (7) termokemijski pred-obrađene pivske komine (6-1). U poželjnoj izvedbi izuma, separacija čvrsto-tekuće separatorom (6-1) se može izvesti klasičnim metodama cijedenja i/ili dehidracije.

Sljedeći korak procesa (d): obrada čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije provodi se dvostupanjskim sustavom.

60 U prvoj izvedbi izuma, prikazanoj na Slici 1, dvostupanjski sustav za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije se sastoji od: reaktora koji radi na principu čvrste digestije

(10-A) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnik (11-1 i 11-2).

U drugoj izvedbi izuma, prikazanoj na Slici 2, dvostupanjski sustav za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije se sastoji od: reaktora koji radi na principu miješanja suspenzije (10-B) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnik (11-1 i 11-2).

Izvedba 1 - Dvostupanjski sustav prikazan na Slici 1.

Reaktor s granuliranom biomasom (9) se inokulira (oko 30 % po volumenu) granuliranom kulturom mikroorganizama korištenih u postupku anaerobnog pročišćavanja otpadne vode i dopuni anaerobnom otpadnom vodom (2) do radnog volumena.

U dvostupanjski sustav za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije koji se sastoji od: reaktora koji radi na principu čvrste digestije (10-A) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnik (11-1 i 11-2) se u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) stavi šarža čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8), u sustav cirkulacije vode se stavi dovoljna količina anaerobno obrađene otpadne vode (2) da se sustav hidraulički popuni, tekući dio termokemijski pred-obrađene komine (7) se stavi u cirkulaciju vode u međuspremnik (11-1) postepeno (poželjno na način da količina organskog ugljika nije veća od 2 g/L), a pritom anaerobna otpadna voda (2) s kojom je punjen sustav cirkulacije vode konstantno kruži između reaktora s granuliranom biomasom (9) i reaktora za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) preko međuspremnik (11-1 i 11-2) na način da se s vrha reaktora za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) cirkulacijskom vodom polijeva čvrsti dio termokemijski pred-obrađene pivske komine (8), voda se procjeđuje kroz supstrat i vraća u reaktor s granuliranom biomasom (9) preko međuspremnik (11-1), te se na taj način organske tvari iz čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) otpadaju u vodi koja prolazi kroz nju i obogaćuju se organskim ugljikom, koji se cirkulacijom vode preko međuspremnik (11-1) odvodi u reaktor s granuliranom biomasom (9) gdje se pomoću inokuluma razgrađuje u bioplin (12), pri čemu se istovremeno iz reaktora s granuliranom biomasom (9) dio biomase - inokuluma cirkulacijskom vodom preko međuspremnik (11-2) prenosi u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A), te se na taj način pivska komina inokulira mikroorganizmima koji razgrađuju i otapaju organski ugljik u cirkulacijskoj vodi.

U dvostupanjski sustav su stavljeni međusobno povezani međuspremnik (11-1) i (11-2) kako bi bila omogućena regulacija protoka kroz sustav te da se može garantirati konstantni protok bez prekida i egalizacija moguće fluktuacije protoka u oba reaktora.

U oba reaktora (10-A) i (9) moraju biti osigurani mezofilni uvjeti i temperatura od oko 37 °C.

U oba reaktora (10-A) i (9) nastaje bioplin (12), veći dio u reaktoru s granuliranom biomasom (9) a manji dio u reaktoru za obradu čvrstog dijela pivske komine koji radi na principu čvrste digestije (10-A). Razgradnja čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) se odvija isključivo u reaktoru za obradu čvrstog dijela pivske komine koji radi na principu čvrste digestije (10-A). Ciklus obrade jedne šarže pivske komine traje do 35 dana, i završen je kada više nema proizvodnje bioplina i kada koncentracija organskog ugljika u vodi koja cirkulira postane konstantna. Prema primjeru izvedbe učinkovitost razgradnje komine u procesu iznosi do 81 %, a proizvodnja bioplina iznosi do 110 L/kg.

Kad je ciklus završen, ostatak anaerobno obrađene komine se vadi iz reaktora za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A), separira se (6-2) na čvrsti (13) i tekući dio (14) klasičnom metodom dehidracije. Tekući dio (14) se može vratiti u sustav cirkulacije vode, a čvrsti dio (13) može se koristiti kao gnojivo u poljoprivredne svrhe.

Proces se odvija dalje na način da se ciklus ponovi s novom šaržom termokemijski pred-obrađene pivske komine.

Izvedba 2 - Dvostupanjski sustav prikazan na Slici 2.

Reaktor s granuliranom biomasom (9) se inokulira (oko 30 % po volumenu) granuliranom kulturom mikroorganizama korištenih u postupku anaerobnog pročišćavanja otpadne vode i dopuni anaerobnom otpadnom vodom (2) do radnog volumena.

U dvostupanjski sustav za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije koji se sastoji od: reaktora koji radi na principu miješanja suspenzije (10-B) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnik (11-1 i 11-2) se u sustav cirkulacije vode stavi dovoljna količina anaerobno obrađene otpadne vode (2) da se sustav hidraulički popuni, u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-B) stavi se šarža čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) i anaerobna otpadna voda (2) tako da se reaktor (10-B) napuni do radnog volumena, pri čemu se u reaktoru (10-B)

provodi kontinuirano miješanje (poželjno na oko 50 okretaja u minuti) s tim da se najmanje jednom (poželjno i do 4 puta) u 24 sata obavi izmjena 30 – 50 % volumena reaktora s vodom iz međuspremnik (11-2), a na način da se prije izmjene miješanje u reaktoru (10-B) zaustavi sve dok se čvrsti dio reaktorske smjese ne istaloži na dno reaktora kako bi se izmijenio samo tekući dio smjese s vodom iz međuspremnik (11-2), izmijenjena tekućina se vodi u međuspremnik (11-1), pri čemu se tekući dio termokemijski pred-obradene komine (7) postepeno dodaje u međuspremnik (11-1) (poželjno na način da koncentracija organskog ugljika u cirkulacijskoj vodi nije veća od 2 g/L), te se iz međuspremnik (11-1) tekućina vodi u reaktor s granuliranom biomasom (9), iz njega u međuspremnik (11-2) a iz međuspremnik (11-2) natrag u reaktor (10-B), te se na taj način miješanjem otopljene organske tvari u reaktoru za obradu čvrstog dijela pивske komine (10-B) iz čvrstog dijela termokemijski pred-obradene pивske komine (8) otapaju u vodi koja se obogaćuje organskim ugljikom, pri čemu se organski ugljik odvodi preko međuspremnik (11-1) u reaktor s granuliranom biomasom (9) te se pomoću inokuluma razgrađuje u bioplin (12), a također se iz reaktora s granuliranom biomasom (9) preko međuspreminika (11-2) dio biomase - inokuluma s cirkulacijom vode prenosi u reaktor za obradu čvrstog dijela pивske komine (10-B), te se na taj način pивska komina inokulira mikroorganizmima koji razgrađuju i otapaju organski ugljik u vodi koja se izmjenjuje.

U dvostupanjski sustav su stavljeni međusobno povezani međuspremnici (11-1) i (11-2) na način da omogućuju regulaciju protoka kroz sustav i egalizaciju fluktuacije protoka u reaktoru s granuliranom biomasom (9).

Izvedba reaktora (10-B) je s aktivnim miješanjem s poželjno do maksimalno 50 okretaja u minuti.

U oba reaktora (10-B) i (9) moraju biti osigurani mezofilni uvjeti i temperatura od oko 37 °C.

U oba reaktora (10-B) i (9) nastaje bioplin (12), veći dio u reaktoru s granuliranom biomasom (9) a manji dio u reaktoru za obradu čvrstog dijela pивske komine (10-B). Razgradnja čvrstog dijela termokemijski pred-obradene pивske komine (8) se odvija isključivo u reaktoru za obradu čvrstog dijela pивske komine (10-B). Ciklus obrade jedne šarže pивske komine traje do 24 dana i završen je kada više nema proizvodnje bioplina i kada koncentracija organskog ugljika u vodi koja se mijenja postane konstantna. Prema primjeru izvedbe učinkovitost razgradnje komine u procesu iznosi do 95 %, a proizvodnja bioplina iznosi do 120 L/kg.

Kad je ciklus završen, ostatak anaerobno obrađene komine se vadi iz reaktora za obradu čvrstog dijela pивske komine (10-B), separira se (6-2) na čvrsti (13) i tekući dio (14) klasičnom metodom dehidracije. Tekući dio (14) se može vratiti u cirkulacijsku vodu u međuspremnik (11-2), a čvrsti dio (13) može se koristiti kao gnojivo u poljoprivredne svrhe. Proces se odvija dalje na način da se ciklus ponovi s novom šaržom termokemijski pred-obradene pивske komine.

Primjer 1:

Proizvodnja bioplina, vrijednosti parametara učinkovitosti za Izvedbu procesa 1, prema Slici 1 prikazani su u Tablici 1. Proces obrade jedne šarže u laboratorijskom mjerilu traje 28 - 35 dana, a proces je završen kada više nema proizvodnje bioplina, a vrijednosti parametara otpadne vode; pH, ukupni organski ugljik i ukupni dušik se približno izjednače u izlazu cirkulacijske vode u oba reaktora. Izvedeno je bilo 6 ciklusa procesa. Prema primjeru izvedbe u laboratorijskom mjerilu učinkovitost razgradnje komine u procesu je iznosila od 73-81 %, proizvodnja bioplina je iznosila od 90-107 L/kg, a proizvodnja biometana do 58 L/kg pивske komine.

Primjer 2:

Proizvodnja bioplina, vrijednosti parametara učinkovitosti za Izvedbu procesa 2 prema Slici 2 prikazani su u Tablici 2. Proces obrade jedne šarže u laboratorijskom mjerilu traje 15 - 24 dana, a proces je završen kada više nema proizvodnje bioplina, a vrijednosti parametara vode koja se mijenja; pH, ukupni organski ugljik i ukupni dušik se približno izjednače u oba reaktora. Izvedeno je bilo 12 ciklusa procesa. Prema primjeru izvedbe u laboratorijskom mjerilu učinkovitost razgradnje komine u procesu je iznosila od 87-95 %, proizvodnja bioplina je iznosila do 120 L/kg, a proizvodnja biometana do 73 L/kg pивske komine.

Tablica 1. Parametri procesa Izvedbe 1.

	Trajanje procesa	Razgradnja pивske komine	Specifična proizvodnja bioplina	Specifična proizvodnja metana
	dani	% ST	L / kg	L / kg
Ciklus 1	30	77,7	91,9	57
Ciklus 2	37	73,6	103	58
Ciklus 3	31	76,3	93,2	41
Ciklus 4	43	76,5	107	48
Ciklus 5	26	80,4	102	55
Ciklus 6	29	75,0	90,4	58

Tablica 2. Parametri procesa Izvedbe 2.

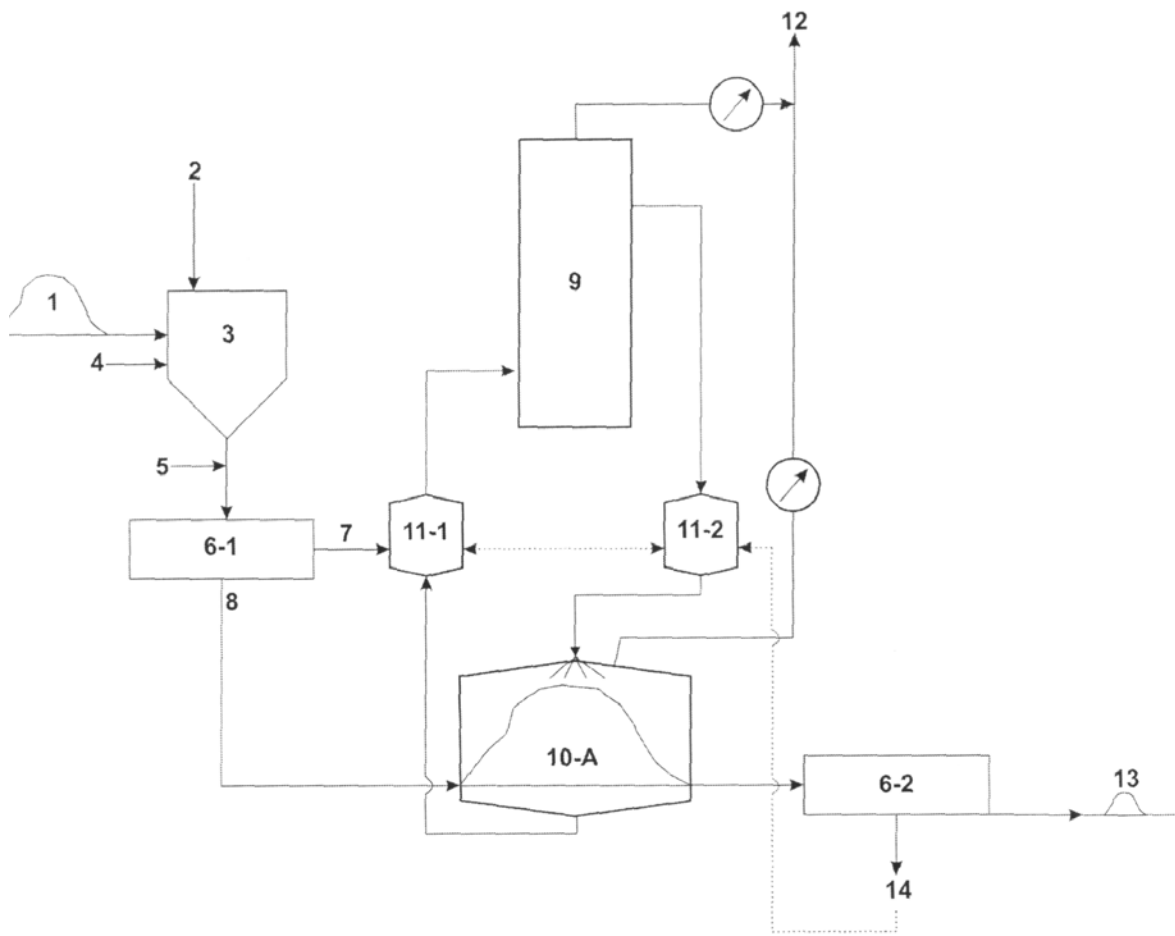
	Trajanje procesa	Razgradnja pivske komine	Specifična bioplina	proizvodnja	Specifična metana	proizvodnja
	dani	% ST	L / kg	L / kg ST	L / kg	L / kg ST
Ciklus 1	22	88,9	108,0	544	59,9	301
Ciklus 2	15	88,6	87,0	409	55,6	261
Ciklus 3	18	92,2	113,4	475	68,6	287
Ciklus 4	18	90,0	98,2	374	60,6	231
Ciklus 5	21	89,5	105,1	465	61,3	271
Ciklus 6	18	91,4	92,5	438	55,6	263
Ciklus 7	21	95,0	83,1	415	50,6	253
Ciklus 8	28	90,8	109,2	457	55,5	232
Ciklus 9	28	93,1	115,2	463	62,8	252
Ciklus 10	17	87,4	119,2	493	73,0	302
Ciklus 11	18	90,3	114,1	584	78,2	323
Ciklus 12	24	90,0	119,8	495	69,1	286

PATENTNI ZAHTJEVI

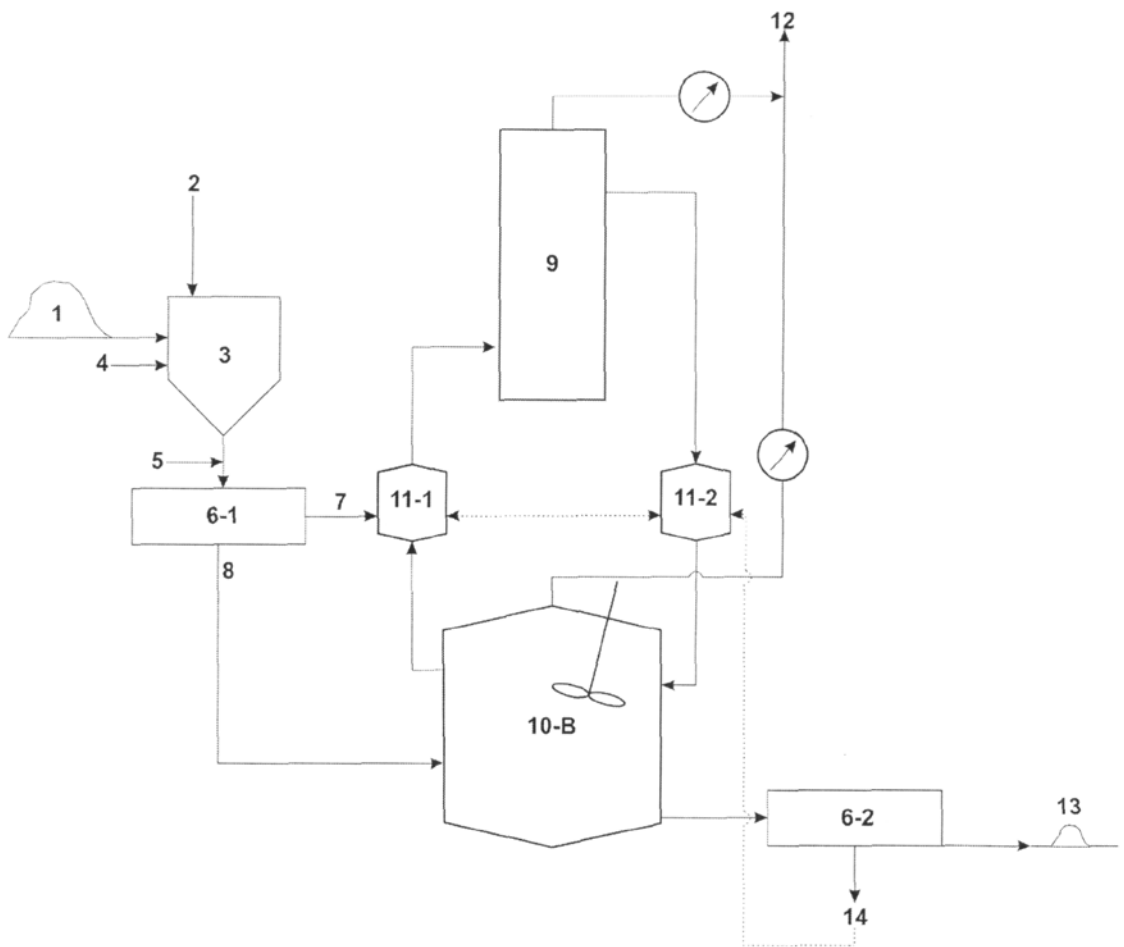
5

1. Postupak anaerobne obrade i proizvodnje bioplina iz pivske komine, **naznačen time da** sadrži sljedeće korake:
 - a) pred-obradu provođenjem termokemijske hidrolize pivske komine miješanjem pivske komine (1) i anaerobne otpadne vode pivske industrije (2) u omjeru 1:2 s kiselinom (4) uz zagrijavanje;
 - b) neutralizaciju smjese nakon pred-obrade lužinom (5) na pH od 6,3 do 6,8;
 - c) separaciju smjese nakon neutralizacije na čvrsti dio termokemijski pred-obradene pivske komine (8) i tekući dio termokemijski pred-obradene pivske komine (7) pomoću separatora (6-1);
 - d) obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obradene pivske komine (8) postupkom anaerobne digestije dvostupanjskim sustavom koji se sastoji od:
 - (i) reaktora koji radi na principu čvrste digestije (10-A) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnika (11-1 i 11-2); ili
 - (ii) reaktora koji radi na principu miješanja suspenzije (10-B) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnika (11-1 i 11-2); i
 - e) sakupljanje bioplina (12) i separacija pomoću separatora (6-2) tekućeg (14) i čvrstog ostatka (13) proizvedenih u koraku (d).
2. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time da** je kiselina (4) u koraku a) 30 do 36 %-tna klorovodična kiselina.
3. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time da** se zagrijavanje u koraku a) provodi na temperaturi od 70 °C do 95 °C.
4. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time da** je lužina (5) za neutralizacija u koraku b) NaOH.
5. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time da** su separatori (6-1) i (6-2) za separaciju čvrste od tekuće faze u koracima c) i e) konvencionalni na bazi metoda cijedenja i/ili dehidracije.
6. Postupak prema zahtjevu 1, **naznačen time da** je reaktor s granuliranom biomasom (9) inokuliran granuliranom kulturom mikroorganizama korištenih u postupku anaerobnog pročišćavanja otpadne vode i dopunjen anaerobnom otpadnom vodom (2) do radnog volumena.
7. Postupak prema zahtjevima 1 do 6, **naznačen time da** se za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obradene pivske komine (8) koristi dvostupanjski sustav koji se sastoji od reaktora koji radi na principu čvrste digestije (10-A) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnika (11-1 i 11-2) se u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) stavi šarža čvrstog dijela termokemijski pred-obradene pivske komine (8), u sustav cirkulacije vode se stavi dovoljna količina anaerobno obrađene otpadne vode (2) da se sustav hidraulički popuni, tekući dio termokemijski pred-obradene komine (7) se stavi u cirkulaciju vode u međuspremnik (11-1) postepeno, a pritom anaerobna otpadna voda (2) s kojom je punjen sustav cirkulacije vode konstantno kruži između reaktora s granuliranom biomasom (9) i reaktora za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) preko međuspremnika (11-1 i 11-2) na način da se s vrha reaktora za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) cirkulacijskom vodom polijeva čvrsti dio termokemijski pred-obradene pivske komine (8), voda se procjeđuje kroz supstrat i vraća u reaktor s granuliranom biomasom (9) preko međuspremnika (11-1), te se na taj način organske tvari iz čvrstog dijela termokemijski pred-obradene pivske komine (8) otapaju u vodi koja prolazi kroz nju i obogaćuju se organskim ugljikom, koji se cirkulacijom vode preko međuspremnika (11-1) odvodi u reaktor s granuliranom biomasom (9) gdje se pomoću inokuluma razgrađuje u bioplin (12); pri čemu se istovremeno iz reaktora s granuliranom biomasom (9) dio biomase - inokuluma cirkulacijskom vodom preko međuspremnika (11-2) prenosi u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-A) te se na taj način pivska komina inokulira s mikroorganizmima koji razgrađuju i otapaju organski ugljik u cirkulacijskoj vodi.

8. Postupak prema zahtjevima 1 do 6, **naznačen time da** se za obradu čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) koristi dvostupanjski sustav koji se sastoji od reaktora koji radi na principu miješanja suspenzije (10-B) i reaktora s granuliranom biomasom (9) povezanih preko također međusobno povezanih međuspremnik (11-1 i 11-2) se u sustav cirkulacije vode stavi dovoljna količina anaerobno obrađene otpadne vode (2) da se sustav hidraulički popuni, u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-B) stavi se šarža čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) i anaerobna otpadna voda (2) tako da se reaktor (10-B) napuni do radnog volumena, pri čemu se u reaktoru (10-B) provodi kontinuirano miješanje s tim da se najmanje jednom u 24 sata obavi izmjena 30 – 50 % volumena reaktora s vodom iz međuspremnik (11-2), a na način da se prije izmjene miješanje u reaktoru (10-B) zaustavi sve dok se čvrsti dio reaktorske smjese ne istaloži na dno reaktora kako bi se izmijenio samo tekući dio smjese s vodom iz međuspremnik (11-2), izmijenjena tekućina se vodi u međuspremnik (11-1), pri čemu se tekući dio termokemijski pred-obrađene komine (7) postepeno dodaje u međuspremnik (11-1), te se iz međuspremnik (11-1) tekućina vodi u reaktor s granuliranom biomasom (9), iz njega u međuspremnik (11-2) a iz međuspremnik (11-2) natrag u reaktor (10-B), te se na taj način miješanjem otopljene organske tvari u reaktoru za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-B) iz čvrstog dijela termokemijski pred-obrađene pivske komine (8) otapaju u vodi koja se obogaćuje organskim ugljikom, pri čemu se organski ugljik odvodi preko međuspremnik (11-1) u reaktor s granuliranom biomasom (9) te se pomoću inokuluma razgrađuje u bioplin (12), a također se iz reaktora s granuliranom biomasom (9) preko međuspreminika (11-2) dio biomase - inokuluma s cirkulacijom vode prenosi u reaktor za obradu čvrstog dijela pivske komine (10-B), te se na taj način pivska komina inokulira mikroorganizmima koji razgrađuju i otapaju organski ugljik u vodi koja se izmjenjuje.
9. Postupak prema zahtjevu 7 i 8, **naznačen time da** se tekući dio termokemijski pred-obrađene pivske komine (7) dodaje u cirkulacijsku vodu u međuspremnik (11-1) postepeno na način da koncentracija organskog ugljika nije veća od 2 g/L.



Slika 1.



Slika 2.