

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**IZBOLJŠANJE ENERGIJSKE BILANCE V
PROIZVODNEM OBRATU KAMNOLOMA**

MAGISTRSKO DELO

Andrej Lavrenčič

Mentor: doc. dr. Henrik Gjerkeš

Nova Gorica, 2011

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki so mi pomagali pri izdelavi magistrske naloge.

NASLOV

Izboljšanje energijske bilance v proizvodnem obratu kamnoloma

IZVLEČEK

Vodenje proizvodnih obratov zahteva nenehno zmanjševanje stroškov proizvodnje in s tem doseganje nizke lastne cene izdelka. Ključni strošek v proizvodnem obratu kamnoloma je strošek energije. Podrobno smo analizirali rabo električne energije za celoten proizvodni obrat in rabo kurilnega olja v asfaltni bazi in določili strošek energije na enoto proizvoda. Slednji bo v prihodnjih letih služil kot osnova za merjenje energetske učinkovitosti proizvodnje.

Izvedli smo pregled možnosti za sistemsko izboljšanje energijske bilance proizvodnega obrata in podali tri predloge za izboljšave. Prvi predlog je regulacija vleka odpraševalnih naprav v separaciji s frekvenčnimi regulatorji, kar je bilo že izvedeno v asfaltni bazi. Z ukrepom je mogoče na posameznem pogonu prihraniti približno 7.000 € na leto. Drugi predlog je zamenjava klinastih jermenov z zobatim ploščatim jermenom na pogonih ventilatorjev za odpraševanje. Zaradi razlike v izkoristku jermenov, ki znaša do 9 %, je mogoče letno na posameznem pogonu prihraniti približno 2.000 €. Tretji in najučinkovitejši ukrep, ki pa zahteva relativno visoka investicijska sredstva, je uporaba lesnih gradbenih odpadkov za ogrevanje v asfaltni bazi. Zbrane lesne gradbene odpadke z gradbišč celotne družbe Primorje bi predelali v sekance in jih uporabili kot gorivo za ogrevanje bitumna in cevovodov ter predgrevanje kamnitih agregatov v asfaltni bazi. S tem je mogoče letno prihraniti približno 210.000 € in zmanjšati emisijo toplogrednih plinov za skoraj 1.000 tCO_{2e}. Investicija znaša med 500.000 in 600.000 €, vendar se investicija izplača že po treh letih.

KLJUČNE BESEDE

Proizvodni obrat, kamnolom, separacija, asfaltna baza, betonarna, energijska bilanca, električna energija, kurilno olje, lesni odpadki, toplogredni plini.

TITLE

Improvement of the energy balance in the quarry production facility

ABSTRACT

Management of the production facilities requires continual manufacturing cost reduction and thus achievement of the product low own expense. The energy cost is the key cost in the quarry production facility. Electric energy use for the entire manufacturing plant and the use of the fuel oil in the asphalt batch plant were analyzed in detail and the energy cost per unit of product was determined. The later will be used as a basis for measuring the production energy efficiency in the following years.

The potential for systematic improvements of the manufacturing plant energy balance has been examined and three suggestions for improvement were given. The first suggestion is introduction of the frequency regulators for the dust remove system in the separation, as it has already been undertaken in the asphalt mixing plant. With this measure it is possible to save about 7.000 € per year per each drive. The second proposal is to exchange wedged straps with toothed flat straps on dust collector fan drives. Due to difference in the straps efficiency of about 9 % the possible annual saving on each drive is about 2.000 €. The third and most effective measure, which would require relative high investment means, is the use of wooden construction waste for heating in the asphalt plant. The collected wooden waste from all constructions sites, owned by the Group of Primorje, would be worked into wood chips and used as a fuel for heating bitumen and pipelines, as well as for preheating the stone aggregates in the asphalt plant. With this measure it is possible to save approximately 210.000 € per year and to reduce emission of the greenhouse gases for about 1.000 t_{CO2e}. The investment costs range between 500.000 and 600.000 €, however the investment proves profitable as early as in three years.

KEYWORDS

Production plant, quarry, separation, asphalt plant, concrete mixing plant, energy balance, electric energy, fuel oil, wooden waste, greenhouse gases.

KAZALO

1	UVOD	1
2	PREDSTAVITEV PROIZVODNEGA OBRATA	2
2.1	Kamnolom	2
2.2	Drobilnica in separacija	3
2.2.1	Primarni del drobilnice in separacije	4
2.2.2	Sekundarni del drobilnice in separacije	5
2.2.3	Terciarni del drobilnice in separacije	6
2.3	Asfaltna baza	6
2.4	Betonarna	7
3	ANALIZA PORABE VIROV ENERGIJ	9
3.1	Analiza porabe električne energije	9
3.2	Analiza porabe kurilnega olja	12
3.2.1	Analiza porabe kurilnega olja v asfaltni bazi	12
3.2.2	Analiza porabe kurilnega olja v betonarni	14
3.2.3	Analiza porabe kurilnega olja za potrebe uprave	15
4	PREGLED MOŽNOSTI ZA CELOVITO IZBOLJŠANJE ENERGIJSKE BILANCE PROIZVODNEGA OBRATA	16
4.1	Organizacijski ukrepi	16
4.2	Investicijski ukrepi	17
5	PREDLOGI REŠITEV ZA CELOVITO IZBOLJŠANJE ENERGIJSKE BILANCE PROIZVODNEGA OBRATA	19

5.1	Regulacija hitrosti vrtenja elektromotorjev	19
5.1.1	Prihranek energije z vgradnjo frekvenčnega regulatorja v asfaltni bazi	20
5.2	Proučitev pogonskih prenosov	24
5.3	Ogrevanje v asfaltni bazi z lesno biomaso	25
5.3.1	Biomasa	26
5.3.2	Potrebne količine biomase za ogrevanje v asfaltni bazi	27
5.3.3	Zagotavljanje lesne biomase	28
5.3.4	Prednosti in slabosti ogrevanja z lesno biomaso	29
5.3.5	Emisija ogljikovega dioksida pri ogrevanju asfaltne baze s kurilnim oljem v letu 2009	30
5.3.6	Zmanjšanje emisije ogljikovega dioksida pri ogrevanju asfaltne baze z lesno biomaso	31
5.3.7	Prihranek pri ogrevanju asfaltne baze z lesno biomaso	33
5.3.8	Zakonodaja – emisija kotlov na lesno biomaso	34
5.3.9	Zakonodaja – kurjenje gradbenega odpadnega lesa	35
5.3.10	Lokacija kotla na lesno biomaso v asfaltni bazi	36
5.3.11	Ocena investicije in vračilna doba investicije	37
5.3.12	Ocena zmanjšanja emisije CO ₂	41
6	ZAKLJUČKI	42
7	LITERATURA	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokacija proizvodnega obrata kamnoloma Laže	2
Slika 2: Nakladanje kamnitega materiala v kamnolomu	3
Slika 3: Postrojenje separacije	4
Slika 4: Asfaltna baza	7
Slika 5: Betonarna za mešanje betonov	8
Slika 6: Shema meritev električne energije v proizvodnem obratu kamnoloma	10
Slika 7: Poraba elektrike v proizvodnem obratu kamnoloma od 2005 do 2009	11
Slika 8: Poraba kurilnega olja v asfaltni bazi v letu 2009	14
Slika 9: Regulacija vleka v filtru	20

KAZALO TABEL

Tabela 1: Poraba električne energije in proizvodnja v obratu kamnoloma	10
Tabela 2: Poraba električne energije na enoto proizvoda	11
Tabela 3: Poraba kurilnega olja v asfaltni bazi	13
Tabela 4: Poraba kurilnega olja v asfaltni bazi v letu 2009	13
Tabela 5: Poraba kurilnega olja v betonarni, kamionski tehtnici in upravi	15
Tabela 6: Podatki meritev električnega toka in prihranek	24
Tabela 7: Izmerjena poraba kurilnega olja in ocenjena količina lesne biomase v letih 2005 – 2009 in povprečje	28
Tabela 8: Tabela emisij CO ₂ pri izgorevanju fosilnih goriv (Priročnik, 1997)	30
Tabela 9: Emitirana količina ogljikovega dioksida od 2005 do 2009	31
Tabela 10: Izračun zmanjšanja emisije ogljikovega dioksida	32
Tabela 11: Izračun prihranka pri ogrevanju bitumna in transportnih cevovodov	33
Tabela 12: Prihranek pri predgrevanju kamnitih agregatov	34
Tabela 13: Mejne vrednosti za vsebnost nevarnih snovi v lesu, ki je obdelan z zaščitnimi sredstvi in premazi	36
Tabela 14: Cene posameznih sklopov naprav	37
Tabela 15: Vračilna doba investicije	40
Tabela 16: Dinamična metoda vračanja investicije	41
Tabela 17: Rekapitulacija prihrankov in zmanjšanje emisije CO ₂	41

1 UVOD

V proizvodnem obratu kamnoloma Laže je potrebno dovajati energijo v proizvodne procese zmesi kamnitih zrn v separaciji, asfaltne zmesi v asfaltni bazi, proizvodnji betonskih elementov, proizvodnji betonov v betonarni in za potrebe uprave obrata.

Zniževanje porabe energije z večjo energetske učinkovitostjo je pomemben cilj v vsakem podjetju in vsaki državi. Glavni učinki izboljšav so zmanjševanje stroškov za energijo na enoto proizvoda in s tem povezanimi vplivi na gospodarstvo, povečanje zanesljivosti oskrbe z energijo in zmanjševanje negativnih vplivov na okolje.

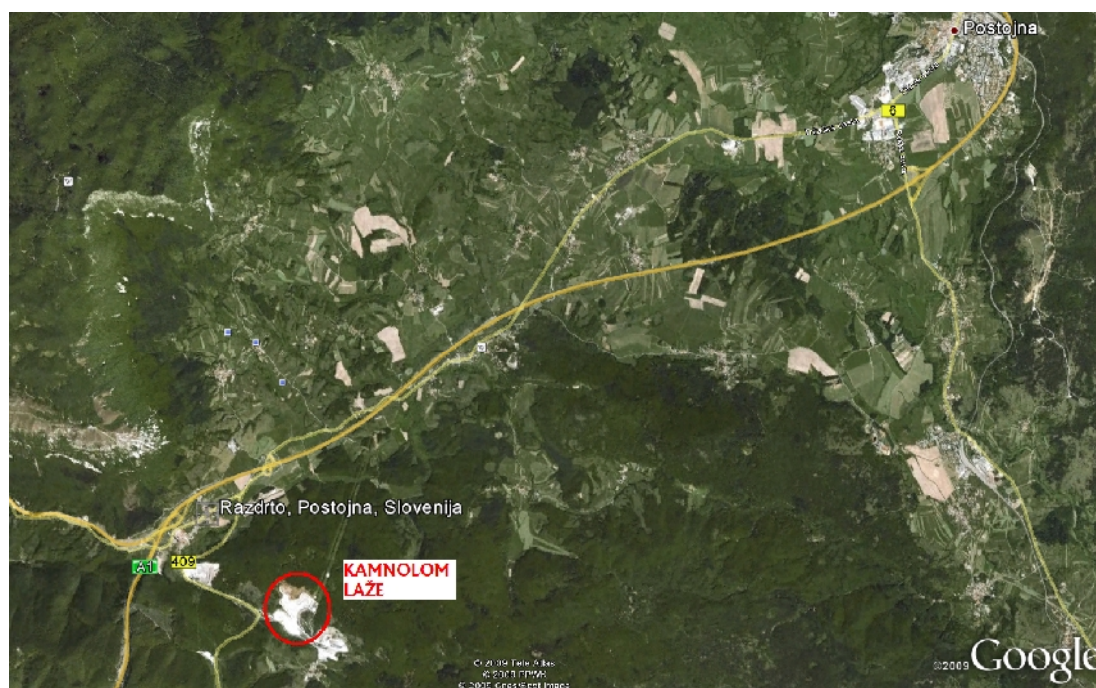
Analizirali bomo porabo električne energije in kurilnega olja v proizvodnih procesih. Porabe goriva za vrtanje vrtin v kamnolomu, nakladanje in prevoz kamnitega materiala do proizvodnih procesov in porabe razstreliva pri miniranju v kamnolomu v energijski bilanci ne bomo upoštevali.

V proizvodnem obratu kamnoloma, kjer potekajo štirje osnovni proizvodni procesi, bomo določili energijske tokove in uporabili dejanske podatke proizvodnje v obratu Laže družbe Primorje d.d.

Iz pridobljenih podatkov bomo ugotovili možnosti za sistemsko izboljšanje energijske bilance proizvodnega obrata kamnoloma in predlagali rešitve, ki bodo imele pozitivni finančni vpliv na podjetje ob istočasnem zmanjšanju vplivov na okolje.

2 PREDSTAVITEV PROIZVODNEGA OBRATA

Proizvodni obrat kamnoloma služi družbi Primorje d.d. kot surovinska baza kamnitih materialov, asfaltnih zmesi ter betonov za potrebe svojih lastnih gradbišč in gradbišč svojih strank. V letu 2007 je bil zgrajen nov proizvodni oddelek za proizvodnjo betonskih elementov in pridobili so dovoljenje za zbiranje in predelavo gradbenih odpadkov. Slika 1 prikazuje lokacijo proizvodnega obrata Laže.



Slika 1: Lokacija proizvodnega obrata kamnoloma Laže (Google Earth, 2010)

2.1 Kamnolom

Kamnolom je rudarski prostor, kjer se pridobiva mineralno surovino – kamen. Lokacijo kamnoloma se izbere na podlagi predhodnih raziskav, s katerimi se določi ustreznost kamenine glede na nadaljnjo uporabo. Uporaba kamnitih materialov v gradbeništvu je zelo široka. Uporablja se kot tamponski material za utrditev in stabilizacijo terena, drobljen kamniti material se uporablja v betonu in asfaltu, lahko pa se ga uporablja kot okrasni kamen...

S pridobitvijo ustreznih dovoljenj za eksploatacijo se prične eksploatacija kamnoloma z ureditvijo dostopnih poti in posekom dreves v skladu s predhodno izdelanim

rudarskim projektom. Sledi čiščenje humusa in ostankov lesa ter odvoz na jalovišče. Z vrtno garnituro se nato izvrtajo vrtnice minskega polja premera $\phi 76$ mm različnih višin v odvisnosti od razgibanosti terena. S tem se določi nivo osnovne etaže. Razdalja med vrtnicami je odvisna od kamenine, ki jo želimo minirati. Običajno znaša razdalja od 2,5 do 3 m. Minske vrtnice se nato napolni z razstrelivom, vstavi detonator, poveže z razstrelilno vrvico in začepi s peskom. Nato sledi aktiviranje minskega polja. Tako razminirano kamenino se naklada z nakladalnim bagrom na kamione in odvažajo na nadaljnjo predelavo. Nakladanje in odvoz kamenine iz kamnoloma prikazuje slika 2.



Slika 2: Nakladanje kamnitega materiala v kamnolomu

2.2 Drobnilnica in separacija

Drobnilnica in separacije je skupek strojev in naprav, s katerimi kamnit material zdrobimo in presejemo v kamnita zrna različnih granulacij, ki se jih uporablja za proizvodnjo asfaltnih zmesi, betonov in malt. Na sliki 3 je prikazano postrojenje separacije.



Slika 3: Postrojenje separacije

Pri drobljenju in sejanju se ustvarja kamniti prah ali kamena moka, ki jo z odpraševalnimi napravami odsesamo v filter. Tam zrak očistimo, kameno moko pa s pnevmatskim transportom transportiramo v skladiščne silose. Kameno moko se uporablja kot polnilo pri proizvodnji asfaltnih zmesi na asfaltni bazi ali v betonih na betonarni.

Drobilnica in separacija je sestavljena iz treh delov:

- primarni del,
- sekundarni del in
- terciarni del.

Za pogon vseh strojev in naprav drobilnice in separacije se uporablja električna energija. Skupna inštalirana moč vseh naprav je približno 1,3 MW.

2.2.1 Primarni del drobilnice in separacije

Primarni del drobilnice in separacije sestavljata dve vzporedni liniji. Vsaka izmed njih pa je sestavljena iz zbirnega korita, vibracijske izločevalne rešetke, čeljustnega drobilnika in več transportnih trakov.

Miniran kamniti material – surovino velikosti od 0 do približno 700 mm, iz kamnoloma pripeljemo v primarni del drobilnice in separacije. Iztresemo ga v zbirno korito volumna 50 m³. Z dozirno napravo surovino doziramo preko izločevalne vibracijske rešetke v čeljustni drobilnik. Na izločevalni rešetki izločimo kamnite in glinene delce velikosti od 0 do 40 mm. Te izločene delce imenujemo jalovina. S tem dosežemo večjo čistočo surovine, ki jo transportiramo v nadaljnjo predelavo. V čeljustnem drobilniku surovino velikosti 40 do 700 mm zdrobimo do velikosti 150 mm in jo transportiramo v betonski silos volumna 500 m³.

2.2.2 Sekundarni del drobilnice in separacije

Sekundarni del drobilnice in separacije sestavljata enako kot primarni del dve vzporedni liniji. Vsaka izmed njih je sestavljena iz skupnega betonskega silosa, elektromagnetne vibracijske dozirne naprave, rotacijskega horizontalnega udarnega drobilnika, treh vibracijski sit s po dvema etažama mrež, transportnih trakov ter zbirnih betonskih silosov velikosti 500 m³ za vsako granulacijo.

Zmes kamnitih zrn granulacije od 0 do 150 mm iz vmesnega silosa z elektromagnetno dozirno napravo doziramo v rotacijski horizontalni udarni drobilnik v odvisnosti od obremenitve drobilnika. Zdrobljeno zmes kamnitih zrn, ki pride iz drobilnika, granulacije od 0 do 50 mm s transportnim trakom transportiramo na dvoetažno vibracijsko sito. Zgornja etaža sita ima odprtino mreže 32 mm, spodnja etaža pa 22 mm. Po prehodu drobljene kamnine skozi vibracijsko sito dobimo tri granulacije 32/50, ki jo vodimo s povratnim transportnim trakom nazaj v vmesni silos na ponovno drobljenje, 22/32, ki jo vodimo v končni zbirni betonski silos, ter granulacijo 0/22, ki jo transportiramo na naslednje vibracijsko sito. Posamezne številke pomenijo granulacijo zmesi kamnitih zrn. Manjša številka pred poševnico pomeni premer najmanjšega zrna, večja številka za poševnico pa premer največjega zrna v zmesi v milimetrih.

Postopek sejanja se na naslednjem, drugem vibracijskem situ ponovi, le da imamo vgrajene manjše dimenzije mrež (16 mm in 11 mm). Na tem situ dobimo granulacijo drobljene kamenine 16/22 in 11/16. Granulacijo mešanice kamnitih zrn 0/11 pa transportiramo na naslednje, tretje vibracijsko sito. Na zadnjem, tretjem vibracijskem

situ sekundarnega dela so vgrajene še manjše mreže, in sicer 8 mm in 4 mm. Tudi tu dobimo tri granulacije zmesi kamnitih zrn 8/11, 4/8 in 0/4.

Prašni delci se pri drobljenju in sejanju pojavljajo v drobilnikih, presipnih mestih med transportnimi trakovi in v vibracijskih sitih. Vsa ta mesta so povezana s filtrsko napravo, ki ima vgrajen ventilator za ustvarjanje podtlaka v odpraševalnih ceveh. Leta sesa prašne delce, pomešane z zrakom, v filtrsko napravo, kjer se zrak očisti, kamni prašni delci ali kamena moka pa se izloči na fitrskih vrečah. Iz filtrske naprave se kamena moka s pnevmatskim transportom transportira v kovinske silose volumna 150 m³.

2.2.3 Terciarni del drobilnice in separacije

Terciarni del drobilnice in separacije je namenjen proizvodnji peska 0/2. Običajno se viške kamnitih materialov, ki se jih proizvede v sekundarnem delu drobilnice in separacije, zmelje v pesek 0/2.

Terciarni del drobilnice in separacije sestavlja vsipno korito, iz katerega se s pomočjo dveh elektromagnetnih dozirnih naprav dozira kamniti material v dva kladivasta mlina. Kamniti material se v mlinih zmelje do granulacije 0/5 mm. Izhodna granulacija je odvisna od velikosti reže na izhodu iz drobilnika. Tako zdobljen kamniti material se s transportnim trakom transportira na vibracijsko sito, v katerem se material preseje na granulacijo 0/2, 2/4 in 4/5. Kamnita agregata 0/2 in 2/4 sta končni produkt in se ju s transportnima trakovoma transportira v kovinska silosa volumna 120 m³. Kamniti agregat 4/5 pa se transportira na ponovno mletje.

2.3 Asfaltna baza

Asfaltna baza, ki jo prikazuje slika 4, je naprava za proizvodnjo asfaltnih zmesi. Asfaltne zmesi so sestavljene iz različnih granulacij kamnitih zrn, kamnite moke, bitumna in v določenih primerih aditivov. Vse našteje komponente po določeni recepturi zmešajo v mešalcu. Kamnita zrna in bitumen je potrebno pred mešanjem segreti na od 160 do 190 °C. Kamnita zrna so skladiščena v šestnajstih betonskih silosih skupnega volumna 2.600 m³. Pred mešanjem jih je potrebno segreti v

sušilnem bobnu z gorilnikom moči 11 MW na kurilno olje in odesati kamnite prašne delce v filtrsko napravo. Bitumen je skladiščen v osmih cisternah kapacitete po 80 ton pri temperaturi od 160 do 175 °C. Za ogrevanje cistern za bitumen in cevovodov za transportiranje bitumna do mešalca uporabljajo gorilnik na kurilno olje moči 650 kW.



Slika 4: Asfaltna baza

2.4 Betonarna

Betonarna na sliki 5 je računalniško vodena naprava za proizvodnjo betona iz kamnitih zrn različnih granulacij (0/4, 4/8, 8/16, 16/32), vode, cementa ter aditivov po določeni recepturi. Za pogon naprav betonarne se uporablja električno energijo. V zimskem času je potrebno pri vgrajevanju zagotavljati temperaturo betona nad 5 °C. Da se to zagotovi, je potrebno vodo, ki se jo umešava v beton, in kamnita zrna ogrevati.



Slika 5: Betonarna za mešanje betonov

3 ANALIZA PORABE VIROV ENERGIJ

V proizvodnih procesih v obratu kamnoloma porabljajo dva energenta: kurilno olje in električno energijo. Kurilno olje uporabljajo predvsem za ogrevanje kamnitega materiala, bitumna, transportnih cevi in poslovnih prostorov, električno energijo pa za pogon elektromotorjev, krmiljenje naprav in razsvetljava.

3.1 Analiza porabe električne energije

Proizvodni procesi v obratu kamnoloma so veliki porabniki električne energije, saj znaša priklopna moč približno 2 MW.

V obratu so imeli do sredine junija 2008 vgrajen samo glavni števec za ugotavljanje porabe električne energije. Meritve porabe električne energije na vstopu v transformatorsko postajo na visokonapetostnem delu izvaja dobavitelj zaradi mesečnega obračuna. Takšen način merjenja ima dve pomanjkljivosti. Prva je ta, da proizvajalec z večjim številom proizvodnih procesov ne more določiti porabe za posamezen oddelek proizvodnega procesa in s tem porabe na enoto proizvoda. Druga težava pa je delitev stroškov mesečnega računa na stroškovna mesta posameznega proizvodnega procesa.

V mesecu juniju 2008 so v proizvodnem obratu kamnoloma vgradili števec porabe električne energije na odcepe posameznih proizvodnih procesov. S tem so želeli pridobiti podatke o porabi električne energije na enoto proizvoda.

Porabo električne energije v posameznem proizvodnem procesu izračunamo na naslednji način:

Asfaltna baza = ŠT1 – ŠT2 – ŠT3 – ŠT4

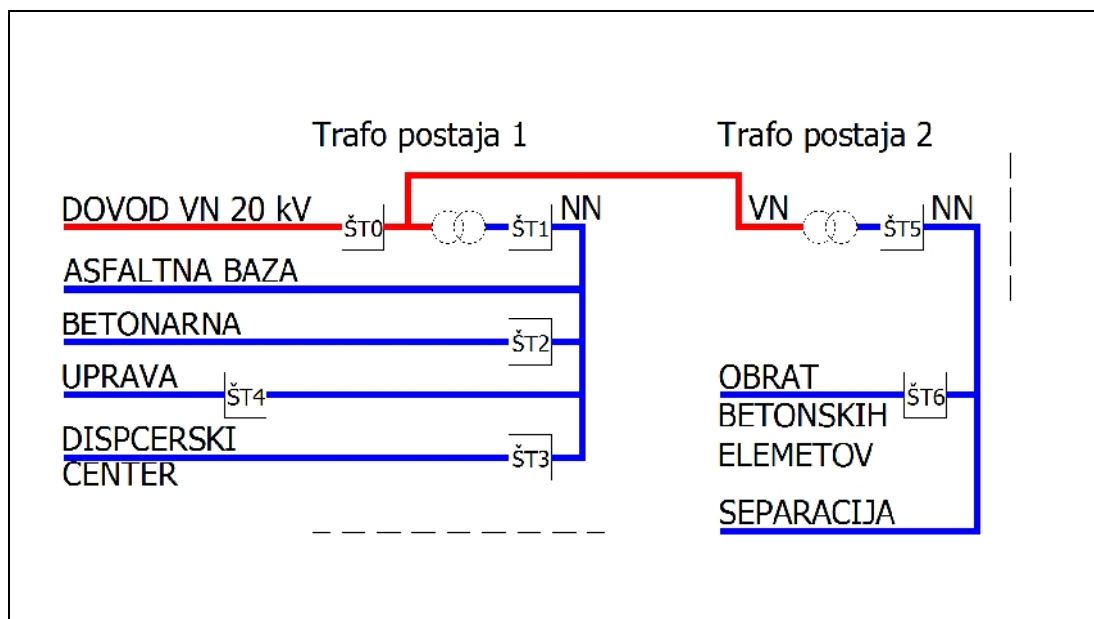
Betonarna = ŠT2

Uprava = ŠT4

Dispečerski center = ŠT3

Obrat betonskih elementov = ŠT6

Separacija = ŠT5 – ŠT6



Slika 6: Shema meritev električne energije v proizvodnem obratu kamnoloma

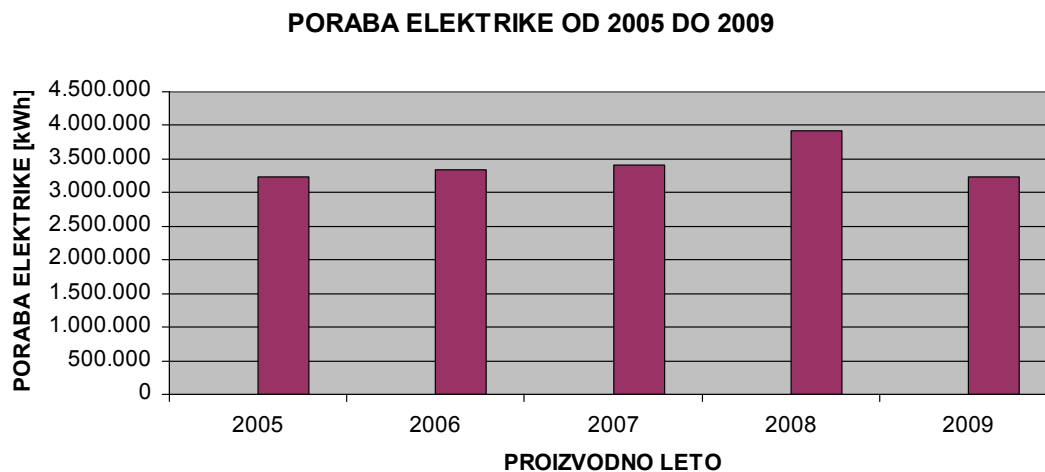
Naknadno vgrajevanje števec v elektro omare predstavlja večjo težavo, kot če bi bili števeci vgrajeni pri prvem izdelovanju elektro omar. Običajno zmanjka prostora za števec, odcepi do posameznih proizvodnih obratov so izvedeni tako, da je potrebno vgraditi več števecv, da se lahko natančno določiti porabo za posamezen proces. Shema na sliki 6 prikazuje vgrajene števec v proizvodnem obratu kamnoloma.

Tabela 1: Poraba električne energije in proizvodnja v obratu kamnoloma

LETO	PORABA ELEKTRIKE [kWh]	PROIZVODNJA		
		ASFALT [t]	BETON [m ³]	AGREGAT [m ³]
2005	3.237.410	158.611	44.089	464.639
2006	3.340.590	176.705	15.396	468.066
2007	3.408.684	159.465	32.518	582.926
2008	3.923.311	220.125	32.430	634.780
2009	3.238.960	157.527	22.420	503.918

Porabo električne energije za obdobje od 2005 do 2009 in proizvodnjo na posameznih segmentih proizvodnega procesa prikazuje tabela 1, v grafični obliki pa diagram na sliki 7. Iz tabele 1 je razvidno povečanje proizvodnje in povečanje porabe električne energije v obdobju od leta 2005 do 2009 zaradi konjunktore v

gradbeništvu, v letu 2009 pa zaradi vplivov gospodarske krize padec proizvodnje in s tem zmanjšanje porabe električne energije za 25,9 %.



Slika 7: Poraba elektrike v proizvodnem obratu kamnoloma od 2005 do 2009

V tabeli 2 je prikazana celotna poraba energije v letu 2009 za vse štiri oddelke proizvodnih procesov ter za potrebe uprave. Vsi podatki so bili izmerjeni z naknadno vgrajenimi števci.

Tabela 2: Poraba električne energije na enoto proizvoda

ODDELEK PROIZVODNEGA PROCESA	[kWh]	[%]	KOLIČINA	SPECIFIČNA PORABA ENERGIJE
BETONARNA	77.110	2,38	22.420 m ³	3,44 kWh/m ³
SEPARACIJA	2.369.782	73,16	503.918 m ³	4,70 kWh/m ³
ASFALTNA BAZA	524.646	16,20	85.613 m ³	6,13 kWh/m ³
			157.527 t	3,33 kWh/t
OBRAT BETONSKI ELEMENTOV	239.456	7,39	4.111 m ³	58,25 kWh/m ³
UPRAVA	27966	0,86	358,15 m ²	78,08 kWh/m ²
SKUPAJ	3.238.960	100		

Za obrat betonskih elementov smo izračunali porabo električne energije glede na vgrajeno količino betona v m³, za ostale proizvodne procese pa smo to izračunali glede na proizvedeni m³ betona ali kamnitega materiala, oziroma tono proizvedene

asfaltne zmesi. Porabo električne energije za potrebe uprave smo izračunali na m² površine.

Porabo električne energije za potrebe uprave smo določiti z odštevalnim števcem, vgrajenim v glavni elektro omari na dovodu električne energije v upravni stavbi, ki zajema dva objekta. To je objekt, v katerem se nahajajo vratarska služba in prostori kamionske tehtnice in drugi objekt uprave obrata. V upravni stavbi obrata se nahajata tudi oddelek kontrole proizvodnje, ki zajema laboratorij za asfalte, agregate, betone in geomehaniko, ter družba Primorje Geotehnika, ki je sestavni del skupine Primorje. Porabe električne energije v upravni stavbi ne moremo primerjati z ostalimi upravnimi stavbami v skupini, ker je poraba veliko višja zaradi laboratorijev, ki uporabljajo razne aparature z višjo porabo, potrebne za kontrolo proizvodnje.

3.2 Analiza porabe kurilnega olja

Kurilno olje v proizvodnem obratu uporabljajo izključno za ogrevanje. V asfaltne bazi se ga uporablja za ogrevanje kamnitih materialov na temperaturo od 160 do 190 °C pri proizvodni asfaltne zmesi, za ogrevanje bitumna do 175 °C v skladiščnih cisternah ter za ogrevanje cevovodov za transport vročega bitumna do mešalca. Cevovode in bitumen v skladiščnih cisternah se ogreva brez prekinitve, izjemoma se izključi ogrevanje v obdobju letnega remonta (dva tedna). Kamniti material se ogreva samo v času proizvodnje. V zimskem času občasno ogrevajo vodo za proizvodnjo betona v betonarni.

3.2.1 Analiza porabe kurilnega olja v asfaltne bazi

Za določitev porabe kurilnega olja so vgradili dva števca na sesalno cev obeh gorilnikov, ki med obratovanjem beležita porabo.

V tabeli 3 je prikazana poraba kurilnega olja v asfaltne bazi za obdobje od leta 2005 do vključno leta 2009. V omenjenem obdobju so povprečno porabili 17,15 % kurilnega olja za ogrevanje cevovodov in bitumna v skladiščnih cisternah, 82,85 % pa za ogrevanje kamnitih materialov. Proizvodnja tone asfaltne zmesi zahteva povprečno 7,06 l kurilnega olja.

Tabela 3: Poraba kurilnega olja v asfaltni bazi

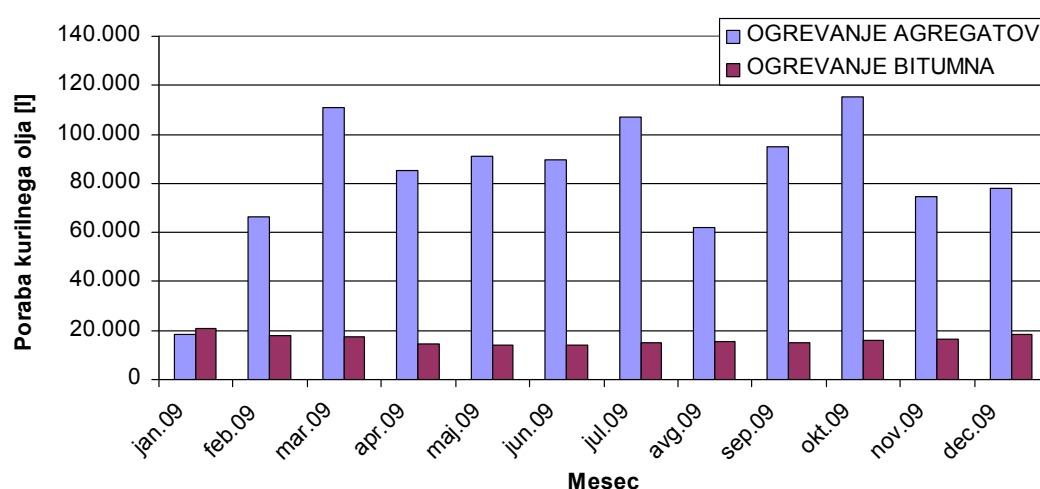
LETO	NABAVA	PORABA	OGREVANJE KAMNITIH MATERIALOV		OGREVANJE BITUMNA IN CEVOVODOV		PROIZ. ASFALNNIH ZMESI	PORABA ELKO NA EM
	[t]	[t]	[t]	[%]	[t]	[%]	[t]	[t/t]
2005	1.168.590	1.162.013	959.300	82,56	202.713	17,44	158.611	7,33
2006	1.190.625	1.065.801	878.920	82,47	186.881	17,53	176.705	6,03
2007	1.193.634	1.209.339	983.590	81,33	225.749	18,67	159.465	7,58
2008	1.496.189	1.501.307	1.266.200	84,34	235.107	15,66	220.125	6,82
2009	1.192.626	1.187.989	992.770	83,57	195.217	16,43	157.527	7,54
POPVPREČJE 2005-2009	1.248.333	1.225.290	1.016.156	82,85	209.133	17,15	174.487	7,06
SKUPAJ	6.241.664	6.126.449	5.080.780	82,93	1.045.667	17,07	872.433	

Porabo kurilnega olja v obdobju enega leta prikazuje tabela 4. Podatki v drugem stolpcu prikazujejo mesečno porabo kurilnega olja za ogrevanje kamnitih agregatov, podatki v tretjem stolpcu pa za ogrevanje bitumna in cevovodov. Proizvodnjo asfaltnih zmesi po mesecih prikazujejo podatki v zadnjem stolpcu.

Tabela 4: Poraba kurilnega olja v asfaltni bazi v letu 2009

MESEC	OGREVANJE		PROIZODNJA
	AGREGATI [t]	BITUMEN [t]	[t]
januar	18.440	20.664	1.952
februar	66.190	17.938	10.243
marec	110.880	17.446	18.411
april	85.140	14.558	13.583
maj	91.060	14.280	15.480
junij	89.490	14.130	14.749
julij	107.040	15.108	17.461
avgust	62.040	15.266	11.006
september	94.810	15.158	15.420
oktober	115.240	15.884	18.215
november	74.440	16.442	10.963
december	78.000	18.343	10.044
SKUPAJ	992.770	195.217	157.527

Nihanje porabe kurilnega olja znaša v povprečju približno 16.000 l na mesec. Povzroča ga gibanje zunanjih temperatur in količina bitumna, ki ga je potrebno ogreti na skladiščno temperaturo. Pri večji proizvodnji je večja poraba bitumna in s tem tudi večja poraba energije za ogrevanje bitumna na skladiščno oziroma proizvodno temperaturo. Na sliki 8 se vidi vpliv zunanjih temperatur na porabo kurilnega olja. Kljub večji proizvodnji asfaltnih zmesi je poraba kurilnega olja za ogrevanje bitumna nižja od porabe v zimskih mesecih. V januarju pa je bistveno nižja poraba kurilnega olja za ogrevanje agregatov zaradi dvotedenskega letnega remonta.



Slika 8: Poraba kurilnega olja v asfaltni bazi v letu 2009

3.2.2 Analiza porabe kurilnega olja v betonarni

V zimskem času, v obdobju od decembra do marca, je pri proizvodnji betonov v betonarni potrebno zagotoviti temperaturo proizvedenega betona na mestu vgrajevanja višjo od 5 °C. To zagotavljajo z ogrevanjem vode, ki jo mešajo v beton, na temperaturo do 60 °C. Za ogrevanje vode uporabljajo kurilno olje. Letno porabo kurilnega olja v betonarni izračunajo tako, da zalogi na začetku leta prištejejo letne dobave in odštejejo zalogo na koncu leta. Tabela 5 prikazuje letno porabo kurilnega olja v betonarni za ogrevanje vode. Poraba kurilnega olja je predvsem odvisna od zunanje temperature oziroma temperatur kamnitih agregatov, vode in cementsa.

Tabela 5: Poraba kurilnega olja v betonarni, kamionski tehtnici in upravi

LETO	TEHTNICA [t]	BETONARNA [t]	UPRAVA [t]
2005	3.655	681	-
2006	3.249	350	-
2007	3.626	402	-
2008	4.329	750	4.020
2009	4.493	1093	4.093
SKUPAJ	19.352	3.276	8.113

3.2.3 Analiza porabe kurilnega olja za potrebe uprave

Kurilno olje uporabljajo tudi za ogrevanje poslovnih prostorov. V proizvodnem obratu sta dve poslovni zgradbi, ki sta ogrevani s kurilnim oljem. To sta zgradba kamionske tehtnice za tehtanje vozil z vratarnico na izhodu iz obrata in v juniju 2008 dograjena nova poslovna zgradba z laboratorijem. Tabela 5 prikazuje porabo kurilnega olja za obdobje od leta 2005 do 2009 za obe zgradbi.

4 PREGLED MOŽNOSTI ZA CELOVITO IZBOLJŠANJE ENERGIJSKE BILANCE PROIZVODNEGA OBRATA

Možnosti za celovito izboljšanje energijske bilance proizvodnega obrata v splošnem segajo na:

- področja organizacijskih ukrepov,
- rekonstrukcijo obstoječih naprav oziroma zgradb,
- uporabo moderne opreme in
- uvajanje novih tehnologij (Metodologija, 2001).

Vsak proizvodni obrat je specifičen in ga je potrebno natančno poznati za optimizacijo porabe energije. Začeti je potrebno z ukrepi, ki imajo največji učinek na zmanjšanje porabe energije. V nadaljevanju se bomo posvetili predvsem izboljšanju energijske bilance v proizvodnem obratu, ki je v našem primeru ključen porabnik energentov. Ključna energenta sta kurilno olje in električna energija.

4.1 Organizacijski ukrepi

Organizacijski ukrepi v proizvodnem obratu so tisti, s katerimi optimiziramo tehnološki proces. Mednje spadajo:

- Ustrezne nastavitve tehnoloških parametrov. To so temperature, tlaki, pretoki, vrtljaji.
- Nastavitev optimalnih časov obratovanja naprav oziroma izklapljanja naprav, ko ni proizvodnje.
- Analiza možnosti tehnoloških sprememb z namenom zmanjšanja energije.
- Časovno optimiranje obratovanja proizvodnje z namenom kontinuiranega obratovanja in s tem zmanjšanja zagonov naprav in preprečevanja nastajanja konic.
- Prilagajanje obratovanja proizvodnje tarifnim sistemom.

- Odprava nekontroliranih izgub energije (toplotne izolacije, netesnosti v sistemu stisnjenega zraka...).

Prihranki organizacijskih ukrepov, kot so ustrezne nastavitve tehnoloških parametrov in nastavitve optimalnih časov obratovanja naprav, so predvsem odvisni od kompetentnosti in vestnosti upravljavcev. Obratovalne parametre predpiše proizvajalec ali tehnolog, upravljavec pa jih mora upoštevati. Časovno optimiranje proizvodnje asfaltnih zmesi in betonov pa diktirajo kupci, ker je proizvod pokvarljiv. Ni ga možno proizvajati na zalogo za več dni. Proizvodnja separacije poteka v dveh izmenah, občasno tudi v treh, tu ni veliko prostora za časovno optimiranje proizvodnje. Iz navedenega lahko zaključimo, da ima človeški faktor največji vpliv na prihranke organizacijskih ukrepov.

4.2 Investicijski ukrepi

Investicijski ukrepi v primerjavi z drugimi ukrepi zahtevajo večjo porabo sredstev in jih je potrebno planirati v letnem dolgoročnem investicijskem planu. To so ukrepi, ki zahtevajo večje posege v proizvodni. Pri uvedbi v sistem je običajno potrebno prekiniti proizvodni proces. Biti morajo terminsko planirani in odobreni s strani uprave podjetja. Med investicijske ukrepe sodijo:

- Frekvenčna regulacija ventilatorjev, črpalk, drobilnikov.
- Izvedba sistema za nadzor nad konično porabo električne energije.
- Izvedba optimalne kompenzacije jalove energije.
- Optimizacija proizvodnje komprimiranega zraka.
- Regulacija zgorevanja v kurilnih napravah.
- Izvedba ustrezne izolacije cevovodov, ventilov in parovodov.
- Zamenjava zastarele tehnološke opreme.
- Vgradnja merilne opreme.
- Uvajanje ciljnega spremljanja rabe energije.

- Izobraževanje vseh zaposlenih o učinkoviti rabi energije.

Učinki investicijskih ukrepov so lahko zelo visoki, kar bomo predstavili v nadaljevanju naloge. Natančno smo proučili tri investicijske ukrepe, za katere smo mnenja, da imajo visok doprinos k zmanjšanju porabe energentov, stroškov in zmanjšanju emisije CO₂.

5 PREDLOGI REŠITEV ZA CELOVITO IZBOLJŠANJE ENERGIJSKE BILANCE PROIZVODNEGA OBRATA

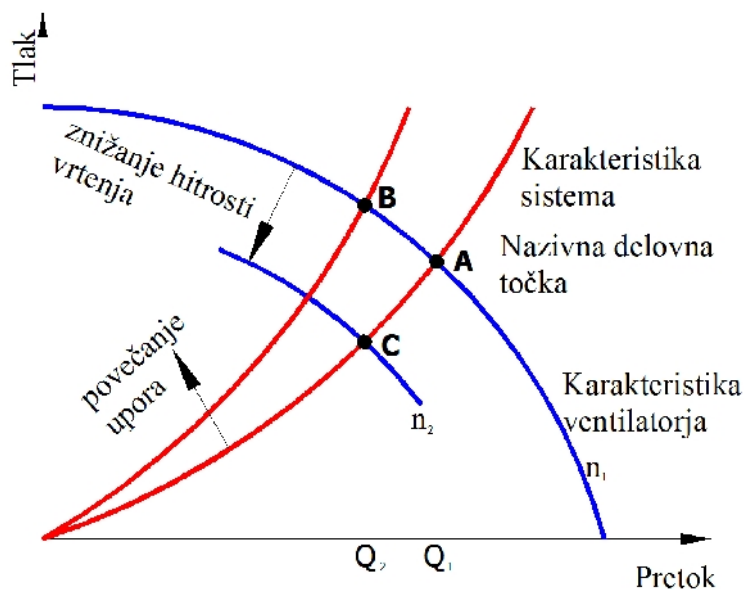
V obratu uporabljajo dva glavna energenta, to sta električna energija in kurilno olje, zato bodo predlogi rešitev za izboljšanje energijske bilance usmerjeni v zmanjšanje porabe omenjenih energentov. Predstavili bomo nekaj predlogov, ki so se ob natančnem pregledu obrata zdeli pomembni in bi imeli največji finančni učinek za podjetje.

5.1 Regulacija hitrosti vrtenja elektromotorjev

V proizvodnem obratu kamnoloma, tako v asfaltni bazi kot v separaciji, imajo največje nazivne moči elektromotorji za odpraševanje naprav. V asfaltni bazi imajo elektromotor moči 132 kW za odpraševanje sušilnega bobna. Kamniti prah in dimni plini, ki lebdijo v zraku pri sušenju kamnitega materiala, s pomočjo ventilatorja skozi vrečasti filter izločimo na prosto. Podoben sistem uporabljajo v separaciji, le da je tam več mest, ki jih je potrebno odpraševati. To so presipna mesta med transportnimi trakovi in drobilniki.

V vrečastem filtru je potrebno zagotoviti konstanti podtlak, ki pa se spreminja glede na obremenitev in vlažnost kamnitega materiala. Regulacijo vleka izvajajo s pomočjo lopute na izstopu iz vrečastega filtra pred vstopom zraka v ventilator ali s spremembo vrtljajev ventilatorja.

Slika 9 prikazuje regulacijo vleka s pomočjo dušilne lopute in z zmanjšanjem hitrosti vrtenja ventilatorja.



Slika 9: Regulacija vleka v filtru

S slike 9 je razvidno, da lahko izvedemo zmanjšanje vleka ventilatorja na dva načina. Prvi način je prehod iz točke A v točko B. Pri tem prehodu zmanjšamo vlek z dušenjem zraka na vstopu v ventilator. Drugi način pa je prehod z točke A v točko C. Ta prehod lahko izvedemo z zmanjšanjem vrtljajev ventilatorja iz n_1 na n_2 . Moč ventilatorja P je sorazmerna tretji potenci pretoka Q . Moč ventilatorja P se pri zmanjšanju pretoka Q za 20 % zmanjša kar za 50 % (Fatur in Šolinc, 1998).

Tako regulacijo so s pomočjo frekvenčnega regulatorja v letu 2008 že izvedli v asfaltni bazi na elektromotorju z močjo 132 kW. Ostaja še regulacija v separaciji, kjer imajo tri filtrske enote s tremi pogoni. Moči elektromotorjev znašajo 90 kW in dvakrat po 75 kW.

5.1.1 Prihranek energije z vgradnjo frekvenčnega regulatorja v asfaltni bazi

Za oceno prihranka električne energije zaradi vgradnje frekvenčnih regulatorjev na tri odpraševalne naprave v separaciji smo si pomagali z dejanskimi rezultati prihranka porabe električne energije v asfaltni bazi, kjer je že vgrajen frekvenčni regulator.

Meritve smo izvedli tako, da smo s tokovnimi kleščami izmerili električni tok na vodniku, ki je priključen na frekvenčni regulator v dveh primerih.

V prvem primeru smo izmerili električni tok, ko je tlak v sušilnem bobnu dosegel tlak 50 Pa. To so pogoji običajnega obratovanja. Na zaslonu frekvenčnega regulatorja smo lahko prebrali, da frekvenčni regulator poganja motor s frekvenco okrog 35 Hz, na tokovnih kleščah se je tok gibal na povprečni vrednosti okrog 83 A. Moč P_1 smo izračunali po enačbi (1).

V drugem primeru smo določili pogoj, da mora frekvenčni regulator poganjati motor s frekvenco 50 Hz, kot so bili pogoji pred vgradnjo frekvenčnega regulatorja, na tokovnih kleščah smo izmerili tok 152 A. Pri tem pogoju nam je podtlak v sušilnem bobnu narasel. Pred vgradnjo frekvenčnega regulatorja smo podtlak znižali z dušilno loputo na sesalni strani ventilatorja. S tem smo dušili vlek in izgubljali energijo. Moč P_2 smo izračunali po enačbi (2).

Razliko moči ΔP med prvim in drugim primerom smo določili po enačbi (3) (Kraut, 1997).

$$P_1 = \sqrt{3} * U * I_1 = \frac{\sqrt{3} * 400 * 83}{1000} = 57,50 \text{ kW} \quad (1)$$

$$P_2 = \sqrt{3} * U * I_2 = \frac{\sqrt{3} * 400 * 152}{1000} = 105,31 \text{ kW} \quad (2)$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 105,31 - 57,50 = 47.81 \text{ kW} \quad (3)$$

P..... moč elektromotorja [kW]

U..... električna napetost [V]

I električni tok [A]

Tabela 6 prikazuje električni tok in frekvenco ter izračunano moč za vsak primer posebej.

V asfaltni bazi se proizvaja različne asfaltne zmesi, ki imajo različne zahteve glede proizvodnje in od katerih je odvisna kapaciteta asfaltne baze. Ocenjujemo, da je povprečna kapaciteta asfaltne baze 150 t/h. V letu 2009 so proizvedli 157.527 t asfaltnih zmesi.

$$t = \frac{LP}{UK} = \frac{157.527}{150} = 1050,18 \text{ h} \quad (4)$$

LP letna proizvodnja [t]

UK povprečna urna kapaciteta asfaltne baze [t/h]

t obratovalne ure [h]

Iz navedenih podatkov z enačbo (4) izračunamo obratovalne ure, ki znašajo 1050 ur. Pri tem moramo upoštevati, da pri vsakem zagonu zaradi ogrevanja filterske naprave in sušilnega bobna porabimo približno 15 minut in pri vsakem ohlajanju še dodatnih 15 minut. Rezultatu iz enačbe (4) je potrebno prišteti še 120 ur, ki jih letno porabimo za ogrevanje in ohlajanje. Tako dobimo, da ventilator odpraševanja obratuje približno 1170 ur na leto.

Prihranek električnega dela lahko izračunamo po enačbi (5).

$$A_e = \Delta P * t = 47,81 * 1170 = 55.938 \text{ kWh} \quad (5)$$

A_e električno delo [kWh]

Cena električne energije za leto 2009 je znašala 0,08863 €/kWh. Po enačbi (6) lahko izračunamo prihranek zaradi vgrajenega frekvenčnega regulatorja. Ta znaša 4.957,8 € na leto

$$C = A_e * c_e = 55.973,7 * 0,08863 = 4957,8 \approx 5.000 \text{ €/leto} \quad (6)$$

c_e cena električne energije v letu 2009 [€/kWh]

Dobljeni rezultati so približni in lahko služijo kot ocena prihranka električne energije, s katero lahko določimo vračilno dobo investicije v frekvenčne regulatorje v separaciji.

Oceno ekonomske upravičenosti investicije lahko določimo z izračunom enostavne vračilne dobe (ang. simple playback period) ali vračila investicije (angl. return of investment) po enačbi (6). Potrebni so le osnovni podatki:

a. Stroški opreme in montaže – SO

Določili smo jih na podlagi dejanskih stroškov nakupa in montaže frekvenčnega regulatorja skupaj z vso potrebno opremo in električnimi vodniki, ki so znašali 8.570 €. Strošek zagona po montaži pa je znašal 280 €. Celotni stroški opreme in montaže z zagonom so znašali 8.850 €.

b. Letni prihranek energije – LPE

Zagotovljen letni prihranek energije izračunamo po enačbi (6) in je znašal 4.958 €.

c. Stroški vzdrževanja – DS

Stroški vzdrževanja so minimalni, običajno so to stroški čiščenja in pregleda frekvenčnega regulatorja. Ocenjujemo jih na 100 €.

$$VD = \frac{SO}{LPE - DS} = \frac{8.850}{4958 - 100} = 1,82 \text{ leta} \quad (7)$$

Po enačbi (7) izračunamo, da je vračilna doba investicije 1,82 leta. Pri tem pa je potrebno upoštevati, da je število obratovalnih ur ventilatorja odpraševanja v asfaltni bazi veliko manjše od števila obratovalnih ur v separaciji. Asfaltna baza obratuje v odvisnosti od dnevnih naročil, ki zelo nihajo. V separaciji pa je obratovanje konstantno. Proizvodnja poteka v dveh, občasno pa tudi v treh izmenah. Običajno ventilatorji odpraševalnih naprav ne obratujejo v primeru okvare na odpraševalni napravi.

V asfaltni bazi so v letu 2009 opravili 1170, v separaciji pa kar 3.424 obratovalnih ur. Izvedli smo meritve električnega toka na posameznem elektromotorju odpraševalne naprave v separaciji. Na osnovi izmerjenih tokov ter upoštevanja enakega razmerja zmanjšanja moči, kot v asfaltni bazi ($P_2/P_1=0,5461$), smo izračunali moči, s katerimi naj bi elektromotorji odpraševalnih naprav v separaciji poganjali ventilatorje z vgrajenimi frekvenčnimi regulatorji. Izmerjeni in izračunani podatki so podani v tabeli 6.

Tabela 6: Podatki meritev električnega toka in prihranek

	EM	FILTER 1	FILTER 2	FILTER 3
Moč motorja (P)	[kW]	90	75	75
Izmerjen električni tok (I)	[A]	83	83	75
Napetost (U)	[V]	400	400	400
Dejanska izračunana moč (P ₂)	[kW]	57,50	57,50	51,96
Moč motorja s frekvenčnim regulatorjem (P ₁)	[kW]	31,40	31,40	28,38
Razlika v moči (ΔP)	[kW]	26,10	26,10	23,59
Letne obratovalne ure	[h]	3.424	3.424	3.424
Električno delo (A _e)	[kWh]	89.370	89.370	80.756
Cena elektrike (c _e)	[€/kWh]	0,08863	0,08863	0,08863
Prihranek (C)	[€]	7.921	7.921	7.157
Skupaj prihranek (ΣC)	[€]	22.999		

Z vgradnjo frekvenčnih regulatorjev na vse tri pogone elektromotorjev odpraševalnih naprav bi letno prihranili skoraj 23.000 €.

5.2 Proučitev pogonskih prenosov

Pogonski prenos ima pomembno vlogo, saj prenaša mehansko energijo z motorja na končni porabnik – stroj. Izkoristek prenosa znaša od 50 do 99 %, odvisno od vrste prenosa. Poznamo jermenske prenose s klinastimi jermeni, zobatimi klinastimi jermeni, ploščatimi zobatimi jermeni in verižne prenose.

Pogoni s klinastimi jermeni so najbolj razširjeni in dosežajo izkoristek od 90 do 96 %. Izgube nastajajo zaradi upogibanja jermena na jermenicah in zdrsa jermena na jermenici, na njegovo učinkovitost pa vpliva napetost jermena. Z izrabo se jermen raztegne in postane gladek, izkoristek lahko pade pod 90 %.

Ploščati zobati jermen ima veliko boljši izkoristek kot klinasti jermen, to je od 98 do 99 %. Jermenica ima zobe, ki preprečujejo zdrsa in s tem poškodbe jermena. Moč se prenaša z obliko in ne s trenjem kot pri klinastem jermenu. Življenjska doba ploščatih zobatih jermenov je tudi do štirikrat daljša od klinastih jermenov. Ploščati zobati jermeni so primerni za pogone, kjer ni sunkovitih obremenitev.

Pogone ventilatorjev, katerih moč motorjev je od 75 kW v separaciji, v asfaltni bazi pa do 132 kW, bi zato zamenjali s ploščatimi zobatimi jermeni.

Pogon enega izmed ventilatorjev vrečastega filtra v separaciji je 75 kW. Predvidevamo, da je potrebna moč, ki jo moramo imeti na gredi ventilatorja za doseganje zelenega podtlaka, 60 kW. Trenutno elektromotor preko štirih klinastih jermenov poganja ventilator. Ocenimo, da je izkoristek jermenskega prenosa 90 %. To pomeni, da mora motor poganjati ventilator z močjo 66,66 kW zaradi izgub. Če bi zamenjali obstoječi prenos z zobatim ploščatim jermenom z izkoristkom 99 %, bi elektromotor poganjal ventilator s 60,6 kW, kar je za 6,06 kW manj. Letno število obratovalnih ur znaša okrog 3.400. V enem letu bi tako prihranili približno 20.600 kWh na enem pogonu, kar znaša 1.826 € (ob upoštevanju cene električne energije za leto 2009, ki je znašala 0,08863 €/kWh). V obratu imamo štiri take pogone ventilatorjev (132 kW, 90 kW in 2 – krat 75 kW). Z omenjenim ukrepom bi letno prihranili $4 \times 20.600 \text{ kWh} = 82.400 \text{ kWh}$ električne energije. V letu 2009 so v celotnem proizvodnem obratu porabili 3.238.960 kWh električne energije ali 287.069 €, prihranek bi znašal približno 2,5 % ali 7.300 €.

5.3 Ogrevanje v asfaltni bazi z lesno biomaso

Predlog ogrevanja z lesno biomaso v asfaltni bazi je naslednji:

- ogrevanje bitumna v skladiščnih cisternah in dupleks cevovode popolnoma nadomestili z ogrevanjem na lesno biomaso,
- dvig temperature kamnitih agregatov v skladiščnih silosih za povprečno 50 °C.

Omenjena rešitev ima pozitiven finančni vpliv na proizvodni obrat kamnoloma, ker bi ogrevali z odpadnim lesom z lastnih gradbišč, zmanjšuje obremenitev okolja, ker je kurjenje lesa nevtrarno glede emisije toplogrednih plinov, ter povečuje sposobnost obratovanja proizvodnje v zimskih pogojih, kadar prihaja do zastojev zaradi zmrzovanja kamnitih materialov v skladiščnih silosih.

5.3.1 Biomasa

Pojem biomase opredeljuje vso organsko snov. Gre za naraven material, ki je proizveden s fotosintezo. S fotosintezo v rastlinah poteka proces shranjevanja sončne v kemično energijo. Poznamo več vrst tehnologij, ki nam pomagajo pri neposredni uporabi in predelavi biomase v goriva (Butala in Turk, 1998). Te tehnologije so:

- Sežiganje – postopek, ko gorljive snovi v biomasi oksidirajo v ogljikov dioksid (CO_2) in vodno paro (H_2O) in pri tem oddajajo toploto.
- Biološka pretvorba – postopek, ki ga opravijo bakterije, encimi in kvasovke v različnih snoveh pod različnimi pogoji (anaerobna fermentacija).
- Toplotno kemična pretvorba – postopek temelji na procesih nepopolnega zgorevanja (piroliza, utekočinjanje in uplinjanje).

Goriva iz biomase, ki jih na tak način dobimo, lahko razdelimo na:

- trdno biomaso,
- tekoča goriva iz biomase,
- pline iz biomase.

Energetika obravnava biomaso kot organsko snov, ki jo lahko uporabimo kot vir energije. V to skupino uvrščamo: les in lesne ostanke (lesna biomasa), ostanke iz kmetijstva, ne lesnate rastline, uporabne za proizvodnjo energije, ostanke pri proizvodnji industrijskih rastlin, sortirane odpadke iz gospodinjstev, odpadne gošče oz. usedline ter organsko frakcijo mestnih komunalnih odpadkov in odpadne vode živilske industrije. V tem pomenu sodi biomasa med obnovljive vire energije.

V skupino lesne biomase uvrščamo:

- les iz gozdov,
- les s površin v zaraščanju,
- les s kmetijskih in urbanih površin,

- lesne ostanke primarne in sekundarne predelave lesa,
- odslužen (neonesnažen) les.

5.3.2 Potrebne količine biomase za ogrevanje v asfaltni bazi

Iz tabele 3 je razvidno, da v povprečju petih let porabijo za ogrevanje bitumna in dupleks cevovodov 209.133 l kurilnega olja. Gostota kurilnega olja pri temperaturi 15 °C znaša $\rho = 0,86 \text{ kg/l}$. Masa kurilnega olja m_{KO} je:

$$m_{\text{KO}} = 209.133 * \rho = 209.133 * 0,86 = 179.854 \text{ kg} \quad (8)$$

Pri kurilni vrednosti kurilnega olja $H_i = 42,6 \text{ MJ/kg}$ (Ekstra lahko kurilno olje v gospodarstvu, 1999) in brez upoštevanja izkoristka kotla izračunamo potrebno toplotno energijo za ogrevanje Q :

$$Q = m_{\text{KO}} * H_{i,\text{KO}} = 179.854 * 42,6 = 7.661.780,4 \text{ MJ} \quad (9)$$

Kurilna vrednost suhega lesa iz lesnih gradbenih odpadkov znaša približno 15 MJ/kg. Ob upoštevanju enakega izkoristka kotla lahko izračunamo potrebno količino lesa za ogrevanje skladiščnih cistern bitumna in dupleks cevovodov m_L :

$$m_L = \frac{Q}{H_{i,L}} = \frac{7.661.780,4}{15} = 510.785 \text{ kg} \quad (10)$$

Z ogrevanjem kamnitih agregatov v betonskih silosih z vpihovanjem vročega zraka v spodnji del silosa se poveča temperatura kamnitih agregatov na vstopu v sušilni boben. Vhodna temperatura kamnitega agregata je enaka temperaturi okolice, ki se spreminja v odvisnosti od letnega časa.

Tabela 7: Izmerjena poraba kurilnega olja in ocenjena količina lesne biomase v letih 2005 – 2009 in povprečje

LETO	PORABA KURILNEGA OLJA ZA OGREVANJE BITUMNA		TOPLOTNA ENERGIJA		POTREBNA KOLIČINA BIOMASE
	[l]	[kg]	[MJ]	[MWh]	[t]
2005	202.713	174.333	7.426.593	2.063	495
2006	186.881	160.718	6.846.572	1.902	456
2007	225.749	194.144	8.270.540	2.297	551
2008	235.107	202.192	8.613.380	2.393	574
2009	195.217	167.887	7.151.970	1.987	477
POVPREČNO	209.133	179.855	7.661.811	2.128	511

V tabeli 7 so prikazane letne porabe kurilnega olja samo za ogrevanje bitumna v skladiščnih cisternah ter transportnih cevovodov bitumna v litrih in kilogramih, potrebna toplotna energija za ogrevanje in v zadnjem, petem stolpcu, potrebna količina lesne biomase.

5.3.3 Zagotavljanje lesne biomase

V letu 2007 so v družbi Primorje d.d. pridobili dovoljenje za zbiranje in predelavo gradbenih odpadkov na lokaciji kamnoloma Laže. Med gradbene odpadke sodijo tudi lesni gradbeni odpadki. To je les odsluženih opažev, tramovja, okna... Glede na to, da so gradbeno podjetje, jih lesni odpadki toliko ne zanimajo. S kvalificiranim podizvajalcem so podpisali pogodbo, v kateri se je zavezal, da bo lesne gradbene odpadke zdrobil in odpeljal iz obrata. Prednost tega je, da za zbrane odpadke dobijo plačilo, nato jih podizvajalec v njihovem obratu predela v lesne sekance in odpelje iz obrata. Podizvajalec v zameno za odstranitev zbranih lesnih odpadkov le-te dobi brezplačno.

Z natančno analizo količine prevzetih lesnih gradbenih odpadkov v letih 2008 in 2009 smo ugotovili, da količina zadošča za ogrevanje skladiščnih cistern bitumna in cevovodov v asfaltni bazi, ki jih ogrevajo 24 ur na dan. Pri posodobitvi ogrevanja in zaradi zadostne količine lesa bi bilo smotno predgrevati kamnite agregate pred

vhodom v proizvodnjo. V letu 2008 so prevzeli 646 t, v letu 2009 pa že 1.213 t lesne mase. Količina prevzetih lesnih odpadkov že bistveno presega količine potrebne za ogrevanja v asfaltni bazi, brez dodatnih aktivnosti za povečanje zbranih količin.

5.3.4 Prednosti in slabosti ogrevanja z lesno biomaso

Prednost uporabe lesne biomase za ogrevanje ni s tehničnega in logističnega, ampak bolj z ekonomskega in ekološkega vidika. Vsekakor je ogrevanje z biomaso zahtevnejše za upravljanje in vzdrževanje, potrebno je ustrezno negovati lesne sekance, zagotoviti skladiščne prostore, pojavlja se dodaten produkt – pepel, ki ga je potrebno odstraniti. Vložena finančna sredstva v sistem za ogrevanje z lesno biomaso so višja od vloženih finančnih sredstev v sistem za ogrevanje s kurilnim oljem ali zemeljskim plinom. Dolgoročno se izkaže, da je ogrevanje z biomaso cenejše in okolju prijaznejše.

Z ekonomskega vidika je ogrevanje veliko ugodnejše. Dobavitelj lesnih gradbenih odpadkov mora prevzemniku plačati 4,22 €/t. S tem prevzemnik pokrije stroške drobljenja lesnih gradbenih odpadkov v lesne sekance in je dejansko dobil energent zastonj oziroma celo plačanega. V primeru uporabe kurilnega olja pa mora plačati 0,637 €/l.

Pri zgorevanju lesne biomase nastaja ogljikov dioksid, ki ima največ zaslug za spremembe podnebja zaradi učinka tople grede. V nasprotju s fosilnimi gorivi se učinek zgorevanja lesne biomase globalno obravnava kot nevtralen do segrevanja ozračja. Če lesna biomasa ne bi zgorela, bi segnila, pri čemer bi prav tako nastali toplogredni plini. Toplogredni plini, ki nastajajo s sežigom ali gnitjem lesne biomase, so tako del naravnega kroženja ogljika v atmosferi in so v ravnovesju s sposobnostmi gozda, da preko fotosinteze ogljikov dioksid razgradi v kisik in ogljik.

V tabeli 8 so prikazane vrednosti emisij ogljikovega dioksida pri zgorevanju fosilnih goriv.

Tabela 8: Tabela emisij CO₂ pri izgorevanju fosilnih goriv (Priročnik, 1997)

Št.	Gorivo	ton CO ₂ /MWh goriva
TEKOČA GORIVA		
1	bencin	0,255
2	dieselsko gorivo	0,265
3	kurilno olje EL	0,265
4	težja KO (LS, L, LNS, S, SNS, T, TNS in ET)	0,28
5	utekočinjen naftni plin	0,225
PLINASTA GORIVA		
6	zemeljski plin	0,2
7	plavžni plin, naftni plin, koksni plin	0,215
8	daljinska toplota	po dobavitelju toplote
9	električna energija	0,5

Za slovenski elektroenergetski sistem je povprečna vrednost emisije CO₂ pri proizvodnji električne energije v višini 0,5 t/MWh. To vrednost uporabimo pri ukrepih zmanjšanja rabe električne energije. V primeru kogeneracije, ko povečamo emisije CO₂ podjetja, zmanjšamo pa emisije na nivoju slovenskega elektroenergetskega sistema, izračunamo neto skupni učinek kot njuno razliko.

5.3.5 Emisija ogljikovega dioksida pri ogrevanju asfaltne baze s kurilnim oljem v letu 2009

Iz tabele 8 lahko dobimo podatek, da na vsako porabljeno MWh energije, ki jo pridobimo iz kurilne naprave, emitira 0,265 t ogljikovega dioksida. V letu 2009 so za ogrevanje bitumna in cevovodov porabili 195.217 l kurilnega olja ali 167.887 kg. Porabljena toplota Q je:

$$Q = m_{\text{KO}} * H_{\text{i,KO}} = \frac{167.887 * 42,6}{3600} = 1.986,66 \text{ MWh} \quad (11)$$

Masa Emitiranega ogljikovega dioksida m_{CO_2} pa je:

$$m_{CO_2} = Q * 0,265 = 1.986,66 * 0,265 = 526 \text{ t} \quad (12)$$

5.3.6 Zmanjšanje emisije ogljikovega dioksida pri ogrevanju asfaltne baze z lesno biomaso

Zmanjšanje emisije ogljikovega dioksida zaradi ogrevanja asfaltne baze na lesno biomaso lahko izračunamo tako, da upoštevamo podatek, da je izgorevanje lesne biomase nevtralno oziroma ne vpliva na povečanje emisije ogljikovega dioksida. Z ogrevanjem s kurilnim oljem pa povečamo emisijo ogljikovega dioksida za 0,265 t/MWh.

Z zamenjavo kotla na kurilno olje za kotel na lesno biomaso ne bi več uporabljali kurilnega olja za ogrevanje bitumna v skladiščnih cisternah in dupleks cevovodov za transport bitumna. Z izvedbo sistema za predgrevanje kamnitih agregatov v skladiščnih silosih pa bi dvignili vhodno temperaturo kamnitih agregatov in bi s tem še dodatno zmanjšali dovod toplote v sušilnem bobnu.

Osnova za izračun zmanjšanja emisije ogljikovega dioksida je proizvodnja asfaltnih zmesi in poraba kurilnega olja v letu 2009.

- a. Zmanjšanje ogljikovega dioksida zaradi ogrevanja bitumna in cevovodov

Generirano količina ogljikovega dioksida zaradi ogrevanja na kurilno olje, izračunamo po enačbah (11) in (12).

Tabela 9: Emitirana količina ogljikovega dioksida od 2005 do 2009

		2005	2006	2007	2008	2009
Poraba ELKO	l	202.713	186.881	225.749	235.107	195.217
Poraba ELKO	kg	174.333	160.718	194.144	202.192	167.887
Potrebna toplota	MJ	7.426.593	6.846.572	8.270.540	8.613.380	7.151.970
Potrebna energija	MWh	2.063	1.902	2.297	2.393	1.987
Emitirana količina CO ₂	t	547	504	609	634	526
Poraba biomase	t	594	548	662	689	572

V tabeli 9 je prikazan izračun emisije ogljikovega dioksida za obdobje od leta 2005 do 2009 za vsako leto posebej. Poraba lesne biomase je izračunana z upoštevanjem kurilnosti lesne biomase 15 MJ/kg in ocenjenim izkoristkom kotla 85 %.

b. Zmanjšanje ogljikovega dioksida zaradi predgrevanja kamnitih agregatov

Izračun zmanjšanja emisije ogljikovega dioksida, ki je prikazan v tabeli 10, smo izračunali za leto 2009. V tem letu so proizvedli 157.527 t asfaltnih zmesi.

Količino kamnitih agregatov, ki se v sušilnem bobnu segreje na temperaturo okrog 180 °C, izračunamo tako, da odštejemo povprečno porabo bitumna, ki znaša 4 %, in kameno moko (6 %). V letu 2009 je bilo porabljeno 141.774 t kamnitih agregatov. V izračunu smo predpostavili, da bomo v silosih predgreli kamnite agregate povprečno za 50 °C.

Tabela 10: Izračun zmanjšanja emisije ogljikovega dioksida

Proizvedena količina asfalta v letu 2009		157.527	t
Uporabljena količina bitumna	4 %	6.301	t
Uporabljena količina kamene moke	6 %	9.452	t
Uporabljena količina kamnitih zrn		141.774	t
Dvig temperature kamnitih agregatov na vstopu		50	°C
Specifična toplota kamniti agregatov		0,84	kJ/kgK
Kurilnost ELKO		42.600	kJ/kg
Potrebna toplota		5.954.521	MJ
Potrebna toplota		1.654	MWh
Gostota ELKO		0,86	kg/l
Poraba goriva ELKO		139.777	kg
Poraba goriva ELKO		162.532	l
Emisija CO ₂ pri zgorevanju ELKO (tabela 8)		0,265	t (CO ₂)/MWh
Emisija CO ₂ v letu 2009		438	t

Ob predpostavki, da bi v letu 2009 uporabljali lesno biomaso za ogrevanje asfaltne baze in predgrevanje vhodnih kamnitih agregatov, bi zmanjšali emisijo ogljikovega dioksida za 964 t. Za ogrevanje asfaltne baze 526 t, za predgrevanje kamnitih agregatov pa 438 t.

5.3.7 Prihranek pri ogrevanju asfaltne baze z lesno biomaso

Med ogrevanjem asfaltne baze s kurilnim oljem ali lesno biomaso tehnološko ni velike razlike. Razlike so v agregatnem stanju goriva in zato različnem skladiščenju energentov. Običajno gorivo že pripravljeno pripeljejo v proizvodni obrat. V obravnavanem primeru pa je ključnega pomena to, da se lesne gradbene odpadke zbira v proizvodnem obratu kamnoloma, ki jih je potrebno nato predelati v lesne sekance.

Izračun prihranka smo izvedli za dva primera. Prvi izračun predstavlja prihranek pri ogrevanju bitumna in transportnih cevovodov, drugi primer pa dodaten prihranek pri predgrevanju kamnitih agregatov.

a. Prihranek pri ogrevanju bitumna in transportnih cevovodov

V tabeli 11 je prikazan izračun stroškov za ogrevanje na kurilno olje v letu 2009, ki znaša 124.353 €. Za zagotovitev enake količine energije z lesnimi sekanci bi potrebovali 2.919 nm³ (nasipni kubični meter). En nasipni kubični meter tehta 180 kg (Standardizirana velikost lesnih sekancev, 2011)

Tabela 11: Izračun prihranka pri ogrevanju bitumna in transportnih cevovodov

1.	Poraba ELKO	195.217,00 l	x	0,637 €/l	=	124.353,23 €
2.	Poraba lesne biomase	526,00 t	x	5,55 nm ³ /t	=	2.919,00 nm ³
3.	Drobljenje lesne biomase	2.919,00 nm ³	x	2,50 €/nm ³	=	7.297,50 €
						Prihranek = 117.055,73 €

V proizvodni obrat kamnoloma prevzemamo lesne gradbene odpadke različnih dimenzij, zato jih je potrebno s sekalnikom za drobljenje lesnih sekancev zdrobiti na ustrezne dimenzije. Strošek drobljenja, izveden v proizvodnem obratu kamnoloma, znaša od 2,3 do 2,5 €/nm³. Za prevzem lesnih gradbenih odpadkov prevzemnik zaračuna 4,22 €/t. Ta prihodek v izračunu ni upoštevan, ker se to že izvaja in ne predstavlja prihranka. Prihranek predstavlja zamenjava energenta, to je kurilnega olja, z lesnimi sekanci. Strošek priprave lesnih sekancev je le drobljenje. Transportne stroške lesnih sekancev iz mesta drobljenja do mesta kurjenja nismo upoštevali, ker

se drobljenje in kurjenje izvaja v proizvodnem obratu in je vsa potrebna mehanizacija že v obratu in ne predstavlja dodatnega stroška.

Izračun kaže, da bi znašal prihranek 117.055 € na leto.

b. Prihranek pri predgrevanju kamnitih agregatov

Dodatno zmanjšanje porabe kurilnega olja lahko zagotovimo s predgrevanjem kamnitih agregatov v skladiščnih silosih, ki bi ga izvedli z ogrevanjem na lesno biomaso.

Tabela 12: Prihranek pri predgrevanju kamnitih agregatov

1.	Poraba ELKO	162.531,00 l	x	0,637 €/l	=	103.532,25 €
2.	Poraba lesne biomase	477,00 t	x	5,55 nm ³ /t	=	2.919,00 nm ³
3.	Drobljenje lesne biomase	2.919,00 nm ³	x	2,50 €/nm ³	=	7.297,50 €
						Prihranek = 96.234,75 €

Izračun v tabeli 12 je izdelan na osnovi predpostavke, da povprečno temperaturo kamnitih agregatov, v skladiščnih silosih kamnitih agregatov, dvignemo za 50 °C.

V tem primeru znaša prihranek še dodatnih 96.234,75 € na leto. Porabljena količina lesne biomase še vedno ne presega zbranih količin lesa v proizvodnem obratu kamnoloma.

5.3.8 Zakonodaja – emisija kotlov na lesno biomaso

Mejne emisijske vrednosti za kurilne naprave za kurjenje lesne biomase so predpisane z **Uredbo o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav** (Uredba o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav, 2007). Kotel na lesno biomaso, ki bi zadostoval za ogrevanje asfaltne baze, ima moč do enega MW, zato spada med malo kurilno napravo. Zgoraj navedena uredba določa naslednje mejne vrednosti emisij v zrak za male kurilne naprave:

1. Črnina dimnih plinov 1.
2. Toplotne izgube z dimnimi plini:

- 19 % za vhodno toplotno moč 8 kW ali več in manjšo od 25 kW,
- 18 % za vhodno toplotno moč 25 kW ali več in manjšo od 50 kW,
- 12 % za vhodno toplotno moč 50 kW ali več in manjšo ali enako 1 MW.

3. Mejna koncentracija ogljikovega monoksida:

- 4.000 mg/m³ za vhodno toplotno moč 50 kW ali več in manjšo od 150 kW,
- 2.000 mg/m³ za vhodno toplotno moč 150 kW ali več in manjšo od 500 kW,
- 1.000 mg/m³ za vhodno toplotno moč 500 kW ali več in manjšo ali enako 1 MW;

4. Mejna koncentracija dušikovega monoksida in dušikovih dioksidov, izraženih kot NO₂, 250 mg/m³ za vhodno toplotno moč 100 kW ali več in manjšo ali enako 1 MW.

5. Računska vsebnost kisika v dimnih plinih male kurilne naprave, ki uporablja za gorivo premog, brikete iz premoga ali koks, 7 odstotkov, za drugo trdno gorivo pa 13 odstotkov.

Upravljalavec male in srednje kurilne naprave mora zagotoviti izvajanje obratovalnega monitoringa emisije snovi v skladu s predpisom, ki ureja prve meritve in obratovalni monitoring emisije snovi v zrak.

Zakonodaja še ne predpisuje minimalnih izkoristkov kurilnih naprav na biomaso, vendar je napovedana uvedba usklajenih pravil EU na tem področju v sklopu direktive v pripravi o obnovljivi energiji za ogrevanje in hlajenje.

5.3.9 Zakonodaja – kurjenje gradbenega odpadnega lesa

Pripravo lesnih gradbenih odpadkov v trdo gorivo ureja **Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo** (Uredba o predelavi nevarnih odpadkov v trdo gorivo, 2008).

Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov ter drugi odpadki iz onesnaženega lesa, ki se v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, uvrščajo v podskupine odpadkov s številko 17 02 (Uredba o ravnanju z odpadki, 2008).

Vsebnost nevarnih snovi v trdnem gorivu iz neonesnažene in delo onesnažene biomase ne sme presegati največjih vrednosti za vsebnost nevarnih snovi v naravnem lesu, ki so navedene v tabeli 13.

Tabela 13: Mejne vrednosti za vsebnost nevarnih snovi v lesu, ki je obdelan z zaščitnimi sredstvi in premazi

Parameter	Največje vrednosti za naravni les (mg/kg)	Mejne vrednosti za obdelani les (mg/kg)	Vrednosti za onesnaženi les (mg/kg)
Bor (B) in njegove spojine, izražene kot B	15	30	> 30
Arzen (As) in njegove spojine, izražene kot As	0,8	2	> 2
Fluor (F) in njegove spojine, izražene kot F	10	30	> 30
Baker (Cu) in njegove spojine, izražene kot Cu	5	20	> 20
Živo srebro (Hg) in njegove spojine, izražene kot Hg	0,05	0,4	> 0,4
Klor (Cl)	100	150 brez PVC-oplemenitenja 350 s PVC-oplemenitenjem	> 150 brez PVC-oplemenitenja > 350 s PVC-oplemenitenjem

Trdno gorivo, pripravljeno iz odpadkov iz delno onesnažene biomase, je prepovedano uporabljati kot gorivo v malih kurilnih napravah in srednjih kurilnih napravah z vhodno toplotno močjo, ki je manjša od 1 MW. Uredba predpisuje pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja, ki je odvisna od velikosti kurilne naprave.

5.3.10 Lokacija kotla na lesno biomaso v asfaltni bazi

Asfaltna baza v proizvodnem obratu kamnoloma je bila postavljena v letu 1995. Zaradi spreminjanja zahtev pri proizvodnji asfaltnih zmesi in uporabe različnih tipov bitumnov je bilo potrebno na asfaltni bazi dodatno dograditi štiri cisterne za bitumen.

Osnovna kotlovnica moči 350 kW ni več zadoščala za ogrevanje in je bilo potrebno dograditi novo kotlovnico z močjo 650 kW. Zaradi navedenega je veliko prostora na asfaltni bazi zasedenega in ni možno v neposredni bližini instalirati kotla na biomaso. Na izbiro imamo dve lokaciji: prva lokacija je na južnem delu asfaltne baze na osnovnem platoju, druga pa na nivoju polnjenja skladiščnih silosov kamnitih agregatov asfaltne baze s kamioni. Druga lokacije je za 10 m dvignjena nad osnovni nivo asfaltne baze. Odločili smo se za drugo lokacijo, in sicer zaradi:

- bližine betonarne, upravne stavbe in kamionske tehtnice zaradi možnosti izvedbe daljinskega ogrevanja;
- bližine silosov kamnitih agregatov za asfaltno bazo in betonarno za predgrevanje kamnitih agregatov;
- krajše transportne razdalje lesnih sekancev in lažjega nakladanja lesnih sekancev v zalogovnik (več prostora za manipulacijo z nakladalnim strojem).

5.3.11 Ocena investicije in vračilna doba investicije

Vračilna doba investicije nam pove, v kolikšnem času se bo investicija v projekt vgradnje kotla na lesno biomaso izplačala, oziroma nas zanima po kolikšnem času bo obratovanje kotla na lesno biomaso povrnilo vložena sredstva.

Oceno celotne investicije smo izračunali na osnovi pridobljenih ponudb proizvajalcev posameznih sklopov naprav. Vse ponudbe so informativne. Za natančnejšo določitev je potrebno izvesti idejni projekt, iz katerega se bo pridobilo natančne podatke. Cene posameznih sklopov naprav so podane v tabeli 14.

Tabela 14: Cene posameznih sklopov naprav

1.	Zalogovnik lesne biomase za 5-dnevno porabo $V = 200 \text{ m}^3$ (tloris 5x12 m) s pomičnimi drogovi, hidravličnim agregatom, polžnim pogonom in doziranjem do kurišča.	70.000 €
----	--	----------

2.	Kurišče s pomično poševno rešetko, polžnim dozatorjem v kurišče, ventilatorji zgorevalnega zraka, odvodom pepela iz kurišča, armaturami, protipožarno zaščito in priključkom na kotel. Kurišče je ustrezno obzidano in izolirano ter oblečeno v pločevinasti obod. Toplotna moč kurišča je 1 MW.	150.000 €
3.	Kotel za ogrevanje termalnega olja z dvojno spiralo, vertikalne izvedbe z vsemi armaturami in izolacijo ter plaščem toplotne moči 1 MW, izstopna temperatura olja 250 °C. Kotel bo instaliran na vrhu kotla tako, da za kotel in kurišče potrebujemo tlorisno površino cca 5x4 m in višino cca. 10 m.	80.000 €
4.	Ostala oprema, elektroinstalacije, dimnik in ventilator dimnih plinov, čiščenje dimnih plinov, montaža, zagon, dokumentacija.	100.000 €
5.	Objekt kotlovnice, v katerem je instaliran zalogovnik, dozirna naprava, kurišče... dimenzije 12x18 m , višina objekta 10 m.	112.320 €
	Skupaj	512.320 €

Celoten ocenjen strošek investicije znaša 512.320 €. Potrebno je upoštevati še stroške obratovanja in vzdrževanja. Ocenjujemo jih na 2 % celotne investicije, kar znaša 10.246 €. Iz navedeni podatkov izračunamo, da je celotna investicija v sistem za ogrevanje bitumna v skladiščnih cisternah, transportnih cevovodov in predgrevanja kamnitih agregatov v silosih ocenjena na 522.566 €.

V poglavju 5.3.7 smo izračunali, da bi znašal prihranek v letu 2009 za ogrevanje bitumna in transportnih cevovodov 117.055 €. To leto lahko vzamemo kot referenčno leto porabe kurilnega olja, ker je bila poraba kurilnega olja precej nizka zaradi manjše proizvodnje. S tem bomo imeli zanesljivejši izračun vračilne dobe investicije.

Dodatni prihranek, zaradi predgrevanja kamnitih agregatov, smo za leto 2009 izračunali na 96.235 € ob predpostavki, da kamnite agregate segrejemo za 50 °C. Celotni prihranek, ki ga lahko upoštevamo v izračunu vračilne dobe investicije, znaša torej 213.290 €.

Metode za ocenjevanje investicijskih projektov delimo na statične in dinamične. Osnovni kriterij za delitev je vključenost časovne dimenzije denarja v presojo projekta. Statični kriteriji povsem zanemarjajo časovno komponento ali pa jo

upoštevajo samo delno in/ali posredno, pri dinamičnih metodah pa z diskontiranjem bodočih donosov (ali "doplačil") na začetni trenutek naredimo zneske primerljive (Čibej, 2006).

a. Statična metoda izračuna vračilne dobe investicije

Statična metoda izračuna vračilne dobe investicije ne upošteva:

- skupnih donosov investicije,
- časovne razporeditve donosov in investicijskih vložkov,
- napačne obravnave časovnega horizonta.

Vračilno dobo investicije izračunamo z enačbo:

$$VD = \frac{SO}{LPE - DS} = \frac{512.320}{213.290 - 10.246} = 2,52 \text{ let} \quad (13)$$

VD vračilna doba investicije

SO stroški opreme in montaže

LPE letni prihranek energije

DS letni stroški vzdrževanja in obratovanja

Vračilna doba investicije znaša 2,52 let. V primeru, da bi investicijo izvedli v letu 2011, je v letu 2014 prihranek presegel stroške investicije.

Opozoriti je potrebno, da je lahko proizvodnja asfaltnih zmesi večja in s tem tudi poraba kurilnega olja tako za ogrevanje bitumna in kamnitih agregatov, kar skrajša vračilno dobo investicije.

Tabela 15: Vračilna doba investicije

Ekonomska doba projekta	0	1	2	3	4
Koledarsko leto	2010	2011	2012	2013	2014
Letni prihranek	0 €	213.290 €	213.290 €	213.290 €	213.290 €
Kumulativni prihranek	0 €	213.290 €	426.580 €	639.870 €	853.160 €
Investicija	512.320 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Stroški upravljanja in vzdrževanja	10.246 €	10.246 €	10.246 €	10.246 €	10.246 €
Čisti dobiček	-522.566 €	-309.276 €	-95.986 €	117.304 €	330.594 €

b. Dinamični izračun vračilne dobe investicije

Dinamična metoda izračuna vračanja vložka v investicijo nam pove, v kolikšnem času se nam bo investicija v projekt izplačala z upoštevanjem časovne komponente.

Najpogosteje uporabljena merila za presojanje smiselnosti investicijskega projekta so njegova **neto sedanja vrednost** ali **čista sedanja vrednost**. Izračunamo je po enačbi (14). Originalna angleška kratica, ki jo dostikrat srečamo namesto NSV, je NPV, "net present value". To dobimo tako, da vse bodoče donose D_k (prihranke) z uporabo izbrane obrestne mere oziroma diskontne stopnje i reduciramo na začetni trenutek in od tako dobljene vrednosti odštejemo investicijski vložek I_0 .

$$NSV = \frac{D_1}{1+i} + \frac{D_2}{(1+i)^2} + \frac{D_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{D_n}{(1+i)^n} - I_0 = \sum_{k=1}^n \frac{D_k}{(1+i)^k} - I_0 \quad (14)$$

Neto sedanja vrednost po enem letu obratovanje kotla znaša -323.229 €, izračunano po enačbi (15), 37.174 € pa po treh letih obratovanja. Neto sedanjo vrednost za vsako leto posebej prikazuje tabela 15.

$$NSV_1 = \frac{D_1}{1+i} - I_0 = \frac{213.290}{1+0,07} - 522.566 = -323.229 \text{ €} \quad (15)$$

$$NSV_1 = \frac{D_1}{1+i} + \frac{D_2}{(1+i)^2} + \frac{D_3}{(1+i)^3} - I_0 =$$

$$NSV = \frac{213.290}{1+0,07} + \frac{213.290}{(1+0,07)^2} + \frac{213.290}{(1+0,07)^3} - 522.566 = 37.174 \text{ €} \quad (16)$$

Tabela 16: Dinamična metoda vračanja investicije

Doba	0	1	2	3	4	5
Koledarsko leto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Investicija	522.566 €	0	0	0	0	0
Donosi (prihranki)	0	213.290 €	213.290 €	213.290 €	213.290 €	213.290 €
Diskontna stopnja	7,0 %	7,0 %	7,0 %	7,0 %	7,0 %	7,0 %
Diskontni faktor	1,00	1,07	1,14	1,23	1,31	1,40
Neto sedanja vrednost	-522.566 €	-323.230 €	-136.934 €	37.174 €	199.892 €	351.965 €

V našem primeru se izkaže, da se nam vložek v investicijo izplača v tretjem letu obratovanja.

5.3.12 Ocena zmanjšanja emisije CO₂

Z uvedbo predlaganih ukrepov v proizvodni obrat kamnoloma zmanjšamo porabo energentov, ki povečujejo emisijo CO₂ v ozračje, in stroške energije. V tabeli 16 je prikazana rekapitulacija prihrankov in količina zmanjšanja emisije CO₂ v ozračje za posamezni ukrep.

Tabela 17: Rekapitulacija prihrankov in zmanjšanje emisije CO₂

Z.Š.	Opis ukrepa	Prihranek		Zmanjšanje emisije CO ₂	
Ukrep 1	Vgradnja frekvenčnih regulatorjev	259.496 kWh	22.999 €	130 t	
Ukrep 2	Zamenjava klinastih z zobatimi jermeni	82.400 kWh	7.303 €	41 t	
Ukrep 3	Vgrdanja kotla na lesno biomaso	a.	195.217 l	117.055 €	526 t
		b.	162.531 l	96.234 €	438 t
		SKUPAJ	243.591 €	1.136 t	

V letu dni s predlaganimi ukrepi prihranimo 243.591 € in zmanjšamo emisijo CO₂ za 1.136 t. Življenjska doba kotlovnice in frekvenčnih regulatorjev je 25 let. Izračun prihranka samo na dobo desetih let znaša 2.435.910 €. Za primerjavo so to sredstva, s katerimi se postavi nova asfaltna baza s kapaciteto preko 200 t/h. Cena nove moderne asfaltne baze znaša cca. 2.000.000 €.

6 ZAKLJUČKI

Dolgoročen obstoj proizvodnega obrata temelji na obvladovanju stroškov proizvodnega procesa. Nenehen vpliv konkurence zahteva zniževanje lastne cene, na katero ima pri proizvodnem obratu kamnoloma močan vpliv strošek za energijo.

V nalogi smo natančno analizirali porabo električne energije in kurilnega olja ter določili osnove za nadaljnje spremljanje porabe. Zmanjševanje porabe na enoto proizvoda je pokazatelj pravilnega delovanja proizvodnega procesa, dvig porabe pa alarm za izvedbo natančne analize in ukrepanje.

Vgraditev frekvenčnega regulatorja na pogon odpraševalne naprave v asfaltni bazi omogoča zmanjšanje porabe električne energije in zaradi tega približno 5.000 € letnega prihranka. Nujno je potrebno vgraditi frekvenčne regulatorje tudi na pogone odpraševalnih naprav v separaciji. Število obratovalnih ur na leto je na separaciji bistveno višje kot v asfaltni bazi zaradi obratovanja v dveh izmenah. Prihranek bo znašal dodanih 23.000 € na leto.

Razlika v izkoristku klinastega jermena ali ploščatega zobatega jermena je od 8 do 9 %. Moči elektromotorjev pogonov ventilatorjev odpraševalnih naprav v separaciji znašajo dvakrat 75 in enkrat 90 kW. Z zamenjavo klinastih jermenov s ploščatim zobatim jermenom prihranimo skoraj 7.300 € letno.

Najučinkovitejši ukrep zmanjšanja porabe kurilnega olja je uporaba lesnih gradbenih odpadkov za ogrevanje asfaltne baze. S tem ukrepom bi letno prihranili približno 120.000 € in zmanjšali emisijo CO₂ za 526 t. S predgrevanjem kamnitih agregatov za uporabo na asfaltni bazi pa še približno dodatnih 100.000 € in zmanjšali emisijo CO₂ za 438 t.

Vsi obravnavani ukrepi spadajo med tehnološke izboljšave. Drugi integralni ukrepi, predvsem organizacijski ukrepi, ki bi dodatno prispevali k prihranku energentov, zahtevajo dodatno podrobnejšo študijo na nivoju celotne družbe.

V nadaljevanju je potrebno proučiti možnost razširitve osnovne dejavnosti proizvodnega obrata kamnoloma na predelavo lesnih odpadkov v lesne sekance ali druge lesne proizvode. V obratu letno zberejo večjo količino lesnih odpadkov, kot bi

jih potrebovali za ogrevanje v asfaltni bazi z investiranjem v nov kotel na lesno biomaso. Potrebno je začeti z organiziranim zbiranjem lesnih gradbenih odpadkov, s katerim se izognemo nenadzorovanemu kurjenju na gradbiščih. Tak ukrep dodatno prispeva k zniževanju stroškov, zmanjšanju porabe energije in trajnostnemu razvoju družbe.

7 LITERATURA

Čibej, J. A. (2006). Investicije. Pridobljeno 18. 5. 2010 s svetovnega spleta: http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC_ppo/JAC_E-REVIR_060516_Investicije.pdf

Butala, V., Turk, J. (1998). Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije. Fakulteta za strojništvo Ljubljana.

Ekstra lahko kurilno olje v gospodarstvu (1999). Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije.

Fatur, T., Šolinc, H. (1998). Varčno z energijo pri elektromotornih pogonih. Institut Jožef Stefan, Center za energetska učinkovitost.

Google Earth. Pridobljeno 17. 5. 2010 iz računalniškega programa Google Earth.

Kraut, B. (1997). Strojniški priročnik. Tehniška založba Slovenije.

Metodologija izvedbe energetskega pregleda (2001). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za učinkovito rabo energije.

Priročnik za izvajalce energetskih pregledov (1997). Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije.

Standardizirana velikost lesnih sekancev: granulacija in nasipna teža. Pridobljeno 15.01.2011 iz svetovnega spleta: <http://www.mitraka.com/cms/files/SEKANCI.pdf>

Uredba o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav. Uradni list RS, št. 34/2007, (2007).

Uredba o predelavi nevarnih odpadkov v trdo gorivo. Uradni list RS, št. 57/2008, (2008).

Uredba o ravnanju z odpadki. Uradni list RS, št. 34/2008, (2008).