

Студија изводљивости *употребе биомасе* *у Богатићу и Бијељини*

са анализом употребе геотермалне енергије

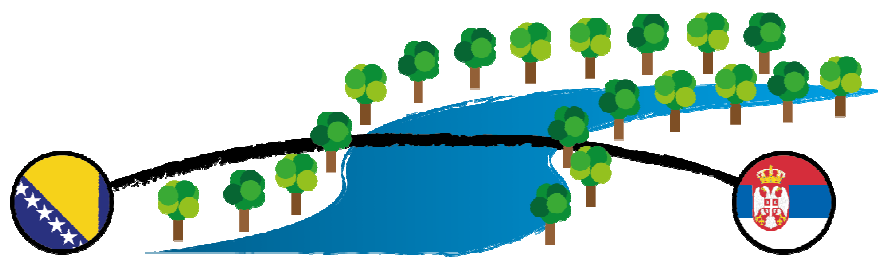


Пројекат финансира Европска унија



израдио

Европски центар за обновљиве изворе Гисинг



BIJE LJINA & BOGATIĆ
cross border development

ИМПРЕСУМ:

НАРУЧИЛАЦ:

Општина Богатић

Мике Витомировића 1

15350 Богатић

Србија

Бијељина

Трг Краља Петра I Карађорђевића

76300 Бијељина

Босна и Херцеговина

АГЕНТ:

Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energie Güssing GmbH

Europastraße 1

A-7540 Güssing

Email: office@eee-info.net

САДРЖАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ	5
2. Енергетске потребе, извори и потенцијали Богатића и Бијељине	5
2.1 Енергетске потребе	5
2.2 Енергетски извори и потенцијали.....	6
2. Процена употребе геотермалне енергије у Богатићу.....	7
2.1 Geothermal electricity production and District heat supply	7
2.2 Даљинско грејање.....	7
2.2.1 Варијанта 1: Даљинско грејање из ББ1	8
2.2.2 Варијанта 2: Даљинско грејање из ББ2	9
2.2.3 Упоредни преглед варијанти	11
2.3 Производња електричне енергије.....	13
2.3.1 Примена „Органског Ранкин циклуса“ (ОРЦ) (ORC-енг.-прим.прев.).....	14
2.3.2 Упоредни преглед сценарија.....	16
2.4 Evaluation of variants and scenarios regarding the use of geothermal energy in Bogatic	18
3. Бијељина	19
3.1 Производња струје из геотермалних извора	19
3.1.1 Моделирање варијанти.....	20
3.1.2 Варијанта 1: енергетски капацитет 1 MW или мање	21
3.1.3 Варијанта 2: енергетски капацитет 2,5 MW	22
3.1.4 Варијанта 3: енергетски капацитет 5 MW	23
3.1.5 Варијанта 4: енергетски капацитет 10 MW	24
3.2 Процена варијанти употребе геотермалне енергије у Бијељини	25
4. Биогас	27
4.1 Дефиниције и преглед.....	27

4.2	Врсте извора	277
4.3	Биогасни системи.....	299
4.3.1	Ферментатор (дигестор).....	299
4.3.2	Технологије конверзије	299
↪	Директно сагоревање	Error! Bookmark not defined.
↪	Прочишћење (побољшање) биогаса Biogas upgrading	30
4.3.3	Производња биогаса и употреба (примена) у пројектним регионима.....	31
4.4	Варијанте употребе биогаса.....	313
4.4.1	Претходни преглед: максимална ограничења куповине субстрата 333	
4.4.2	Варијанте когенерације топлоте и електричне енергије из биогаса (ЦХП)	344
4.4.3	Когенерација у гасном мотору (ЦХП)	344
4.4.4	(ЦХП) Когенерација у гасном мотору и низводна производња струје од отпадне топлоте путем ОРЦ процеса	355
4.4.5	Варијанте побољшања биогаса	377
4.4.6	Варијанте дистрибуције биогаса	388
4.4.7	Комбинована варијанта производње струје у периоду од 12 година и касније дистрибуције или побољшања биогаса	40
4.5	Процена варијанти у односу на употребу биогаса у пројектним регионима	422
4.5.1	Прва фаза: производња електричне енергије у низводној ОРЦ јединици.....	433
4.5.2	Друга фаза: варијанта побољшања биогаса	433
4.5.3	Друга фаза: варијанта продаје нетретираног биогаса.....	444
4.6	Анекс: примена производа ферментације	444
4.7	Заштита околине.....	455
5.	Чврста биомаса.....	466

5.1 Замена угља биомасом из локалних извора	46 <u>6</u>
5.2 Остаци од пољопривредне производње Agricultural residues.....	46 <u>6</u>
5.3 Брзорастуће биљке СРЦ (SRC-енг.прим.прев.) – производња цепаница и дрвне сечке	50
5.3.1 Пресовање дрвне сечке од брзорастућег дрвећа	54 <u>4</u>
5.3.2 Пресовање мешавине дрвне сечке брзорастућег дрвећа и жетвених остатака	56 <u>6</u>
5.4 Производња електричне енергије из биомасе.....	58
5.4.1 Производња електричне енергије сагоревањем биомасе	58
5.4.2 Даљинско грејање из биомасе у чврстом стању	Error! Bookmark not defined. <u>9</u>
5.5 Процена и варијанте употребе биомасе у чврстом стању	60
6. Ефекти употребе биомасе на употребу земљишта.....	62 <u>2</u>
7. Рекапитулација и разматрања	63
7.1 Услови у регионалним оквирима	63
7.2 Геотермална енергија.....	64 <u>4</u>
7.3 Биогас	65 <u>5</u>
7.4 Биомаса у чврстом стању.....	65 <u>5</u>
Листа графикана	Error! Bookmark not defined. <u>7</u>
Листа табела	Error! Bookmark not defined. <u>9</u>

1. Општи подаци

Обзиром на прекогранични енергетски концепт Богатића и Бијељине, а на основу процене и прорачуна података о енергетским потребама за оба насеља, разрађене су студије изводљивости за оба региона. Студија изводљивости ће приказати резултате и предложити мере које ће омогућити реализацију употребе обновљивих извора у оба региона.

Ова два концептна региона, као и њихове општине се не разликују геграфски. Климатски услови, као и просторни распоред насеља пружају сличне услове за производњу биомасе и употребу соларне енергије.



Графикон 1: два концептна региона и њихове општине. Богатић је приказан на слици лево, а Бијељина на слици десно.

Обзиром да Богатић има мање становника од Бијељине, као и да заузима мању површину, коришћен је метод поређења података по становнику.

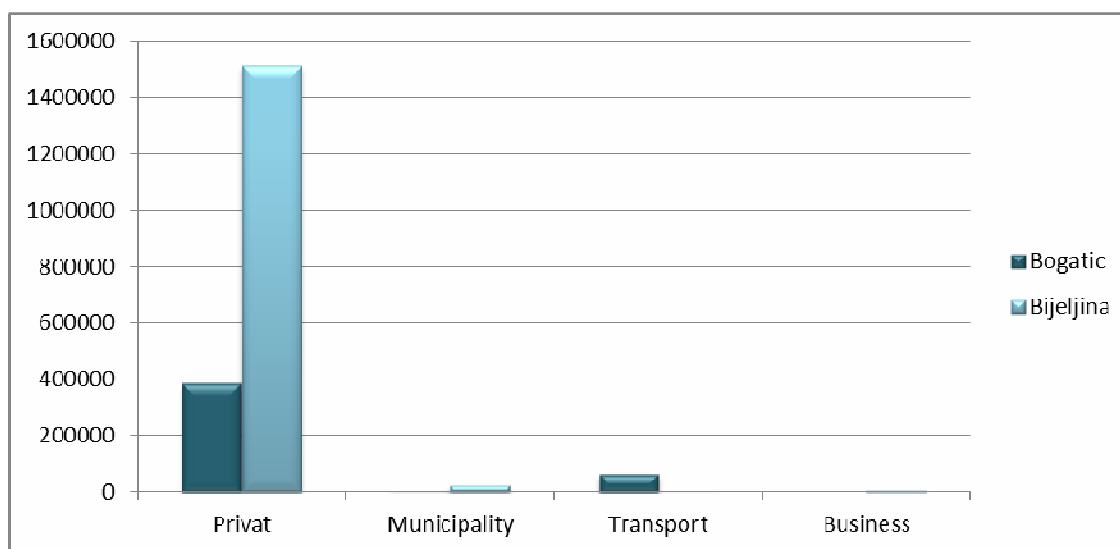
2. Енергетске потребе, ресурси и потенцијали Богатића и Бијељине

2.1 Енергетске потребе

Иако постоје значајне демографске и економске разлике, највеће потребе за енергијом су у приватном сектору. У оквиру претходног концепта енергетског развоја, обрађене су потребе за енергијом следећих сектора:

- ↳ Приватни сектор
- ↳ Општински сектор
- ↳ Сектор транспорта
- ↳ Сектор привреде

Наредни графикон, такође показује да приватни сектор има значајно учешће у енергетским потребама обе општине, углавном због ниских цена електричне енергије у Богатићу, као и угљу и лигниту - изворима топлотне енергије за град Бијељину.



Графикон 2: расподела енергетских потреба у два концептна региона, по групама потрошача
(Извор: Прорачун ЕЕЕ, 2014)

2.2 Енергетски извори и потенцијали

Потенцијали обновљивих извора енергије су за обе општине прорачунати а основу достављених података. Подаци су рачунати за:

- ↳ Шумарство
- ↳ Пољопривреду
- ↳ Геотермалне изворе
- ↳ Енергију сунца

Сви потенцијали су разматрани у односу на њихов капацитет за задовољавање потреба. Сви прорачуни потенцијала су теоретске вредности, обзиром на постојање економских и техничких ограничења њиховог коришћења. Било како, резултати показују могућности за употребу обновљивих извора и, са друге стране, ограничења у њиховој практичној употреби.

2. Процена употребе геотермалне енергије у Богатићу

2.1 Производња електричне енергије из геотермалних извора и даљинско грејање

Бројни системи искоришћења геотермалних извора су засновани на поузданом лежишту седиментног окружења, и концепту издвајања топлоте и поврата искоришћене воде (doublet concept of heat extraction) .

У случају Богатића не постоје повратне бушотине, а искоришћена вода се поново не враћа у земљу. То, у случају ББ2 може довести до проблема, раније уоченог код бушотине ББ1, где је издашност опала за 50%, по подацима достављеним током радних састанака пројектног тима и обилазака извора.

Трошење издашности извора представља опасност по исплативост инсталираног постројења, што је неопходно имати на уму приликом почетног планирања и разраде пројекта градње постројења.

Следећа процена је направљена подразумевајући да неће бити промена издашности и температурног нивоа геотермалних извора.

2.2 Даљинско грејање

Даљинско грејање из геотермалних извора представља употребу геотермалне енергије за загревање индивидуалних и пословних објеката, као и индустрије, путем дистрибутивне мреже.

У односу на температурни ниво и издашност извора *ББ1* (75°C и 17 l/s), системом даљинског грејања се може дистрибуирати 1,3 MW топлотне енергије. Из извора *From ББ2* (78°C и 61 l/s) процењен капацитет је 5,1 MW. У оба случаја, процењен је пад температуре од ΔT of 20°C под претпоставком да се врши грејање објеката.

Услед немогућности поврата воде у токове, систем се сматра – једносмерним, са температуром повратног тока од око 55°C, уколико се преостала топлота не употреби за загревање стакленика или било који сличан ниско-температурни систем искоришћења.

У складу са информацијама добијеним на састанку пројектног тима у децембру 2013. године, топлота из геотермалних извора би била употребљена за загревање општинских објеката. Потребе за топлотом објеката који се тренутно не греју електричном енергијом је 2,4 MW. У случају експлоатације извора BB1, могао би се грејати део објеката, јер се из ББ1 може дистрибуирати само 1,3 MW топлотне енергије. У случају употребе ББ2, добија се вишак од 2,7 MW топлотне енергије.

Процењује се да би дужина топловода од извора ББ1 до центра Богатића била око 2.500 m а од ББ2 до центра око 4.200 m. У обзир нису узети цевоводи за одвод искоришћене воде или испоруку воде ниске температуре за друге намене.

У наредним параграфима, разматране су две основне варијанте и два сценарија. Анализа је представљена на основу сценарија, услед недостатка информација о могућим субвенцијама за изградњу постројења. Два замишљена сценарија су разматрана у односу на **0% субвенција** (1a, 2a) и у супротном у односу на **100% субвенција**. Права цена испоруке топлотне енергије се налази негде између горњих и доњих граничних вредности.

2.2.1 Варијанта 1: даљинско грејање из ББ1

У варијанти 1 се разматра употреба извора ББ 1 за даљинско грејање. Постојећи капацитет задовољава потребе за грејањем на пример основне школе и обданишта. Приложена табела пружа преглед трошкова инвестирања, годишњих трошкова и коштања топлотне енергије, уколико се пројекат реализује 100% путем кредитних улагања (1a) и без трошкова кредитних улагања (1b).

Процена трошкова, у односу на вредност инвестиције и годишње трошкове, је извршена на основу цена у Аустрији.

Табела 1: прорачун даљинског грејања из извора ББ 1, финансираног средствима из наменског кредита

(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Варијанта 1a : даљинско грејање из ББ 1 – 100% кредитна улагања	
Спецификација:	
Топлотна снага (MW)	1,3
Производња топлоте (MWh/a)	1.560

Улагања:	€
Дистрибутивна мрежа и прикључење објекта	330.000
Централно грејање Heat central	225.000
Вредност улагања	555.000
Годишњи трошкови:	€
Трошкови одржавања Maintenance costs	12.000
Трошкови капитала Capital costs	57.000
Трошкови за запослене	12.000
Додатна (помоћна) енергија Auxiliary energy	1.404
Износ годишњих трошкова	82.404
Производна цена топлотне енергије (e/MWh)	52,8

Табела 2: прорачун даљинског грејања из извора ББ 1, без кредитних улагања
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Варијанта 1б : даљинско грејање из извора ББ 1 – без кредитних улагања	
Спецификација	
Топлотна снага Heat power (MW)	1,3
Производња топлоте Heat production (MWh/a)	1.560
Улагања	€
Дистрибутивна мрежа и прикључење објекта	330.000
Централно грејање	225.000
Вредност улагања	555.000
Годишњи трошкови	€
Трошкови одржавања	12.000
Трошкови капитала	1.500
Трошкови за запослене	12.000
Додатна (помоћна) енергија Auxiliary energy	1.404
Износ годишњих трошкова	26.904
Производна цена топлотне енергије (e/MWh)	17,2

2.2.2 Варијанта 2: даљинско грејање из ББ2

У варијанти 1 се разматра употреба извора ББ 2 за даљинско грејање. Постојећи капацитет задовољава потребе за грејањем свих објеката општинских јавних служби. Уколико би капацитет ББ 2 био у потпуности искоришћен, могућност испоруке топлотне енергије би била двоструко већа. Варијанта 2 се односи на јавне зграде, тако да су потребе за топлотном енергијом мање од капацитета извора. Прва табела приказује трошкове финансиране 100% из наменског кредита за капиталне инвестиције (2а), а

друга табела трошкове финансиране без трошкова наменског кредита за капитална улагања. (2b).

Процена трошкова, у односу на вредност инвестиције и годишње трошкове, је извршена на основу цена у Аустрији.

Табела 3: прорачун даљинског грејања из извора ББ 2, финансираног средствима из наменског кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Варијанта 2а: даљинско грејање из извора ВВ2 – 100% кредитних улагања	
Спецификација:	
Топлотна снага Heat power (MW)	2,8
Производња топлоте Heat production (MWh/a)	3.360
Улагања:	
Дистрибутивна мрежа и прикључење објеката	536.000
Централно грејање Heat central	260.000
Вредност улагања	796.000
Годишњи трошкови:	
Трошкови одржавања	15.000
Трошкови капитала	82.000
Трошкови за запослене	20.000
Додатна (помоћна) енергија Auxiliary energy	3.000
Износ годишњих трошкова	120.000
Производна цена топлотне енергије (e/MWh)	35,7

Табела 4: Прорачун даљинског грејања из извора ББ 2, без средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Варијанта 2б: даљинско грејање из ББ2 – без кредитних улагања	
Спецификација:	
Топлотна снага (MW)	2,8
Производња топлоте (MWh/a)	3.360
Улагања:	
Дистрибутивна мрежа и прикључење објеката	536.000
Централно грејање	260.000
Вредност улагања	796.000
Годишњи трошкови:	
Трошкови одржавања	15.000
Трошкови капитала	6.500

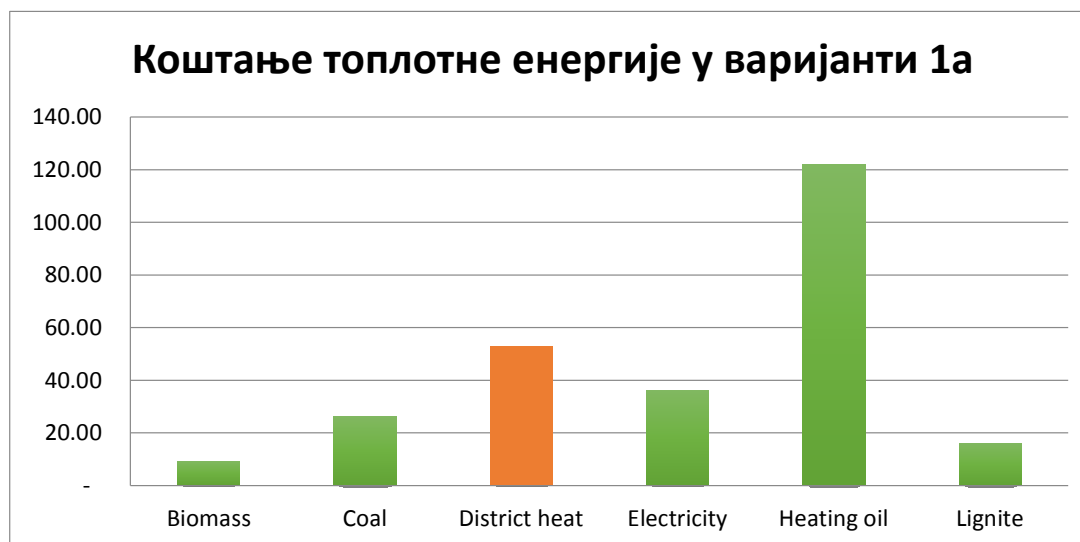
Трошкови за запослене	20.000
Додатна (помоћна) енергија Auxiliary energy	3.000
Износ годишњих трошкова	44.500
Производна цена топлотне енергије (e/MWh)	13,2

2.2.3 Поређење варијанти

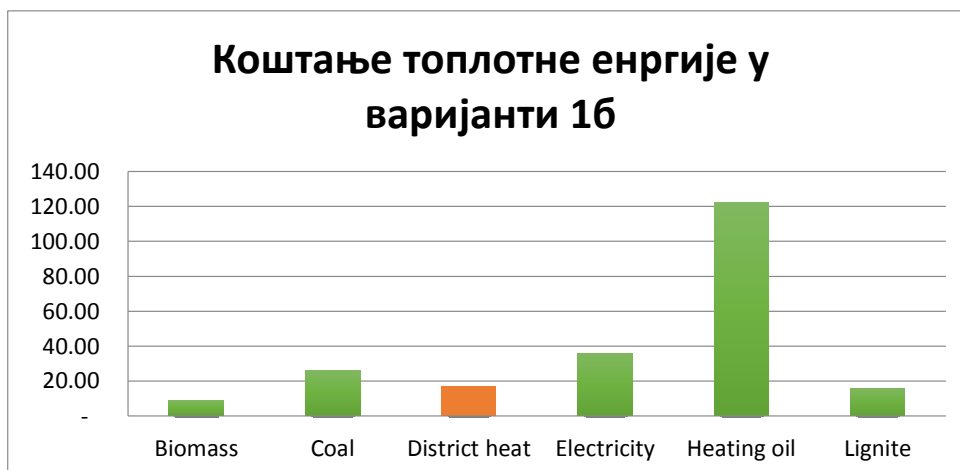
Инвестиције су у варијанти 2, 30% веће него у варијанти 1 (ББ1), такође, годишњи трошкови су за 31% већи у варијанти 2 него у варијанти 1 код (ББ1).

Цене испоруке топлотне енергије, у смислу новца потребног за покриће свих трошкова, су за 32% ниже у варијанти 2.

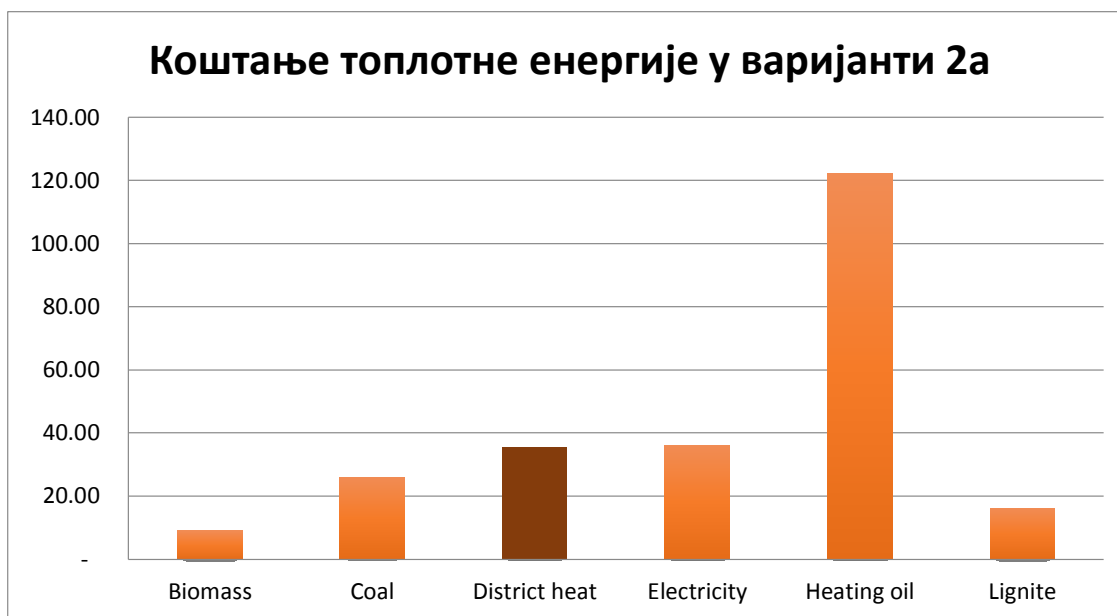
Табела у прилогу показује трошкове испоруке топлотне енергије у односу на разматране варијанте и у поређењу са достављеним ценама других енергената.



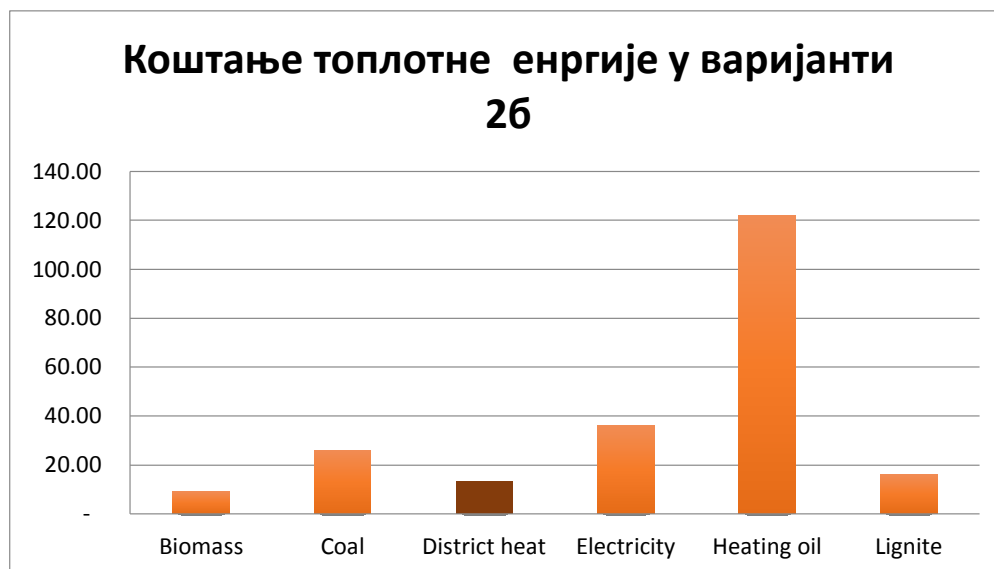
Графикон 3: приказ коштања даљинског грејања из ББ 1, са 100% средстава из кредита
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)



Графикон 4: приказ коштања даљинског грејања из ББ 1, без средстава из кредита
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)



Графикон 5: приказ коштања даљинског грејања из ББ 2, са 100% средстава из кредита
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)



Графикон 6: приказ коштања даљинског грејања из ББ 2, без средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

2.3 Производња електричне енергије

Бинарне технологије су развијене како би генерисале струју из извора са ниским до средњом температуром тако што ће користити отпадну топлоту.

Бинарно постројење користи секундарни радни флуид, који је обично органски флуид са ниском температуром врења и високим притиском испарења, у поређењу са воденом паром. Секундарни флуид је употребљен путем конвенционалног Ранкиновог циклуса: геотермални флуид преноси топлоту секундарном флуиду преко измењивача топлоте у ком се флуид греје и претвара у пару. Произведена пара покреће нормалну турбину са аксијалним протоком, потом се хлади, кондензује и циклус почиње изнова. Када су у употреби одговарајући секундарни флуиди, бинарни систем може бити дизајниран да употребљава геотермалне флуиде у распону температура од 80 до 170 степени целзијуса.

Горњи лимит зависи од топлотне стабилности органског бинарног флуида а доњи лимит зависи од техничко-економских фактора а величина потребних измењивача топлоте би учинила да пројекат буде економски неисплатив. Поред ниске до средње температуре геотермалних и отпадних флуида, бинарни систем може бити употребљен на местима где треба избећи треперење геотермалних флуида (на пример, да би се избегло скалирање бунара). У том случају, пумпе које се налазе на низводном бунару, могу бити употребљене за одржавање флуида у течном стању под притиском а енергија из флуида у циркулацији се може произвести уз помоћ бинарних јединица.

2.3.1 2.3.1. Примена Органског Ранкиновог Циклуса (ОРЦ)

У конвенционалним парним електранама, енергија се претвара у струју тако што вода пролази кроз више промена стања. Да би се те промене имплементирале потребно је имати више компонената као што је турбина са генератором, кондензатор, пумпа за пуњење и котао. Циклус са воденом паром је погодан за турбине са улазном температуром од преко 350 степени целзијуса. На нижим температурама се ефикасност знатно смањује а опасност од ерозије услед капљања се повећава јер експанзија залази дубље у предео влажне паре.

ОРЦ успева да преброди ове проблеме тако што употребљава органски флуид, нпр. Пентан, уместо воде (па се стога и зове Органски Ранкинов Циклус). Органски флуиди имају нижу тачку кључања што их чини подобнима за искоришћење потенцијала топлоте, на температурама нижим од 350 степени. Применом радног флуида на постојећу топлоту може се унапредити ефикасност у односу на конвенционални парни циклус. Многи органски флуиди поседују повишену криву засићене паре са том предношћу да се експанзија увек завршава у прегрејаном и с тога и сувом пределу. То искључује рђање лопатица и обезбеђује нижу цену одржавања операције. Све у свему, ОРЦ технику одликује поузданост, компактни дизајн, висока и степен способности за аутоматизацију и релативно висок степен ефикасности.

Једини применљиви радни флуиди за температуре од око 80 степени, као што је случај у Богатићу, је су перфлуоропентан и н-пентан. Први има тачку врења од 30 степени а други од 36. Перфлуоропентан се употребљава у геотермалном постројењу у Нојштадт-Глеве-у у Немачкој.

Један од проблема радних флуида је тај што је перфлуоропентан подложен климатским променама а н-пентан може да буде и експлозиван уколико се њиме барата нестручно. Још један проблем у вези употребе флуида са ниским тачкама кључања је да се током циклуса морају хладити до температуре кондензације да би се процес нормално одвијао. Хлађење радних флуида се мора одвијати у две фазе. Прва фаза је ваздушно или евапоративно хлађење а друга је хлађење флуида до температуре кондензације путем криокулера. Ова друга фаза је неопходна током топлих, летњих месеци.

Процес хлађења у значајној мери утиче на исплативост пројекта, услед великог утрошка електричне енергије. Дакле, из економских разлога, пожељно је испоручити сву произведену електричну енергију у дистрибутивну мрежу, а неопходну додатну енергију купити из електро дистрибутивне мреже, услед значајне разлике у цени.

Електрична ефикасност ОРЦ процеса на датом температурном нивоу је око 8-10% енергетског дотока.

Процене трошкова улагања и годишњих трошкова су рађене на бази просечних цена у Аустрији. За процене прихода су коришћене „фид-ин“ тарифе у Србији, које је доставио партнер на пројекту.

Слично разматрањима о систему даљинског грејања из геотермалних извора, развијена су два сценарија. Први сценарио се односи на 100% улагања из кредита, а други на 0% кредитних улагања.

Табела 5: прорачун трошкова производње електричне енергије из геотермалних извора финансираном средствима из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Производња електричне енергије из геотермалних извора –Сценарио 1: 100% кредитна средства		
Топлотни захтев	5.100	kW
Инсталисана електрична снага	500	kW
Производња електричне енергије	3.750.000	kWh
Интерна потрошња	1.500.000	kWh
Нето производња ел. енергије	2.250.000	kWh
Улагања у градњу објекта	561.000	€
Улагања у ОРЦ постројење (ORC)	950.000	€
Улагања у систем хлађења	765.000	€
Укупно инвестициони трошкови	2.276.000	€
Фид-ин тарифа (Feed- in tariff)	0,097	€/kWh
Годишњи приходи	363.750	€/a
Капитални трошкови	-260.000	€
Одржавање	-56.900	€
Издаци за запослене	-11.250	€
Друго ((додатна)помоћна енергија,)	-56.380	€
Укупно годишњи трошкови	-384.530	€
Биланс	-20.780	€

Табела 6: Прорачун трошкова производње електричне енергије без кредитних средстава (Извор: ЕЕЕ)

Производња електричне енергије из геотермалних извора –Сценарио 2: 0% кредитна средства		
Топлотни захтев	5.100	kW
Инсталирана електрична снага	500	kW
Производња електричне енергије	3.750.000	kWh
Интерна потрошња	1.500.000	kWh
Нето производња електричне ен.	2.250.000	kWh
Улагања у градњу објекта	561.000	€
Улагања у ОРЦ постројење (ORC)	950.000	€
Улагања у систем хлађења	765.000	€
Укупно инвестициони трошкови	2.276.000	€
Фид-ин тарифа (Feed- in tariff)	0,097	€/kWh
Годишњи приходи	363.750	€/a
Капитални трошкови	-2.000	€
Одржавање	-56.900	€
Издаци за запослене	-11.250	€
Друго ((додатна)помоћна енергија,)	-56.380	€
Укупно годишњи трошкови	-126.530	€
Биланс	237.220	€

2.3.2 Поређење сценарија

Слике у прилогу пружају активнији приказ, уобличавајући проток новца за оба сценарија. Овај метод пружа процену дужине периода до почетка отплате вредности инвестиције кроз период коришћења средстава гарантованих кроз подстицајне мере, који је у овом случају 12 година и износи 9,67€/kWh. У случају комбиноване употребе геотермалне енергије и биомасе, узета је просечна вредност фид- ин тарифе од 11,48€. За период по истеку подстицајних мера, претпостављена је вредност од 3,00€.

Као што се у графикону може видети, однос понајвише зависи од вредности кредита.. Сценарио 1 (подразумева 100% кредита) показује негативну тенденцију, а сценарио 2 (0% кредита) се исплаћује после десете године.

Модели протока новца представљају скицу исплативости, у стабилним условима. Такође, битно је и да модел прикаже рок отплате инвестиције, најмање у току периода

важења подстицајних мера (фид – ин тарифе) или кредитног периода.



Графикон 7: приказ протока новца у случају 100% средстава из кредита
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

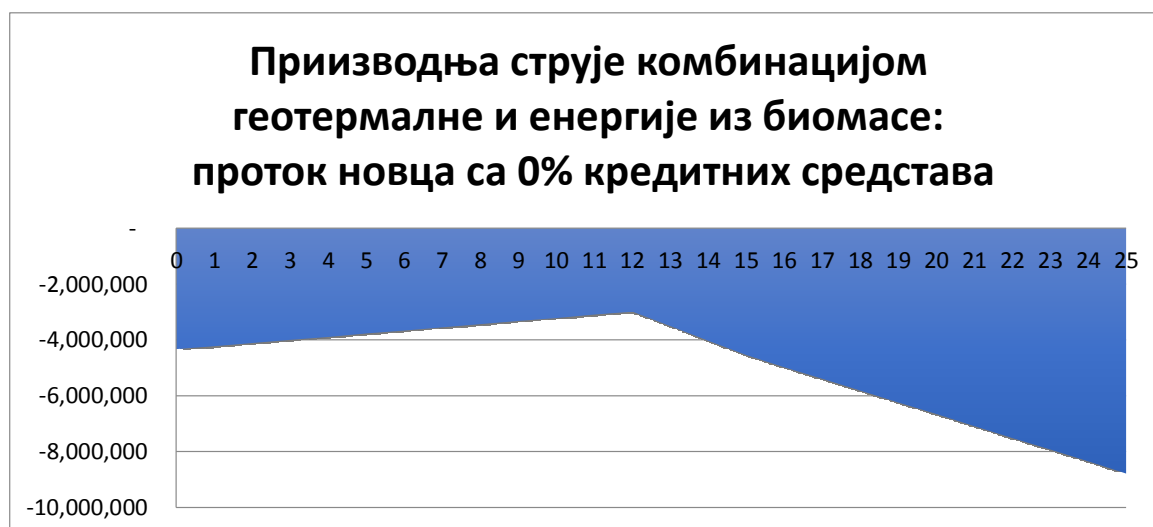


Графикон 8: приказ протока новца без ангажовања кредитних средстава
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Производња електричне енергије из геотермалних извора је могућа, само у случају већ постојећих бушотина. Уколико би било неопходно изводити нова бушења, такво постројење би било економски неисплативо.

Током радних састанака, у децембру 2013. године, разматрана је и могућност комбиноване употребе геотермалних извора енергије и биомасе. Овакво постројење би остваривали већи капацитет производње електричне енергије, али би и изискивало већа улагања, у делу компоненти везаних за биомасу. Такође, трошкови инвестиције би подразумевали и више годишњих издатака за гориво и одржавање.

У случају разматране комбиноване опције, износ отплате би на годишњем нивоу био умањен за 112.000€, те би постројење било неисплативо, као што је приказано у приложеној табели модела протока новца.



Графикон 9: приказ производње електричне енергије комбинацијом употребе биомасе и геотермалних извора, без трошкова кредитних средстава.

(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

2.4 *Процена варијанти и сценарија употребе геотермалне енергије у Богатићу*

У богатићу већ постоје геотермални извори. У односу на температурни ниво, најинтересантнији су извори ББ 1 и ББ 2. Обзиром на издашност у литрима у секунди, најиздашнији је ББ 2. Током година је издашност извора ББ 1 у опадању.

У односу на економску исплативост и одрживост, разматране су могућности употребе извора за производњу електричне и дистрибуцију топлотне енергије.

Варијанта употребе геотермалне енергије у производњи струје, се показала неизводљивом у случају да се пројекат финансира путем кредита, јер се улагања неће отплатити до краја периода коришћења подстицајних средстава (фид – ин тарифе). Комбинацијом са биомасом, улагања и годишњи трошкови се само повећавају а повраћај новца умањује.

Могућност за производњу електричне енергије из геотермалних извора на одрживом нивоу је да се избегне градња постројења путем кредитних средстава (што је тешко изводљиво) и додатно, да се топлота дистрибуира објекту са ниско температурним грејањем. Пошто такав објекат тренутно не постоји, ова опција није разматрана.

Варијанте даљинског грејања из геотермалних извора, су се показале изводљивим и економски одрживим, наравно у односу на удео средстава из кредита, у укупним улагањима.

Топла би била коришћена једино у току периода грејања и извор се не би користио током топлих периода. Уколико би се топлота користила и ван грејне сезоне, за нпр: сушење усева, сушење дрвне сечке и сл., топлота геотермалних извора би могла да оствари значајну зараду фирми за експлоатацију (или општини).

Дакле, топлоту геотермалних извора треба користити првенствено у виду система даљинског грејања, чак и у случају снабдевања само општинских и других јавних објеката.

3. Бијељина

У односу на достављену документацију, предуслови за коришћење геотермалне енергије у Бијељини су веома обећавајући.

Опште прибелешке о употреби топлотне енергије и производњи струје су већ изнете у поглављима која се тичу општине Богатић.

Ипак, ситуација се у Бијељини разликује од оне у Богатићу. Развијени су мањи извори, неподесни за веће искоришћење топлотне енергије, или производњу струје. Било како, услови за коришћење оваквих видова енергије су веома позитивни и развој овог потенцијала доста обећава.

3.1 Производња струје из геотермалних извора

Наредна разматрања су фокусирана на производњу електричне енергије из хидро - геотермалних извора. Сврха истраживања, у случају Бијељине, јесте изналажење минимума оквирних услова за економски одрживо постројење.

Неопходни минимум оквирних услова представља:

- ↳ Дубина геотермалног извора
- ↳ Температура воде
- ↳ Издашност
- ↳ Вредност улагања
- ↳ Цена инвестиционих средстава
- ↳ Оперативни трошкови
- ↳ Подстицајне мере (фид-ин тарифе)
- ↳ Инвестиционе субвенције
- ↳ Могућности и продајне цене топлотне енергије

Температурни ниво и издашност извора дефинишу капацитет постројења за производњу енергије. Даље, капацитет условљава и одређену финансијску вредност инвестиције. Количина произведене енергије, коштање инвестиционих средстава, и подстицајне мере (фид-ин тарифе), представљају параметре економске ефикасности.

Први корак је дефинисање дубине бушотине, како би се досегло до воде са употребљивим температурама. У односу на достављене податке, температура воде од 120 до 150 °C се налази на дубинама од око 2.000 метара. За потребе прорачуна, усвојен је температурни ниво од 130°C.

Очекивани трошкови израде двојних бушотина (doublets), ради експлоатације и поврата потребних количина воде, укључујући и цевни развод, су око 5.000.000€, у ком случају је потребно да постројење има минималну снагу и да испоручује довољно енергије за економски исплативо функционисање.

3.1.1 Моделирање варијанти

Моделирање разних варијанти постројења за производњу енергије из геотермалних извора, за сврху има да установи минимум кључних чинилаца, неопходних за економску исплативост.

Ови чиниоци су:

Подстицајне мере (Feed - in tariff) за електричну енергију, продајне цене за

испоруку топлотне енергије даљинским грејањем, удео кредитирања у вредности инвестиције, удео субвенција у вредности инвестиције

Подстицајне мере (feed - in tariffs) за производњу електричне енергије које су коришћене у прорачунима, су усвојене на основу достављене документације, у односу на постојеће законске регулативе.

Како испада, производња електричне енергије се показала се економски неодрживом без дистрибуције топлотне енергије. Тренутна просечна цена топлотне енергије је 15,8e /MWh и базирана је на два основна енергента – биомаси и угљу. Процењује се да би продајна цена топлотне енергије путем даљинског грејања била нешто виша од просечне цене коришћења угља у домаћинствима, која износи око 20e / MWh.

Учешћа кредитних улагања и могућих субвенција могу варирати у значајној мери. Готово све варијанте су се показале исплативим, уколико се не користе кредитни извори финансирања. У случају коришћења кредитних средстава, субвенције из јавних фондова су неопходне.

У обзир су узета кредитна средства са роком отплате од 12 година и 5% камате.

3.1.2 Варијанта 1: капацитет производње електричне енергије 1 MW или мањи

Чак и у случају да се не користе средства из кредита и да је сав вишак топлоте дистрибуиран путем даљинског грејања, капацитет од 1 MW, или мањи се показао неисплативим. Ова ситуација је приказана у приложеном моделу протока новца.

Најзначајнији фактор утицаја на одрживост је фид-ин тарифа за електричну енергију. Тачка отплате инвестиције није достигнута. После дванаесте године, губици почињу да расту.

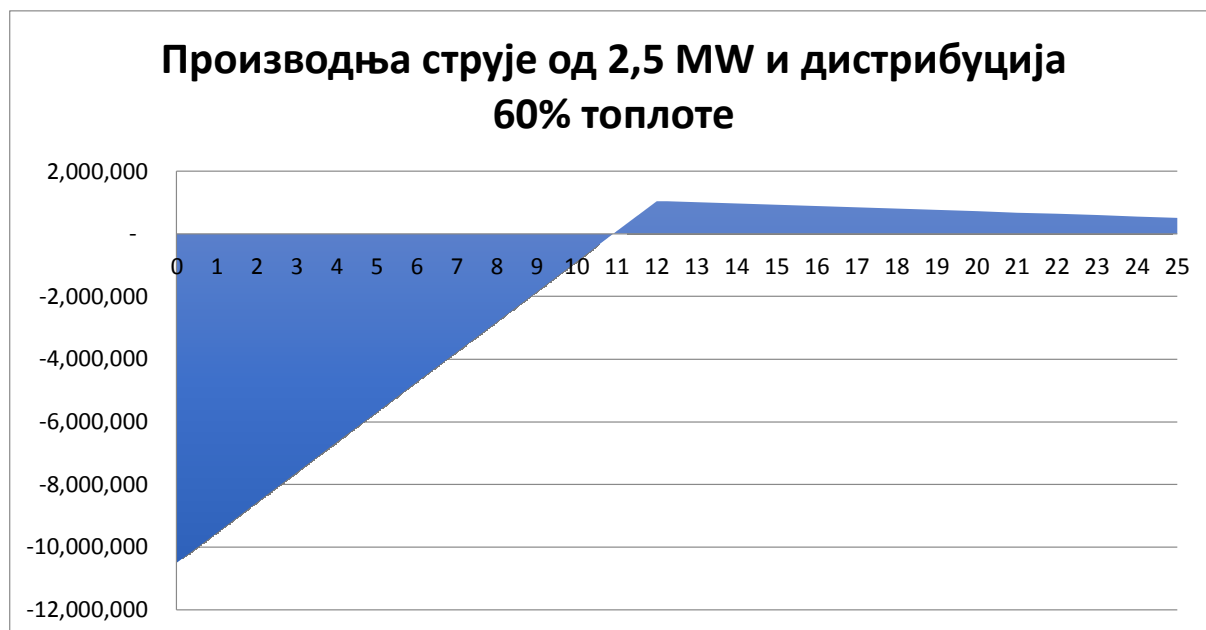


**Графикон 10: приказ тачке отплате улагања производњом струје капацитета <1 MWел.
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)**

3.1.3 Варијанта 2: капацитет производње електричне енергије 2,5 MW

У варијанти 2 је разматрана производња струје капацитета 2,5 MW. Удео средстава из кредита је 30%. У циљу позитивног исхода, неопходно је дистрибуирати 60% произведене топлоте. У том случају, постројење треба да испоручи 60 л/сек, са температуром од 130 °C. Као круг хлађења у обзир је узет систем даљинског грејања, дужине 8 km, топлотног капацитета од 5 MW. У обзир су узети и трошкови градње дистрибутивне мреже.

Тачка исплаћивања уложеног капитала је достигнута после 11 година, тако да постоје стабилни изгледи за одрживост и развој.

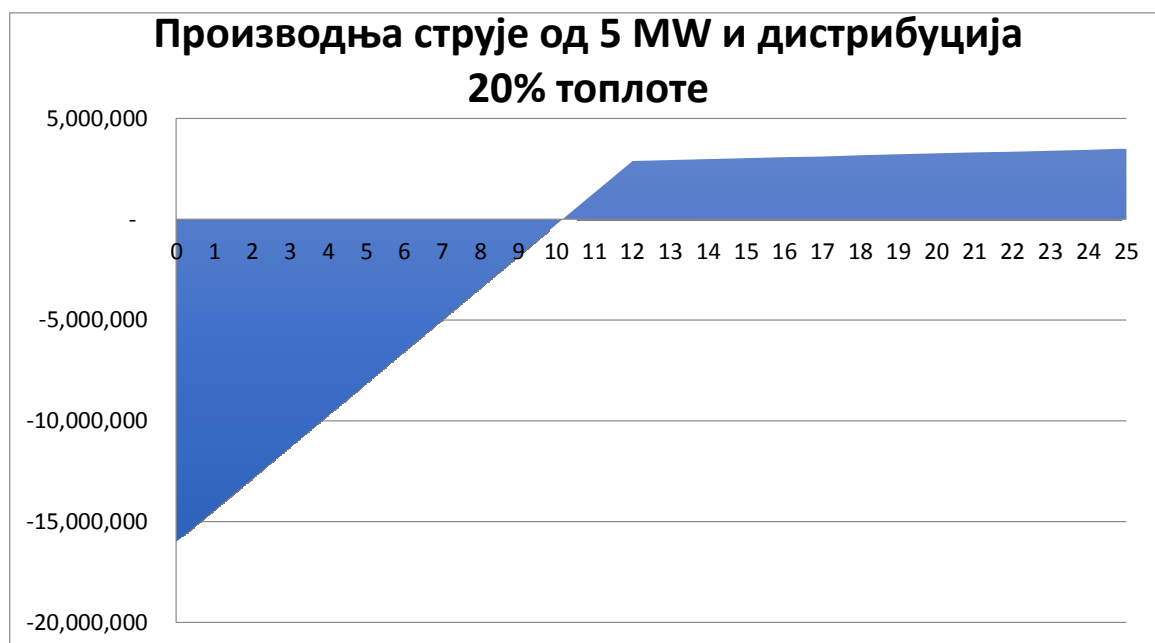


**Графикон 11: приказ тачке отплате улагања производњом струје капацитета 2,5 MW
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)**

3.1.4 Варијанта 3: капацитет производње електричне енергије 5 MW

У варијанти 3 је разматран капацитет производње електричне енергије од 5 MW. Удео средстава из кредита је 30%, као и у претходној варијанти. У циљу остваривања позитивног исхода, неопходно је дистрибуирати 20% топлотне енергије. У том случају, постројење треба да испоручи 120 л/сек температуре од 130 °C. Као круг хлађења у обзир је узет систем даљинског грејања, дужине 17 km, топлотног капацитета од 10 MW. У обзир су узети и трошкови градње дистрибутивне мреже. Неопходно је осигурати употребу топловода, током целе године.

Тачка исплаћивања уложених средстава се достиже после десете године, а вероватноћа одрживости је изгледнија него у варијанти 2.

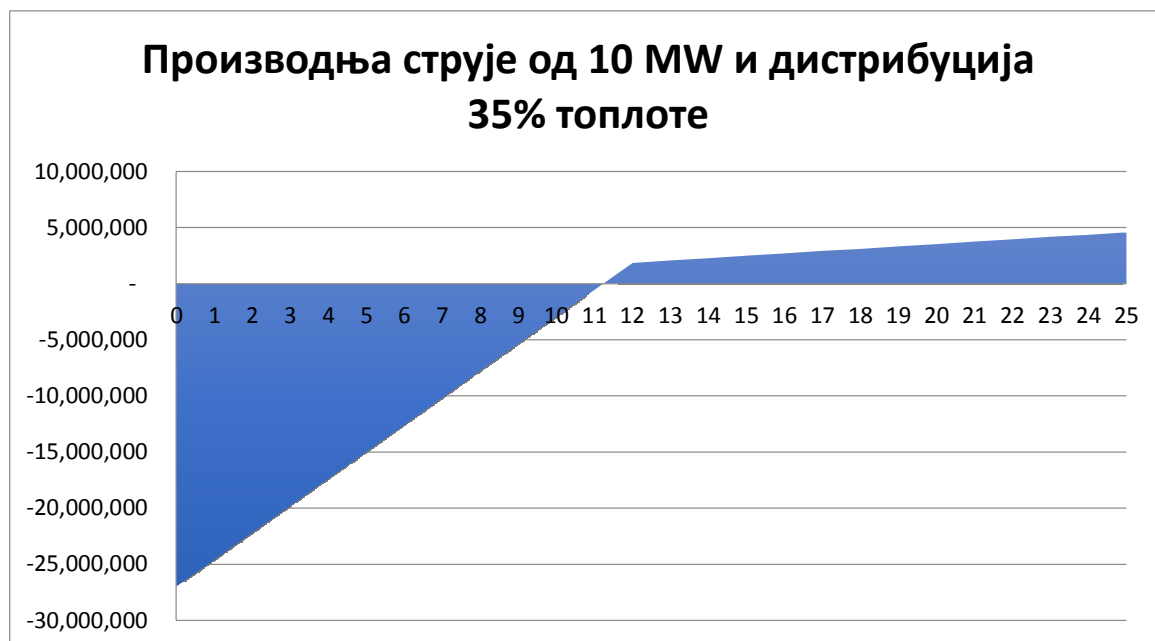


Графикон 12: приказ тачке отплате улагања производњом струје капацитета 5 MW
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

3.1.5 Варијанта 4: капацитет производње електричне енергије 10 MW

У варијанти 3 је разматран капацитет производње електричне енергије од 10 MW. Учешће средстава из кредита, још једном, 30%. Како би се остварио позитиван исход, удео продате топлоте мора бити најмање 35%, обзиром да су фид-ин тарифе код овог производног капацитета значајно ниже него код постројења капацитета 5 MW. И овом случају, непоходно је да постројење функционише са 250 лит/сек на температури од 130 °C. Као круг хлађења, замишљена је мрежа топловода, дужине од 17км, са топлотним капацитетом од 20 MW. Трошкови градње мреже су обухваћени у моделу. Такође, неопходно је да топловодна мрежа у функцији током целе године. Уколико топловод не би био у функцији током целе године, услед велике количине отпадне топлоте, било би неопходно изградити додатне капацитете за хлађење, што би значајно повећало цену градње. У том случају, постројење би постало економски неодрживо.

Тачка отплаћивања, у случају продаје 35% отпадне топлоте, је достигнута после 11,5 година. После тога, криве одрживости и развоја су стабилне.



Графикон 13: приказ тачке отплате улагања производњом струје капацитета 10 MW
(Извор: прорачун ЕЕЕ)

3.2 Процена варијанти употребе геотермалне енергије у Бијељини

Поређење разматраних варијанти за производњу електричне енергије из геотермалних извора, је направљено како би се пронашла најисплативија варијанта за геотермалну електрану.

Процена је урађена на основу истих кључних података, по којима је могуће поредити варијанте.

Табела 7: процена ефикасности геотермалне енергије (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

	Variant			
	1 MW	2,5MW	5 MW	10 MW
Топлотно оптерећење	4,2	10	20	40
Године отплате	-	11	10	11
Улагања €/kW	7.244	4.200	3.200	2.700
Годишњи трошкови €/kW	1.225	443	393	361
Годишњи приходи €/kw	960	828	708	602
Приходи €/ трошкови	0,78	1,87	1,80	1,67
Удео електричне енергије у приходима	68%	78%	92%	83%

Варијанта која подразумева капацитет од 1 MW или мање је одбачена, јер је неисплатива.

Варијанте у распону између 2,5 и 5 MW доносе највеће приходе. Такође, искоришћење отпадне топлоте даљинским грејањем је изводљиво, због адекватних капацитета који се ради економске исплативости могу дистрибуирати.

Варијанта од 10 MW пружа ниже приходе од претходних. У обзир треба узети и чињеницу да је неопходно 40 MW топлотне енергије дистрибуирати током целе године.

Према томе, произилази да је препорука усмерити се на постројење капацитета од 2,5 до 5 MW.

Табела у прилогу приказује преглед основних података коришћених у прорачуну исплативости варијанте од 5 MW:

Табела 8: повраћај улагања у геотермалну електрану од 5 MWel (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

<i>Геотермална електрана снаге 5 MWel</i>		
Спецификација		
Топлотни захтев	25.000	kW
Инсталисана електрична снага	5.000	kW
Производња електричне енергије	36.000.000	kWh
Интерна потрошња	9.000.000	kWh
Нето производња електричне енергије	27.000.000	kWh
Минимална неопходна продаја топлотне енергије	15.000.000	kWh
Улагања		
Израда бушотина	5.000.000	€
Улагања у изградњу објеката	2.500.000	€
Улагања у ОРЦ постројење (ORC)	5.500.000	€
Улагања у систем хлађења	3.000.000	€
Укупно инвестиције	16.000.000	
Приходи		
Подстицајне мере (фид-ин тарифа)	0,090	€/kWh
Цената топлотне енергије	0,020	

<i>Годишњи приходи</i>	3.540.000	€/год
Годишњи трошкови		
<i>Трошкови капитала Capital costs</i>	- 541.562	€
<i>Одржавање</i>	- 400.000	€
<i>Издаци за запослене</i>	- 108.000	€
<i>Резерва за даља улагања</i>	- 566.667	€
<i>Остало (помоћна енергија, одржавање, осигурање и.сл.)</i>	- 350.000	€
<i>Укупно годишњи трошкови</i>	- 1.966.229	€
Годишњи биланс (у првих 12 година)	1.573.771	€

4. Биогаз

4.1 Дефиниције и преглед

Под биогазом се уобичајено подразумева мешавина гасова добијених распадањем органске материје у анаеробним (без присуства кисеоника) условима. Биогаз је могуће производити од сировина доступних у региону. Представља обновљиви извор енергије иза кога, у већини случајева остаје веома мала количина угљеничних остатака.

Биогаз се ствара путем анаеробне дигестије, употребом анаеробних бактерија или ферментацијом биоразградивих материјала. Чине га претежно метан (CH₄) и угљен диоксид (CO₂) а може садржати и мање количине водоник сулфида (H₂S), влаге и силоксана.

Гасови метан, водоник и угљен моноксид (CO) се могу сагоревати или оксидирати кисеоником. Овако створена енергија омогућава да се биогаз користи као гориво; може се користити за загревање, као и кување. Такође, употребом у гасном мотору може се користити за производњу електричне и топлотне енергије.

Биогаз је могуће компримовати на исти начин као и природни гас, и може се користити за покретање моторних возила.

4.2 Врсте извора

Супстрате који се користе у процесу анаеробне дигестије можемо грубо поделити на:

- Жетвени остаци
- Наменске биљне културе за производњу биогаса
- Гнојиво (сточни измет)
- Органски отпад

Пројектни региони обилују остацима пољопривредне производње, који се делом могу користити у производњи биогаса. Кукурузовина представља најзаступљенији жетвени остатак у пројектним регионима. Детаљно уситњена се може, до у проценту од 20%, додати у процесу дигестије, производећи значајне количине биогаса.

Биљке намењене за производњу енергије могу, по завршеној припреми за силажу, директно бити похрањене у анаеробним ферментаторима (дигесторима) или погонима за производњу биогаса. Најзаступљенији усеви у производњи биогаса је кукурузна силажа. Али присутне су и друге врсте силаже, као соргума (sorghum), траве или других биљака присутних на њивама (catch crops). Обзиром да у регионима има довољно обрадивог земљишта за прехрану становништва из пољопривреде (што је важан критеријум одрживости), постоји довољно места за узгој наменских биљака за енергетске потребе.

Ђубриво које се на пољопривредним газдинствима производи, обично се користи као гнојиво на обрадивим површинама. Најчешће, ратари цене ђубриво и не желе да га се одрекну. Изузеци су велике фарме живине и свиња, које морају да се реше ђубрива, јер произведене количине превазилазе реалне потребе њихових земљишта. Постоје одређени потенцијали у пројектним регионима, али су недовољни да би постројења функционисала ослањајући се искључиво на овај извор. Међутим, може се користити као додатни супстрат.

Органски отпад је широко прихваћени термин који обухвата све врсте кухињског отпада (домаћинства, ресторани, болнице итд.), отпад из прехранбене индустрије (житарице, поврће, месна и млечно прерађивачка индустрија, пиваре итд.), а такође и остатке од кошења траве на јавним и приватним површинама. У појединим публикацијама се као извор органског отпада наводи и канализација, иако тренутна истраживања показују другачије.

У оквиру пројектних региона постоји потенцијал, посебно у гушће насељеним срединама, за централизовано постројење за биогас, нарочито у градовима Богатићу и Бијељини. Свакако, довоз ђубрива и других супстрата до и од централизованог постројења за биогас повећава трошкове, иницира социјалне и проблеме заштите животне средине, који могу надјачати предности економске рачунице.

Канализациони цевни развод представља једну од техничких алтернатива, али се може, обзиром на дистанце, показати економски неоправданим.

4.3 Биогасни системи

Биогасни системи се састоје од анаеробних ферментатора (дигестора), који органске материје претварају у биогас, и биогасних система, који биогас претварају у употребљиве видове енергије.

4.3.1 Ферментатор (дигестор)

Анаеробни ферментатор је посуда затвореног типа, у коју се похрањују отпад, меша и загрева. У недостатку кисеоника, развијају се анаеробне бактерије, хранећи се чврстим материјама из отпада, отпуштајући метан и угљен диоксид (биогас). Ефикасност анаеробног ферментатора се обезбеђује стварањем одговарајућих услова и хранљивих састојака за раст културе бактерија. Будући да се бактерије саме не крећу, мешање игра изузетно значајну улогу, како би се обезбедила искористљивост свог органског материјала (сировине). Посебно су важни и квалитет и дотур сировина.

Главни типови су ферментатор течних сировина и ферментатор чврстих сировина.

Течни системи су ферментатори у којима је супстрат довољно течан да би се могао испумпавати (мање од 15% суве материје). У њих се могу убацивати сировине у чврстом стању, кроз уобичајене утоварне рампе, а бактеријском разградњом се одржавају у течном стању.

Код ферментатора чврстих сировина, материјал унутар ферментатора остаје у чврстом стању у ком се касније и издваја. Ферментатори чврстих сировина могу да раде периодично и континуирано.

Најзаступљенији су ферментатори за течне сировине.

4.3.2 Технологије конверзије

↳ Директно сагоревање

Биогас је могуће сагоревати у модификованој пећи за природни гас, како би се загрејао ваздух, ради потреба грејања и сушења. Котлови се користе за загревање воде или производњу водене паре за индустријске потребе. Сваку пећ на гас или гасни котао је могуће прерадити, како би се користио биогас; мада, опрема мора бити отпорна на

сумпорну киселину која се ослобађа сагоревањем биогаса који садржи водоник сулфид (H_2S).

✎ *Производња електричне енергије*

Мотори са унутрашњим сагоревањем се могу користити за сагоревање биогаса и покретање електричног алтернатора како би се произвела електрична енергија коју је могуће даље испоручивати у електродистрибутивни систем. Постоје два типа мотора за сагоревање биогаса: дизел и гасни. Гасни мотори су намењени сагоревању гасних горива, уместо течних. У дизел биогасном мотору 5% произведене енергије потиче од дизел горива, које се користи као пилот – гориво, за потпалу биогаса током сагоревања.

Турбина представља робусну технологију која се користи за претварање природног гаса у електричну енергију; међутим, биогас, који има мањи енергетски садржај (BTU) од природног гаса, је влажан и корозиван, те није идеално гориво за коришћење у гасној турбини. Да би се обезбедило несметано функционисање гасне турбине, биогас је неопходно обрадити, што, опет, није економски одрживо.

Генератори на биогас су релативно једноставни системи; свеједно, ефикасност конверзије енергије из биогаса у електричну енергију је око 40%, у најбољем случају. Остатак енергије из биогаса се претвара у топлоту и буку. Топлоту издувних гасова и воденог плашта је могуће искористити, али неопходно је употребити је одмах, иначе ће бити ослобођена у атмосферу.

Ово је најуобичајенија и најстарија технологија конверзије биогаса. Робусност опреме и ефикасност се константно усавршавају.

✎ *Побољшање квалитета биогаса (прочишћење)*

Биогас се најчешће састоји од 60% метана и 40% угљен диоксида (CO_2). Природни гас је сачињен 97% од метана. Технологије попут „ПСА“ процеса „воденог испирања“ („pressure swing absorption“; „water-scrubbing“) се користе да би се из тока биогаса издвојио угљен диоксид (CO_2), претварајући га у „обновљиви природни гас“ (RNG). Овакав гас је могуће упумпати у дистрибутивну мрежу за природни гас, ради даље продаје домаћинствима и индустрији.

Технологија прочишћења биогаса постаје све атрактивнија у примени, јер не производе топлотне губитке и проблеме са емисијом гасова, као мотори са унутрашњим сагоревањем и производњом електричне енергије. Затим, финални производ је идентичан природном гасу и може бити ефикасно транспортован путем постојеће дистрибутивне мреже. Наспрам природног гаса, који доприноси емисији гасова „стаклене баште“ у атмосферу, сагоревање прерађеног биогаса смањује количину штетних гасова у атмосфери, замењујући природни гас.

4.3.3 Производња и употреба биогаса у пројектним регионима

У следећој варијанти је разматрана технологија производње биогаса ферментацијом течних супстрата.

Узевши у обзир расположиве сировине за процес анаеробне дигестије, потребно је констатовати следеће:

- Животињско ђубриво
Услед (тренутно) расутог сточног фонда у регионима, животињско ђубриво не може допринети производњи и коришћењу биогаса, и потенцијали, за сада, су само теоретски. Дакле, првенствено силажа, у комбинацији са жетвеним остацима се може користити. У сваком случају, може се користити као додаток процесу, уколико је доступно и налази се у близини постројења.
- Силажа
Силажа кукуруза, соргума (sorghum), зелених житарица или траве, се може користити за ко-ферментацију са животињским ђубривом или као самостални / комбиновани супстрат у производњи биогаса. Силажа је веома често и примени у биогасним постројењима и њена употреба је изузетно атрактивна.
- Жетвени остаци
Слама (кукурузовина) садржи значајан потенцијал за добијање биогаса, али није једноставна за употребу у процесу анаеробне ферментације (дигестије). Да би била употребљива, мора бити детаљно исецкана пре употребе у процесу ферментације. Употреба сламе је тестирана у биогасном постројењу у Штрему, у Аустрији. Ради смањења трошкова за супстрат, у процесу ферментације се додаје 20% кукурузовине.

4.4 Варијанте употребе (искоришћења) биогаса

За потребе процене одрживости употребе разних варијанти употреба биогаса, коришћен је модел постројења енергетског капацитета од 500 m³/h.

Основне техничке карактеристике:

Табела 9: Основни технички подаци коришћења биогаза
(Извор: ЕЕЕ)

Капацитет производње гаса:	500	m³/h
Садржај примарне енергије	2.720	kWh
Електрична енергија	1.034	kW
Топлотна енергија	1.224	kW
Сати рада ферментатора	8.000	h/a
Сати рада ЦХП постројења	8.000	h/a
Нето производња гаса	18.496	MWh net
Бруто производња гаса	21.760	MWh
Производња електричне енергије	8.269	MWh
Производња топлоте енергије	9.792	MWh
Годишње потребе за силажом	15.059	t/a
Годишње потребе за кукурузовином	3.765	t/a
Укупне потребе за мешавином супстрата	18.824	t/a
Дневне потребе за супстратом	56,1	t/d

Основни елементи прорачуна:

- Супстрат : сценарио са 100% кукурузне (или сличне) силаже, сценарио са 80% кукурузне силаже и 20% кукурузовине. Сценарио 80/20 је коришћен за даље прорачуне.
- Фиид-ин тарифа за електричну енергију у првих 12 година: 157 е/MWh
- Фид-ин тарифа за електричну енергију, за наредних 30 година: 30 е/MWh
- Продајне цене за нус произведену топлоту: 20 е/MWh (одговара цени топлоте из угља)
- Продајна цена десулфираног и непрочишћеног биогаз: 25 е/MWh (одговара тренутној veleпродајној цени природног гаса)
- Продајна цена прочишћеног биогаза: 25 €/MWh (одговара veleпродајној цени природног гаса)
- Улагања и годишњи трошкови: у складу са аустријским просеком

- *Трошкови рада: 3 е/х*
- *Удео средстава из кредита: 30%*
- *Кредитна каматна стопа: 5%*
- *Период отплате кредита: 12 years*

4.4.1 Претходни преглед : лимити код куповине супстрата

Супстрат за добијање биогаса је најзначајнији финансијски чинилац у пословању постројења. Уколико се је супстрат прескуп, постројење ће бити неодрживо. Као критеријум за максималну цену куповине супстрата, узет је услов да укупни проток новца покаже позитиван тренд после 6 година (половина дужине периода трајања субвенција), као да су створени услови за акумулацију инвестиционих резерви за период после истека 12. године.

Да би се избегли трошкови за супстрат, потребно је имати око фарму од око 10.500 сточних грла или око 86.000 свиња, концентрисаних у једној производној јединици.

Највећи број биогасних постројења која употребљавају ђубриво, и користи мешавину стајског ђубрива 20% и (кукурузне) силаже 80%. У том случају, највиша цена набавке зелене кукурузовине за силажу би била око 33е/t.

У случају 100%-ог коришћења силаже, гранична цена би била око 26е/t.

Као замена за животињско ђубриво се може користити кукурузовина, обзиром да је нус - производ у производњи кукуруза. Набавка и претходна припрема кукурузовине такође коштају, али она и даље представља јефтинији супстрат од кукурузне силаже. Набавна цена је израчуната и готово да је идентична цени силажне траве, која је око 15е/ t. Капацитет за добијање биогаса из кукурузовине је око 350 m³/t, дакле, грубо речено, дупло већи од силажног кукуруза. У овом случају, највиша цена набавке зелене кукурузовине је 30е/t.

Даљи прорачуни су вршени на основу цена од 30е/t за силажни кукуруз и 15е/t за кукурузовину. Ово су горње границе цена за куповину супстрата. Више набавне цене би условиле померање рока отплате улагања у постројење, у смеру завршетка дванаестогодишњег периода коришћења субвенција тј.: фид – ин тарифе.

Ако бисмо цену приказали кроз примарни енергетски садржај супстрата, граница цене набавног енергента не би смела прећи 23,30е/MWh.

4.4.2 Варијанте комбиноване производње топлотне и електричне енергије (ЦХП) из биогаса

Разматране су две варијанте производње електричне енергије сагоревањем гаса у мотору са унутрашњим сагоревањем. Прва варијанта је производња струје и продаја произведене топлоте. Друга је производња струје у гасном мотору и предаја топлоте низводном ОРЦ генератору, после чега се преостале мале количине топлоте могу искористити или не.

4.4.3 Комбинована производња струје и топлотне енергије у гасном мотору

У првом сценарију, биогас из ферментатора се сагорева у гасном мотору. Произведена електрична енергија се испоручује електродистрибутивном систему, а топлота даље продаје. И у овом случају, инвестиција у топловодни систем је неопходна, наравно, уколико мрежа топловода већ не постоји. За потребе овог прорачуна, претпостављена је дужина топловода од 5.000 m.

Свеобухватни извештај протока новца*1 ове варијанте је скициран у следећем приказу, који се односи на сценарио са продајом 20% произведене топлоте, што представља приближну количину која може бити продата током просечне грејне сезоне. Јасно се види да је продаја струје главни чинилац економске одрживости електране



Графикон 14: Илустрација свеобухватног извештаја протока новца, са 20% продате топлоте (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Главне карактеристике исхода се не мењају, чак и уколико би 100% сувишне топлоте било продато, као што се види на следећем графикону:

**1 Свеобухватни извештај протока новца је разлика између тренутног протока новца и протока новца из претходног периода (Cumulative cash flow is the difference between current cash flow and cash flow from the previous period.- енгл. прим. прев)*



Графикон 15: Илустрација свеобухватног извештаја протока средстава, са 100% продате топлоте (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Оба сценарија ове варијанте не воде ка економској одрживости. Ниво одрживости би био достигнут тек ко цене топлотне енергије од 68€/ MWh и нивоу продаје од 100% топлоте. Обзиром да је просечна цена грејања у региону између 16 – 18 €/MWh, минимална неопходна цена није конкурентна

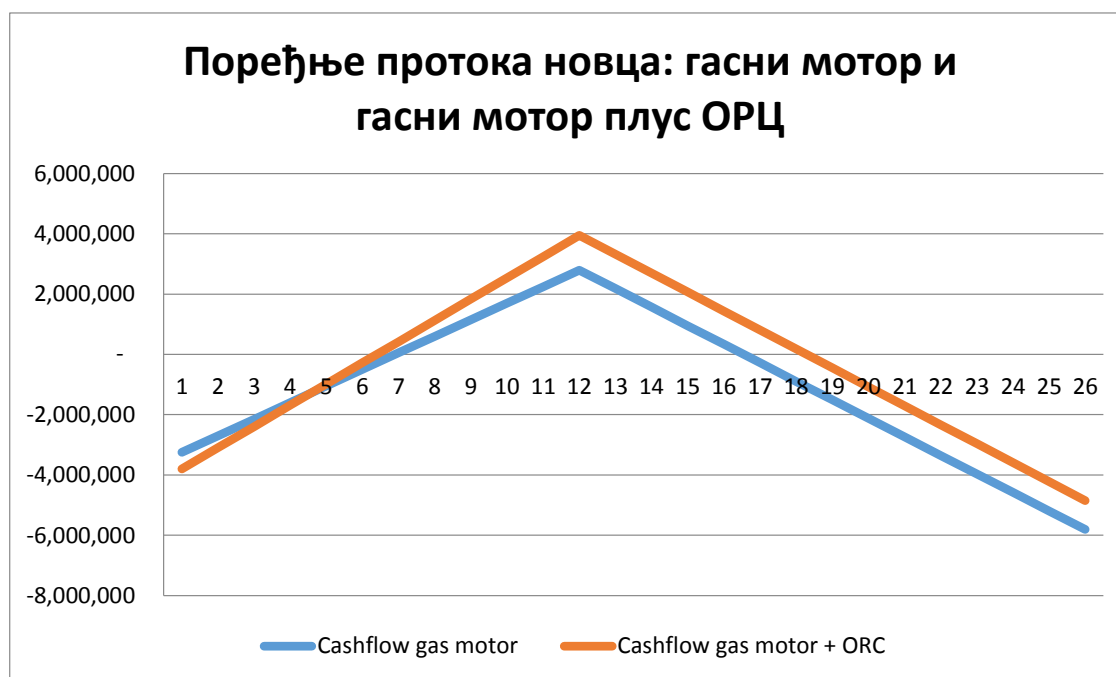
После дванаесте године, постројење постаје неисплативо.

4.4.4 Комбинована производња струје и топлотне енергије у гасном мотору и низводна производња струје из отпадне топлоте ОРЦ процесом

Производња струје из гасног мотора је веома ефикасан начин добијања електричне енергије из биогаса. Како год, за нијансу се генерише више топлотне него електричне

енергије. Уколико се ова топлота не може продати, може се у низводном „ОРЦ“ процесу искористити за додатну производњу струје из отпадне топлоте мотора. Око 60% ове отпадне топлоте излази кроз одвод димних гасова а 40% је од моторског система воденог хлађења. Температура издувних гасова је око 500 °C, и може се искористити у ОРЦ процесу. Температура воде у систему хлађења је око 80-90 °C, може се користити за грејање ферментатора. Дакле, на тај начин се може производити електрична енергија уз подизање ефикасности, за приближно 15%. Овај процес има смисла у постројењима капацитета од 1 и више MW електричне снаге.

Скица свеобухватног извештаја протока средстава приказује учинак такве електране. Ова варијанта не разматра продају топлоте, из истог разлога као и у претходној варијанти.



Графикон 16: Илустрација протока новца поређећи само гасни мотор и гасни мотор плус ОРЦ (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Низводни ОРЦ генератор подиже ефикасност производње електричне енергије за 15% и економску рачуницу за 28% у поређењу са конверзијом биогаса у обичном гасном (без продаје топлотне енергије) и 6% бољу ефикасност у односу на претходну варијанту са продајом топлоте.

Како било, такође и ова варијанта електране престаје да бива исплатива после дванаестогодишњег периода подстицајних фид – ин тарифа.

4.4.5 Варијанта прочишћења (побољшања) биогаса

Најчешће примењивани метод прочишћавања гаса је процес „воденог испирања“ у коме се гас под високим притиском усмерава у каскадни канал где се угљен диоксид и остали нежељени елементи спирају водом која каскадно тече у смеру супротном од кретања гаса. Ова процес може да испоручи 98% метана, уз гаранције произвођача да се у систему губи максимално 2% метана.

Још један, веома ефикасан метод који се често користи је (pressure swing adsorption) (ПСА). ПСА систем за пречишћење биогаса се састоји од четири фазе, по једну за водену пару, угљен диоксид, азот и кисеоник. У току поступка прочишћења, биогас улази у сваку комору, бива компримован на висок притисак, када се нежељени елемент ослободи и буде одвојен на површину адсорбента, а затим декомпримован, како би се метан ослободио. Затим се адсорбент регенерише. За одвајање кисеоника се користе молекуларна сита, азота – зеолит, угљен диоксида – вода и зеолит или активни угаљ.

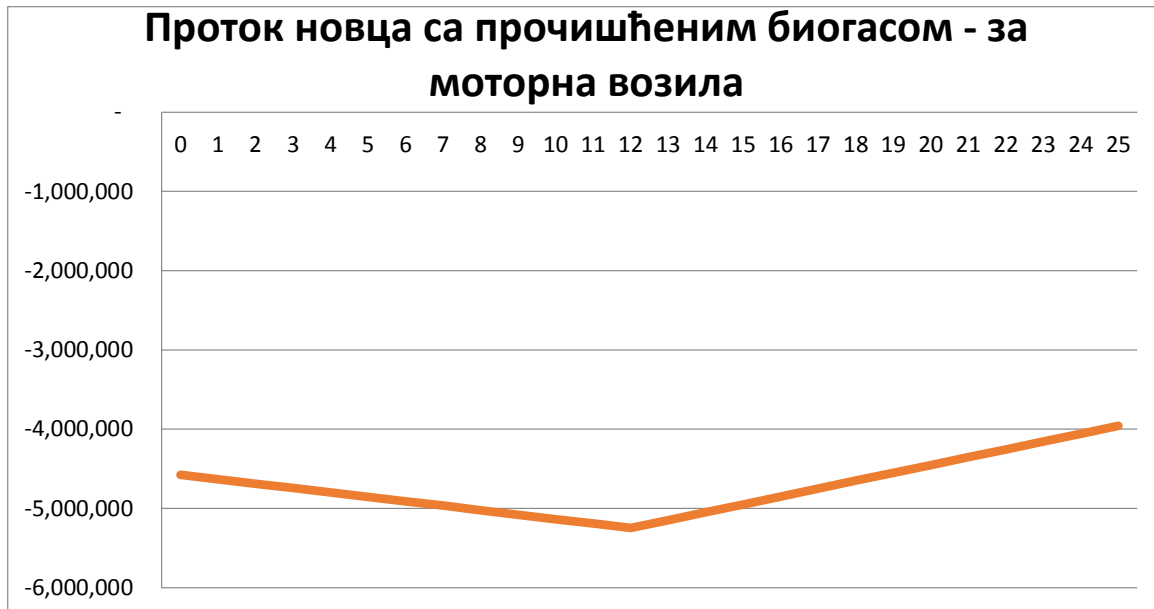
Метод коришћен у прорачуну је водено испирање биогаса. Свеобухватни извештај протока средстава овог постројења је приказан на следећем графикону:



Графикон 17: илустрација протока новца са прочишћењем биогаса (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Перформансе постројења су негативне, услед производних цена прочишћеног биога са од 65,6 е/ MWh. Овакве цене нису конкурентне са тржишним ценама природног гаса, која је око 25е/MWh.

Прочишћени биога са се такође може користити у моторним возилима као транспортно гориво. Обзиром на непрестано повећавање цена транспортних горива током последње декаде, чињеница је да потражња за возилима на гас стално расте, јер је цена гаса упола јефтинија од цена осталих транспортних горива. Овај тренд је нарочито изражен у Италији, где је удео моторних возила на гас 3,6%, али приметан је и у осталим европским земљама (у којима је тренутно удео возила на гас мањи него у Италији). Ово упућује на могућу примену постројења по истеку дванаестогодишњег периода производње електричне енергије. Наредни графикон приказује проток новца уколико би прочишћен биога са био продаван као гориво по цени од 65е/MWh.



Графикон 18: илустрација протока новца са прочишћеним биога са за моторна возила (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Ова варијанта се није показала много боље од претходних, али ипак показује тренд економске одрживости и пружа увид у могућности даље употребе.

4.4.6 Варијанта дистрибуције биога са

Биога са намењен директном сагоревању, дистрибуиран путем дистрибутивне мреже, захтева одређени прераду пре употребе. Основна два поступка у преради су уклањање

корозивног водоник сулфида (H_2S) и водене паре. Пожељна је и константна концентрација метана.

Улагања у прераду и прочишћење су нижа него код прочишћења до квалитета метана.

Проток новца, за ову врсту постројења, укључујући и 10.000 m дистрибутивног гасовода ниског притиска, су приказани у доњој табели:



Графикон 19: илустрација протока новца код продаје непрочишћеног биогаса
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Показатељи ове варијанте су такође негативни, у поређењу са тренутном ценом природног гаса.

Други сценарио представља продају биогаса у сопственој мрежи. Тренутна цена природног гаса за домаћинства и малу привреду, у региону, је 58€/MWh. Уколико би укупне количине биогаса биле дистрибуиране по цени 20% мањој од ове, параметри постројења би постали позитивни, али искључиво дугорочно гледано, као што је приказано на следећем графикону.



Графикон 20: илустрација продаје непрочишћеног биогаса, варијанта 2
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Ово нас, такође, усмерава ка још једној варијанти, која ће бити разматрана у следећем параграфу.

4.4.7 Комбинована варијанта производње струје на рок од 12 година и каснија продаја или пречишћавање биогаса

Просечан животни век ферментатора је око 25-30 година, али, као што је приказано у претходним варијантама, производња електричне енергије је исплатива у првих 12 година. По завршетку тог периода, постројење послује са негативним предзнаком, уколико се не пронађе друга намена за произведени гас. Главни предуслов у овом случају је да не дође до драстичне промене цене супстрата, али ако до тога и дође, могуће је наћи алтернативу мешавини супстрата, како би се набавна цена снизила.

О овој варијанти се може расправљати, али ако се тренутни тренд цена струје, природног гаса и транспортних горива настави, цена електричне енергије ће се смањити, док је за очекивати да цене природног гаса и транспортних горива порасту. Уколико се овај тренд настави и у наредној декади, ова варијанта се и даље може сматрати економски одрживом.

У наредном графикону је приказан проток новца у варијанти дванаестогодишње производње струје и касније промене намене у производњу и пречишћавање биогаза за употребу у саобраћају, по продајној цени пречишћеног биогаза од 65e/MWh.



Графикон 21: илустрација протока новца, за период од 12 година производње струје и пречишћења биогаза (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

У датим околностима, ова варијанта показује позитивне резултате.

Још једна варијанта разматра производњу електричне енергије у првих 12 година а каснију дистрибуцију грубо пречишћеног биогаза за потребе грејања, путем изграђеног дистрибутивног гасовода. Ова верзија подразумева да се сав произведен гас продаје током целе године, тако да је првенствено намењен индустријским потрошачима, радије него домаћинствима.

Проток новца у овој верзији је приказан на приложеном графикону. Веома је сличан варијанти са прочишћењем, упркос неопходним улагањима између десете и дванаесте године, која су мања него код погона за прочишћење.



Графикон 22: илустрација протока новца за период од 12 година производње струје и продаје непрочишћења биогаза (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

4.5 Процена варијанти употребе биогаза у пројектним регионима

Међу анализираним варијантама, једино варијанте са продајом електричне енергије показују позитивне трендове – бар у првих 12 година животног века постројења (који је обично 25-30 година). После првих 12 година, перформансе постају негативне, уколико се не изнађе употреба за биогаз произведен у постројењу. То захтева додатна инвестирања у периоду између десете и дванаесте године 10-12, не за силос и ферментаторе, већ за технологију производње енергије. Из ове перспективе пренамена са производње електричне енергије на директну употребу гаса делује економски одрживо.

Табеле у прилогу пружају преглед неопходних улагања, годишњих трошкова и прихода од употребе биогаза.

Период од прве до дванаесте године је дефинисан као „први период“ а период после тринаесте године као „други период“.

4.5.1 Први период: Производња струје из гасног мотора са ОРЦ јединицом

Табела у прилогу пружа преглед основних података економског понашања варијанте са максималном производњом електричне енергије:

Улагања	€
Улагања у изградњу објеката	2.621.723
Јединице за производњу струје	1.050.411
Развој	127.374
Укупно улагања	3.799.509
Годишњи трошкови	
Трошкови капитала	128.604
Амортизација и одржавање	316.626
Одржавање	113.985
Трошкови за запослене	27.659
Осигурање и сл.	6.369
Биогас супстрат	508.235
Укупно годишњи трошкови	1.101.478
Годишњи приходи	
	1.488.832
Резултати одг 1 до 12 године	387.354
Резултати од 13 године надаље	- 944.425

4.5.2 Други период: варијанта прочишћења биогаса

Табела у прилогу пружа преглед додатних улагања за прочишћење (побољшање) биогаса и основних података о економских карактеристика:

Улагања	€
Улагања у изградњу објеката	900.000
Јединица за прочишћење биогаса	937.344
Развој	115.795
Укупно улагања	3.799.509
Годишњи трошкови	
Трошкови капитала	66.109
Одржавање	58.594
Трошкови за запослене	27.659

<i>Осигурање и сл.</i>	<i>5.790</i>
<i>Биогас супстрат</i>	<i>508.235</i>
<i>Укупно годишњи трошкови</i>	<i>666.387</i>
<i>Годишњи приходи</i>	<i>777.920</i>
<i>Резултат од 13 године надаље</i>	<i>111.533</i>

4.5.3 Други период: варијанта продаје непрочишћеног биогаса

Табела у прилогу пружа преглед додатних улагања за минималну прераду биогаса, 10.000 m дистрибутивног гасовода ниског притиска и основних економских показатеља

<i>Улагања</i>	<i>€</i>
<i>Улагања у градњу објекта</i>	<i>1.100.000</i>
<i>Јединица за десулфуризацију</i>	<i>211.163</i>
<i>Развој</i>	<i>115.795</i>
<i>Укупно улагања</i>	<i>1.426.957</i>
<i>Годишњи трошкови</i>	
<i>Трошкови капитала</i>	<i>48.299</i>
<i>Одржавање</i>	<i>42.809</i>
<i>Трошкови за запослене</i>	<i>27.659</i>
<i>Осигурање и сл.</i>	<i>14.270</i>
<i>Биогас супстрат</i>	<i>508.235</i>
<i>Укупно годишњи трошкови</i>	<i>641.272</i>
<i>Годишњи приходи</i>	<i>850.816</i>
<i>Резултати од 13 године надаље</i>	<i>209.544</i>

4.6 Анекс: примена производа ферментације

Количина остатака ферментације се на годишњем нивоу процењује на 15.600 тона, од чега 3.200 тона у чврстом и 12.400 тона у течном стању. После алтернативног издавања вишка воде, преостаје око 7.900 тона материје у чврстом стању.

Употребом остатака ферментације за ђубрење, око 50% азота, 65% фосфора и 150% калијума се враћа обрадивом земљишту. Овим се трошкови ђубрења земљишта

умањују за око 60%. Обзиром да је учешће ђубрења у зависним трошковима пољопривредне производње око 40%, ефекат употребе остатака ферментације у умањењу зависних трошкова је приближно 25%.

Ако површине са којих се допрема супстрат нису у близини постројења, трошкови допреме супстрата постају превисоки услед мале нутритивне густине течних састојака. Дакле, потребно је умањити садржај воде у течном делу и тиме повећати густину.

Умањење количине воде у укупној количини супстрата у оквиру једног биогасног постројења, до нивоа од 50%, какао би се добио супстрат у чврстом стању, коштало би додатних 23,7 е / t , и, у случају просушивања или пелетирања – додатних 54,0 е / t, што производи додатне трошкове од 77,70 е / t .

Ово су значајни трошкови за употребу у пољопривреди, али интересантно је да постоји велика потражња за органским ђубривом на мањим фармама у Европској Унији. Међутим, уколико је постројење већег капацитета (нпр. 2,5 – 3 MW електричне снаге), специфична цена производа ферментације је значајно нижа.

4.7 Заштита животне средине

Један од најбољих начина за употребу штетних отпада од узгоја животиња је изградња биогасног постројења. Биогасна постројења су значајна јер смањују емисију угљен диоксида за чије стварање је, у првом реду одговоран узгој домаћих животиња. Свеже животињско ђубриво се директно испоручује у биогасно постројење, које га разграђује, тако да се угљен диоксид не ослобађа, а подземне воде не загађују.

Биогасна постројења се праве тако да не дозвољавају отицање воде. Базен и колектори се праве тако да не дозволе отицање воде и отпада. Употреба ферментираних остатака је у складу са законима и не загађују подземне воде. Садржај азота је испод 3%, што се не сматра штетним по околину.

Остаци биогасних постројења се сматрају висосоко квалитетним течним и чврстим ђубривом, са ниским садржајем азота. Опционално, могу се производити и пелети за употребу у системима грејања на ту врсту енергента.

5. Чврста биомаса

У пројектним регионима, чврста горива учествују са уделом од 83% у производњи топлоте. Две трећине укупних потреба се задовољава из биомасе, а једна трећина из угља.

Тренутне, годишње потребе за чврстом биомасом у пројектним регионима су 757.000 MWh (76.000 у Богатићу и 681.000 у Бијељини). Грубо речено, само 20% ових потреба се могу задовољити из локалних шума.

Тренутне потребе за угљем, у пројектним регионима су око 390.000 MWh/a (340.000 у Бијељини и 50.000 у Богатићу).

План енергетског развоја региона је показао изузетан потенцијал за производњу биомасе, углавном из жетвених остатака који се могу користити.

5.1 Замена угља биомасом из локалних извора

Сагоревањем угља, углавном у малим пећима, слабе ефикасности, ослобађа се сумпор диоксид (SO_2), који реакцијом са влагом H_2O ствара сумпорну киселину. Сумпорна киселина је високо корозивна минерална киселина са молекуларном формулом H_2SO_4 . Сумпорна киселина има негативан утицај на здравље, земљиште и воду. На даље, угаљ, због ниске ефикасност сагоревања у пећима, представља извор веома токсичног угљен монооксида (CO).

Заменом угља биомасом, избегава се негативан утицај на животну средину и доприноси остваривању сигурнијих извора прихода за пољопривредне произвођаче и сами тим, подиже се вредност остварене добити у региону.

Главни критеријум за замену угља, лежи у чињеници да цена 1 MWh не сме да пређе тренутну цену угља.

Ради замене угља, разматране су следеће варијанте:

- Жетвени остаци
- Дрво из брзорастућих биљака (SRC)
- Комбинација жетвених остатака и брзорастућих биљакаА

5.2 Жетвени остаци

Жетвени остаци носе велики потенцијал за производњу енергије, али због неких својих својстава при сагоревању, нису једноставни за употребу. Они емитују веће количине

азотних оксида и хлора, у односу на огревно дрво и са 900°C имају ниску тачку топљења пепела (дрво: 1.300 °C). Ниска тачка топљења пепела собом носи ризик од оштећења постројења за сагоревање, стварајући наталожене (залепљене) слојеве.

Сламе уљане репице, соје или кукурузовине имају више тачке топљења пепела од око 1.100 °C.

У сваком случају, уколико се слама не сагорева у постројењу капацитета већег од 1 MW, због мале густине при складиштењу, мора да буде обрађена пре употребе. Овај проблем се решава брикетирањем или пелетирањем, чиме се густина (kg/m³) повећава два или три пута.

Припрема сламе за сагоревање се врши у 4 главна корака:

- Прикупљање / откуп
- Млевење
- Сабијање
- Складиштење

У циљу замене угља жетвеним остацима, у оба региона, потребно је постројење капацитета око 100.000 тона, у форми брикета. За снабдевање постројења кукурузовином, је потребна површина од 12.500 хектара (која се користи за производњу кукуруза) , што представља, око 1/3 тренутне производње кукуруза у оба региона.

Најподеснији извор, у овом случају, је кукурузовина, због погодних карактеристика при сагоревању и чињенице да је доступна у потребним количинама. Насупрот слами од житарица, кукурузовина није атрактивна за продају или извоз, те услед непостојања тржишта, нема ни опасности од пораста цене.

Уколико слама потиче од култура за чији се узгој користи доста минералног ђубрива, потребно је проверити садржај хлора, сумпора и азота. Ово се може компензовати додавањем око 2% уситњеног кречњака.

Такође, потребно је узети у обзир, да се пресована слама шири током сагоревања, као и дрвни пелети и брикети, као и да око се 5,5% пелета/брикета претвара у пепео. Иза сагоревања огревног дрвета остаје око 1% пепела, а иза угља око 6%. Насупрот пепелу угља , пепео сламе није није киселаст и може се користити слично дрвном пепелу. ashes.

Улагања и трошкови погона за брикетирање сламе, капацитета од 100.000 t/год, су наведени у доњој табели. Оквирни услови за прорачун су:

↪ Набавна цена сламе:	15e/t (у сувом стању)
↪ Продајна цена топлотне енергије:	20e/MWh
↪ Продајна цена струје:	30e/MWh
↪ Број запослених:	30
↪ Цена рада:	4,5e/hour
↪ Трошкови кредитних средстава (камата):	5%
↪ Кредитни период:	10 година
↪ Удео улагања из кредита:	30%

Табела 10: трошкови улагања у погон за брикетирање сламе (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Улагања		
Улагања у изградњу објеката	2.094.000	€
Млевење	2.520.000	€
Сабијање <i>Compaction</i>	3.930.000	€
Техничка инсталација	3.930.000	€
Укупно улагања	10.140.000	€
Годишњи трошкови		
Откуп сламе	1.500.000	€/a
Одржавање	42.809	€/a
Трошкови капитала	293.073	€/a
Амортизација и одржавање	845.000	€/a
Одржавање	304.200	€/a
Трошкови за запослене	284.639	€/a
Помоћна енергија и материјал	1.557.444	€/a
Осигурање и сл.	101.400	€/a
Укупно годишњи трошкови	4.885.756	€/a
Трошкови производње по тони	48,86	€/t
Трошкови производње по MWh	10,86	€/MWh

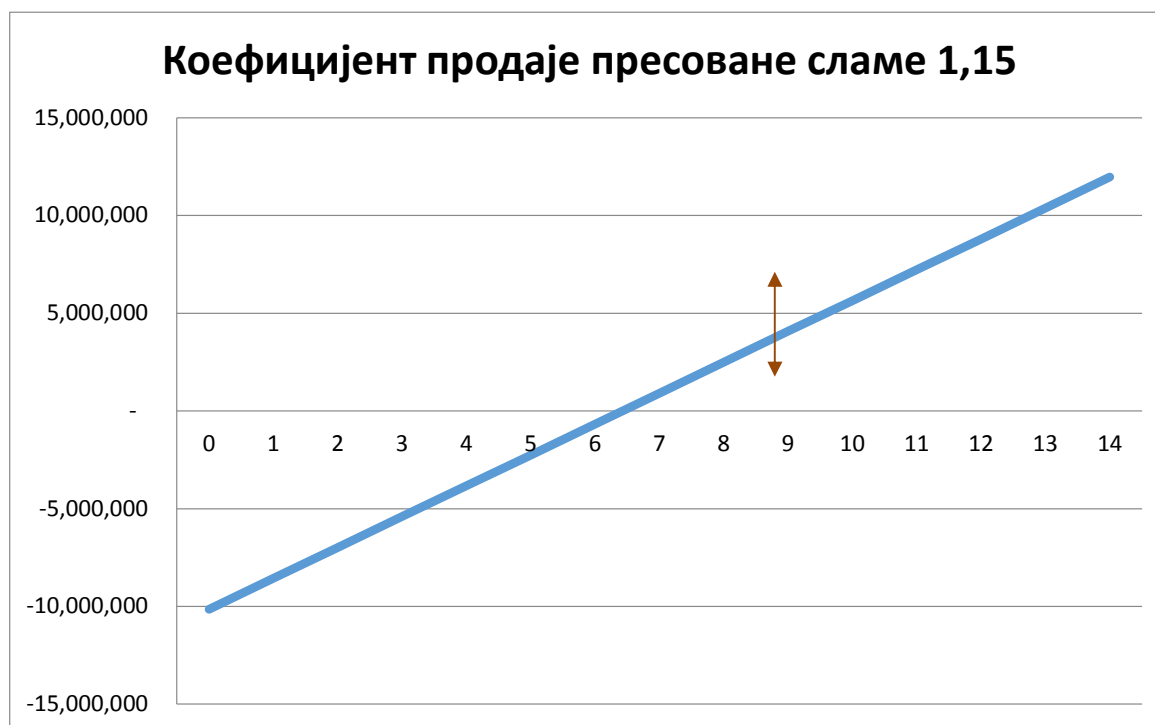
Наредна табела даје преглед перформанси постројења. Фактор продаје се утврђује на основу продајне цене која обухвата трошкове производње. Фактор 1,15 означава продајну цену која представља производну цену плус 15%.

Табела 11: перформансе погона за брикетирање сламе (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Sales factor: 1,15		
Продајна цена	56,19	€/t
	12,49	€/MWh
Годишњи приход	5.618.620	€/a
Годишњи биланс	732.863	€/a

У овом случају, продајна цена је приближно 12,50e / MWh, што је око 1,0 евро више од тренутне цене огревног дрвета (11,50e/ MWh) и око 3,00 евра изнад цене меког дрвета (9,01 e/MWh).

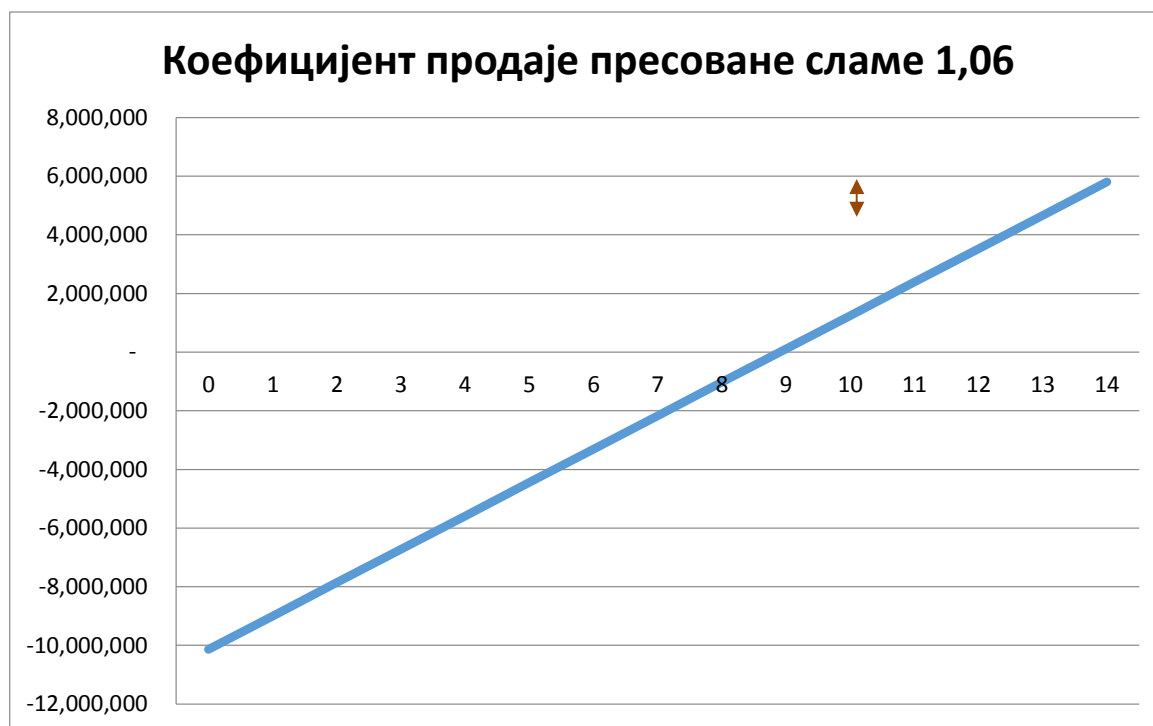
Карактеристике протока новца постројења су приказане у наредном графикону:



Графикон 23: илустрација показатеља протока новца постројења за брикетирање сламе (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Ради курентност, бар у поређењу са огревним дрветом, фактор цене је неопходно умањити на 1,06. У том случају, постројење ће и даље пословати позитивно, али се

тачка исплаћивања улагања помера са 6 на 9 година. Неопходне инвестиције, које су очекиване после десете године би тешко било покрити, што се и види из приложеног графикана:



Графикон 24: илустрација показатеља пословања погона за брикетирање са умањеним коефицијентом продаје (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

5.3 Брзорастуће стабљике (SRC) – производња цепаница и дрвне сечке

Од више врста брзорастућих стабљика широких листова, које се користе у енергетске сврхе, врба (*Salix*) се, широм европе, најчешће узгаја у комерцијалне сврхе. Карактеристична је због високе продуктивности. Даље, не захтева посебно одржавање, сече се обично у току зиме, тако да не ремети уобичајене пољопривредне активности, и захтева минималне инвестиције пошто је једном засађена.

Сеча се врши у циклусу од две до пет година, и обавља се у току зиме, када је лишће опало а тло замрзнуто. Када се успостави систем прехране, путем корења и жила, биљке енергично расту. Принос је од 8 до 18 тона суве дрвне сечке, по хектару засађене површине годишње. Засад се може експлоатисати и до тридесет година, пре него што захтева нове засаде.

Када се секу цела стабла врба или топола, складиштење не представља проблем. Стабла се могу сушити и припремати за коришћење на отвореном; садржај влаге у дрвету пада на просечно око 30%, до следеће јесени. Стабла се могу расећи и даље по потреби уситнити.

Тамо где је потребно уситњавање дрвета у дрвну сечку, најбоље је одмах користити машину за сечење и уситњавање. То су тешке машине, које обављају сечење и уситњавање на утоварној платформи. Неке су намењене за повезивање на трактор, и за сечу и обраду површине од једног хектара потребно им је око 3 сата. Директно уситњавање смањује трошкове јер га није потребно накнадно изводити у стоваришту; свеједно, дрвну сечку је неопходно ваљано ускладиштити, како би се избегло труљење.

Цена суве врбе, као огревног дрвета је тренутно око 45 евра по тони, у већини европских земаља. Ово није биљка која остварује велики обрт, али је лако одржива и представља добро решење за искоришћење некавалитетних површина. Мањи засади се могу искористити уједно и у производњи производа од прућа. Уколико се коректно одржавају, практично не захтевају употребу пестицида или други третман.

Наредна табела даје преглед трошкова производње по хектару засада брзорастућих култура, узимајући у обзир разлике у цени између Србије/Босне и Херцеговине и Аустрије, о складу са монографијом „Аграр у закаснелој транзицији – искуства Србије“ (AGRICULTURE IN LATE TRANSITION - EXPERIENCE OF SERBIA- енг.прим.прев) “ коју је објавило „Српско друштво аграрних економиста“ – ДАЕС (SAAE), Београд, Србија, 2010.

Табела 12: производна цена по хектару засада брзорастућих стабљика (SRC)
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

<i>Производна цена брзорастућих култура (SRC)</i>		
<i>Принос (просечно – у сувом стању))</i>	<i>11</i>	<i>t/год</i>
<i>Принос (просечно –свежем стању)</i>	<i>23</i>	<i>t/год</i>
<i>Период обрта Turnover period</i>	<i>4</i>	<i>год</i>
<i>Број обрта</i>	<i>6</i>	
<i>Укупан животни век врсте</i>	<i>24</i>	<i>год</i>
<i>Укупан принос (у сувом стању)</i>	<i>264</i>	<i>t</i>

Укупан принос (у влажном (свежем) стању))	554	t
Улагања	2.314	€
Трошкови улагања средстава	358	€
Трошкови одржавања	2.254	€
Трошкови сече	2.035	€
Уситњавање, транспорт и складиштење	1.071	€
Трошкови по обрту	953	€
Трошкови по тони у свежем стању	14,49	€/t
Трошкови по тони у сувом стању	30,43	€/t
Трошкови по MWh	5,97	€/MWh

Следећа табела пружа увид у вредности продаје различитих јединица, подразумевајући минимални продајни коефицијент од 1,3 у односу на производне цене по јединици. То значи да је износ инвестираног новца једнак укупним приходима и да се по завршетку циклуса раста може реинвестирати. Овај сценарио, наравно подразумева, да је повремене пораст трошкова праћен порастом продајних цена.

Табела 13: Продајне вредности уобичајених јединица (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Продајни коефицијент: 1,30		
Продајна цена у свежем стању	18,84	€/t
Продајна цена у сувом стању	39,56	€/t
Продајна цена енергије	7,76	€/MWh
Продајна цена 1 m ³ (садржај влаге 25%)	11,79	€/m ³

У следећој табели су приказане кључне вредности економске одрживости.

Table 14: Економска одрживост узгоја брзорастућих стабљика (SRC)
(Source: Calculation EEE)

Трошкови у току животног века	8.034	€
Независни трошкови у току животног века	5.361	€
Укупан приход од стабљика	10.444	€
Укупна маргина доприноса	5.083	€

Продајна цена (износ пореза није узет у обзир приликом ове рачунице) по мегават сату (MWh) брзорастућег дрвета (SRC), је у нивоу огревног дрвета, (8,10 евра до 11,50 евра по MWh) а топлотна вредност по m^3 је око 60 % од топлотне вредности храстовог дрвета.

Овај сценарио је приказан на доњем графикону:



Графикон 25: приказ продаје дрвета брзорастућих биљака (SRC)
(Извор: Прорачун EEE)

Замена угља захтева укупно 7.100 ха, површине, од којих 1.000 ха за Богатић и 6.100 за Бијељину.

5.3.1 Пресовање дрвне сечке из брзорастућих стабљика (CPL) (енг.-SRC)

Уколико се дрвна сечка производи током процеса сечења стабљика, садржај воде је око 50 – 55%. При оваквом садржају воде присутна је значајна биолошка активност, која доводи до умањења *causing loss of* супстанце и садржаја енергије у процесу природног сушења. Губитак је између 15 и 30%. Уколико је доступна топлота по разумним ценама сечка се може сушити у оквиру постројења, смањујући губитке. Извор топлоте може бити отпадна топлота из биогасног постројења или топлота из геотермалног извора.

Директно искоришћење енергије из дрвне сечке изискује посебно усвојене технике и уобичајено је економичнија за постројења за сагоревање већа од 50kW. Такође, постоје котлови снага од 10 kW и више, али су, због цена посебних лежишта за сагоревање, трошкови грејања дрвном сечком, у оваквим јединицама високи.

Сабијање дрвне сечке у брикете омогућава сагоревање у једноставним пећима и дозвољава складиштење са високим енергетским садржајем.

Приложена табела пружа преглед трошкова сабијања сечке од брзорастућих стабљика. Рачуница је изведена за постројење годишњег капацитета производње од 100.000 тона брикета, уз укупни садржај енергије од 500.000 MWh.

Табела 15: трошкови пресовања дрвне сечке брзорастућих (SRC) стабљика
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Производња t/год	100.000	
Улагања		
<i>Constructional</i>	2.094.000	€
<i>Млевање</i>	1.596.000	€
<i>Сабијање</i>	2.520.000	€
<i>Техничке инсталације</i>	3.930.000	€
Укупно улагања	10.140.000	€
Годишњи трошкови		
<i>Набавка дрвне сечке</i>	4.110.000	€
<i>Трошкови уложених средстава</i>	293.073	€

Губици и оштећења	845.000	€
Одржавање	304.200	€
Издаци за запослене	284.639	€
Помоћна енергија и опрема	1.557.444	€
Осигурање итд...	101.400	€
Укупно годишњи трошкови	7.495.756	€/a
Трошкови производње по тони	74,96	€/t
Трошкови производње по MWh	14,99	€/MWh

Наредна табела даје увид у перформансе постројења. Продајни коефицијент је утврђен на основу трошкова производње. Коефицијент 1,1 представља продајну цену, то јест производну цену плус 10%.

Табела 16: показатељи постројења за пресовање дрвне сечке
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Продајни коефицијент: 1,1		
Продајна цена	82,45	€/t
	16,49	€/MWh
Приход	8.245.332	€/a
Биланс	749.576	€/a

У овом случају, продајна цена је отприлике 16,50€/ MWh, која је око 5,00 евра изнад тренутне цене тврдог дрвета (11,50€/ MWh) и 8,50€ изнад цене меко дрвета. Због сабијања, садржај воде је упола мањи него код природно сушеног огревног дрвета, тако да је топлотна вредност значајно већа, и износи приближно 4,8 MWh/t (добро исушено огревно дрво има 3,6 – 3,8 MWh/t). У овом случају топлотна вредност одговара топлотној вредности јефтинијих врста угља.

Сабијена сечка се, дакле, може поредити са угљем.

Перформансе протока новца постројења су приказане у следећем графикону. Вредност очекиваних улагања у машине и техничку опрему, након десете године су око 4.000.000 евра, и могу се покрити перформансама, уколико сви оквирни параметри остану у једнаком односу.



Графикон 26: илустрација протока новца постројења за сабијање дрвне сечке
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

5.3.2 Сабијање мешавине сечке од брзорастућих стабљика и жетвених остатака

Сабијање и сједињавање дрвне сечке и кукурузовине представља могућност да се кукурузовина искористи као јефтинија компонента у мешавини). Додатни позитиван ефекат комбиновања је избегавање негативне стране сагоревања кукурузовине (променљива концентрација хлора и сумпора, нижа тачка топљења пепела него код дрвета, већи садржај пепела...), додавањем дрвне сечке. Такође, карактеристике сагоревања се могу побољшати и додавањем мањих количина млевеног кречњака.

Производни трошкови се смањују за 12% по тони, ако се користи мешавина од 30% кукурузовине и 70% дрвне сечке из брзорастућих стабала. Површине, неопходне за узгој брзорастућих стабала се смањују са 7.100 на 4.300 ха и тако постају доступне за коришћење у пољопривреди.

Улагања су иста као код употребе искључиво кукурузовине или дрвне сечке. Приложена табела пружа увид у улагања, годишње трошкове и трошкове производње по тони брикета.

Табела 17: трошкови производње 1 тоне брикета
(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Капацитет t/год	100.000
Улагања	
Градња погона	2.094.000 €
Машина за млевење	1.596.000 €
Машина за пресовање	2.520.000 €
Техничке инсталације	3.930.000 €
Укупно улагања	10.140.000 €
Годишњи трошкови	
Набавка сировина	3.222.000 €
Трошкови набавке средстава	293.073 €
Губици и оштећења	845.000 €
Одржавање	304.200 €
Издаци за запослене	284.639 €
Помоћна енергија и материјал	1.557.444 €
Осигурање и сл..	101.400 €
Укупно годишњи трошкови	6.607.756 €/год
Производна цена по тони	66,08 €/t
Производни трошкови по MWh	14,68 €/MWh

Да би се постигли позитивни показатељи продаје и створио додатни капитал, неопходан за реинвестирање у десетој години, неопходно је усвојити коефицијент цене од минимално 1,12.

Табела 18: показатељи продаје брикета

(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Коефицијент продаје: 1,12		
Продајна цена	74,01	€/t
	16,45	€/MWh
Приход	7.136.377	€/a
Биланс	528.620	€/a

Перформансе протока новца постројења, су приказане у наредном графикону:



Графикон 27: приказ протока новца брикета мешавине дрво - слама

(Извор: Прорачун ЕЕЕ)

5.4 Производња струје из биомасе

5.4.1 Производња струје сагоревањем биомасе

Осим пресовања, ради употребе у појединачним пећима или системима за централно грејање, жетвени остаци се могу директно сагоревати, без претходне припреме. Постоји и могућност производње електричне енергије, али је ефикасност конверзије енергетског капацитета, мање – више, на нивоу од 20% примарног енергетског садржаја. У циљу постизања одрживости употребе овог извора, неопходно је и

пронаћи примену за произведени вишак топлоте. Такође, неопходно је да се сва произведена топлота пласира током целе године. Или бар током рада ЦХП постројења. За разлику од погона за биогаз, где се приближно 40-45% примарне енергије конвертује у биогаз, у постројењима за сагоревање је учешће топлоте 60-80%.

Конверзију је могуће извршити у парној турбини или ОРЦ јединици. Код употребе биомасе од остатака жетве, у предности је ОРЦ процес, јер је употребљив и у за мале капацитете, док је за парне турбине, бар са економске тачке гледишта, 2 MWeI минимални капацитет производње електричне енергије .

Електрана базирана на сагоревању чврсте биомасе, без обзира да ли се користи ОРЦ циклус или парна турбина, резултира са четири пута више топлотне енергије и пет пута мање електричне енергије у односу на улазни капацитет.

Све тестиране варијанте су неисплативе, и не достижу тачку отплате улагања у року од 12 година, уз продају топлоте (поврх фид – ин тарифе за продају електричне енергије) са ценом испод 80e /MWh, и 100% продатом топлотом. По завршетку периода коришћења субвенција, цену би било неопходно подићи за 20%, како би се одржали позитивни показатељи.

Ове, неопходне цене су више од тренутних цена топлотне енергије, изузев од лож уља, које још скупље.

5.4.2 Даљинско грејање из чврсте биомасе

Биомаса се може користити као једини или као додатни извор горива за даљинско грејање. Трошкови топлане се могу предвидети, али укупни трошкови испоруке топлотне енергије зависе од дужине мреже топловода и количине топлоте која се дистрибуира.

Приложена табела показује просечна улагања у градњу топлане у зависности од величине, и поредећи топлане на биомасу и фосилна горива:

Табела 19: просечна улагања у постројења за производњу топлотне енергије, различитих капацитета (Извор: Прорачун ЕЕЕ)

Снага	Вредност улагања код топлане на биомасу	Вредност улагања код постројења на фосилна горива
<i>Просечна улагања у 1.000 евра</i>		
500 kW	125 - 250	90 - 110
1 MW	250 - 400	100 - 150
5 MW	1 250 - 1 500	550 - 750
10 MW	5 500 - 7 000	1 500 - 2 000

Трошкови градње топловода зависе од дужине и пречника цеви, у односу на количину топлоте која се дистрибуира. Могу варирати од 160 до 300 евра по метру трасе.

Пошто не постоји пројекат који би ближе дефинисао параметре, користиће се специфичне вредности датих елемената.

Економска одрживост зависи од специфичних трошкова производње топлоте, који се састоје од улагања, типа и квалитета биомасе и броја сати производње.

Постројења за сагоревање сламе су скупља улагања (посебна технологија), али релативно јефтинија у експлоатацији, док су постројења за сагоревање дрвета релативно јефтинија у изградњи, али скупља у експлоатацији. Ове разлике су знатне код постројења капацитета до 1 MW али за капацитете од 2,5 MW и више немају значаја.

5.5 Процена варијанти употребе чврсте биомасе

Чврста биомаса се сматра квалитетном заменом за коришћење угља у домаћинствима, јавним објектима и индустрији.

У пројектним регионима се издвајају две могућности употребе чврсте биомасе. Са једне стране, употреба жетвених остатака, нарочито кукурузовине, а са друге стране узгајање брзорастућих стабала ((SRC) на неквалитетном и често плавном земљишту.

Економска одрживост замене угља биомасом, зависи од производних трошкова и минималног нивоа продаје како би се постигла вредност у нивоу цена шумске биомасе (огревног дрвета) и угља.

Обрада трупаца, цепаница и дрвне сечке представља обиман посао, али трошкови производње су ипак нижи у односу на друге енергетске биљке. Просечни трошкови

производње су процењени на око 6 е/MWh и ради постизања економске одрживости, минимална продајна цена не сме бити испод око 7,80 е/MWh како би била конкурентна огревном дрвету.

Мана оријентације на брзорастуће шуме (SRC), је то што ће површина од 7.100 ха земљишта бити заузета деценијама уколико се надомештају укупне потребе за угљем.

Обиље кукурузовине свакако представља јефтинију варијанту биомасе, али кукурузовину је неопходно обрадити и сабити, како би могла да се користи у мањим пећима. Трошкови производње су око 10,90е /MWh у случају погона са годишњим капацитетом од 100.000 t (ове количине покривају потребе за угљем) а минимална продајна цена би била 12,50е /MWh.

Као што се може видети, цена пресоване кукурузовине је виша од цене биомасе из брзорастућег дрвета, али предност ове варијанте је у незаузимању већих обрадивих површина на дужи временски период и то што је биомасу могуће добити из уобичајене пољопривредне производње. Више цене се појављују услед неопходног процеса припреме кукурузовине.

Сабијање дрвне сечке брзорастућих стабљика, је скупље од припреме кукурузовине, али поседује већи енергетски садржај, који се може поредити са угљем, као и веома мали садржај пепела. Производна цена брикета је 15е / MWh а минимална продајна цена је 16,50 е/MWh. Такође, ова варијанта је упоредива са угљем.

Комбиновањем 70% дрвне сечке брзорастућих стабала и 30% кукурузовине има готово идентичну структуру трошкова. Такође, ова варијанта захтева мање обрадивих површина, од варијанте у којој се користи искључиво сечка брзорастућих стабала.

Производња електричне енергије сагоревањем биомасе се показала неисплативом, услед великих трошкова инвестирања, ниске ефикасности конверзије у случају производње струје и неопходне продаје генерисане топлоте по цени од најмање 80 е/MWh, у циљу одрживости. Ова цена топлотне енергије није конкурентна са осталим изворима топлотне енергије.

Сагоревање жетвених остатака у топланама представља економски ефикасан начин производње топлотне енергије али, параметри димензионисања мреже топловода, као и технологије сагоревања умногоме варирају, па је изводљивост таквог постројења условљена и димензионисањем како самог постројења, тако и топловода.

Преглед свих разматраних варијанти, наводи на закључак, да је биомаса из пољопривреде, упоредива са угљем и огревним дрветом, али неисплатива за производњу електричне енергије сагоревањем.

6. Утицај коришћења биомасе на употребу земљишта

Обзиром да пројектни региони не обилују шумом, те су могућности употребе шумске биомасе веома ограничене, биомаса су је потребно обезбедити из других извора.

Ови извори, углавном, леже у пољопривреди и производња енергије тако утиче на коришћење земљишта. У зависности од врсте биомасе и технологије конверзије, овај утицај делује и на друге видове коришћења обрадивог земљишта.

Производња енергије, је у том случају, подређена производњи хране. Дакле, неопходно је проверити колико је обрадивих површина расположиво у сврху производње енергије.

Укупне обрадиве површине у пројектним регионима су око 75.500 хектара. Уколико се рачуна да је, по становнику, потребно 0,25 хектара, за производњу хране, у односу на укупан број становника, потрено је 34.700 ха.

У остале сврхе, попут производње енергије, може се користити 40.700 хектара.

За производњу електричне енергије из биогаса, потребно је око 500 хектара, у односу на тренутну производњу кукуруза у регионима. У случају употребе мешавине траве и детелине, неопходна је дупло већа површина (1.000 ха). Употребом обрађене кукурузовине, као ко-субстрата, умањују се потребне површине за силажном кукурузовином, у зависности од учешћа, до 20%.

Обзиром да постоје велике површине земљишта које нису искључиво намењене производњи хране, производња биогаса неће имати превелики утицај на коришћење земљишта. Такође, производ ферментације се може користити као ђубриво.

Искључиво коришћење жетвених остатака не изискује додатне површине, али временом може да доведе до повећаних потреба за минералним ђубривом уколико се сва биомаса отпрема.

Брзорастуће врсте имају навећи утицај, обзиром на свој дуг животни циклус, који је од 25 до 30 година. За производњу пресованих брикета од дрвне сечке, ради замене угља, дугорочно је потребно обезбедити површину од 7.100 до 9.100 хектара. Комбиновање око 30% жетвених остатака би допринело смањењу утицаја на коришћење земљишта. Брзорастуће врсте би требало користити на плавним и земљиштима слабијег квалитета, како би се избегао утицај на обрадивог земљиште.

7. Рекапитулација и разматрања

Студија разматра варијанте употребе геотермалне енергије и биомасе за производњу топлотне и електричне енергије.

7.1 Оквирни услови у региону

Производња енергије из обновљивих извора, а посебно из биомасе, захтева разматрање неких основних оквирних услова. Неке од ових услова представљају тренутна врста енергената у употреби, као и структура потрошача енергије.

У пројектним регионима нема великих и индустрија и углавном су оријентисани на пољопривредну производњу, мање производне погоне и трговину, као и домаћинства. Према томе, структура потрошача енергије је уситњена и главни видови потрошње су грејање и транспорт. Удео потрошње електричне енергије је око 12 – 14% од укупних потреба, али се струја користи и за грејање (углавном домаћинства). Док је учешће потрошње електричне енергије за грејање мали у Бијељини, у Богатићу је изузетно висок и достиже 63%. Електрично грејање не захтева систем са циркулацијом воде. Са друге стране, користи се пуно појединачних пећи за сагоревање огревног дрвета или угља.

Структура укупних потреба за топлотном енергијом је искључиво везана за грејни период, те су потребе за топлотом у индустријским процесима током остатка године занемарљиве. Потрошаче представљају расуте јединице малог капацитета.

Све ове чиниоце треба имати у виду, нарочито у случају комбиноване производње електричне и топлотне енергије из биомасе.

Даље, биомаса која се тренутно користи за грејање, не потиче из пројектних региона а обиље биомасе доступне у регионима се не користи услед необавештености корисника као и недостатка технологије тренутних (и могућих) снабдевача горивом. Пресовање

жетвених остатака или дрвне сечке или комбинација оба може представљати увод у организацију испоруке за потребе тренутне структуре потрошње топлотне енергије.

У случају ЦХП постројења неопходно би било креирати структуру потрошача, на пример путем промоције потрошње топлотне енергије по нижим ценама, обезбеђујући позитивне економске параметре путем фид – ин тарифа у току периода коришћења подстицајних мера. Још један важан аспект је приход током целог радног века постројења, иако производња електричне енергије по завршетку периода подстицајних мера не буде исплатива, а постројење може бити функционално и наредних 15 година.

Услед постојања воде која циркулише кроз ЦХП постројење, изузетно је важно добро планирање експлоатације, увек имајући у виду употребу отпадне топлоте, у индустријске сврхе, сушење плодова, дрвета или супстрата.

Улагања је потребно планирати у складу са дугорочним планом развоја, имајући у виду додатну вредност пројектних региона, са фокусом на проток новца и обнављање економије производње енергије. У супротном, уколико фокус остане само на производњи енергије, постоје велике шансе да улагања у инфраструктуру и организациону мрежу, постану економски неодржива по истеку дванаестогодишњег периода коришћења подстицајних мера.

7.2 Геотермална енергија

Разматрани су потенцијали и могућности употребе геотермалне енергије за оба региона, док су варијанте употребе биогаса и чврсте биомасе нису у тој мери везане за дате услове. Касније варијанте су разматране у облику модела који су анализирани ради економске одрживости у датим околностима, као што су фид – ин тарифе или цене осталих енергената у употреби.

У Богатићу постоје функционални геотермални извори. У односу на економску изводљивост и одрживост, процењене су две могућности употребе - производња електричне енергије и даљинско грејање.

Варијанта производње електричне енергије се показала неизводљивом уколико се средства за улагања обезбеђују из кредита, јер уложена средства није могуће отплатити до завршетка периода коришћења подстицајних мера (фид – ин тарифе). Комбинација са биомасом само повећава улагања и годишње трошкове а приходи се чак умањују.

Варијанте даљинског грејања из геотермалних извора престављају могуће и чак економски одрживо решење, опет у зависности од удела средстава из кредита у укупним трошковима инвестирања.

Околности у Бијељини су другачија од оних у Богатићу, јер су у направљени само мањи извори геотермалне енергије, који су недовољни за коришћење топлотне или производњу електричне енергије.

Од свих испитаних модела – варијанти, она која се тиче капацитета између 2,5 и 5 MW највише обећава. Такође, искоришћење отпадне топлоте путем дистрибутивног топловода делује изводљиво, јер количине топлоте нису превелике, па је и лакше пласирати их ради задовољења неопходне економске одрживости.

7.3 Биогас

Између разматраних варијанти, само оне које укључују и производњу електричне енергије показују позитивне резултате. Макар у првих дванаест година животног циклуса постројења (век трајања је уобичајено између 25 и 30 година). По завршетку дванаесте године, показатељи постају негативни уколико се не нађе могућност касније употребе произведеног биогаса. Ова чињеница изискује улагања између десете и дванаесте године, не због силоса и ферментатора, већ због технологије снабдевања енергијом. У овом тренутку, прелаз са производње електричне енергије на директне потрошаче гаса, делује као одржива алтернатива.

По завршетку периода коришћења подстицајних мера, показатељи свих варијанти постају негативни, иако је постројење још увек оперативно. Због тога је развијен сценарио који треба да омогући даљу функционалност постројења преласком са производње електричне енергије на искључиву производњу гаса, уз могућност пречишћења биогаса до нивоа квалитета природног гаса, или продаје грубо пречишћеног гаса путем дистрибутивног гасовода до крајњих потрошача.

7.4 Чврста биомаса

Две могућности за примену чврсте биомасе у пројектним регионима су, са једне стране коришћење жетвених остатака, нарочито кукурузовине, и са друге стране, узгој брзорастућих култура (SRC) на неквалитетним, плавним површинама.

Производња цепаница, грања, грмља, шибља и дрвне сечке из брзорастућих врста, је обиман посао, са ниским производним трошковима, у поређењу са другим енергетским биљкама. Тако произведено дрво је упоредиво са шумским огревним дрветом.

Недостатак усмерења на дрво из брзорастућих врста је неопходност заузећа 7.000 до 9.000 хектара пољопривредног земљишта деценијама, уколико би се укупне потребе за заменом угља подмиривале на овај начин.

Велике расположиве количине кукурузовине у регионима представљају јефтинију сировину, али захтевају прераду и пресовање пре него што могу да се употребе у мањим пећима. Трошкови обраде и пресовања кукурузовине су већи него код дрвета из брзорастућих врста, али ова варијанта је привлачна јер дугорочно не заузима велике обрадиве површине а сировине се могу добавити из уобичајене пољопривредне производње.

Производња електричне енергије сагоревањем биомасе се показала неисплативом услед потребе за великим улагањима, ниском ефикасношћу конверзије код производње електричне енергије и неопходности да се прода сва нуспроизведена топлота по минималној цени, која превазилази цене других енергената.

Све анализиране и разматране варијанте указују да је пољопривредна биомаса упоредива са угљем и огревним дрветом, али и да је неподесна за производњу електричне енергије сагоревањем.

Листа графикона

Графикон 1: два концептна региона и њихове општине.	5
Графикон 2: расподела енергетских потреба у два концептна региона, по групама потрошача (Извор: Прорачун ЕЕЕ, 2014)	6
Graphic 3: приказ коштања даљинског грејања из ББ 1, са 100 % средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	11
Графикон 4: приказ коштања даљинског грејања из ББ 1, без средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	12
Графикон 5: приказ коштања даљинског грејања из ББ 2, са 100% средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	12
Графикон 6: приказ коштања даљинског грејања из ББ 2, без средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	13
Графикон 7: приказ протока новца у случају 100% средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	17
Графикон 8: приказ протока новца без ангажовања кредитних средстава (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	17
Графикон 9: приказ производње струје комбинацијом употребе биомасе и геотермалних извора, без трошкова кредитних средстава (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	18
Графикон 10: приказ тачке отплате улагања производњом струје, капацитета <1 Mwe. (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	22
Графикон 11: приказ тачке отплате улагања производњом струје, капацитета 2,5 MW (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	23
Графикон 12: приказ тачке отплате улагања производњом струје капацитета 5 MW (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	24
Графикон 13: приказ тачке отплате улагања производњом струје, капацитета 10 MW (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	25
Графикон 14: илустрација свеобухватног извештаја протока новца, са 20% продате топлоте (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	34
Графикон 15: илустрација свеобухватног извештаја протока средстава, са 100% продате топлоте (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	35

Графикон 16: илустрација притока новца поређећи само гасни мотор и гасни мотор плус ОРЦ (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	36
Графикон 17: илустрација протока новца са прочишћењем биогаса (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	37
Графикон 18: илустрација протока новца са прочишћеним биогасом за моторна возила (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	38
Графикон 19: илустрација протока новца код продаје непрочишћеног биогаса (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	39
Графикон 20: илустрација продаје непрочишћеног биогаса (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	40
Графикон 21: илустрација протока новца, за период од 12 година производње струје и прочишћења биогаса (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	41
Графикон 22: илустрација протока новца за период од 12 година производње струје и продаје непрочишћеног биогаса (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	42
Графикон 23: илустрација перформанси протока новца постројења за брикетирање сламе (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	49
Графикон 24: илустрација перформанси погона за брикетирање са умањеним коефицијентом продаје (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	50
Графикон 25: приказ продаје дрвета брзорастућих биљака (SRC) (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	53
Графикон 26: илустрација протока новца постројења за сабијање дрвне сечке (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	56
Графикон 27: приказ протока новца брикета мешавине дрво - слама (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	58

Листа табела

Табела 1: прорачун даљинског грејања из извора ББ 1, финансираног средствима из наменског кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	8
Табела 2: прорачун даљинског грејања из извора ББ 1, без кредитних улагања (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	9
Табела 3: прорачун даљинског грејања из извора ББ 2, финансираног средствима из наменског кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	10
Табела 4: прорачун даљинског грејања из извора ББ 2, без средстава из кредита (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	10
Табела 5: прорачун трошкова производње електричне енергије из геотермалних извора финансираним средствима из кредита (Извор: ЕЕЕ).....	15
Табела 6: прорачун трошкова производње електричне енергије без кредитних средстава (Извор: ЕЕЕ).....	16
Табела 7: процена ефикасности геотермалне енергије (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	25
Табела 8: повраћај улагања у геотермалну електрану 5 Mwel (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	26
Табела 9: основни технички подаци коришћења биогаса (Извор: ЕЕЕ).....	32
Табела 10: трошкови инвестирања у погон за брикетирање сламе (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	48
Табела 11: перформансе погона за брикетирање сламе (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	49
Табела 12: производна цена по хектару засада брзорастућих стабљика (SRC) (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	51
Табела 13: Продајне вредности уобичајених јединица (Извор: Прорачун ЕЕЕ) ...	52
Табела 14: економска одрживост узгоја брзорастућих стабљика (SRC) (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	53
Табела 15: трошкови сабијања сечке брзорастућих стабљика (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	54

Табела 16: показатељи постројења за пресовање дрвне сечке (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	55 <u>5</u>
Табела 17: трошкови производње 1 тоне брикета (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	57
Табела 18: показатељи продаје брикета (Извор: Прорачун ЕЕЕ).....	58 <u>8</u>
Табела 19: просечна улагања у постројења за производњу топлотне енергије, различитих капацитета (Извор: Прорачун ЕЕЕ)	60