

## IZRADA MODELA UŠTEDE TOPLOTNE ENERGIJE U RAFINERIJU OLOVA "TREPČA" U ZVEČANU

### MODEL DEVELOPMENT OF SAVING HEAT ENERGY IN LEAD RAFINERY "TREPČA" IN ZVEČAN

M.BARAĆ\*, Z. POPOVIĆ\*\*, Z.BARAĆ\*

\*Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica

\*\*Univerzitet u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet, Beograd

#### IZVOD

U radu je izrađen model uštede toplotne energije u novoj rafineriji olova "Trepča" u Zvečanu. U tom pravcu date su tehnološko – energetske karakteristike procesa rafinacije po fazama. Parametri procesa osnovne linije rafinacije prikazani su tabelarno. Izvršen je proračun podataka za izradu modela.

Toplota koju nose dimni gasovi nastali sagorevanjem goriva, odnosno zagrevanjem rafinacionih kazana, može se ponovo vratiti u proces, ili iskoristiti za druge namene. Zavisnosti tehnološkog kapaciteta rafinerije od frekvencije rada takode su date tabelarno, kao i tehničko - tehnološki podaci za izradu modela. U tom cilju izvršena je analiza mogućnosti iskorišćenja energije iz procesa rafinacije.

Na kraju: dakle, u pogonu rafinacije korišćen je linearni model energetske optimizacije proizvodnog sistema. Analiza je vršena za ceo dijapazon proizvodnih kapaciteta, a na slikama u prilogu date su dijagramske zavisnosti intenziteta loženja od vremena. Na dijagramima su predstavljene mogućnosti vraćanja energije dimnih gasova u proces.

**Ključne reči:** energija, metalurgija, goriva, sagorevanje, štednja

#### ABSTRACT

Model development of saving heat energy in the new lead refinery "Trepča" in Zvečan is introduced in the paper. Technological – energetically characteristics of refine process for every level apart are introduced in that way. Parameters of process of refinery basic line are showed trough tables. All calculations for model development have done also.

Heat of gases which born in combustion process having fuel combustion and warning kettles can be recovered and utilize in process or for other utility. Depends on refinery technological capacity and frequency of work are given trough tables. Technical – technologically data are introduced trough tables also. To that objectives made analyze of possibility energy utilize from refines process.

On the end so, the linear model was used in the refinery department for energetically optimozation of produce system. Analyze was made including all diapason of produce capacity and in extra contribution are given dependences of stoking intensive and time. Possibilities of recovering heat energy of gases from the process are introduced in diagrams.

**Key words:** energy, metallurgy, fuels, combustion, saving

## UVOD

U metalurškim pogonima proces proizvodnje predstavlja ustvari, transformaciju radne materije od sirovine, preko poluproizvoda do gotovih proizvoda uz utrošak energije. Za transformaciju radne materije koristi se jedan deo energije (korisna energija), dok drugi deo energije na različite načine odlazi u okolinu (gubici).

Sa stanovišta korišćenja energije, proces je efikasniji ukoliko je odnos između korisne energije i ukupne količine energije unete u proces, bliži jedinici.

Iskustvo razvijenih zemalja pokazuje da one kontinuirano smanjuju potrošnju energije 1.5-2.5% godišnje uz istovremeni porast nacionalnog dohotka. To uspešno ostvaruju povećanjem efikasnosti transformacije toplotne energije, smanjenjem gubitaka toplotne energije koja se predaje okolini, korišćenjem otpadnih toplota na razne načine i efikasnijim korišćenjem materijala.

U metalurgiji olova postoje realne mogućnosti za racionalizaciju potrošnje i uštedu energije. Naročito je karakteristično sniženje specifične potrošnje energije kroz iskorišćenje otpadne toplote tehnoloških procesa.

Dimni gasovi od sagorevanja goriva nose značajnu količinu toplote u toku rafinacije. Iako su procesi rafinacije manje intenzivni od šahtnog topljenja, ipak se, s obzirom na kvantitet, a u nekim fazama i na kvalitet otpadnih dimnih gasova iz ložišta rafinacionih kazana, ovde pružaju realne mogućnosti iskorišćenja toplote.

U delu pogona rafinerije, kod osnovne rafinacije, korišćen je linearni model energetske optimizacije proizvodnog sistema. Model optimizacije potrošnje energije u novoj rafineriji sa teorijskog stanovišta (a prema projektnim parametrima nove i proizvodnim parametrima stare rafinerije) je realizovan.

## TEHNOLOŠKO – ENERGETSKE KARAKTERISTIKE PROCESA RAFINACIJE

Rafinacija sirovog olova se obavlja u više faza i izvodi sukcesivno. Pirometalurška ili plamena rafinacija u "Trepči" (osnovna linija) sastoji se od sledećih faza:

- odbakrivanje
- omekšavanje (odstranjivanje *As* i *Sb*)
- odcinkovanje
- odsrebravanje
- odbizmutavanje
- završna rafinacija (uklanjanje *Ca* i *Mg*)
- livenje olova

Sve operacije (osim druge koja se odvija u plamenim pećima) sprovode se u kotlovima – loncima normalnog kapaciteta od 280 t i 150 t.

Pri fazama rafinacije nastaju međuprodukti. Oni se prerađuju zbog izvlačenja kako olova, tako i pratećih metala: srebra i zlata. Takođe se dobija antimonova i bizmutova legura i bakarni kamen. Procesi se izvode u elektro, kratkobubnjastim, kupelacionim i plamenim pećima.

Odeljenja za proizvodnju legura i elektrolizu bizmuta predstavljaju jedinstvene tehnološke sisteme. Napajaju se energijom i gorivom iz istih izvora kao i hala osnovne rafinacije i hala međuprodukata. Odvod gasova sagorevanja uklapa se u centralni sistem.

U tabeli I dati su najvažniji parametri osnovne linije rafinacije olova. Na osnovu nje može se stvoriti slika o dimnim gasovima na izlazu iz ložišta kotlova, njihovoj temperaturi, režimu loženja i hlađenja, vremenu trajanja procesa i sl. Na osnovu ovih parametara vrši se proračun temperature dimnih gasova u magistralnom dimovodu [9].

Tabela I - Parametri procesa osnovne linije rafinacije

Table I - Parameters of process of refine basic line

faza procesa	temperatura (°C)	režim hlađenja-loženja	realno vreme trajanja procesa (h)	Kapacitet kazana (t)	broj kazana	primedba
doprema sirovog olova - grubo odbakrivanje	750 – 850	hlađenje	12	280	1	
završno odbakrivanje	330	hlađenje	20	280	2, 3	
omekšavanje	330 – 750	loženje	12	280	4, 6	plamena peć
odsrebravanje	380 – 750	intenzivno loženje	10	280	7, 8, 9, 10	
završno odsrebravanje	330	intenzivno loženje	14	280	7, 8, 9, 10	
odcinkavanje	600 – 650	loženje	12	150	11, 13	vakuum
odbizmutavanje	400 – 330	intenzivno hlađenje	25	280	12, 14, 15	
pranje – završna rafin.	420 – 450	loženje	10	280	16, 17	
livenje	400 – 450	loženje	10	280	18, 19	
ukupno trajanje procesa			125			
legiranje		loženje	10	280, 150, 50	18, 19	po potrebi
zbirno vreme trajanja procesa			135			

Treba napomenuti da su kazani od 280 t snabdeveni sa po dva gorionika a kazani od 150 t sa jednim. U ložištima su smešteni kombinovani gorionici i za mazut i za generatorski gas. Stvarna količina dimnih gasova je 1700 m<sup>3</sup>/h za generatorski gas i 1910 m<sup>3</sup>/h za mazut.

Sušтина mogućnosti korišćenja otpadne toplote iz ložišta rafinacionih kotlova je u potrebi da se sirovo olovo u toku tehnološkog procesa više puta intenzivno zagreva, više puta hladi (ponekad prinudno – hladnim vazduhom kroz ložište), održava na konstantnoj temperaturi, ponovo intenzivno zagreva, prepumpava iz jednog u drugi kotao itd [8]. Pri tome se tečnom olovu dodaju reaktanti i vrše različite faze rafinacije. Ovo uslovljava različite intenzitete loženja. To dovodi do različitih protoka gasova na izlazu iz ložišta kotlova i do njihovih različitih kvaliteta.

### OPŠTE NAPOMENE ZA RAFINERIJU

Sa stanovišta mogućnosti racionalizacije energije, rafinerija olova je veoma povoljan tehnički sistem. Međutim, kako ovaj pogon raspolaže sa više desetina peći koje su ponekad veoma različite u tehničkom i ekonomskom smislu, taj zadatak je složen.

U osnovi, šarža sirovog olova prolazi niz uzastopnih operacija do završetka legiranja, ali neke od ovih operacija mogu da se izostave, skrate ili ponove. Prerada međuprodukata je zasebna “grana” u rafineriji, koja se karakteriše po veoma heterogenim termičkim uređajima. Sistem se dodatno komplikuje jer postoji više mogućih goriva za rafineriju:

- siromašni generatorski gas is sopstvene gasifikacije
- bogati “kosovski” gas iz Obilića
- mazut i
- prirodni gas (buduće gorivo u “Trepči”)

Razlozi za opredeljenje osnovnog goriva u rafineriji za prirodni gas su:

- cena jedinice energije
- pogodnost goriva u tehnološkom pogledu
- pogodnost goriva u ekološkom pogledu.

Da bi se izvršila tehnička optimizacija potrošnje energije u rafineriji, bilo je potrebno da se izvrši opredeljenje za mesto ugradnje izmenjivača toplote. Smatra se da je za rafineriju olova povoljnije da to budu granski izmenjivači tj. da svaki kazan (bilo od 280 t ili 150 t) ima svoj izmenjivač. Naravno da nije neophodno da se izmenjivači ugrade na svim kazanima, već to može da ide sukcesivno.

Uvođenje tehničkog kiseonika za intenziviranje loženja rafinacionih kazana nema ni tehničkog ni ekonomskog opravdanja.

Sledeći ozbiljan problem koji se mora pretpostaviti je tehnički kapacitet postrojenja rafinerije. Tehnički kapacitet je ograničen proizvodnjom sirovog olova u prethodnim fazama. Jasno je, međutim, da tehnički kapacitet (tj. uposlenost kapaciteta) ima bitnog uticaja na krajnju mogućnost racionalizacije energije u rafineriji. U tabeli II data je zavisnost tehničkog kapaciteta rafinerije po sirovom olovu ( $Nt$ , t/god) od frekvence početka ciklusa procesa rafinacije ( $f$ ).

h). Na bazi ovih podataka lako se može doći do kapaciteta postrojenja po rafinisanom olovu.

*Tabela II - Zavisnost tehničkog kapaciteta rafinerije (Nt) od frekvence rada (f)*

*Table II - Dependence of technical capacity of refinery (Nt) and frequency of work (f)*

frekvencija rada, $f (h)$	tehnički kapacitet, $Nt$ ( $t/god \times 103$ )	broj operacija godišnje, $op.$ ( $op/g$ )	primedba
48 (2 dana)	54.5	165	čvrsto olovo
36 (1.5 dana)	72.6	220	
24 (1 dan)	92.4	330	Tečno olovo
18 (0.75 dana)	145.2	440	

Iz tabele II vidi se da kod niske frekvence rada rafinerije (48 do 36 h) praktično već u topionici dolazi do zamrzavanja olova u kazanima, što se mora uzeti u obzir (jer predstavlja značajan utrošak energije).

Kada se sve izneto uzme u obzir, može se konstatovati:

- puna uposlenost nove rafinerije olova može se očekivati tek nakon obezbeđenja dovoljne količine sirovina za prethodne faze;

- na "kosovski gas" za loženje rafinerije se ne može računati jer je postrojenje u Obiliću dotrajalo i nedovoljnog je kapaciteta; za potrebe nove rafinerije nema dovoljno gasa iz sopstvene gasifikacije, a neracionalno je da se proširuje.

- kao realno gorivo u rafineriji ostaje mazut a uskoro i prirodni gas.

Sva dalja razmatranja biće izneta uzimajući u obzir mazut i prirodni gas kao gorivo u novoj rafineriji, kako je ovo istovremeno i najpovoljnije tehničko, energetska, ekonomsko i ekološko rešenje.

### **PRORAČUN PODATAKA ZA IZRADU MODELA UŠTEDE ENERGIJE**

Rekuperacija energije na granskim vodovima je moguća. Tu se međutim postavlja pitanje šta učiniti sa rekuperisanom energijom. Logično bi bilo da se ona iskoristi za predgrevanje vazduha za loženje iste faze rafinerije olova. U tom slučaju odričemo se one energije (koja bi se mogla iskoristiti) koja se odvodi u fazama hlađenja: grubo-1 i završno-2 odbakrivanje, završno odsrebravanje-5 i odbizmutavanje-7. U ovim fazama se kroz ložište kazana produvava hladan vazduh kako bi se ubrzalo hlađenje. Temperatura ovog vazduha zavisi od faze rafinacije, faze procesa i veličine kazana. Ako se ovako postavi problem, tada nema faze u procesu rafinacije olova koja ne može dati povratnu energiju za proces. U tom slučaju međutim, faze hlađenja ne troše vazduh za loženje, pa to znači da se ta iskorišćena toplota mora koristiti u nekoj drugoj

fazi (kada se vrši loženje), u preradi međuprodukata (što je moguće) ili na nekom trećem mestu. Tehnički, ovo znači da bi bilo potrebno da se izgrade tri voda za vreli vazduh, longitudinalno kroz rafineriju. Oni bi povezivali reku-peratore i gorionike. Sistemom zasuna bi se vreli vazduh odvodio od reku-peratora na bilo koji gorionik. Na taj način bi se toplota, rekuperisana u bilo kom trenutku, mogla na bilo kom mestu iskoristiti, tamo gde je i moguće. U tom cilju su napravljeni i toplotni bilansi svih faza procesa rafinacije olova (1A, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10). Rezultati tih proračuna dati su u tabeli III. Podaci u tabeli predstavljaju:

- 1A, 1, 2, ..., 10 – faze tehnološkog procesa rafinacije olova u standardnom slučaju

- naziv faze, npr. 3 – omekšavanje

- temperatura olova u kazanu za vreme odgovarajuće faze ( $^{\circ}C$ )

- temperature izlaznih dimnih gasova iz ložišta kazana za vreme odgovarajuće faze ( $^{\circ}C$ )

- temperatura vazduha za sagorevanje (moguća temperatura podgrevanja vazduha) ili u fazama kada nema loženja

- temperatura rashladnog vazduha ( $^{\circ}C$ )

- za režim loženja uzeto je da iznosi 1 do 100 indeksnih jedinica. Pri tome 100 indeksnih jedinica odgovara intenzitetu loženja od oko 0.54MNJ. Ovaj relativni odnos je uzet kako bi se mogle prikazati sve faze i energetski odnosi među njima.

- vreme trajanja faze, uključivo u vreme prepumpavanja olova, tamo gde se primenjuje, u  $h$

- kumulativno vreme: za nulto vreme uzet je početak topljenja tj početak grubog odbakrivanja, u  $h$

- tip i broj kazana: A-kazan od 280 t, B-kazan od 150 t; 1,2,3, ..., 19 – broj kazana,

- toplota u otpadnim dimnim gasovima je takođe data u indeksnim jedinicama (poput režima loženja),

- toplota u dimnim gasovima koja se može iskoristiti u rekuperatoru, takođe u indeksnim jedinicama,

- primedbe i

- moguća ušteda goriva, ako bi se predgrejani vazduh koristio samo u istoj fazi rafinacije (dakle bez korišćenja toplote iz faza bez loženja). U tom slučaju bi za jednu šaržu rafinacije (faza 1A do 10) moguća ušteda goriva bila:

$$U = \sum_{i=1A}^{10} (R_i) \cdot \frac{Q_g}{100} \cdot \frac{\tau_i}{\tau}$$

$$U = 100 \cdot \frac{27,6}{100} \cdot \frac{7}{42} + 75 \cdot \frac{23,2}{100} \cdot \frac{12}{142} + 100 \cdot \frac{28,3}{100} \cdot \frac{10}{142} + 36 \cdot \frac{14,1}{100} \cdot \frac{12}{142} + 75 \cdot \frac{23,2}{100} \cdot \left( \frac{10+10+10}{142} \right) =$$

$$= 1,36 + 1,47 + 1,99 + 3,68 = 8,50\%$$

Dakle, ova ušteda može se ostvariti bez obzira na kapacitet postrojenja, recikliranje dela energije u stu fazu procesa, bez obzira na to koje bi se gorivo koristilo i svedena je na količinu goriva (energije) koja bi se trošila bez ikakve intervencije (rekonstrukcije).

Ako se sada podaci iz tabele III prikazu grafički i kombinuju sa podacima iz tabele II, (pri čemu vremenski pomeraj početka uzastopnih procesa rafinacije zavisi od kapaciteta postrojenja), sledi da je za dovoljno veliki kapacitet postrojenja moguće iskoristiti svu iskoristljivu toplotu ( $Q_u$ ), a ne samo toplotu iz uštedenog goriva ( $Q_g$ ). Da bi se ovo ostvarilo mora se čitav proces energetski modelirati.

U teorijskom smislu moguća ušteda bila bi uvećana za doprinose iz faze bez loženja. Na taj način bi teorijska ušteda goriva premašila 65%. Ovo naravno nije tehnički izvodljivo, ali nam može poslužiti da otkrijemo faze u kojima je ušteda najveća. Ovde su uzete faze 1A, 9 i 10 koje nisu obavezne, ali one značajno doprinose uštedi goriva. Ako se one eliminišu slika se bitno menja. Potrebno je napomenuti da bi eventualni višak vrelog vazduha, po ovom modelu trebalo da se koristi npr. u preradi međuprodukata (što nije prikazano u tabelama).

Tabela III - Tehničko-tehnološki podaci za izradu modela uštede energije u novoj rafineriji

Table III - Technical-tehnological data for model development of heat energy saving in the new refinery

R. br.	temperature			režim loženja indeks $R_l$	vreme		tip i broj kazana	toplota u otpadnom gasu indeks		Pri-medba	ušteda goriva % $Q_g$
	Olova t. Pb	Izlaz gasa tg	Ulaz vazduha tl		Fazno $\tau_f$	Kumulativno $\tau$		Ukupno $Q_u$	iskor. $Q_i$		
1A	20-330	700	20/500	100	7	7	A/1	33.8	28.1	izuzetno	27.6
1	850-750	785	20	0	12	19	A/1	-	13.2	ili faza 1A ili faza 1	
2	750-330	460	20	0	20	39	A/2,3	-	11.3		
3	750	700	20/420	75	12	51	A/4,6	25.3	21.1	plamena peć	23.2
4	380-750	700	20/500	100	10	61	A/7,8,9,10	34.7	28.8		28.3
5	330	485	20	0	14	75	A/7,8,9,10	34.7	28.8		
6	600-650	700	20/450	36	12	87	B/11,13	17.3	14.4	vakuum	14.1
7	400-330	460-485	20	0	25	112	A/12,14,15	-	12.3	hlađenje i intenzivno hlađenje	
8	420-450	700	20/420	75	10	122	A/16,17	25.3	21.1		23.2
9	400-450	700	20/420	75	10	132	A/18,19	25.3	21.1		23.2
10	420-450	700	20/420	75	10	142	A/18,19	25.3	21.1	Prema potrebi	23.2

## ANALIZA MOGUĆNOSTI ISKORIŠĆENJA ENERGIJE IZ PROCESA RAFINACIJE OLOVA

Poznato je kod izrade modela energetske optimizacije proizvodnog sistema, da imamo više nivoa analize načina kvantitativnog iskazivanja ulaznih podataka i efekata raznih energetske transformacija kod proizvodnih celina.

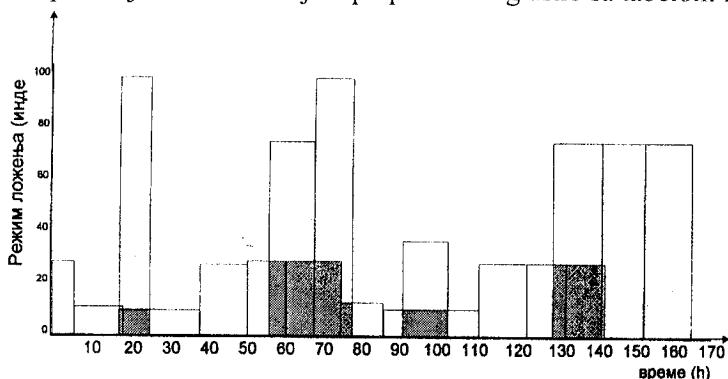
Za pogon rafinerije olova upotrebljen je "treći nivo", što predstavlja korišćenje optimizacionih kriterijuma. Svaki optimizacioni kriterijum daje svoju varijantu optimalnog sistema. Moguće je dakle isti sistem optimizirati po raznim optimizacionim kriterijumima.

Dakle, kod primene linearnog modela energetike korišćen je samo jedan optimizacioni kriterijum.

Pirometalurška ili plamena rafinacija olova ima svoj definisani tehnološki proces, kako po temperaturama u svakoj fazi, tako i po vremenu odvijanja pojedine faze procesa što je prikazano u tabeli III. Proces rafinacije olova se sastoji iz smanjivanja faza loženja (zagrevanje sadržaja kazana) i hlađenja (obaranje temperature sadržaja kazana). Ovde se potreba za iskorišćavanjem energije, koja se u sadašnjem tehnološkom lancu nepovratno gubi, sama po sebi nameće.

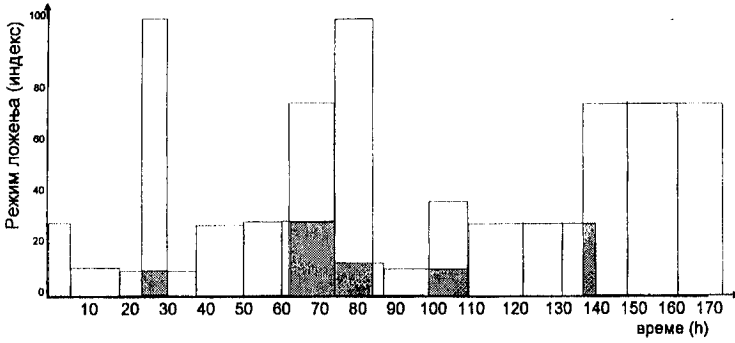
U ovom razmatranju se nije vodilo računa o tome koja se vrsta goriva koristi za loženje. U naknadnoj analizi se i to može uzetu u obzir. Energija unešena u proces, kao i energija koja se može iskoristiti (ne vodeći računa o tome na koji način) predstavljena je bezdimenzionalnim indeksima loženja (100. indeksnih jedinica odgovara intenzitetu loženja od 0,54MNJ). Međutim, vodilo se računa o tome u kojem se kazanu vrši pojedinačna faza loženja (ili hlađenja) i kojim se intenzitetom vrši loženje ili hlađenje. Npr. kazani od 280 t imaju 2 gorionika, i u prvoj fazi topljenja je intenzivno loženje – indeks loženja 100.

Analiza je rađena za ceo dijapazon proizvodnih kapaciteta postrojenja od 32.670 t-130.670 t olova što je predstavljeno na dijagramima. Na dijagramu ordinata predstavlja intenzitet loženja iskazan u indeksima – relativnim odnosima, a apscisa je vreme. Ovo je u potpunosti saglasno sa tabelom III.

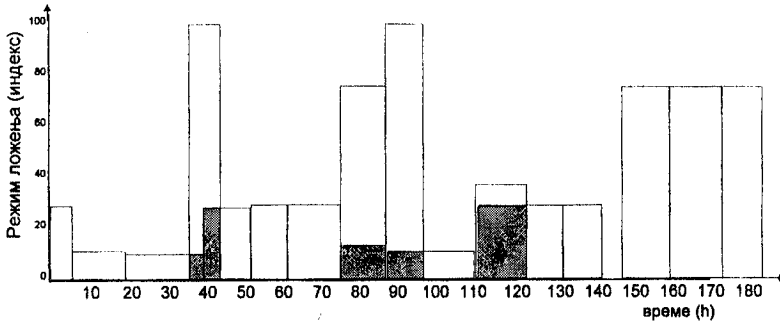


Slika 1 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces pri godišnjem kapacitetu postrojenja od 130670 t Pb  
Figure 1 - Return possibility of losing energy in process for the construction capacity 130670 t per annum

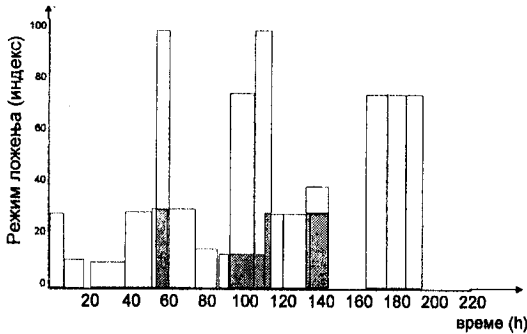




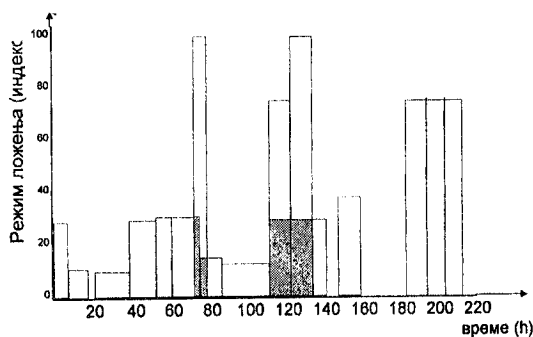
Slika 2 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces pri godišnjem kapacitetu postrojenja od 98000 t Pb  
 Figure 2 - Return possibility of losing energy in process for the construction capacity 98000 t per annum



Slika 3 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces pri godišnjem kapacitetu postrojenja od 65350 t Pb  
 Figure 3 - Return possibility of losing energy in process for the construction capacity 65350 t per annum



Slika 4 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces pri godišnjem kapacitetu postrojenja od 43550 t Pb  
 Figure 4 - Return possibility of losing energy in process for the constructino capacity 43550 t per annum

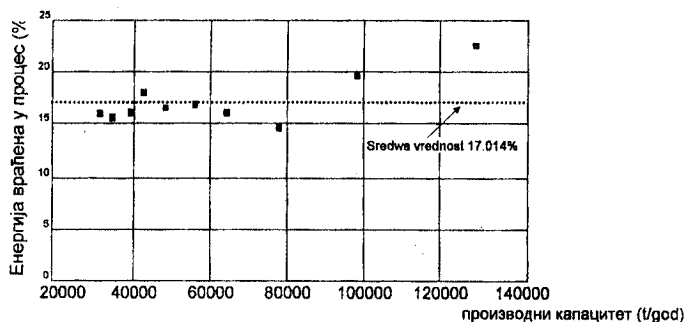


*Slika 5 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces pri godišnjem kapacitetu postrojenja od 32670 t Pb*  
*Figure 5 - Return possibility of losing energy in process for the construction capacity 32670 t per annum*

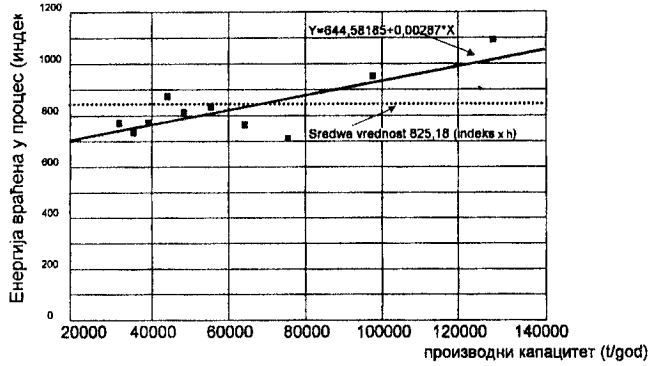
Svaki dijagram predstavlja jedan određeni kapacitet. Dakle, ti različiti kapaciteti su predstavljeni na slikama 1 do 5. Šrafirano (zatamnjeno) područje na dijagramu predstavlja mogućnost uštede toplotne energije prema relativnim jedinicama za taj kapacitet. Kada se uzmu u obzir svi kapaciteti (od 32.000 do 130.000 t olova godišnje) i predstave na dijagramu onda je mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces znatno povećana. To povećanje u procesu iznosi 17,014%.

Znači, ako bi se pregrejani vazduh koristio u istoj fazi procesa rafinacije (bez korišćenja toplote iz faza bez loženja) u tom slučaju bi za jednu šaržu rafinacije (faze od 1A do 10) moguća ušteda energije bila 8,50%.

U prilogu su dakle, na slikama (od 6 do 10) predstavljeni skupni dijagrami: energija vraćena u poces – kapacitet postrojenja, sa mogućim uopštenim krivama zavisnosti.

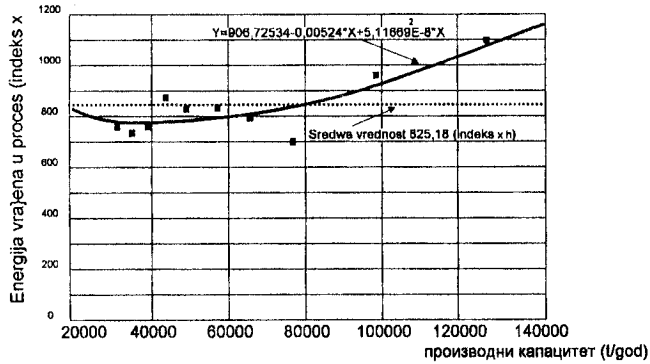


*Slika 6 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces (%) u zavisnosti od godišnjeg kapaciteta postrojenja*  
*Figure 6 - Return possibility of losing energy in process (%) depended on construction capacity per annum*



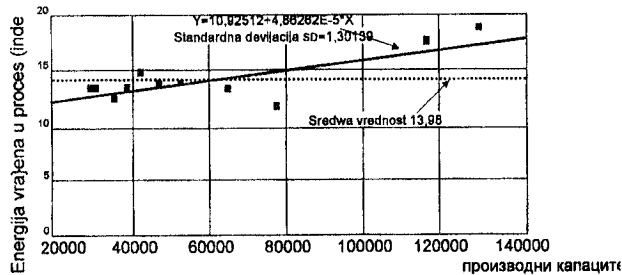
Slika 7 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces (indeks loženja x h ) u zavisnosti od godišnjeg kapaciteta postrojenja (linear fit.)

Picture 7 - Return possability of losing energy in process (stoking indeks x h ) depended on construction capacity per annum (linear fit)



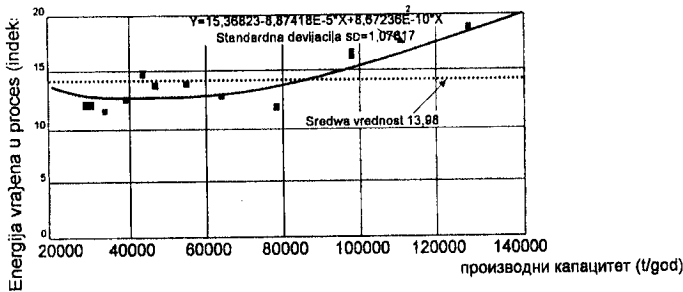
Slika 8 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces (indeks loženja x h ) u zavisnosti od godišnjeg kapaciteta postrojenja (linear fit)

Figure 8 - Return possability of losing energy in process (stoking indeks x h ) depended on construction capacity per annum (linear fit)



Slika 9 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces (indeks loženja) u zavisnosti od godišnjeg kapaciteta postrojenja (linear fit)

Figure 9 - Return possability of losing energy in process (stoking indeks) depended on construction capacity per annum (linear fit)



*Slika 10 - Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces (indeks loženja) u zavisnosti od godišnjeg kapaciteta postrojenja (poli. fit)*  
*Figure 10 - Return possibility of losing energy in process (stoking indeks) depended on construction capacity per annum (poli. fit)*

Na slici 7 prikazan je dijagram gde je na ordinati energija vraćena u proces (indeks loženja  $x$   $h$ ) a na apscisi proizvodni kapacitet (t/god). Loženje se odvija od 700 indeksnih jedinica do 1150 indeksnih jedinica. Mogućnost vraćanja izgubljene energije u proces u zavisnosti od godišnjeg kapaciteta postrojenja data je linearnom funkcijom. Za očekivati je drastičniji (oštriji) nagib ove zavisnosti pogotovo ako se tri faze rafinacije (1A-topljenje, 9-livenje, 10-legiranje) ne uzmu u obzir (sa drugim skraćenim vremenom).

Kako se čini da prava regresije ne predstavlja dovoljno tačno ovu zavisnost, to je na slici 8 prikazana kriva regresije u obliku parabole (kvadratna jednačina). Ona dosta bolje opisuje stanje (njen minimum je pri kapacitetu 50.000 t/g), ali za kapacitete iznad 50.000 t/g.

Na kraju, na slikama 9 i 10 dat je procenat iskorišćene energije u odnosu na proizvodne kapacitete kod pravolinijske zavisnosti standardna devijacija je dosta niska,  $SD = 1.30139$  (slika 9). Zato je ova zavisnost predstavljena kvadratnom jednačinom (slika 10). Vrednost standardne devijacije je mnogo manja,  $SD = 1.07617$  pa je ovako prikazivanje mnogo bolje. Ovde se ustvari vidi da su iskorišćenja toplote od 8,5% porasla na 20% za visoke kapacitete.

Kod same "kritike" modela optimizacije potrošnje energije u novoj rafineriji, neophodno je navesti nekoliko primedbi:

- nova rafinerija nije uvek puštna u pogon pa više podataka treba da se verifikuje u praksi
- ograničavajući parametar je vezivanje za gorivo koje nije definisano (prirodni gas, mazut...).
- proces rafinacije je uzet kao idealan proces. To u praksi nije tako (postoje zastoji u procesu, kvarovi, intervencije itd.),

Uzete su u izradi modela i tri faze rafinacije koje nisu standardni deo procesa (1A, 9, 10),

Neophodno je ozbiljno usavršavanje modela, paralelno sa usavršavanjem procesa.

## LITERATURA

- [1] M. Jovanović: Energija u metalurgiji, Zavod za produktivnost, Zagreb 1978.
- [2] M. Tomečak: Štednja energije u industriji, Zavod za produktivnost, Zagreb 1985.
- [3] Z. Popović, K. Raić: Peći i projektovanje u metalurgiji – Zbirka rešenih zadataka, Zavod za grafičku tehniku, T.M.F.-Beograd 1988.
- [4] G. Jankes, M. Karan, M. Stanojević: Racionalizacija korišćenja energije kod industrijskih peći, Naučno-stručni skup, Kopaonik 1955.
- [5] G. Jankes: Povećanje energetske efikasnosti i korišćenje otpadne toplote, Industrijsa energetika '94, Beograd 1994.
- [6] D. Stanković: Energetika u metalurgiji, sažimanje energetskih ponora, korišćenje potencijalnih izvora energije, I Savetovanje metalurga Jugoslavije, Smederevo 1994.
- [7] M. Barać: Efikasnost izdvajanja prašine u vrećastim filtrima u zavisnosti od radnih parametara u topionici olova "Trepča", Magistarski rad, T.M.F.-Beograd 1986.
- [8] M. Barać, Z. Barać: Optimizacija korišćenja toplotne energije u metalurgiji olova "Trepča" u Zvečanu, V savetovanje metalurga Jugoslavije, Novi Sad, 2001.
- [9] Z. Popović, B. Nikolić, M. Barać: Istraživanje konstruktivno-energetskih mogućnosti otpadnih gasova iz ložišta rafinacionih kotlova rafinerije olova "Trepča", Istraživačko-razvojni projekat, T.M.F.- Beograd 1994.
- [10] B. Nikolić: Proizvodnja električne energije i zaštita životne sredine, "Tehnika", Beograd
- [11] M. Barać: Projektna dokumentacija RMHK "Trepča" – Zvečan
- [12] B. Nikolić: Aerozagadenost u metalurgiji olova, T.M.F.- Beograd 2002.