



KeepWarm

Renewing district heating

Tehno ekonomska analiza mogućnosti zamene mazuta biomasom u sistemu grejanja instituta „Vinča“

dr Dragoljub Dakić, dakicdr@vinca.rs

23.4.2019, četvrto savetovanje INN Vinča



This project is funded by the EU's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N°784966, and lasts from April 2018 to September 2020.

This project receives co-funding from the German Federal Ministry of Economic Cooperation and Development.



Šta je najbolje ulaganje neke države?

Ulaganje u nauku i razvoj

Istorijat izgradnje sistema grejanja u institutu za nuklearne nauke „Vinča“

- Faze izgradnje

1. Kotlarnica na ugalj kapaciteta oko 9MW sa velikim skladištem za ugalj,
2. Ukidanje kotlova na ugalj i prelazak na mazut, ugradnja 4 mazutna kotla (3x1,86MW i 1x4,07MW) i više rezervoara mazuta. Jedan podzemni kapaciteta oko 200m³ i jedan nadzemni kapaciteta oko 1500m³,
3. Dogradnja kotlarnice i instaliranje još jednog kotla na mazut kapaciteta 9,3MW, sa planom proširenja Instituta, koja se nikad nije desila,
4. Rekonstrukcija mazutnog kotla od 9,3MW radi prelaska na rad sa ugljem i sagorevanjem u fluidizovanom sloju. Osim uspešnog probnog rada kotao nikad nije radio sa ugljem. Dobijena Oktobarska nagrada grada Beograda.
5. Demontaža rekonstruisanog kotla i demontža sve pomoćne opreme za manipulaciju ugljem.

Analiza moguće uštede na bazi razlike u ceni goriva

Analiza je rđena na osnovi prosečne trogodišnje potrošnje mazuta i sledećih polaznih osnova:

1. Cena mazuta 500 Evra/t
2. Rad sa drvnom biomasom
3. Prva mogućnost - nabavka cepanog drveta i iveranje (proizvonja drvene sečke) u okviru Instituta. Usvojena je cena te forme biomase od 40 Evra/t
4. Druga mogućnost - nabavka drvene sečke po ceni od 60Evra/t

Potrošnja mazuta u tri analizirane grejne sezone

- Nabavka mazuta za grijnu sezonu 2010/2011
609,778 t
- Nabavka mazuta za grijnu sezonu 2011/2012
1118,08 t
- Nabavka mazuta za grijnu sezonu 2012/2013
470,720 t

Primer jedne specifikacije računa za nabavljeni mazut, koje su analizirane

SPECIFIKACIJA RAČUNA ZA MAZUT ZA 2013. GODINU
januar -decembar 2013. godine

red.br.	br.računa	datum	količina u kg	iznos dinara
1	013/2013	04,01,2014	24.780	1.355.713,80
2	143/2013	23,01,2013	25.560	1.448.996,40
3	130248	04,02,2013	24.700	1.411.243,00
4	130294	09,02,2013	24.980	1.416.116,20
5	130296	09,02,2013	24.780	1.404.778,20
6	130488	05,03,2013	24.720	1.428.568,80
7	130645	16,03,2013	24.820	1.422.434,20
8	130805	01,04,2013	24.800	1.426.248,00
9	133792	16,09,2013	24.720	1.429.310,40
10	134545	15,10,2013	24.880	1.367.653,60
11	135651	22,11,2013	24.840	1.391.785,20
12	135858	02,12,2013	24.860	1.401.855,40
13	136009	11,12,2013	25.080	1.361.593,20
14	136109	18,12,2013	24.920	1.353.405,20
15	136206	26,12,2013	24.740	1.343.876,80
		Ukupno	373.180	20.963.578,40

Potrebna prosečna godišnja količina biomase za zamenu odgovarajuće količine mazuta

- Prosečna godišnja potrošnja mazuta u analiziranim grejnim sezonama sa usvojenom toplotnom moći od $H_d=42.000\text{kJ/kg}$
 $G_m=732,90\text{ t/god}$
- Potrebna cena za nabavku te količine mazuta je:
 $G_m \times 500 = 366.450\text{ Evra/god}$
- Potrebna količina biomase za kompletnu zamenu mazuta biomasom je računata uz usvajanje da je: $H_{dbm}=12.000\text{kJ/kg}$ i da su stepeni efikasnosti kotlova na mazut $\eta_m= 0,87\%$ a da je stepen efikasnosti kotlova na biomasu $\eta_{bm} 0,83\%$
 $G_{bm}= G_m \times (H_{dm}/H_{dbm}) \times (\eta_m/ \eta_{bm}) = 2690\text{ t/god}$

Analiza maksimalno moguće uštede kroz razliku u ceni goriva za dve varijante nabavke biomase

- Potrebna sredstva za nabavku prosečne godišnje količine mazuta je:
 $G_{mx} 500 = 732,9 \times 500 = 366.450$ Evra/god
- Potrebna sredstva za nabavku prosečne godišnje količine cepanica je:
 $G_{bm} x 40 = 2690 \times 40 = 107.600$ Evra/god
- Godišnja moguća maksimalna ušteda u razlici cene mazuta i biomase u formi cepanica je: **355750 Evra/god**
- Potrebna sredstva za nabavku prosečne godišnje količine drvnog čipsa je:
 $G_{bm} x 40 = 2690 \times 60 = 161.400$ Evra/god
- Godišnja moguća maksimalna ušteda u razlici cene mazuta i biomase u formi drvene sečke je: **205050 Evra/god**
- **Dobijeni rezultati u razlici cene goriv, za obe forme biomase, ukazuju da je mogućnost isplativosti zamene mazuta biomasom realna i da je dalja, znatno detaljnija i sveobuhvatnija, analiza isplativosti potrebna.**

Analiza tehničkih mogućnosti zamene mazuta drvnom biomasom

Analiza se sastojala od:

- Analize raspoloživ prostora u okviru Instituta i same kotlarnice
- Tehničkih mogućnosti na priključenje kotlarnice na biomasu u postojeći sistem grejanja
- Mogućnost instalacije pomoćne opreme
- Lokacije instituta u odnosu na saobraćajnice i mogućnost dopreme biomase
- Analiza mogućih isporučioaca biomase i sigurnost snabdevanja

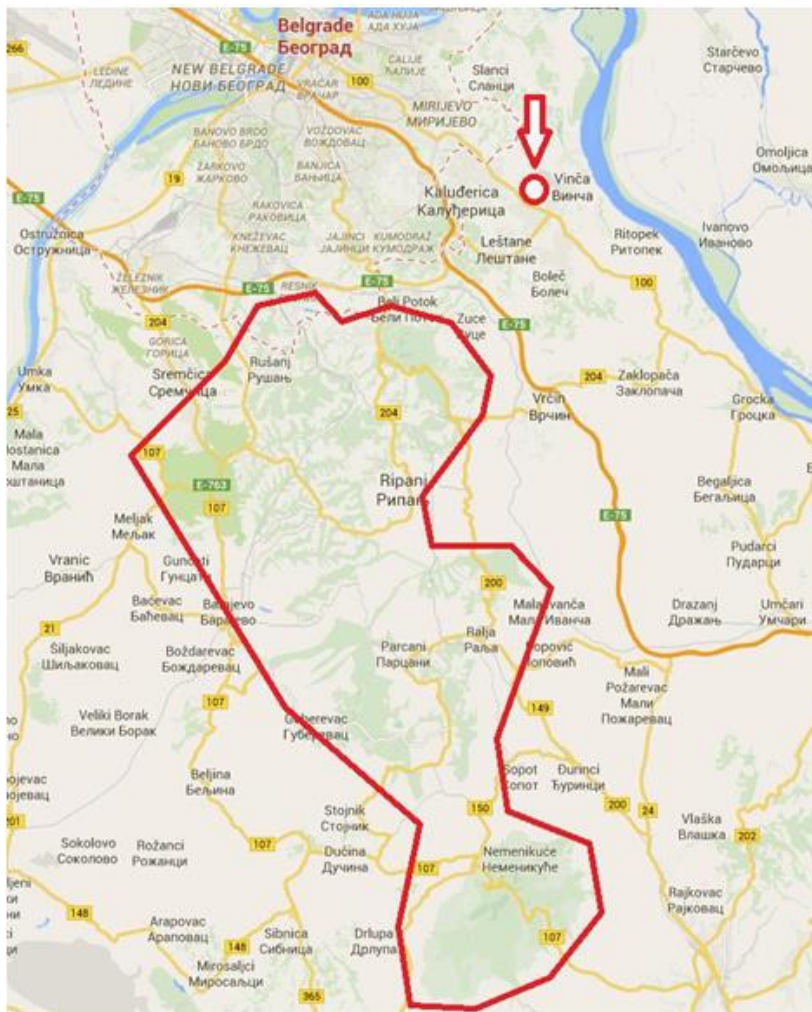
Raspoloživ prostor



Сл. I-1. Положај котларнице и потенцијалног складишта биомасе у оквиру Института

Institut Vinča, po svim analizama tehničkih mogućnosti zamene mazuta biomasom, predstavlja idealnu lokaciju

- Lokacije instituta u odnosu na saobraćajnice i mogućnost dopreme biomase
- Analiza mogućih isporučioaca biomase i sigurnost snabdevanja



Na osnovu analize tehničkih mogućnosti zamene mazuta drvnom biomasom institut „Vinča“, po svim utvrđenim činjenicama, predstavlja idealnu lokaciju.

Analiza mesečnog i dnevnog angažovanja rada postojećih mazutnih kotlova radi optimizacije predloga kotla na biomasu

Analiza je rađena na osnovu dnevnika rada kotlova za grejne sezone 2011/2012 i 2013/2014 kao ekstremno hladna i ekstremno topla. U tabeli koja sledi dat je primer analize za jednu grejnu sezonu. **Neki delovi u nastavku prezentacije su direktno preuzeti iz urađenog elaborata i zato su prikazani u ćiriličnoj verziji.**

Таб. I-8. Ангажованост котлова у Институту у грејној сезони 2011/2012

M e s e c	Kotao I 1,86 MW			Kotao II 1,86 MW			Kotao III 1,86 MW			Kotao IV 4,07 MW			Σ Psr
	Σh	h / dan	Psr MW	Σh	h / dan	Psr MW	Σh	h / dan	Psr MW	Σh	H / Dan	Psr MW	M W
X	30,5	1,38	0,28	36	1,63	0,32	40	1,81	0,38	68	3,1	1,4	2,3 8
XI	73	3,32	0,68	62,75	2,85	0,59	78,5	3,57	0,74	145,75	6,62	3	5,0
XII	69	3,13	0,65	58,5	2,66	0,55	73,5	3,34	0,69	155	7,04	3,19	5,0 8
I	65	5,91	1,22	59,5	5,36	1,12	63,75	5,8	1,2	143	13 9+4	4,07	7,6 1
Ia										44	4,0	1,8	1,8
II	111	5,05	1,04	93,5	4,23	0,87	98,5	4,45	0,92	187,3	8,5	3,84	6,6 7
III	60	2,74	0,56	65,35	2,97	0,61	61,9	2,81	0,58	117,4	5,32	2,4	4,1 5
IV	21	0,95	0,2	22	1	0,21	26,2	1,18	0,24	32	1,46	0,66	1,3 1

Таб. I-9. Средње топлотно оптерећење котларнице за усвојено 9-часовно радно време и 22 радна дана у сезону 2011/2012

Mesec	X	XI	XII	I *	Ia *	II	III	IV
P_{sr} MW	2,38	5,0	5,08	7,61	1,8	6,67	4,15	1,31

* 11 радних дана

Ia – ангажована снага котларнице за време зимског годишњег одмора

$P_{sr}=4,19$ MW – средње ангажована снага котларнице у 9h-часовном радном времену за грејну сезону 2011/2012

На основу података из Табеле I-9. конструисан је дијаграм оптерећења котларнице за сезону 2011/2012. Дијаграм је приказан на Слици I-2.

Таб. I-9. Средње топлотно оптерећење котларнице за усвојено 9-часовно радно време и 22 радна дана у сезону 2011/2012

Mesec	X	XI	XII	I *	Ia *	II	III	IV
P_{sr} MW	2,38	5,0	5,08	7,61	1,8	6,67	4,15	1,31

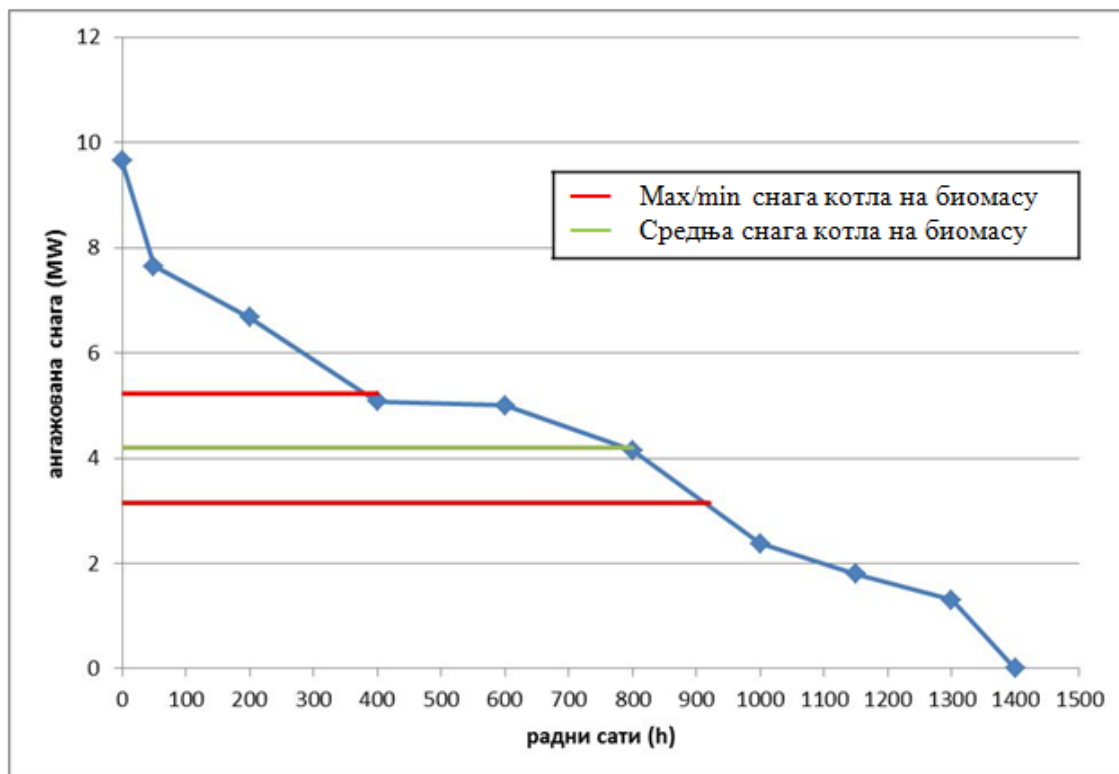
* 11 радних дана

Ia – ангажована снага котларнице за време зимског годишњег одмора

$P_{sr}=4,19$ MW – средње ангажована снага котларнице у 9h-часовном радном времену за грејну сезону 2011/2012

На основу података из Табеле I-9. конструисан је дијаграм оптерећења котларнице за сезону 2011/2012. Дијаграм је приказан на Слици I-2.

Сл. I-2. Дијаграм оптерећења (ангажована снага) за сезону 2011/2012 (22 радна дана, 9h/дан)



Уколико би се према датим подацима градио котао на чврсто гориво (биомасу) и уколико би радио у опсегу снаге 60-100% он би имао следеће радне параметре:

$P_{Sr} = 4.19 \text{ MW}$, $P_{max} = 5.23 \text{ MW}$, $P_{min} = 3.14 \text{ MW}$

Укупно предата енергија котларнице на мазут је:

5863 MWh

Котлом, са датим параметрима рада, на биомасу могуће би било заменити:

4153 MWh, замена 71 %

Котао би радио свега $\approx 920\text{h}$ и палио би се и гасио сваки дан.

Таб. I-12. Средње топлотно оптерећење котларнице за усвојено 9-часовно радно време и 22 радна дана за грејне сезоне 2011/2012 и 2013/2014

Mesec	X	XI	XII	I *	Ia *	II	III	IV
P_{sr} MW	1,19	3,62	5,07	7,15	1,1	5,34	3,10	1,2

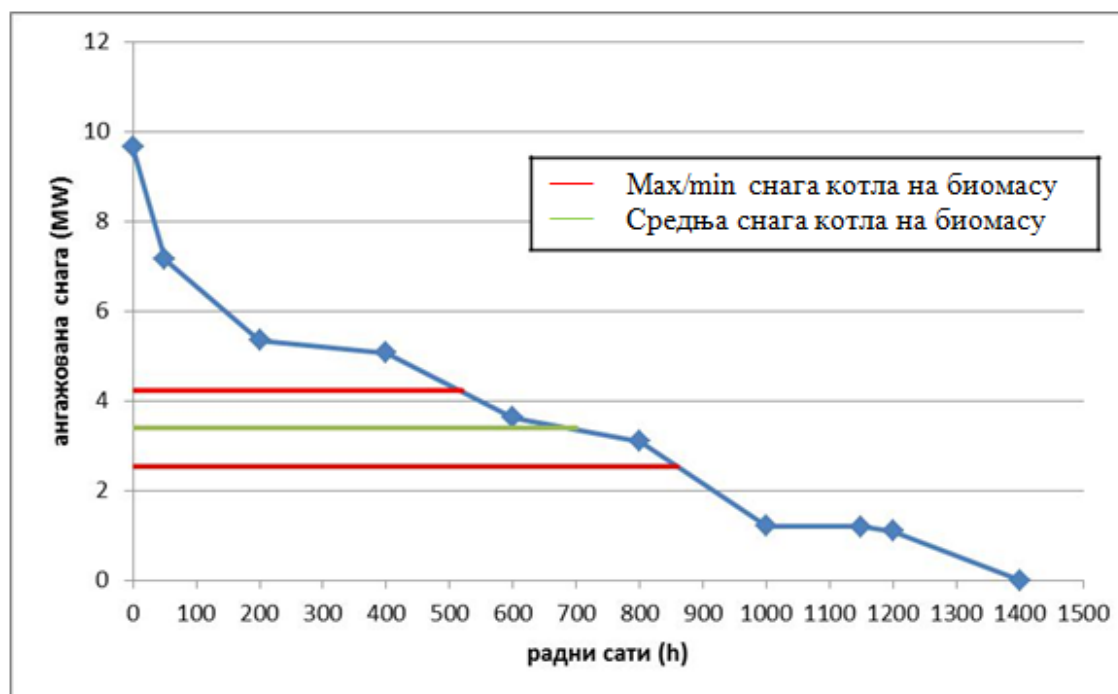
* 11 радних дана

Ia – ангажована снага котларнице за време зимског годишњег одмора

$P_{sr}=3,38$ MW – средње ангажована снага котларнице у 9h-часовном радном времену за грејну сезону 2011/2012 и 2013/2014

На основу података из Табеле 12. конструисан је усредњени дијаграм оптерећења котларнице за сезоне 2011/2012 и 2013/2014. Дијаграм је приказан на Слици I-4.

Сл. I-4. Усредњени дијаграм оптерећења (ангажована снага) за сезоне 2011/2012 и 2013/2014 (22 радна дана, радно време 9h/дан)



Уколико би се према датим подацима градио котло на чврсто гориво (биомасу) и уколико би радио у опсегу снаге 60-100% он би имао следеће радне параметре:

$$P_{sr} = 3,38 \text{ MW}, P_{max} = 4,22 \text{ MW}, P_{min} = 2,53 \text{ MW}$$

Укупно предата енергија котларнице на мазут је:

3600 MWh

Котлом, са датим параметрима рада, на биомасу могуће би било заменити:

2389 MWh, замена 66 %

Котло би радио свега $\approx 860\text{h}$ и палио би се и гасио сваки дан.

Таб. I-13. Средње топлотно оптерећење котларнице за усвојено 24-часовно радно време и 30,5 радна дана за грејне сезоне 2011/2012 и 2013/2014

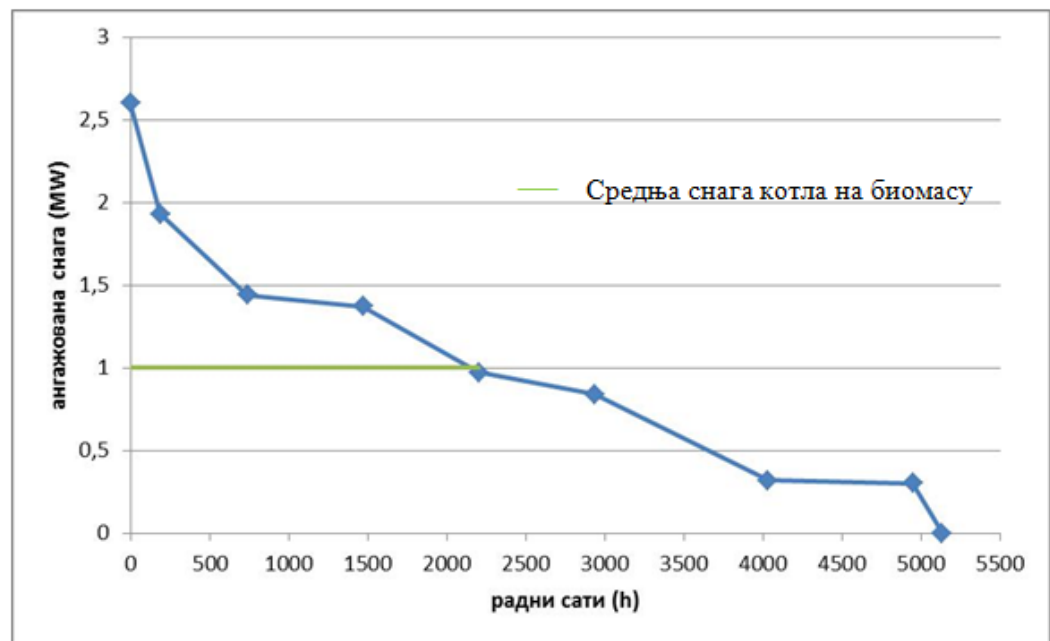
Mesec	X	XI	XII	I *	Ia *	II	III	IV
P_{sr} MW	0,32	0,97	1,37	1,93	0,30	1,44	0,84	0,32

* 15,5 радних дана

Ia – ангажована снага котларнице за време зимског годишњег одмора

$P_{sr}=1$ MW – средње ангажована снага котларнице за сезоне 2011/2012 и 2013/2014 (30,5 радна дана, радно време: 24h/дан)

На основу података из Табеле I-13. конструисан је дијаграм оптерећења котларнице за сезоне 2011/2012 и 2013/2014. Дијаграм је приказан на Слици 3.



Сл. I-5. Усредњени дијаграм оптерећења (ангажована снага) за сезоне 2011/2012 и 2013/2014 (30,5 радна дана, радно време: 24h/дан)

Razmatrane su tri moguće varijante predloga kotla na biomasu sa 24 časovnim radnim danom, 7 dana u nedelji

Kotlovi na čvrsta goriva nisu pogodni za česta gašenja i paljenja kao i za rad sa širokim opsegom snage. Zbog toga su razmatrane varijante sa celodnevnim radom sedam dana u nedelji i rad u opsegu snaga 60/100%. To su najoptimalniji uslovi rada kotlova na čvrsto gorivo. Ovakvi režimi rada zahtevaju ugradnju akumulatora toplote.

Варијанта 1

$P_{sr_1} = 0,8$ MW Стварна средња снага котла на биомасу

$P_{max_1} = 1$ MW

$P_{min_1} = 0,6$ MW

Овакав котао би радио 65 % укупног радног времена у грејној сезони и његовим радом би могло да се смањи употреба течног горива за 78%.

Варијанта 2

$P_{sr_2} = 1$ MW Усвојена средња снага котла на биомасу

$P_{max_2} = 1,25$ MW

$P_{min_2} = 0,75$ MW

Овакав котао би радио 60 % укупног радног времена у грејној сезони и његовим радом би могло да се смањи употреба течног горива за 85%.

Варијанта 3

$P_{sr_3} = 1,2$ MW Усвојена средња снага котла на биомасу

$P_{max_3} = 1,5$ MW

$P_{min_3} = 0,9$ MW

Овакав котао би радио 52 % укупног радног времена у грејној сезони и његовим радом би могло да се смањи употреба течног горива за 83%.

У даље разматрање економске исплативости рађено је само са варијантама 2 и 3, јер су показале боље параметре.

Izračunavanje kapaciteta akumulatora toplote

Капацитет акумулатора рачунат је на основу следеће формуле:

$$G_{acu} * 4,18 * (t_{max} - t_{min}) = Q_{Msr} * 9 * 5 * 3600 - Q_{Bmmax} * 9 * 5 * 3600$$

G_{acu} – Маса акумулатора /t/ (приближно m^3)

$(t_{max} - t_{min})$ – разлика максималне температуре воде у акумулатору и температуре повратне воде у котларницу у времену најхладнијих дана / $^{\circ}C$ /

Q_{Msr} – Средња снага котларнице при раду на мазут
/MW/ 9 – деветочасовно радно време котларнице 5 –
петодневна радна недеља
3600 – секунди

Величина акумулатора

За варијанту 2 $G_{acu} = 1650 \text{ t (m}^3\text{)}$

За варијанту 3 $G_{acu} = 1450 \text{ t (m}^3\text{)}$

Ekonomska analiza izgradnje kotla na biomasu (varijanta 3) zajedno sa akumulatorom toplote. Varijanta 3 je usvojena kao konačni predlog

Procena količine mazuta koja se može zameniti biomasom za razmatrane grejne sezone je 500t/god (400Evra/t), kojoj odgovara 1522t/god biomase

Procenjeni investicioni troškovi:

- Skladište za drvenu sečku 30.000 Evra
- Skladište za drvene trupce dužine 1m 75.000 Evra
- Uređaj za iveranje 20.000 Evra
- Interna manipulacija gorivom (traktor i ...) 30.000 Evra
- Sistem za transportn drvene sečke 16.000 Evra
- Priprema postojeće kotlarnice 10.000 Evra
- Kotao sa fluidizovanim slojem 160.000 Evra
- Akumulator toplote 120.000 Evra
- Priključenje kotla na postojeću mrežu 15.000 Evra
- Sistem za manipulaciju pepelom 15.000 Evra

Ukupno:

Za varijantu 1 sa kupovinom drvene sečke oko 400.000 Evra

Za varijantu 2 sa kupovinom drvnih trupaca 461.000 Evra

Таб. I-15 Инвестиције у обртна средства

Врста инвестиције	Укупан износ (€)
Гориво – биомаса (варијанта 1 дрвени чипс)	90.000
Гориво – биомаса (варијанта 2 цепанице)	60.000

⊕ Таб. I-16 Обрачун укупних трошкова

Трошак	Укупан износ (€)
Гориво – биомаса (варијанта 1 дрвени чипс)	90.000
Гориво – биомаса (варијанта 2 цепанице)	60.000
Режијски трошкови (струја, вода...)	3.000
Трошкови текућег одржавања	1.500
Трошкови инвестиционог одржавања	4.000
Трошкови за плате запослених	14.400
Манипулација пепелом (одвожење на депонију)	450
УКУПНО (варијанта 1)	113.350
УКУПНО (варијанта 2)	83.350

Таб. I-17 Обрачун укупних прихода/уштеда

Приход/уштеда	Укупан износ (€)
Уштеда у потрошњи мазута	207.500
Коришћење талога из резервоара мазута (само у првој години)	56.000

Таб. I-18 Анализа финансијске одрживости – варијанта 1 (нов акумулатор топлоте)

Ставке	1 год.	2 год.	3 год.	4 год.	5 год.
1. Приходи	263.500	207.500	207.500	207.500	207.500
Уштеда мазута	207.500	207.500	207.500	207.500	207.500
Коришћење талога мазута	56.000	0	0	0	0
2. Расходи	537.350	113.350	113.350	113.350	113.350
Укупна инвестиција	424.000	0	0	0	0
Укупни трошкови	113.350	113.350	113.350	113.350	113.350
3. Нето новчани ток (1-2)	-273.850	94.150	94.150	94.150	94.150

Таб. I-19 Рок враћања варијанта 1 (нов акумулатор топлоте)

Година	Приходи	Расходи	Дисконтовани приходи	Дисконтовани расходи	Неотплаћени део улагања
1.	263.500	537.350	263.500	537.350	-273.850
2.	207.500	113.350	192.130	104.954	-186.674
3.	207.500	113.350	177.898	97.179	-105.955
4.	207.500	113.350	164.722	89.982	-31.215
5.	207.500	113.350	152.574	83.346	38.013

Рок враћања: 4,5 године

Нето садашња вредност: 719.179 €

Интерна стопа рентабилности: 14%

Таб. I-22 Анализа финансијске одрживости – варијанта 2 (нов акумулатор топлоте)

Ставке	1.год.	2.год.	3.год.	4.год.	5.год.
1. Приходи	263.500	207.500	207.500	207.500	207.500
Уштеда мазута	207.500	207.500	207.500	207.500	207.500
Коришћење талога мазута	56.000	0	0	0	0
2. Расходи	572.350	83.350	83.350	83.350	83.350
Укупна инвестиција	489.000	0	0	0	0
Укупни трошкови	83.350	83.350	83.350	83.350	83.350
3. Нето новчани ток (1-2)	-308.850	124.150	124.150	124.150	124.150

Таб. I-23 Рок враћања варијанта 2 (нов акумулатор топлоте)

Година	Приходи	Расходи	Дисконтовани приходи	Дисконтовани расходи	Неотплаћени део улагања
1.	263.500	572.350	263.500	572.350	-308.850
2.	207.500	83.350	192.130	77.176	-193.896
3.	207.500	83.350	177.898	71.459	-87.457
4.	207.500	83.350	164.722	66.167	11.098

Рок враћања: 3,9 године

Нето садашња вредност: 996.727 €

Интерна стопа рентабилности: 10%

I-4 SWOT – АНАЛИЗА



Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> • Нижи трошкови грејања • Јефтиније гориво • Смањено загађење животне средине • Кратак рок повраћаја инвестиције • Пример добре праксе замене фосилног горива са обновљивим 	<ul style="list-style-type: none"> • Високи инвестициони трошкови • Нижи степен искоришћења котлова на биомасу у односу на мазут и гас • Потребно је изградити велико складиште за биомасу
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> • Смањење зависности од фосилних горива • Коришћење обновљивог горива • Упошљавање додатних људи • Усавршавање младих стручњака из области енергетике из Института и са факултета на новом постројењу 	<ul style="list-style-type: none"> • Неизвесност у дугорочном снабдевању горивом • Неповерење банака у ову врсту пројеката • Пораст цена горива (биомасе)

Zaključak

Zaključak direktno preneseno iz elaborat

I-5 ZAKLJUČAK I DELA

На основу спроведене анализе недвосмислено се намеће закључак да је идеја о замени старих мазутних котлова новим котлом на биомасу у потпуности оправдана. Изградња новог котла не искључује рад старих мазутних котлова и гашење тог дела котларнице. Овим пројектом је планирано да ти котлови раде у вршним отерећењима, као и у случају квара котла на биомасу. Оправданост изградње котла на биомасу се огледа у веома брзој економској исплативости овог пројекта, од 2,9 до 4,5 година, што је за пројекте из области енергетике импозантан податак. Поред директних користи које би имао Институт имплементацијом овог пројекта, а које се огледају у смањењу трошкова за грејање, треба навести и индиректне користи које дају додатну тежину самом пројекту као што су упошљавање додане радне снаге у Институту, смањење загађења животне средине услед редукције емисије угљендиоксида (CO_2 , 1.600t/god.) као гаса са ефектом стаклене баште, коришћење обновљивог горива, прилика за усавршавање младих кадрова, ангажовање домаће индустрије, пример добре праксе супституције фосилног горива обновљивим, повећано ангажовање свих запослених у ланцу коришћења биомасе, отварање нових радних места, побољшање имиџа Института и слично.

Krajnji zaključak

Ukoliko se obezbedi siguran snabdevač drvnom sečkom preporučili bi usvajanje varijante sa kupovinom drvne sečke, koja je nešto finansijski neponovljiva ali znatno pouzdanija u eksploatacionom smislu.

Hvala na pažnji