

**Универзитет у Крагујевцу**  
**Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву**  
Катедра за енергетику и заштиту животне средине

**ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ**

**ИСТОСМЕРНИ РЕАКТОР СА СИСТЕМОМ ЗА  
ПРЕДГРЕВАЊЕ ВАЗДУХА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ**

Категорија техничког решења:

М83 Ново лабораторијско постројење по Правилнику из 2008. год.

Аутори решења:

др Раде Карамарковић, доцент

др Владан Карамарковић, редовни професор

др Миљан Марашевић, доцент

др Анђела Лазаревић, доцент

Ненад Стојић, асистент

Милош Николић, истраживач стипендиста министарства

Кључне речи:

истосмерни гасификатор, дрвни пелет, дрвна сечка, предгревање ваздуха

Начин верификације:

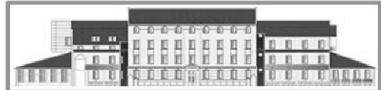
Техничко решење је верификовано лабораторијским испитивањима и применом адекватних модела.

Корисник:

Лабораторија за Топлотну технику и заштиту животне средине Факултета за Машињство и грађевинарство у Краљеву, Доситејева 19, 36000 Краљево.

Година реализације:

2016. Реализатор Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу као део активности на пројекту: Развој енергетски ефикасног постројења за гасификацију и когенерацију чврсте биомасе, ТР 33027.



## Година почетка примене:

Решење се примењује од краја 2016. године.

## Област на коју се техничко решење односи

Техничко решење припада области коју чине уређаји за гасификацију и сагоревање дрвне биомасе.

## Проблем који се техничким решењем решава

Недостатак истосмерних гасификатора је што производе гориви гас ниске топлотне моћи, високе температуре са великим количином чврстих честица. Осим недостатака везаних за састав гаса, недостатак истосмерних реактора је и немогућност промене капацитета. Такође је утврђено да се предгревање ваздуха изнад  $\sim 300$  °C позитивно одражава на топлотну моћ, док се вишестепено увођење ваздуха одражава на смањење количине тера у горивом гасу. Пројектно решење омогућава:

- ▶ гасификацију дрвне биомасе: дрвног пелета и дрвне сечке. Реактор није погодан за гасификацију биљне биомасе чији пепео садржи веће количине алкалних и земноалкалних метала (једногодишње биљке),
- ▶ гасификацију са предређеним ваздухом (изнад 300 °C),
- ▶ гасификацију са две зоне увођења ваздуха (вишестепена оксидација),
- ▶ различите величине зона редукције (различите дужине путање гаса кроз зону редукције),
- ▶ промену снаге реактора тј. промену капацитета од 3 до 10 kg/h,
- ▶ коришћење реактора као котла са вишестепеним сагоревањем биомасе,
- ▶ пре свега експериментисање ради стицања знања у једној релативно уској сфери интересовања.

Недостаци реактора су:

- ▶ сложена и доста скупа конструкција за реакторе ове величине,
- ▶ дизајн који није трајан, и који не омогућава дуг животни век реактора, и
- ▶ дизајн који нема могућност аутоматског рушења запуштења у зони редукције.

## Стање решености проблема у свету

Детаљан преглед технички најнапредније технологије гасификације дат је у раду Аренфелда и др.<sup>1</sup> Тренутно у когенерационим постројењима на биомасу доминирају системи са истосмерном гасификацијом због своје поузданости и производње горивог гаса који не захтева додатну опрему за елиминацију тера. Савремени реактори се пројектују и патентирају на основу решавање следећих захтева, најчешће у системима когенерације тако да при раду:

- ▶ производе гориви гас који не садржи тер. Тер или катран је највећи противник примени гасификатора зато што се у низводним деловима система који укључују гасификацију биомасе нагомилава на зидовима цеви, омета рад јер повећава пад притиска у систему и може да доведе до потпуног прекида рада. Кондензује се на температурама испод 500 °C.

<sup>1</sup> Jesper Ahrenfeldt, Tobias P. Thomsen, Ulrik Henriksen, Lasse R. Clausen, Biomass gasification cogeneration e A review of state of the art technology and near future perspectives, Applied Thermal Engineering 50(2):1407–1417, February 2013



- ▶ гасификују биомасу променљиве влажности. Генерално, се при коришћењу гасификације код котлова захтева влажност горива нижа од 25% док се код гасификатора који раде у когенерационим системима захтева влажност нижа од 15%. Савремене конструкције треба да се пројектују тако да толеришу краткотрајно повећање влажности горива изнад препоручених вредности.
- ▶ поуздан рад гасификатора по могућству са променљивим капацитетом. Реактори у непокретном слоју, који се користе у малим системима (генерално термичке снаге испод 500 kW) се пројектују за сталан капацитет. Нису толерантни ни на мале промене оптерећења.
- ▶ да производе гориви гас дате топлотне моћи и састава. Промена састава врло често се лоше одражава на рад и степен корисности СУС мотора, који се чешће од гасних турбина користе у системима који користе гасификацију биомасе.
- ▶ да при раду производе малу или занемарљиву количину негасификованих угљеника. Ово повећава степен корисности постројења али и решава проблем који тражи одговор на питање: шта чинити са негасификованим угљеником.
- ▶ да реше проблем застоја у унутрашњем току материјала кроз гасификатор. Изражени проблем код истосмерног реактора је појава великих шупљина у зони редукције које условљавају само делимичну редукцију продуката сагоревања, који на излазу из зоне редукције садрже повећану количину тера. Застој у транспорту материјала ка зони оксидације је чест проблем при гасификацији комада различите величине и може да угрози рад реактора. Због тога свака конструкција осим влажности горива дефинише и величине комада који могу да се гасификују.
- ▶ због омекшавања и велике реактивности пепела биомасе, температура гасификације се ограничава на максимум 900 °C. То значи да ова температура не сме бити премашена ни у једном делу реактора.

По ауторима овог решења најбољи концепт истосмерне гасификације је тзв. Викиншки процес<sup>2</sup>. Он је потпуно одвојио зоне пиролизе, оксидације и гасификације (редукције). Сушење и пиролиза се обављају коришћењем отпадне топлоте из процеса, гасовити продукти пиролизе оксидаши се коришћењем предређаног ваздуха а редукују се проласком кроз слој угљеника који се гасификује. Вредни помена су и: гасификатор за гасификацију чврстих горива белгијске компаније Ксиловат<sup>3</sup> који је такође одвојио зоне пиролизе, оксидације и гасификације али који има и зону за таложење честица из гаса. Гасификатор компаније Ценерал електрик који има више цилиндричних површина као што их има и гасификатор који се у овом техничком решењу излаже.<sup>4</sup> Истосмерни гасификатор који су дизајнирали Јанг и др., који има оригиналан врло карактеристичан геометријски облик коморе који омогућава лакше кретање материјала кроз реактор и бројна места за увођење медијума и извођење гаса из реактора.<sup>5</sup> На крају овог скромног и непотпуног прегледа треба поменути и два решења који на оригинални начин омогућавају транспорт материјала кроз реактор, тј. лак проток материјала без застоја и стварања шупљина у реактору: помоћу завојног транспортера<sup>6</sup> и помоћу спорог пропелера<sup>7</sup>.

<sup>2</sup> U. Henriksen, J. Ahrenfeldt, T.K. Jensen, B. Gøbel, J.B. Bentzen, C. Hindsgaul, L.H. Sørensen, The design, construction and operation of a 75 kW Two-Stage gasifier, Energy 31 (10-11) (2006) 1542-1553.

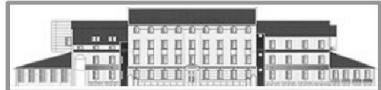
<sup>3</sup> US 9.228.143 B2 из јануара 2016. године.

<sup>4</sup> US 9.109.172 B2 УТ августа 2015. године.

<sup>5</sup> US 8.956.427 B2

<sup>6</sup> US 2016/0230104 A1 из августа 2016. године.

<sup>7</sup> US 8.845762 B2 из септембра 2014. године.



## ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

### 1. Увод

Ниска топлотна моћ (испод 4500 kJ/m<sup>3</sup>), висока температура (око 900 °C) и висок садржај прашкастих материја (чак и преко 1 g/ m<sup>3</sup>) у произведеном горивом гасу, као и немогућност промене капацитета су главни недостаци истосмерних реактора за гасификацију. За разлику од њих супротносмерни реактори производе гас веће топлотне моћи (изнад 7500 kJ/m<sup>3</sup>) и ниже температуре (око 300 °C), али са високим садржајем тера у горивом гасу.

Пројектовано решење покушава да обједини позитивне карактеристике обе врсте реактора. То се постиже конструкцијом која се састоји од четири коаксијална цилиндра. Кроз унутрашњи цилиндар се уводи дрвна биомаса која се гасификује (влажности мање од 15%), док кроз три прстенасте површине које праве четири цилиндра, ваздух (медијум за гасификацију) струји кроз спољни и унутрашњи прстен, док произведени гориви гас струји кроз средњи цилиндар. Овакав начин струјања омогућава размену топлоте између горивог гаса и ваздуха унутар самог реактора, тако да гас напушта реактор на температури својственој супротносмерним реакторима за гасификацију у непокретном слоју. Унутрашња два и спољна два цилиндра чине засебне целине: могуће је кретање унутрашњег цилиндра у односу на спољни у опсегу 200 mm. Дно где се срећу цилиндри је обложено танким плочама од ватросталног бетона ради спречавања хабања материјала и ради „чувања“ топлоте у зони редукције. Систем има две решетке: једну која се користи за мале капацитете и која се налази у унутрашњем цилиндру и другу која се налази у дну средишњег прстена, која је намењена већим капацитетима. Због ширег отвора средишњег цилиндра, гориви гас са собом не узноси чврсте честице већег пречника. При раду на већем капацитetu зона редукције је облика „појилице за пилиће“.

Реактор је тако пројектован да омогућава да он буде и котао на биомасу која вишестепено сагорева. Функција котла се постиже увођењем ваздуха са обе стране дна средишњег прстена.

Конструкција реактора је веома сложена и он је првенствено намењен за комерцијалну примену за топлотне снаге до 50 kW, и за лабораторијско експериментисање са:

- ▶ различитим дрвним биомасама (пелетом и сечком различитог облика и различите влажности),
- ▶ различитим температурама предгревања ваздуха (изнад 300 °),
- ▶ различитим зонама увођења ваздуха (вишестепена оксидација),
- ▶ различитим величинама зоне редукције,
- ▶ капацитетима гасификације од 3 до 10 kg/h ( капацитет се односи на гасификацију дрвног пелета),
- ▶ различитим начинима покретања (стартовања) реактора,
- ▶ вишестепеним сагоревањем биомасе (газификација + сагоревање горивог гаса).

Од већ поменутих недостатаца, треба рећи да реактор захтева и сложену додатну опрему, чији је главни елемент одсисни вентилатор, који да би се „бранио“ захтева додатно потхлађење гаса кад систем ради као котао и систем за елиминацију честица кад реактор ради као гасификатор. Недостатак гасификатора је и што не поседује опрему за аутоматско и мануелно рушење запушења и слободног простора у зони редукције. Овакав простор омогућава гасу да прескочи (заобиђе) зону редукције, што се негативно одражава на ефикасност реактора.



## 2. Кратак опис нацрта

Слика 1. Принципска шема истосмерног гасификатора са системом за предгревање ваздуха за гасификацију.

Слика 2. Принцип рада гасификатора на малом капацитету.

Слика 3. Принцип рада гасификатора на великом капацитету.

Слика 4. Изглед гасификатора.

Техничка документација за израду техничког решења дата је у Прилогу.

## 3. Детаљан опис техничког решења

Слика 1. приказује принцип рада истосмерног лабораторијског реактора за гасификацију (позиција 1) биомасе који као медијум за гасификацију користи предгрејан ваздух. Гасификатор се у раду налази на подпритиску, који обезбеђује вентилатор 2. Да би се гас који садржи већу количину чврстих честица могао користити уобичајено је код ових система коришћење једног хладњака 3, који се обично користи за загревање топле воде. Размењивач је обично добошasti са цевима, који има механизам за отресање и представља прву препреку у борби против честица, другу и евентуално трећу „линију борбе против честица“ обично чине циклон 4 и филтер 5. Поменути систем представља само предлог и није предмет овог техничког решења.

Гасификатор на свом врху има прирубнички спој 7, на који се повезује завојни транспортер 6 или бункер. У случају лабораторијског постројења бункер је, због своје цене, примарни избор. Биомаса 8 се креће кроз унутрашњи цилиндар 13. Принципски реактор 1 се састоји из једног унутрашњег цилиндра 13 и три прстенаста простора који формирају четири цилиндра: и то простор између цилиндра 13 и 14 кроз који струји ваздух, прстенasti простор између цилиндра 14 и 15 кроз који струји гориви гас, и простор између цилиндра 15 и 16 кроз који је предвиђено током експериментисања да могу да струје и вода и ваздух.

Биомаса 8 предвиђена за гасификацију може бити дрвни пелет или дрвна сечка. У конструкцији овог типа не може се користити агропелет или друго биогориво настало од једногодишњих биљака, зато што сва маса треба да прође кроз зону оксидација. Ово није повољно за оне биомасе, чије се минералне материје састоје из велике количине алкалних и земно алкалних метала. Они због своје ниске температуре снижавају температуру омекшавања пепела. Биомаса 8 прво губи влагу а у зони 9 долази до њене деволатилизације. Затим у зони 10 долази до оксидације продуката деволатилизације. Ово је зона са највишим температуром када се реактор користи само за гасификацију. У зону оксидације ваздух се уводи преко једног реда кружних отвора пречника 5 mm, који су означени за 12. Предвиђено је да се ваздух може уводити и преко отвора 20 на цеви 19 која улази у срце реактора одоздо. Ови отвори имају две 20 а цев 19 три функције. За паљење је предвиђен двоструки систем, постоје два грејача ваздуха, оба обележена са 18, један на цеви 17, други на цеви 19. Ове цеви су замишљене тако да ваздух само струји кроз обе цеви 17 и 19 или само једну од њих на почетку рада. Сврха отвора 20 је дакле да омогуће неометан почетак рада реактора, такође они могу заједно са отворима 12 да се користе кад се у реактор 1 одвија тзв. двозонско увођење ваздуха (газификација са две зоне оксидације). Реактор је и пројектован да омогући различите начине гасификације у том циљу цилиндри 13 и 14 форме јединствену целину коју је могуће померати у вертикалном правцу у односу на цилиндре 15 и 16. Предвиђено је да ово померање буде у релативно мало опсегу тј. 200 mm. Дакле систем омогућава довођење ваздуха за гасификацију:

- ▶ само кроз отворе 12,



- ▶ само кроз отворе 20, и
- ▶ кроз отворе 12 и 20 истовремено.

Три поменуте функције цеви 19 су: она доводи ваздух за гасификацију који иде кроз отворе 20 или служи за ослањање решетки 21 и 22 преко система за качење 23. Решетке се подешавају преко врата 43 датих на Слици 4. Мала решетка 21 омогућава гасификацију мање количине биомасе (видети Слику 2.), док велика 22 омогућава гасификацију много веће масе. Комбиновање положаја решетки 21 и 22, положаја тј. висине унутрашњих цилиндара 13 и 14 у односу на спољне 15 и 16, и увођења ваздуха на местима 12 и 20, могуће је добити: различите висине зоне редукције 11, различите положаје зоне оксидације 10 и различите расподеле зона оксидације 10 и редукције 11 у реактору.

Да не би дошло до хабања реактора у зони редукције и да би се у овој зони при гасификацији на већем капацитetu (Слика 4.) одржавала већа топлота, она је обложена плочама од ватросталног бетона дебљине 25 mm.

Решетка 22 служи да се реактор не препуни материјалом на почетку рада и да делимично спречи узношење честица (недостатак реактора) кроз простор између цилиндара 14 и 15, кроз који струји гориви гас. Гас dakле струји из реактора 1 на више, излази на отвор 41 који помоћу димњаче 42 изводи гориви гас из реактора.

Ваздух који се за гасификацију доводи кроз отворе 12, предгрева се тако што улази преко клапне 32 и струји у прстенастом простору између цилиндара 13 и 14. Он преко цилиндра 14 прима топлоту од горивог гаса који супротносмерно у односу на ваздух струји у простору између цилиндара 14 и 15. Предвиђена је и варијанта двоструког загревања ваздуха. У том случају описано загревање ваздуха који улази кроз отворе 12 је двостепено. У првом степену ваздух улази кроз отвор 38 и струји у простору ограниченој цилиндричним цилиндрама 15 и 16. Преко цилиндричног зида 15 разменjuје топлоту са горивим гасом који струји истосмерно са ваздухом за гасификацију. На врху реактора, два степена предгревања ваздуха су повезана тако што он напушта спољни прстен (15 и 16) излази кроз отвор 39 и савитљивим цревом се спаја са прикључком код регулатора протока 32.

Варијанта у којој се предгрева ваздух који улази кроз отворе 20 и који се води кроз цев 19 се загрева тако што улази на отвор 39, струји супротносмерно у односу на гориви гас, који се креће у простору између цилиндара 14 и 15 и улази у цев 19 преко регулатора протока 36. У том случају на исти начин савитљиво црево 20 би повезивало прикључке 38 и 36 (није приказано на Слици 1.).

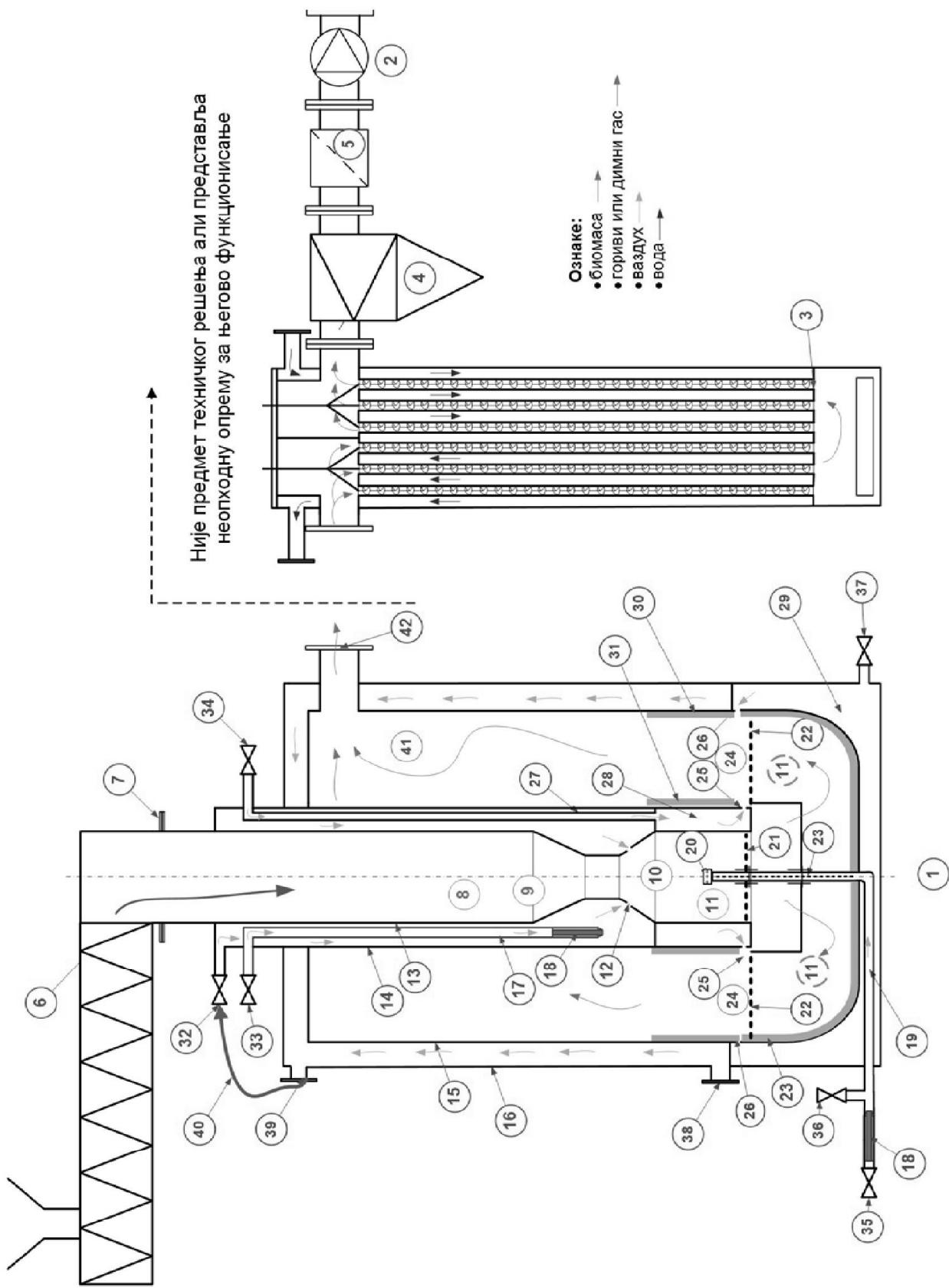
Како је ово лабораторијски реактор, ради експериментисања предвиђено је да он ради и као котао. У том случају сагревање горивог гаса вршило би се у прстенастом простору између цилиндара 14 и 15 на тај начин што би се гориви гас сагревао убаџивањем ваздуха кроз отворе 25 у дну цилиндра 14 и кроз отворе 26 у доњем делу цилиндра 15. Секундарни ваздух за сагревање 25 се уводи на тај начин што улази у цев 27 преко регулатора 34, струји на ниже до простора 28 и улази у зону оксидације кроз отворе 25. Секундарни ваздух за сагревање који улази кроз отворе 26 улази у простор на дну реактора 29 кроз регулатор протока 37. Материјал од термичког преоптерећења у зони сагревања штите два цилиндрична прстена од ватросталног бетона: спољни 30 и унутрашњи 31. У случају кад реактор ради као котао тада кроз простор између цилиндара 15 и 16 струји вода.

Сасвим је сигурно да се пројектовани гасификатор/котао не може користити у индустријским условима и да се од њега не може очекивати велики животни век. Конструкција реактора је веома сложена и он је превасходно намењен за експериментисање са: висином зоне редукције,

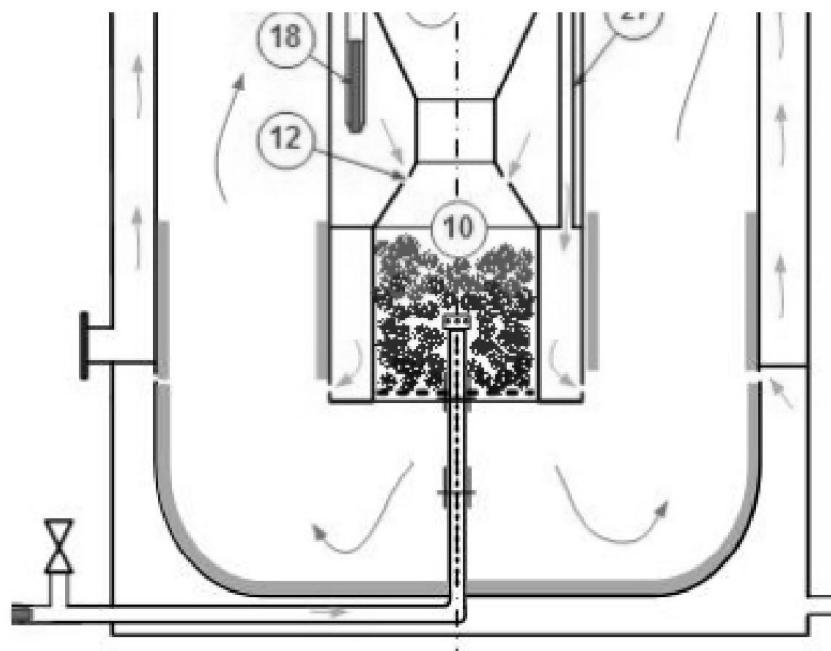


## Развој енергетски ефикасног постројења за гасификацију и когенерацију чврсте биомасе ТР 33027

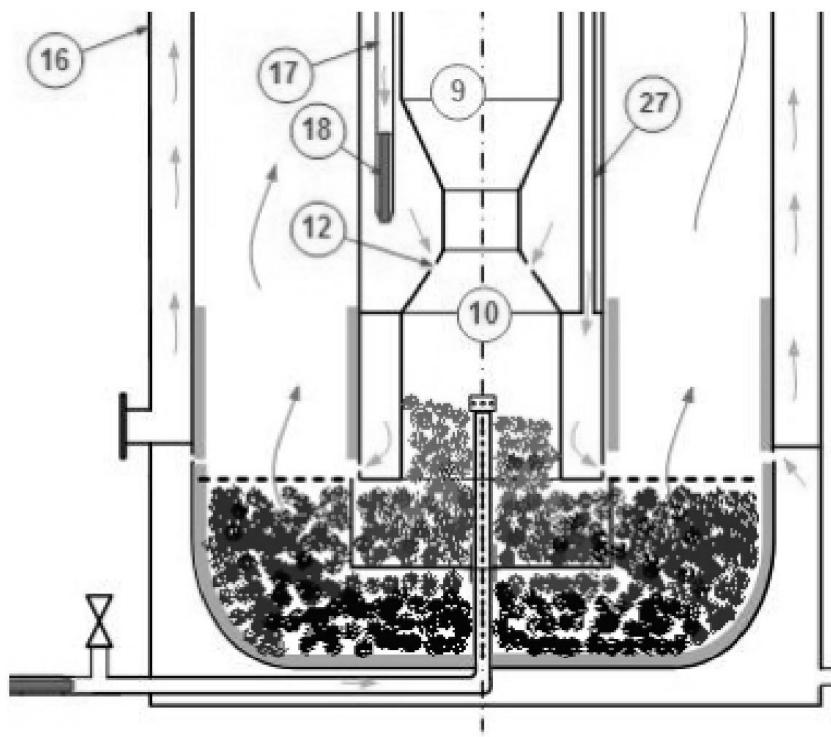
променом капацитета истосмерног гасификатора, променом температуре ваздуха за гасификацију, вишестепеним увођењем ваздуха за гасификацију, различитим начинима покретања система и коришћењем датог реактора као котла за загревање воде.



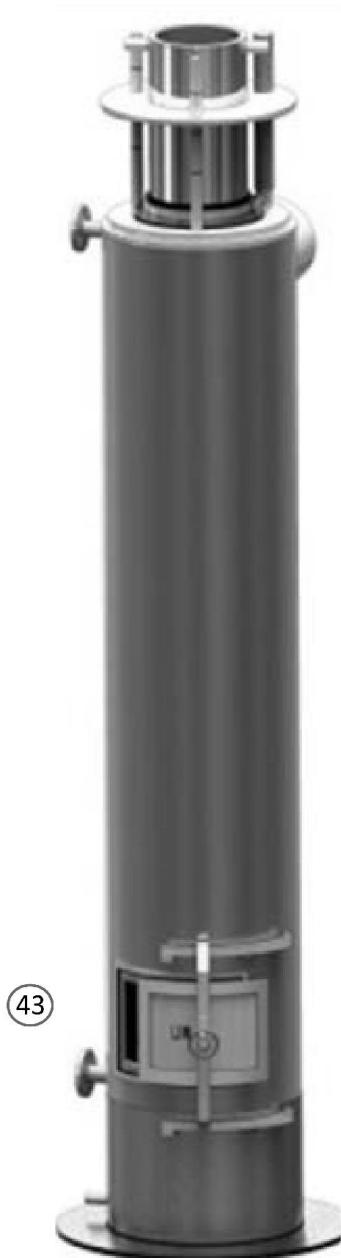
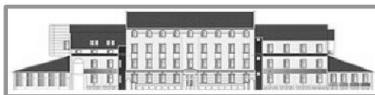
Слика 1. Принципска шема истосмерног гасификатора са системом за предгревачење ваздуха за гасификацију.



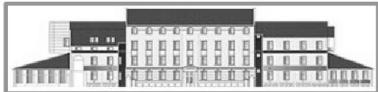
Слика 2. Принцип рада гасификатора на малом капацитetu.



Слика 3. Принцип рада гасификатора на великом капацитetu.



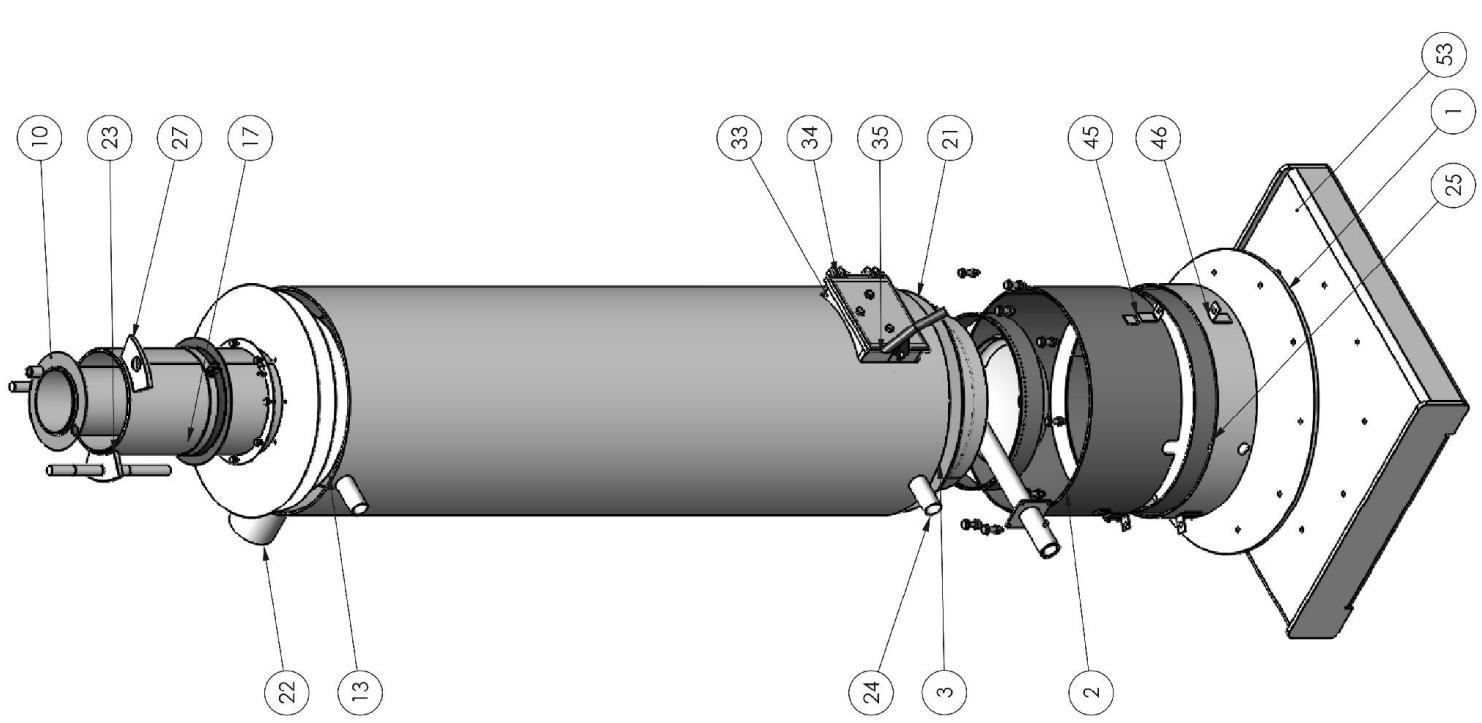
Слика 4. Изглед гасификатора.



## ПРИЛОЗИ – СКЛОПНИ ЦРТЕЖ ГАСИФИКАТОРА

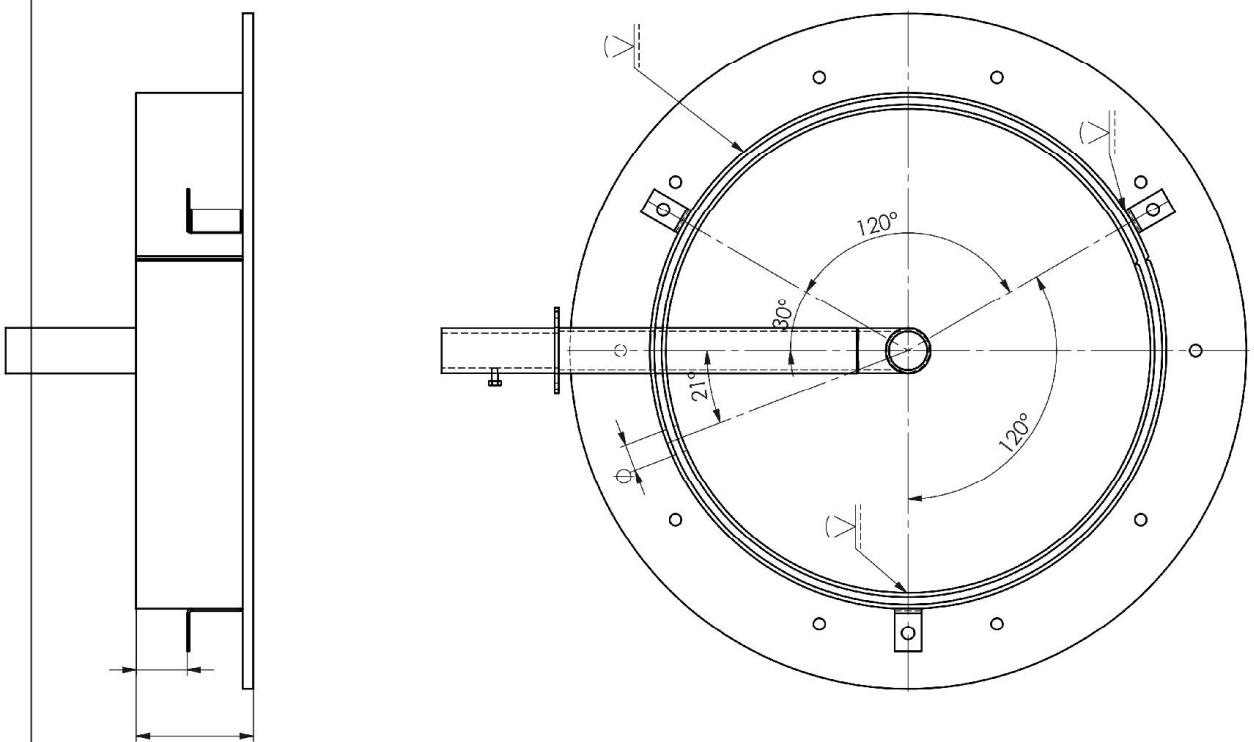
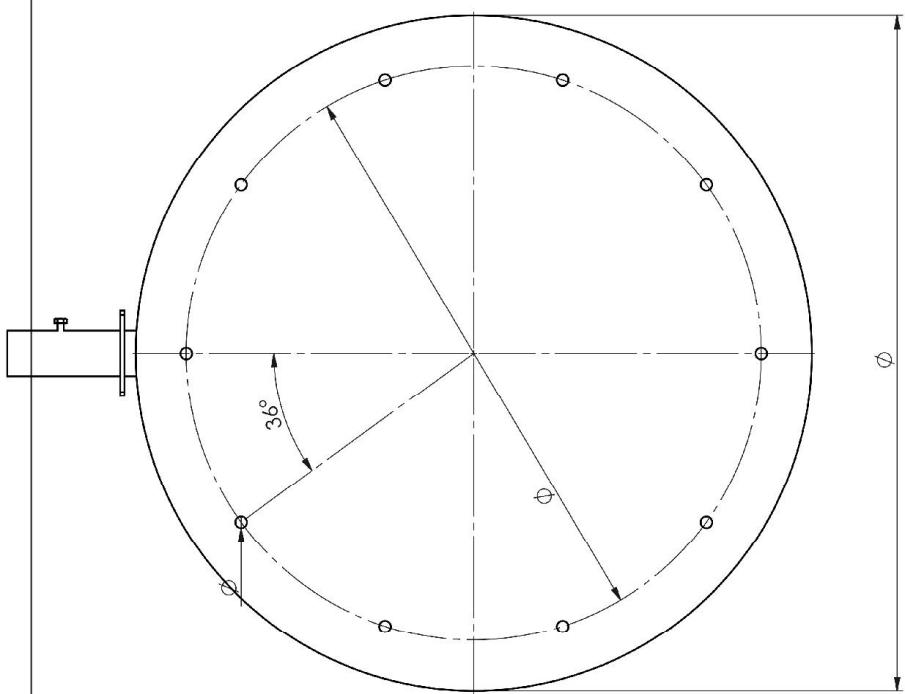
НАПОМЕНА: ЗБОГ ЈАВНЕ ДОСТУПНОСТИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА КОТЕ НА  
ЦРТЕЖИМА СУ НАМЕРНО УКЛОЊЕНЕ

	Oznaka materijala:	Masa / kg /	Revizija:
	369.487		
Naziv: <b>Sklop</b>	Popis:	Datum:	
#	Konstru.	25.10.2013	
Dimenzije [mm]:	Kontrol.		
A: 0   B: 0   H: 0	Odobrio		
Interno oznaka			
Proj/od:			
OZNAKA - BROJ CRTEŽA S0002195			



							P-235-TR1
9	D0007539	Suzenj deo cilindra, Ø141-3x300mm	1	Thickness@Default@Part3.SLDPR	141.3	300	
10	D0008461	Zaplivac pokretnog cilindra	2	2	204	204	1.4713
11	D0007542	Zaplivac	2	2	204	204	1.4713
12	D0007543	Ø219.1xD1@Extrude-Thin1@D0007543.SLDPR1mm	1	Thickness@Default@Part3.SLDPR	141.3	300	Č0361/S235.JR
13	D0007546	Cev Zaplivac 3	1	2	382	382	Č0361/S235.JR
14	D0007280	Vodjica, Ø20x300mm	2	Thickness@Default@Part3.SLDPR	20	300	Č0361/S235.JRG2
15	D0007565	Pristen	1	2	725.582	175	Č0361/S235.JR
16	D0007566	Pristen 2	1	2	463	463	Č0361/S235.JR
17	D0007567	Zaptivanje gornje	1	2	485	485	Č0361/S235.JR
18	D0007569	Zaptivna guma	1	Thickness@Default@Part3.SLDPR	0	0	Guma
19	D0007568	Prljšni zaplivac	1	2	260	260	Č0361/S235.JR
20	D0007570	Selna	1	1.2	747.015	20	Č0361/S235.JR
21	D0007790	Zaptivni prsten solje	1	4	462	462	1.4713
22	D0007791	Dimnjaca, Ø101.6x200mm	1	Thickness@Default@Part3.SLDPR	101.6	200	Č1212
23	D0007281	Nosac vodjice	2	10	38	85	Č4580
24	K0000131	Muf.1x85mm	2	2.15	1503.06	100	Č0361/S235.JR
25	D0007854	Podni prsten	4	4	1441.5	80	1.4713
26	D0007855	Podni prsten unutrašnji	10				
27	D0007853	Nosac vijka	1				
28	K0000011	Vijak sa šestougaonom glavom M8x16 DIN 933	8				
29	K0000028	Podloška 8.4x16 DIN 125	8				
30	K0000253	Vijak sa šestougaonom glavom M6x20 DIN 933	8				
31	K0000072	Podloška M6-6.4x16-A DIN 125	2				
32	K0000077	Navrka šestougaona M6 DIN 934	2				
33	S0002297	Sklop rama za vrata	1		0	0	5.4
34	S0002318	Sklop vrata 2	1		0	0	5.4
35	K0000384	Plastična ručica kamina	1		0	0	Plastika
36	D0008015	Bolci za vrata Ø7x50mm	2	Thickness@Default@Part3.SLDPR	5	25	Č1212
37	D0008016	Zatezna sarka	2	3	34.2	24	Č0361/S235.JR
38	D0008018	Bolci, Ø20x50mm	2	Thickness@Default@Part3.SLDPR	12	50	Č1212
39	SW-5554	Brezon sarke gornji vrata	2		12	50	
40	K0000009	Navrka šestougaona M12 DIN934	4		M12		Č0361/S235.JRG2
41	K0000030	Podloška 10.5x2.2 DIN 125	10		10.5	2	Material <not specified>
42	K0000156	Vijak sa šestougaonom glavom M10x40 DIN 933	16		M10	40	5.4
43	K0000006	Navrka šestougaona M10 DIN 934	13		M10		Material <not specified>
44	S0000776	Sklop kucista keramickog grejaca BiOmax 23	1		0	0	
45	D0007289	Ojačanje gasifikatora	3	2	0	0	
46	D0008363	Ojačanje poda	3	2	86.0212	25	Č0361/S235.JR
47	K0000016	Vijak sa šestougaonom glavom M10 x 35 DIN 933	3		M10	35	Č0361/S235.JR
48	S0002411	Proba solja	1		0	0	5.4
49	S0002413	Sklop gornje konusa	1		0	0	
50	S0002414	Sklop donjeg konusnog dela	1		0	0	
51	D0008430	Cev zagrejaca, Ø21.3x1587mm	1	Thickness@Default@Part3.SLDPR	21.3	1587	Č1212
52	S0002458	Mehanizam rešetke	1		0	0	
53	S0003117	Sklop poda gasogeneratora	1		0	0	
54	S0004099	Sklop Leister	1				

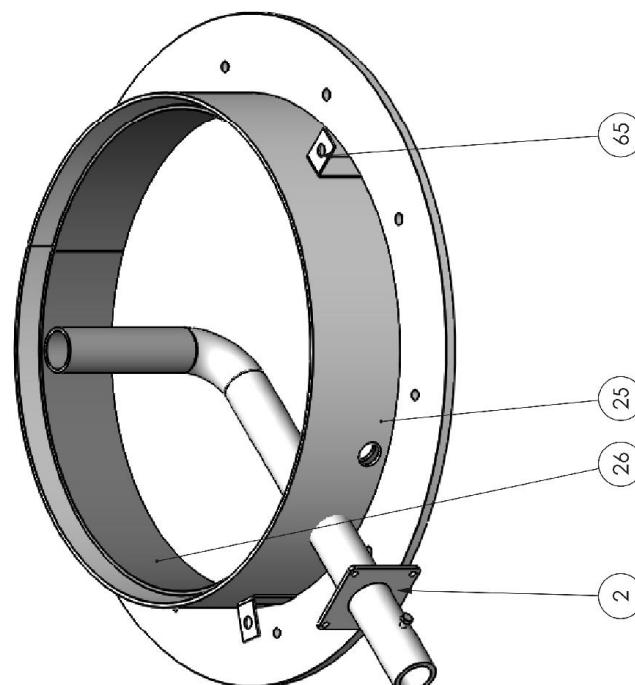
Geometrijski dimenijski: #	Dimenzijske (mm): A: 8; B: 14;	Popis: Konstru. Kontrol. Odobrio:	Masa / kg / N/živ/ Revizija:
Interno oznaka: Projekat:		OZNAKA - BROJ CRTEŽA S0002 195	



	Oznaka materijala:	Masa / kg /	Revizija:
	NADJIV Skllop	369.487	
Geometrijske vrijednosti:	Potpis:	Datum:	
#	Konstru.	25.10.2013	
Dimenzije [mm]:	Kontrol.		
A: 0.8; 0.1;	Odobrio		
Interno oznaka			
Projektor:			

OZNAKA - BROJ CRTEŽA  
S0002 195

Poz.	Br.-dele	Naziv	Kem.	D. lima	A	B	C	Materijal
2	D0007288	Pod gasifikatora	1	10	635	635		Č0361/S235 JR
25	D0007854	Podni prsten	1	4	1503.06	100		Č0361/S235 JR
26	D0007855	Podni prsten unutrašnji	1	4	1441.5	80		1.4713
65	D0008363	Ojicanje poda	3	2	86.0212	25		Č0361/S235 JR
71	D0008430	Cev zagrejaca, Ø21.3x1587mm	1	Thickn ess@D efault @Part 3.SLDP RT	21.3	1587		Č1212
72	D0008461	Zaptivac pokretnog cilindra	2	2	204	204		1.4713
73	D0008458	Podizna sička	1	Thickn ess@D efault @Part 3.SLDP RT	15	130	0	Č0361/S235 JRG2
74	D0008459	Pokretni deo rešetke, Ø22.9x200mm	1	Thickn ess@D efault @Part 3.SLDP RT	26.9	120		Č1212
75	D0008460	Bolci za pokretni deo rešetke	1	Thickn ess@D efault @Part 3.SLDP RT	6	60	0	Č0000/S100
76	D0008232	Rešetka 2	1	2	120	120		1.4713
77	D0017728	Prsten1	1	5	360	195		1.4713
78	D0017729	Prsten2	1	5	360	180		1.4713
79	D0017740	D00023973	1	4	80	80		Č0361/S235 JR
80	D0017741	Cev, Ø42.2x110mm	1	5	42.2	110		P 235 TR1
81	D0017743	StezacGrejaca	1	M6	12		5.4	
82	D0017738	CevHoriz1	1		0	0		P 235 TR1
83	D0017742	Luk	1	3.2	42.2	48		Č0361/S235 JR
84	D0017739	CevVert1	1		0	0	0	Materijal <not specified>
85	SW-8206	Cev prva kućišta grejaca	1	1.2	20	100		Č0361/S235 JR
86	SW-8207	Cev druga keramičkog grejaca	1	1.2	22	80		Č0361/S235 JR



Napomena : Voditi racuna da se otvari na poziciji 26 i poziciji 27 poklope

**Sklop**

Naziv:

Č1212

Datum:

25.10.2013

Material:

Č0361/S235 JR

Projekat:

Č1212

Proizvod:

Č1212

Ugovor:

Č1212

Odobrio:

Č1212

Kontrol.

Č1212

Konstru.

Č1212

Popis:

Č1212

Debljina linijskih mlinica:

Č1212

#

Dimenzije [mm]:

Č1212

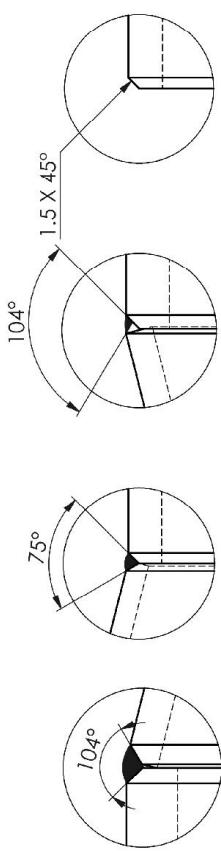
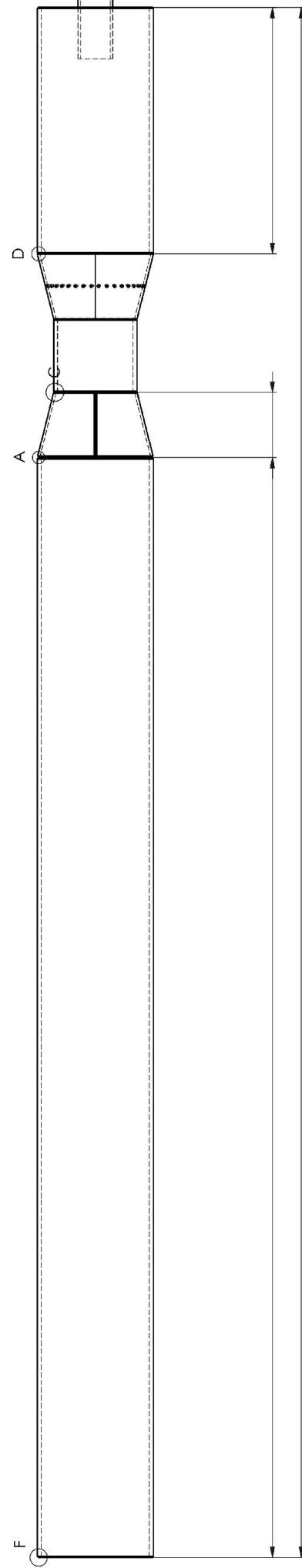
A: 0 B: 0 H: 0

Interna oznaka:

Č1212

OZNAKA - BROJ CRTEŽA

S0002 195



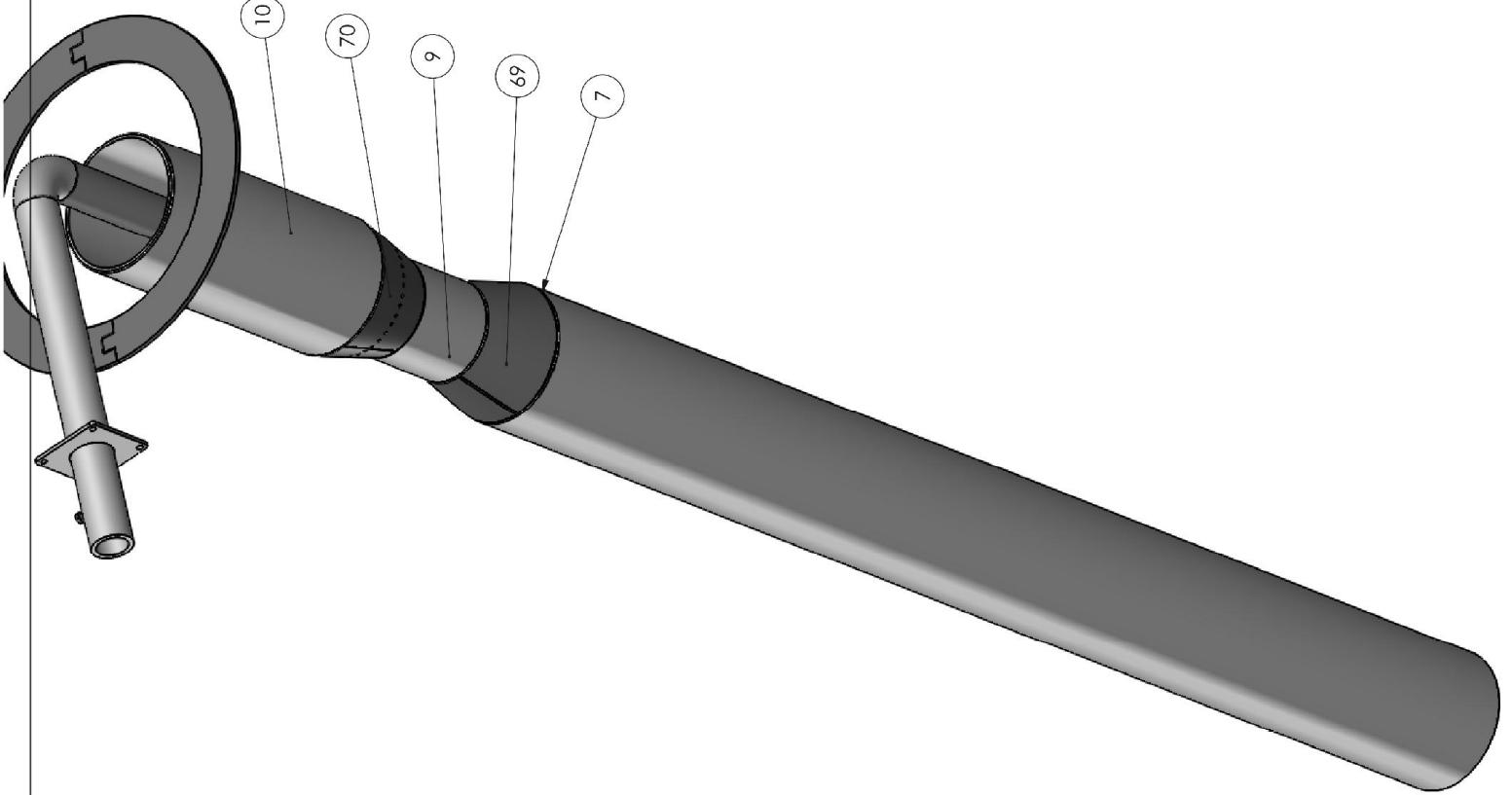
DETAIL A  
SCALE 2 : 1

DETAIL C  
SCALE 1.3 : 1

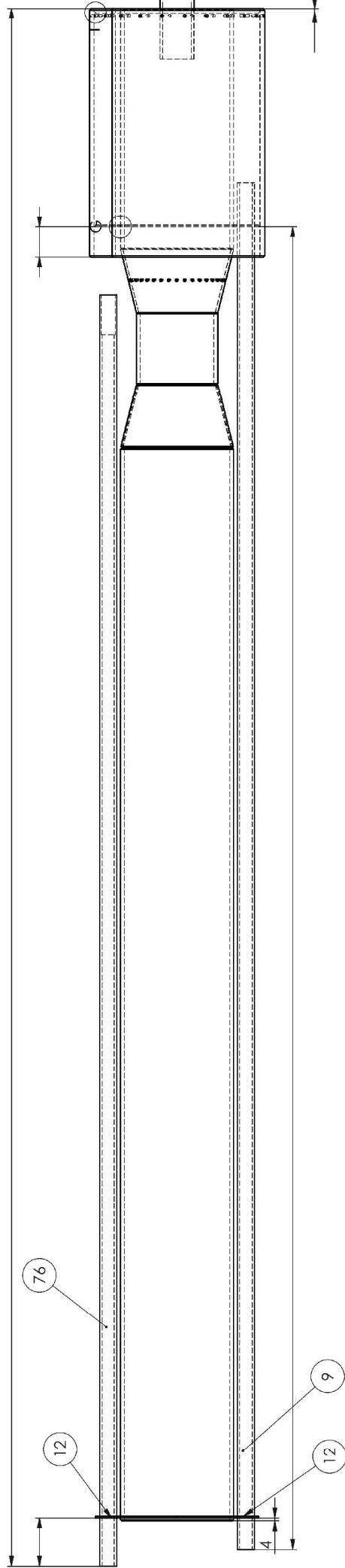
DETAIL D  
SCALE 1.7 : 1

Napomena : Ivice na konusnom delu izbrusiti po potrebi radi boljeg pričuvanja cilindričnih površina

	Oznaka materijala:	Masa / kg /	Revizija:
		369.487	
	#	Način:	
Debljina lima [mm]:		Popis:	
Dimenzije [mm]:		Konstru.	Datum:
A:	0   6:	0   H:	25.10.2013
Interno oznaka	0		Kontrol.
			Odobrio
Proj/od:			
OZNAKA - BROJ CRTEŽA			
S0002 195			

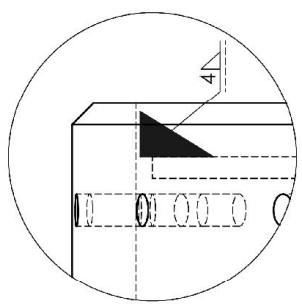


10	D0007539	Suzeni deo cilindra, Ø141,3x300mm	1	Thickness @Default @Part 3.SLDP RT	141.3	300	P 235 TR1
69	D0008415	Gornji konusni deo I	2	3	212.113	96.1106	1.4713
70	D0008419	Donji konusni deo I	2	4	214.075	96.3007	1.4713
71	D0008430	Cev zagrejaca, Ø21,3x138mm	1	Thickness @Default @Part 3.SLDP RT	21.3	1587	Č1212
72	D0008461	Zaplivac pokretnog cilindra	2	2	204	204	1.4713
73	D0008458	Podizna sipka	1	Thickness @Default @Part 3.SLDP RT	15	130	Č0361/S235 JR G2
74	D0008459	Pokretni deo rezike, Ø26,9x200mm	1	Thickness @Default @Part 3.SLDP RT	26,9	120	Č1212
75	D0008460	Bolci za pokretni deo rezike	1	Thickness @Default @Part 3.SLDP RT	6	60	Č0000/St00
76	D0008232	Rezika 2	1	2	120	120	1.4713
77	D0017728	Prsten1	1	5	360	195	1.4713
78	D0017729	Prsten2	1	5	360	180	1.4713
79	D0017740	D00023973	1	4	80	80	Č0361/S235 JR
80	D0017741	Cev, Ø42,2x110mm	1	5	42,2	110	P 235 TR1
81	D0017743	StezacGrejaca	1	M6	12		5.4
82	D0017738	CevHorizl	1		0	0	P 235 TR1
83	D0017742	Luk	1	3,2	42,2	48	Č0361/S235 JR
84	D0017739	CevVertl	1		0	0	Material <not specified>
85	SW-8206	Cev pravak učišta grejaca	1	1,2	20	100	Č0361/S235 JR
86	SW-8207	Cev dugu keramičkog grejaoča	1	1,2	22	80	Č0361/S235 JR
				Oznaka materijala:	Massa / kg /	369,487	Revizija:
					Naziv		
#				Poljipis:			
Dimenzije [mm]:				Konstru.			
A:	0 B:	0 H:	0	Kontrol.			
Inferno oznaka				Odobrio			
Proizvod:							
							OZNAKA - BROJ CRIĆE 195 S0002195

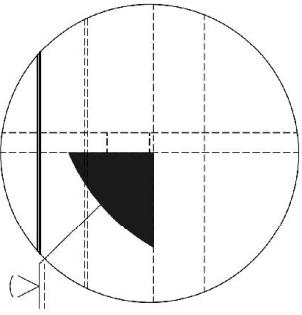


Napomena: Poziciju 9 pricvistiti za poziciju 12 sa dva uboda elektrodom a  
ostatak zazora zatvoriti keramickim blatom

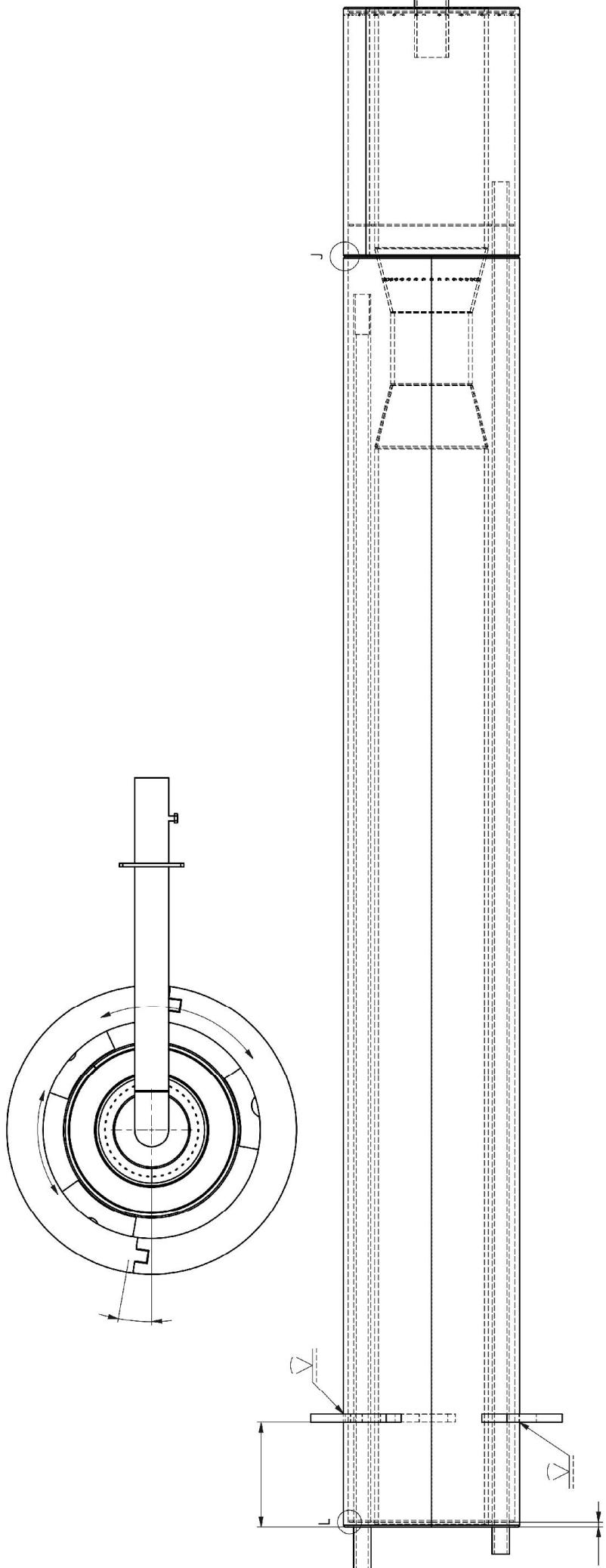
	Oznaka materijala:	Masa / kg /	Revizija:
	369.487		
NAZIV			
Sklop			
Debljina lima [mm]:		Datum:	
#		25.10.2013	
Dimenzije [mm]:		Konstru.	
A:	0   6	Kontrol.	
Interno oznaka	0   4	Odobrio	
Proj/od:			
OZNAKA - BROJ CRTEŽA			
S0002 195			



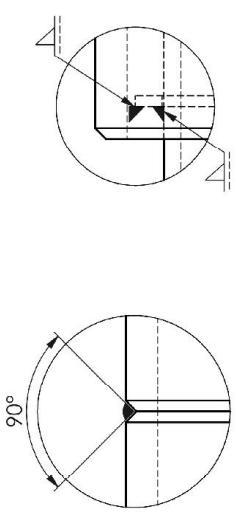
DETAIL I  
SCALE 2 : 1



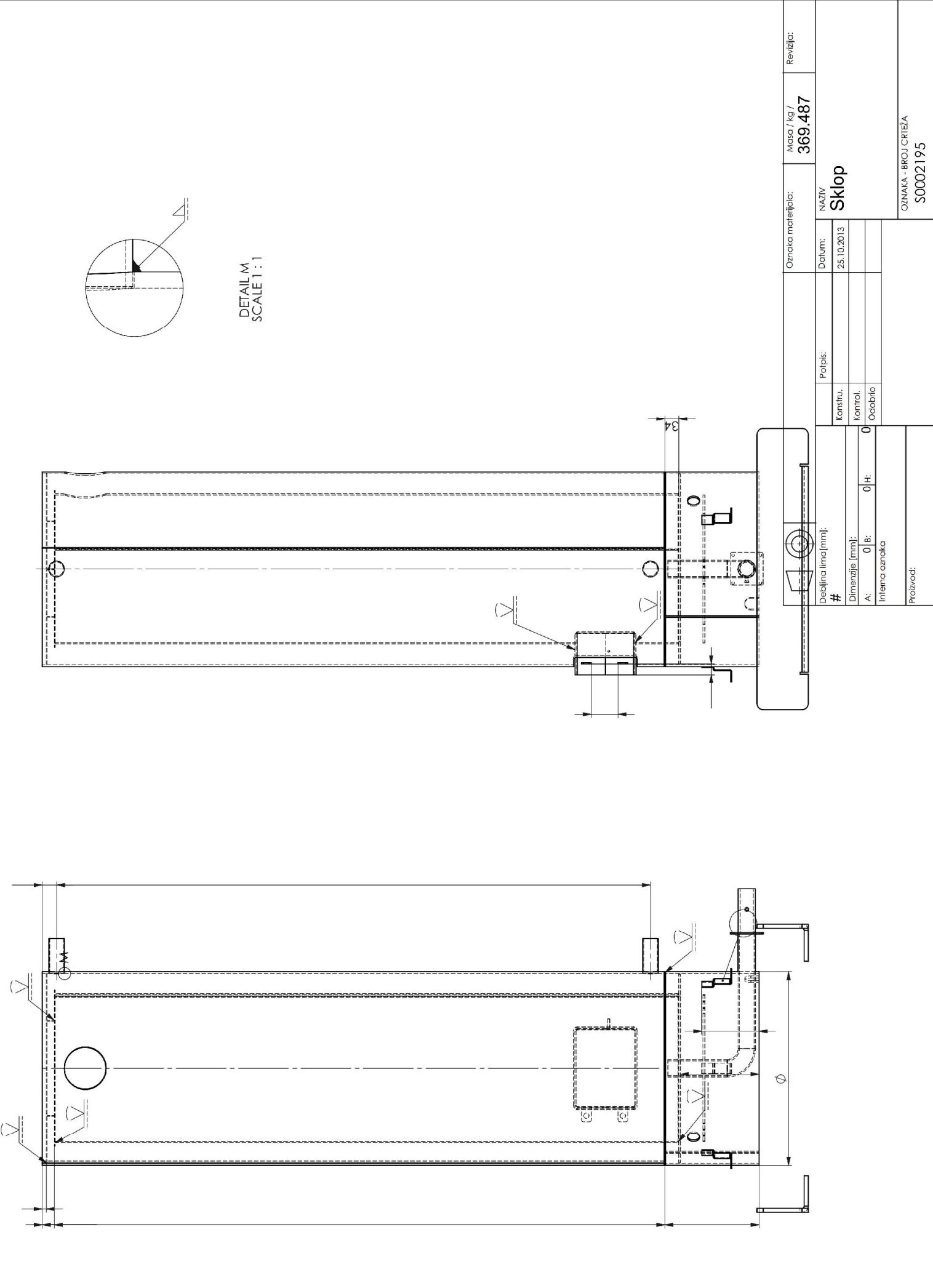
DETAIL G  
SCALE 2 : 1



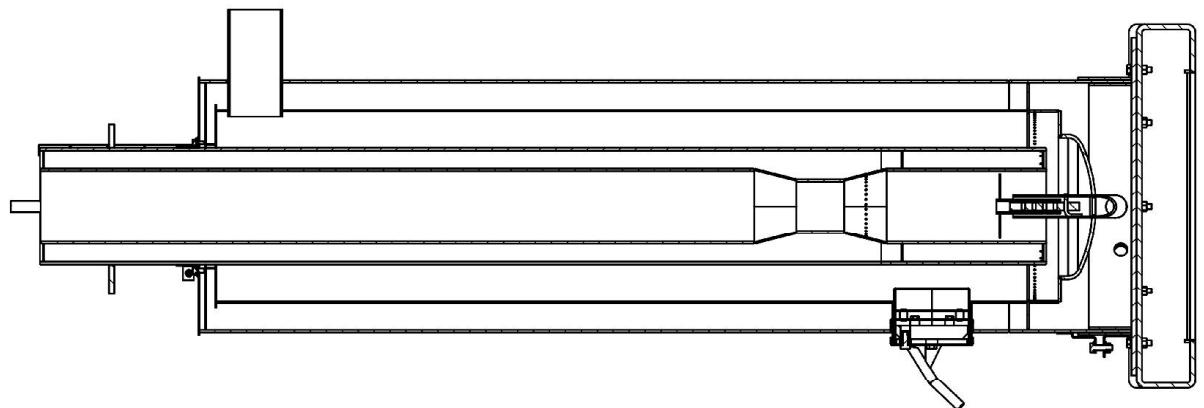
DETAIL J  
SCALE 1 : 1



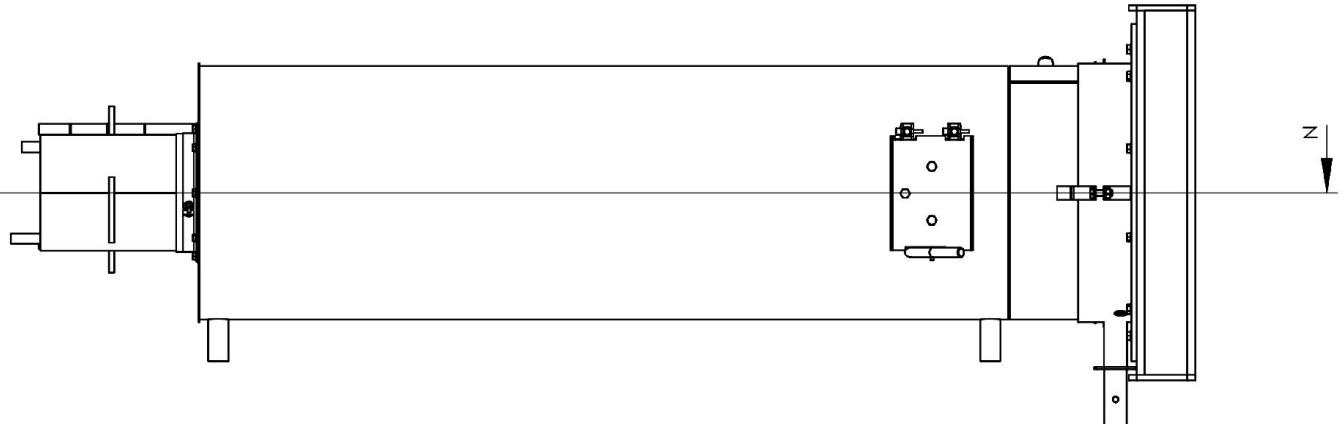
		Oznaka materijala:	Masa / kg /	Revizija:
			369.487	
NAZIV: <b>Sklop</b>		Datum:		
#		Konstru.	25.10.2013	
Dimenzije [mm]:		Kontrol.		
A: 0; B: 0; H: 0		Odobrio		
Interno oznaka				
Proj/od:				
OZNAKA - BROJ CRTEŽA S0002 195				



		Oznaka materijala: <b>369.487</b>	Masa / kg / <b>Revizija:</b>																																
Debljina linijama: <b>#</b>	Potpis: <b>Konstr.</b>	Datum: <b>25.0.2013</b>																																	
Dimenzije (mm): <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50px; padding: 2px;">A:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">B:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">C:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">D:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center; padding-top: 5px;">Interni oznaka</td> </tr> </table>		A:	0	B:	0	C:	0	D:	0	Interni oznaka								Kontr. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50px; padding: 2px;">A:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">B:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">C:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">D:</td> <td style="width: 50px; padding: 2px;">0</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center; padding-top: 5px;">Externi oznaka</td> </tr> </table>		A:	0	B:	0	C:	0	D:	0	Externi oznaka							
A:	0	B:	0	C:	0	D:	0																												
Interni oznaka																																			
A:	0	B:	0	C:	0	D:	0																												
Externi oznaka																																			
Proizvod: <b>S0002195</b>																																			
<b>OZNAKA - BROJ CRTEŽA</b>																																			



SECTION N-N  
SCALE 1 : 10



## Прилози

- Мишљење рецензената
- Мишљење о прихвату техничког решења

## Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС бр. 38/2008“), рецензент проф. др Александар Јововић, оценио је да су испуњени услови за признавање својства техничког решења следећем резултату научно-истраживачког рада:

### Назив: ИСТОСМЕРНИ РЕАКТОР СА СИСТЕМОМ ЗА ПРЕДГРЕВАЊЕ ВАЗДУХА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ

#### Аутори:

др Раде Карамарковић, доцент  
др Владан Карамарковић, редовни професор  
др Миљан Марашевић, доцент  
др Анђела Лазаревић, доцент  
Ненад Стојић, асистент  
Милош Николић, истраживач стипендиста министарства

#### Категорија техничког решења:

М83 Ново лабораторијско постројење по Правилнику из 2008. год.

### Образложение

Предложено решење урађено је за: Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу, као један од резултата истраживања на пројекту: *Развој енергетски ефикасног постројења за гасификацију и когенерацију чврсте биомасе*, евиденциони број ТР 33027, руководилац пројекта проф. др Владан Карамарковић.

Субјект који решење користи је: Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу.

Резултати су верификовани од стране следећих тела: Техничко решење је верификовано, лабораторијским испитивањима од стране Лабораторије за топлотну технику и заштиту животне средине на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву и радовима који су објављени на међународним скуповима у којима су презентовани резултати испитивања.

Предложено решење се користи на следећи начин: Реактор за гасификацију је истосмерног тока, при чему се повишена температура продуката гасификације снижава предгревањем ваздуха за сагоревање које се обавља у вишесилиндричном, за ове намене посебно конструисаном размењивачу топлоте („систем цев у цеви“). Конструкција реактора омогућава његово коришћење као котла на биомасу, при чему је сагоревање вишестепено.

Област на коју се техничко решење односи је: Техничко решење припада области коју чине уређаји за гасификацију и сагоревање дрвне биомасе.

Проблем који се техничким решењем решава: Техничко решење омогућава:

- ▶ гасификацију дрвне биомасе: дрвног пелета и дрвне сечке. Реактор није погодан за гасификацију биљне биомасе чији пепео садржи веће количине алкалних и земноалкалних метала (једногодишње биљке),
- ▶ гасификацију са предгрејаним ваздухом (изнад 300 °C),
- ▶ гасификацију са две зоне увођења ваздуха (вишестепена оксидација),
- ▶ различите величине зона редукције (различите дужине путање гаса кроз зону редукције),
- ▶ промену снаге реактора тј. промену капацитета од 3 до 10 kg/h,
- ▶ коришћење реактора као котла са вишестепеним сагоревањем биомасе.

Стање решености проблема у свету: Детаљан преглед технички најнапредније технологије гасификације дат је у раду Аренфелда (Jesper Ahrenfeldt, Tobias P. Thomsen, Ulrik Henriksen, Lasse R. Clausen, Biomass gasification cogeneration e A review of state of the art technology and near future perspectives, Applied Thermal Engineering 50(2):1407–1417, February 2013). Тренутно у когенерационим постројењима на биомасу доминирају системи са истосмерном гасификацијом због своје поузданости и производње горивог гаса који не захтева додатну опрему за елиминацију тера. По ауторима овог решења најбољи концепт истосмерне гасификације је тзв. Викиншки процес . Он је потпуно одвојио зоне пиролизе, оксидације и гасификације (редукције). Сушење и пиролиза се обављају коришћењем отпадне топлоте из процеса, гасовити продукти пиролизе оксидашу се коришћењем предгрејаног ваздуха а редукују се проласком кроз слој угљеника који се гасификује.

Суштина техничког решења: Суштина техничког решења састоји се у добијању гасовитог горива у истосмерном реактору коришћењем предгрејаног ваздуха за гасификацију биомасе.

Каррактеристике предложеног техничког решења: Техничко решење карактерише: гасификација дрвене биомасе, могућност коришћења предгрејаног ваздуха температуре изнад 300 °C, гасификацију са две зоне увођења ваздуха (вишестепена оксидација) и могућност коришћења реактора као котла са вишестепеним сагоревањем биомасе.

*Детаљном анализом предложеног техничког решења под називом „ИСТОСМЕРНИ РЕАКТОР СА СИСТЕМОМ ЗА ПРЕДГРЕВАЊЕ ВАЗДУХА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ“ као рецензент оцењујем да резултат научноистраживачког рада поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос и по важећим критеријумима може се сврстати у категорију M83.*

Рецензент:



prof. dr Александар Јововић, редовни професор  
Машински факултет  
Универзитета у Београду

## Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС бр. 38/2008“), рецензент проф. др Бранислав Стојановић, оценио је да су испуњени услови за признавање својства техничког решења следећем резултату научно-истраживачког рада:

### Назив: ИСТОСМЕРНИ РЕАКТОР СА СИСТЕМОМ ЗА ПРЕДГРЕВАЊЕ ВАЗДУХА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ

#### Аутори:

др Раде Карамарковић, доцент

др Владан Карамарковић, редовни професор

др Миљан Марашевић, доцент

др Анђела Лазаревић, доцент

Ненад Стојић, асистент

Милош Николић, истраживач стипендиста министарства

#### Категорија техничког решења:

М83 Ново лабораторијско постројење по Правилнику из 2008. год.

### Образложение

Предложено решење урађено је за: Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу, као један од резултата истраживања на пројекту: *Развој енергетски ефикасног постројења за гасификацију и когенерацију чврсте биомасе*, евидентиони број ТР 33027, руководилац пројекта проф. др Владан Карамарковић.

Субјект који решење користи је: Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу.

Резултати су верификовани на следећи начин, тј од стране следећих тела: У фирми „Радијатор“ Инжењеринг Краљево направљен је истосмерни гасификатор. Техничко решење је верификовано лабораторијским испитивањима у Лабораторији за топлотну технику и заштиту животне средине и радовима и моделима који су проистекли из ових испитивања.

Предложено решење се користи на следећи начин: Реактор је тако пројектован да омогућава варирање више за процес значајних параметара: температуре предгревања ваздуха, начина увођења кисеоника (на једном и/или два места, при чему се њихово растојање може мењати), дужине путање гасова кроз зону редукције, као и да служи као котао на биомасу која вишестепено сагорева. Функција котла се постиже увођењем ваздуха са обе стране дна средишњег прстена. Конструкција реактора је веома сложена и он је првенствено намењен за лабораторијску примену за топлотне снаге до 50 kW.

Област на коју се техничко решење односи је: Техничко решење припада области коју чине уређаји за гасификацију и сагоревање дрвне биомасе.

Проблем који се техничким решењем решава: Проектно решење омогућава:

- ▶ гасификацију дрвне биомасе: дрвног пелета и дрвне сечке (реактор није погодан за гасификацију пољопривредних остатака и биомасе добијене од једногодишњих биљака),
- ▶ гасификацију са предгрејаним ваздухом,
- ▶ гасификацију са једном и/или две зоне увођења ваздуха,
- ▶ различите величине зона оксидације и редукције,
- ▶ промену капацитета реактора од 3 до 10 kg/h гаса,
- ▶ коришћење реактора као котла за двостепено сагоревање биомасе (први степен укључује производњу горивог гаса док се у другом степену он сагорева),

Дата конструкција треба да омогући комбиновање позитивних карактеристика истосмерних и супротносмерних реактора за гасификацију.

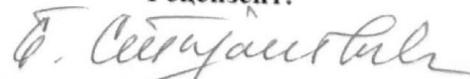
Статње решености проблема у свету: Истосмерни реактори за гасификацију су данас доминантни уређаји у малим когенерационим системима који укључују гасификацију биомасе. Аутори су дали преглед најновијих патената из ове области који решавају проблеме непотпуне конверзије угљеника, ниске топлотне моћи произведеног горивог гаса и садржаја тера и прашине у њему. Детаљан преглед технички најнапредније технологије дат је у раду Аренфелда (Jesper Ahrenfeldt, Tobias P. Thomsen, Ulrik Henriksen, Lasse R. Clausen, Biomass gasification cogeneration: A review of state of the art technology and near future perspectives, Applied Thermal Engineering 50(2):1407–1417, February 2013).

Суштина техничког решења: решење је намењено производњи горивог гаса, гаса који у себи има хемијску енергију, из биогорива - дрвног пелета и дрвне сечке. Конструкција омогућава варирање више радних параметара: величине зоне оксидације и редукције, температуре предгревања ваздуха, и може истовремено да ради и као котао на биомасу.

Карактеристике предложеног техничког решења су: да у односу на конвенционалне истосмерне реакторе за гасификацију, омогућава производњу горивог гаса веће топлотне моћи са мање чврстих честица. Такође техничко решење омогућава вишестепену оксидацију, различиту дужину зоне редукције, могућност коришћења вазуха предгрејаног на високу температуру, и рад реактора као котла.

Детаљном анализом предложеног техничког решења под називом „ИСТОСМЕРНИ РЕАКТОР СА СИСТЕМОМ ЗА ПРЕДГРЕВАЊЕ ВАЗДУХА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ“ као рецензент оцењујем да резултат научноистраживачког рада поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос и по важећим критеријумима може се сврстати у категорију M83.

Рецензент:



др Бранислав Стојановић, редовни професор  
Машински факултет у Нишу