

Model optimalizacije utroška energenata u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima cikličnog tipa

Androjić, Ivica

Doctoral thesis / Doktorski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:160687>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-05**



GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Repository / Repozitorij:

[Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

U OSIJEKU

GRAĐEVINSKI FAKULTET U OSIJEKU

**MODEL OPTIMALIZACIJE UTROŠKA ENERGENATA
U PROCESU PROIZVODNJE VRUĆIH ASFALJNIH
MJEŠAVINA NA ASFALTNIM POSTROJENJIMA
CIKLIČNOG TIPRA**

DOKTORSKI RAD

Ivica Androjić

OSIJEK, 2013.

DOKTORSKA DISERTACIJA

MODEL OPTIMALIZACIJE UTROŠKA ENERGENATA U PROCESU PROIZVODNJE VRUĆIH ASFALTNIH MJEŠAVINA NA ASFALTNIM POSTROJENJIMA CIKLIČKOG TIPA

PODACI O AUTORU

Ime i prezime: **dr. sc. Ivica Androjić**, mag.ing.aedif.
Mjesto i godina rođenja: Osijek, Republika Hrvatska, 1982.
Diplomirao: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, 2009.
Zaposlen: Osijek-Koteks d.d. Osijek

PODACI O DOKTORSKOM RADU:

Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Građevinarstvo
Mentor: doc. dr. sc. Zlata Dolaček-Alduk

POSTUPAK OCJENE I OBRANA:

Prijava teme: siječanj 2013.

Povjerenstvo za ocjenu:

izv. prof. dr. sc. Sanja Dimter, Građevinski fakultet Osijek, predsjednica

doc. dr. sc. Zlata Dolaček-Alduk, Građevinski fakultet Osijek, članica i mentorica

prof. dr. sc. Tatjana Rukavina, Građevinski fakultet Zagreb, članica

Povjerenstvo za obranu:

izv. prof. dr. sc. Sanja Dimter, Građevinski fakultet Osijek, predsjednica

doc. dr. sc. Zlata Dolaček-Alduk, Građevinski fakultet Osijek, članica i mentorica

prof. dr. sc. Tatjana Rukavina, Građevinski fakultet Zagreb, članica

Mjesto i datum obrane: Građevinski fakultet Osijek, 19. prosinac 2013

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

U OSIJEKU

GRAĐEVINSKI FAKULTET U OSIJEKU

**MODEL OPTIMALIZACIJE UTROŠKA ENERGENATA
U PROCESU PROIZVODNJE VRUĆIH ASFALTNIH
MJEŠAVINA NA ASFALTNIM POSTROJENJIMA
CIKLIČNOG TIPA**

DOKTORSKI RAD

Ivica Androjić

OSIJEK, 2013.

PODATCI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK:

Ključne riječi: Asfaltno postrojenje, model, utrošak energije, vruća asfaltna mješavina.

Znanstveno područje: TEHNIČKE ZNANOSTI

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Institucija u kojoj je rad izrađen: Građevinski fakultet u Osijeku,
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor rada: doc. dr. sc. Zlata Dolaček-Alduk

Komentor rada: izv. prof. dr. sc. Sanja Dimter

Broj stranica: XXVI + 244

Broj slika: 215

Broj tablica: 34

Broj korištenih bibliografskih jedinica: 180

Datum obrane: 19.12.2013.

Institucija u kojoj je rad pohranjen: Građevinski fakultet u Osijeku

PREDGOVOR

Porast potražnje za energijom, prouzročen tehnološkim razvojem te ograničenim količinama zaliha resursa iz neobnovljivih izvora, postavlja težnju za ostvarivanjem racionalizacije utroška energije u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina. U procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina najviša potreba za energijom jest u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

Kao energent u procesu sušenja i grijanja mineralne mješavine koristi se lož ulje, nafta, prirodni plin, električna energija i drugi izvori energije (ugljena prašina). Prilikom sušenja i grijanja mineralne mješavine energija se troši na uklanjanje sveukupnoga udjela vlage i za grijanje mineralne mješavine s trenutne na projektiranu temperaturu za spravljanje vruće asfaltne mješavine.

Udio vlage u mineralnoj mješavini, kao i njezina temperatura ovise o vanjskim vremenskim uvjetima, tehnologiji proizvodnje kamenih frakcija u kamenolomu, uvjetima i vremenu skladištenja mineralne mješavine.

U disertaciji su obrađeni svi bitni utjecajni čimbenici na utrošak energije u procesu sušenja i grijanja mineralne mješavine u rotacijskom bubnju. Prikazan je model praćenja utroška energije s obzirom na varijabilnost utjecajnih faktora. Optimalizacijom proizvodnje asfaltnih mješavina ostvaruje se bolja iskoristivost proizvodnih kapaciteta, smanjenje potrošnje fosilnih goriva uz oslobađanje manjih količina ugljičnoga dioksida.

U radu se obrađuju sve etape rada jednog cikličnog asfaltnog postrojenja te svi bitni utjecaji na pojavljivanje nepotrebne potrošnje energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u rotacionom bubnju.

Smanjenjem utroška energije ostvaruju se niže emisije ispušnih plinova kao i racionalnija proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina.

FOREWORD

The increase in demand for energy, caused by technological development, and limited quantities of stocks of non-renewable resources, sets to us the aim of achieving rationalization of energy use in the production process of hot mix asphalt. In the process of production of hot mix asphalt, the highest need for energy is in the process of drying and heating of mineral mixture.

Fuel oil, crude oil, natural gas, electricity and others are used as energy sources in the process of drying and heating of mineral mixture. During the drying and heating of mineral mixture, energy is spent on the removal of the overall share of moisture and for heating of mineral mixture from the current to the required temperature for the preparation of hot mix asphalt.

The moisture content in the mineral mixture, as well as its temperature, mainly depend on external weather conditions, manufacturing technology in the quarry, the conditions and storage time of mineral mixtures.

The dissertation presents all factors influencing energy consumption in the process of drying and heating of mineral mixture in a rotary drum. A monitoring model of the energy consumption due to the variation of the influencing factors is as well introduced. By optimizing the production of asphalt mixture, a better utilization of production capacity is achieved, while the consumption of fossil fuels is reduced, with releasing small amounts of carbon dioxide and other.

The present dissertation will cover all the stages of a cyclic asphalt plant and all important influences on the incidence of unnecessary energy consumption in the process of drying and heating of mineral mixture in the rotary drum.

Reduction of energy consumption accomplish lower exhaust gas emission as well as rational production of hot mix asphalt.

*Zahvaljujem se dragom Bogu, svojoj mentorici **doc.dr.sc. Zlati Dolaček-Alduk** i komentorici **prof.dr.sc. Sanji Dimter** na svom uloženom trudu i angažmanu tijekom izrade disertacije.*

Zahvaljujem se također i svim kolegama, bratu i prijateljima na velikoj pomoći i razumijevanju.

SADRŽAJ

Sažetak / 1.Uvod	1
Sažetak.....	2
1. UVOD.....	6
1.1. Obrazloženje i opravdanost istraživanja.....	6
1.2. Problem, predmet i znanstvena hipoteza istraživanja.....	11
1.2.1. Problem istraživanja.....	11
1.2.2. Predmet istraživanja.....	12
1.2.3. Znanstvena hipoteza.....	12
1.2.4. Pomoćne hipoteze.....	13
1.3. Argumenti koji podupiru znanstvenu i pomoćne hipoteze.....	13
1.4. Svrha i ciljevi istraživanja.....	13
1.4.1. Svrha istraživanja.....	13
1.4.2. Ciljevi istraživanja.....	14
1.5. Ocjena dosadašnjih istraživanja.....	15
1.6. Metoda istraživanja.....	16
1.6.1. Znanstvene metode.....	16
1.7. Metodologija znanstvenoga istraživanja.....	17
1.8. Kompozicija rada.....	18
2. PREGLED STANJA.....	20
2.1. Povijesni pregled razvoja asfaltnih postrojenja.....	23
2.1.1. Razvoj asfaltnih postrojenja.....	23
2.2. Proizvođači asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj.....	26

2.3. Mineralna mješavina za proizvodnju asfaltne mješavine.....	27
2.3.1. Vлага u mineralnoj mješavini.....	28
2.3.2. Utjecaj temperature mineralne mješavine.....	33
2.3.3. Tehnološka dostignuća deponiranja mineralne mješavine....	35
2.4. Skladištenje vrućih asfaltnih mješavina.....	38
2.5. Spremnici za uskladišteni bitumen.....	42
3. Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa.....	46
3.1. Karakteristike i proizvodnja analiziranih asfaltnih postrojenja.....	47
3.1.1. Asfaltno postrojenje Kovinarska VKM-130, Nemetin.....	47
3.1.2. Asfaltno postrojenje Marini M-150 E 205, Lužani.....	49
3.1.3. Asfaltno postrojenje Marini M-40 57A, Orahovica.....	51
3.2. Analiza troškova asfaltnih postrojenja.....	52
3.2.1. Plaće i doprinosi – TG1.....	57
3.2.2. Energenti – TG2.....	64
3.2.3. Amortizacija, najam, održavanje – TG3.....	77
3.2.4. Materijali, prijevozi, strojevi – TG4.....	80
3.2.5. Sitni inventar, telefoni, internet i drugo – TG5.....	85
3.2.6. Ostalo – TG6.....	88
4. Razrada kritičnih mjesta u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina.....	92
4.1. Predozatori (negrijani spremnici) K.M. – A.....	97
4.1.1. Ispitivanje vlažnosti u frakcijama kamenog agregata...-.....	99

4.1.2. Vlažnost u deponiranoj mineralnoj mješavini.....	102
4.1.3. Utjecaj temperature zraka na proces proizvodnje asfaltnih mješavina.....	105
4.2. Rotacijski bubanj za sušenje i grijanje kamenoga agregata K.M. – B.....	109
4.3. Spremnici za uskladišteni bitumen K.M. – C.....	113
4.4. Dimnjak za ispušne plinove K.M. – D.....	117
5. Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji v.a.m.....	120
5.1. Eksperimentalni dio.....	121
5.1.1. Iskorištenost proizvodnih kapaciteta.....	125
5.1.2. Udio vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine.....	132
5.1.3. Temperatura ispitanih uzoraka mineralne mješavine.....	140
5.1.4. Potreba za energijom.....	147
5.1.5. Model interakcije „Temperatura mineralne mješavine / Vlažnost mineralne mješavine / Utrošak energije“.....	150
5.1.6. Gubitak temperature zagrijanih kamenih frakcija.....	160
6. Zaključak istraživanja.....	168
LITERATURA.....	173
PRILOZI.....	184
ŽIVOTOPIS.....	242

POPIS SLIKA

Slika 1.	Okvirni utrošak lož ulja u proizvodnji asfaltnih mješavina.....	8
Slika 2.	Zavisnost grijanja reciklirane asfaltne mješavine i vlažnosti u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.....	8
Slika 3.	Princip grijanja deponija kamenoga agregata u proizvodnji betonskih mješavina.....	9
Slika 4.	Snimak termokamerom grijanoga deponija kamenoga agregata...	10
Slika 5.	Tehnološki slijed rada asfaltnog postrojenja cikličnog tipa.....	22
Slika 6.	Asfaltno postrojenje iz 60-ih godina 20. stoljeća.....	25
Slika 7.	Asfaltno postrojenje iz 1965. godine.....	25
Slika 8.	Prikaz sveukupne proizvodnje asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj.....	26
Slika 9.	Četiri stanja agregata s obzirom na stanje vlažnosti.....	30
Slika 10.	Vlaga u deponiji kamena.....	31
Slika 11.	Natkrivena deponija recikliranog asfalta.....	32
Slika 12.	Natkrivena reciklirana asfaltna mješavina.....	32
Slika 13.	Drenažne krivulje.....	33
Slika 14.	Grijani spremnici.....	35
Slika 15.	Natkrivena deponija mineralne mješavine.....	35
Slika 16.	Deponija mineralne mješavine.....	36
Slika 17.	Natkriveni spremnici mineralne mješavine.....	36
Slika 18.	Zatvoreni sustav asfaltnog postrojenja.....	37
Slika 19.	Buduće asfaltno postrojenje.....	37
Slika 20.	Tri varijante asfaltnih postrojenja s obzirom na položaj spremnika.....	39

Slika 21.	Snimak termokamerom pražnjenja spremnika u transportno sredstvo.....	39
Slika 22.	Hubbard Construction Company.....	40
Slika 23.	Kolo Veidekke – Norveška.....	40
Slika 24.	Spremnici Astec – SAD.....	41
Slika 25.	Oplošje spremnika - Astec – SAD.....	41
Slika 26.	Završetak spremnika Astec – SAD.....	42
Slika 27.	Spremnik za bitumen.....	44
Slika 28.	Vertikalni spremnici za bitumen.....	44
Slika 29.	Horizontalni spremnik za bitumen.....	44
Slika 30.	Asfaltno postrojenje u Nemetinu.....	49
Slika 31.	Asfaltno postrojenje u Lužanima.....	50
Slika 32.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2007. godine (A.P. Nemetin).....	52
Slika 33.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2008. godine (A.P. Nemetin).....	53
Slika 34.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2009. godine (A.P. Nemetin).....	53
Slika 35.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2007. godine (A.P. Lužani).....	54
Slika 36.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2008. godine (A.P. Lužani).....	54
Slika 37.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2009. godine (A.P. Lužani).....	55
Slika 38.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2007. godine (A.P. Orahovica).....	56
Slika 39.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2008. godine (A.P. Orahovica).....	56

Slika 40.	Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2009. godine (A.P. Orahovica).....	56
Slika 41.	Grafički prikaz troškova grupe TG1 – 2007. godina.....	59
Slika 42.	Grafički prikaz troškova grupe TG1 – 2008. godina.....	59
Slika 43.	Grafički prikaz troškova grupe TG1 – 2009. godina.....	60
Slika 44.	Grafički prikaz kumulativnih troškova grupe TG1 – 2007. godina.....	61
Slika 45.	Grafički prikaz kumulativnih troškova grupe TG1 – 2008. godina.....	62
Slika 46.	Grafički prikaz kumulativnih troškova grupe TG1 – 2009. godina.....	62
Slika 47.	Zavisnost sveukupnih troškova grupe TG1, energenata i proizvedenih asfaltnih mješavina u periodu od 2007. – 2009. godine.....	63
Slika 48.	Grafički prikaz troškova energenata – 2007. godina.....	66
Slika 49.	Grafički prikaz troškova energenata – 2008. godina.....	67
Slika 50.	Grafički prikaz troškova energenata – 2009. godina.....	67
Slika 51.	Trošak energenata po toni asfaltne mješavine – 2007. godina.....	68
Slika 52.	Trošak energenata po toni asfaltne mješavine – 2008. godina.....	69
Slika 53.	Trošak energenata po toni asfaltne mješavine – 2009. godina.....	69
Slika 54.	Zavisnost troškovne grupe TG2 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. - 2009. godine.....	72
Slika 55.	Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2007. godina	73
Slika 56.	Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4	

	mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2008. godina	73
Slika 57.	Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2009. godina	74
Slika 58.	Utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina (A.P. Nemetin) – 2007. godina.....	75
Slika 59.	Utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina (A.P. Nemetin) – 2008. godina.....	75
Slika 60.	Utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina (A.P. Nemetin) – 2009. godina.....	76
Slika 61.	TG3 – 2007. godina.....	78
Slika 62.	TG3 – 2008. godina.....	79
Slika 63.	TG3 – 2009. godina.....	79
Slika 64.	TG4 – 2007. godina.....	82
Slika 65.	TG4 – 2008. godina.....	82
Slika 66.	TG4 – 2009. godina.....	83
Slika 67.	Zavisnost troškova grupe TG4 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. - 2009. godine.....	84
Slika 68.	TG5 u toni proizvedene asfaltne mješavine – 2007. godina.....	86
Slika 69.	TG5 po toni proizvedene asfaltne mješavine – 2008. godina.....	87
Slika 70.	TG5 po toni proizvedene asfaltne mješavine– 2009. godina.....	87
Slika 71.	TG6 – 2007. godina.....	89
Slika 72.	TG6 – 2008. godina.....	89
Slika 73.	TG6 – 2009. godina.....	90
Slika 74.	Zavisnost sveukupnih troškova i proizvodnje asfaltnih mješavina	

	na analiziranim postrojenjima kroz period od 2007.–2007. godine.....	91
Slika 75.	Grafički prikaz utjecajnih mjesta na potrebu za energijom.....	93
Slika 76.	Spremnici za uskladišteni bitumen u Nemetinu.....	94
Slika 77.	Hladni spremnici za frakcije kamenog agregata u Lužanima (predozatori).....	94
Slika 78.	Rotacijski bubanj na asfaltnom postrojenju u Lužanima.....	95
Slika 79.	Dimnjak za odvod ispušnih plinova na asfaltnom postrojenju u Lužanima.....	95
Slika 80.	Shematski prikaz kritičnih mjesta za asfaltna postrojenja cikličnoga tipa s obzirom na utrošak energenata.....	96
Slika 81.	Deponije kamenog agregata na asfaltnom postrojenju u Nemetinu.....	98
Slika 82.	Deponija kamenog agregata na asfaltnom postrojenju u Lužanima.....	98
Slika 83.	Izmjerene vlažnosti frakcija kamenoga agregata – A.P. Nemetin	100
Slika 84.	Odnos vlažnosti frakcija kamenoga agregata granulacije 0-4/16- 31,5 mm – A.P. Nemetin.....	101
Slika 85.	Mjesta uzorkovanja kamene frakcije granulacije 0/4 mm.....	103
Slika 86.	Rezultati laboratorijskih ispitivanja udjela vlage u kamenoj frakciji granulacije 0/4 mm.....	103
Slika 87.	Deponija pijeska na betonskom postrojenju u Osijeku (Tehnika- Beton).....	104
Slika 88.	Kumulativni prikaz proizvedenih asfaltnih mješavina – 2007. godina.....	105
Slika 89.	Proizvedene asfaltne mješavine – 2008. godina.....	106
Slika 90.	Proizvedene asfaltne mješavine – 2009. godina.....	106

Slika 91.	Prosječne temperature zraka i količina padalina– 2007. godina....	107
Slika 92.	Prosječne temperature zraka i količina padalina– 2008. godina...	108
Slika 93.	Prosječne temperature zraka i količina padalina– 2009. godina...	108
Slika 94.	Shema ulaznih i izlaznih vrijednosti rotacijskog bubnja.....	110
Slika 95.	Rotacijski bubanj za sušenje i zagrijavanje (A.P. Orahovica – Gravia d.o.o.).....	110
Slika 96.	Spremnici za bitumen – A.P. Orahovica (Gravia d.o.o.).....	113
Slika 97.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, travanj 2007. g.....	114
Slika 98.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, svibanj 2007. g.	115
Slika 99.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, lipanj 2007. g.	115
Slika 100.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, srpanj 2007. g.	185
Slika 101.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, kolovoz 2007. g.	185
Slika 102.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, rujan 2007. g.	186
Slika 103.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, listopad 2007. g.	186
Slika 104.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, studeni 2007. g.	187
Slika 105.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, prosinac 2007. g.	187
Slika 106.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, ožujak 2008. g.	188
Slika 107.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, travanj 2008. g.	188
Slika 108.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, svibanj 2008. g.	189

Slika 109.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, lipanj 2008. g.	189
Slika 110.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, srpanj 2008. g.	190
Slika 111.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, kolovoz 2008. g.	190
Slika 112.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, rujan 2008. g.	191
Slika 113.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, listopad 2008. g.	191
Slika 114.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, studeni 2008. g.	192
Slika 115.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, prosinac 2008. g.	192
Slika 116.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, veljača 2009. g.	193
Slika 117.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, ožujak 2009. g.	193
Slika 118.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, travanj 2009. g.	194
Slika 119.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, svibanj 2009. g.	194
Slika 120.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, lipanj 2009. g.	195
Slika 121.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, srpanj 2009. g.	195
Slika 122.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, kolovoz 2009. g.	196
Slika 123.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, rujan 2009. g.	196

Slika 124.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, listopad 2009. g.	197
Slika 125.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, studeni 2009. g.	197
Slika 126.	Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, prosinac 2009. g.	198
Slika 127.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, travanj 2007. g.	198
Slika 128.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, rujan 2007. g.	199
Slika 129.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, listopad 2007. g. ...	199
Slika 130.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, studeni 2007. g.	200
Slika 131.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, prosinac 2007. g. ..	200
Slika 132.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, siječanj 2008. g.	201
Slika 133.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, veljača 2008. g.	201
Slika 134.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, ožujak 2008. g.	202
Slika 135.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, travanj 2008. g.	202
Slika 136.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, kolovoz 2008. g. ...	203
Slika 137.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, rujan 2008. g.	203
Slika 138.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, listopad 2008. g....	204
Slika 139.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, studeni 2008. g.	204

Slika 140.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, prosinac 2008. g. ..	205
Slika 141.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, ožujak 2009. g.	205
Slika 142.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, travanj 2009. g.	206
Slika 143.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, svibanj 2009. g.	206
Slika 144.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, lipanj 2009. g.	207
Slika 145.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, srpanj 2009. g.	207
Slika 146.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, kolovoz 2009. g. ...	208
Slika 147.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, rujan 2009. g.	208
Slika 148.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, listopad 2009. g. ...	209
Slika 149.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, studeni 2009. g....	209
Slika 150.	Proizvedene asfaltne mješavine – Orahovica, prosinac 2009. g. ..	210
Slika 151.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, siječanj 2007. g.	210
Slika 152.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, veljača 2007. g.	211
Slika 153.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, ožujak 2007. g.	211
Slika 154.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, travanj 2007. g.	212

Slika 155.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, svibanj 2007. g.	212
Slika 156.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, lipanj 2007. g.	213
Slika 157.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, srpanj 2007. g.	213
Slika 158.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, kolovoz 2007. g.	214
Slika 159.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, rujan 2007. g.	214
Slika 160.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, listopad 2007. g.	215
Slika 161.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, studeni 2007. g.	215
Slika 162.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, prosinac 2007. g.	216
Slika 163.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, ožujak 2008. g.	216
Slika 164.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, travanj 2008. g.	217
Slika 165.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, svibanj 2008. g.	217
Slika 166.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, lipanj 2008. g.	218
Slika 167.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, srpanj 2008. g.	218
Slika 168.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, kolovoz 2008. g.	219
Slika 169.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, rujan 2008. g.	219
Slika 170.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, listopad 2008. g.	220

Slika 171.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, studeni 2008. g.	220
Slika 172.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, prosinac 2008. g.	221
Slika 173.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, veljača 2009. g.	221
Slika 174.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, ožujak 2009. g.	222
Slika 175.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, travanj 2009. g.	222
Slika 176.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, svibanj 2009. g.	223
Slika 177.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, lipanj 2009. g.	223
Slika 178.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, srpanj 2009. g.	224
Slika 179.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, kolovoz 2009. g.	224
Slika 180.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, rujan 2009. g.	225
Slika 181.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, listopad 2009. g.	225
Slika 182.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, studeni 2009. g.	226
Slika 183.	Proizvedene asfaltne mješavine – Nemetin, prosinac 2009. g.	226
Slika 184.	Zavisnost kvalitete mineralne mješavine i količine ispušnih plinova.....	117
Slika 185.	Uzorkovanje mineralne mješavine.....	122
Slika 186.	Obrazac za uzorkovanje mineralne mješavine.....	122
Slika 187.	Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina za nosive slojeve.....	124

Slika 188.	Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina za vezne slojeve.....	124
Slika 189.	Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina za habajuće slojeve..	124
Slika 190.	Odnos proizvedenih asfaltnih mješavina i vlažnosti mineralne mješavine.....	125
Slika 191.	Iskoristivost asfaltnog postrojenja u periodu od lipanj - studeni 2012. g.	126
Slika 192.	Utjecaj prekida proizvodnje na utrošak energije u periodu svibanj - studeni 2012. g.	127
Slika 193.	Odnos kontinuiteta proizvodnje i utroška energije.....	127
Slika 194.	Dnevna proizvodnja asfaltnih mješavina u periodu svibanj - studeni 2012. g.	129
Slika 195.	Proizvodnja asfaltnih mješavina po slojevima kolničke konstrukcije u koji se ugrađuje, svibanj - studeni 2012. g.	131
Slika 196.	Prosječni udio vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine	134
Slika 197.	Odnos količina padalina i udjela vlage u mineralnoj mješavini....	136
Slika 198.	Odnos temperature zraka i udjela vlage u mineralnoj mješavini (A.P. Nemetin).....	138
Slika 199.	Zavisnost udjela vlage i utroška zemnog plina.....	139
Slika 200.	Temperature mineralne mješavine.....	141
Slika 201.	Odnos temperature zraka i mineralne mješavine.....	143
Slika 202.	Omjer prosječne temperature i vlažnosti u ispitanoj mineralnoj mješavini.....	145
Slika 203.	Odnos temperature mineralne mješavine i utroška zemnog plina..	146
Slika 204.	Dnevni utrošak zemnog plina – A.P. Nemetin.....	149

Slika 205.	Model optimalizacije utroška energije.....	152
Slika 206.	Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 8°C ($y = 7,4104X + 65,091$).....	154
Slika 207.	Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 16°C ($y = 7,3208X + 62,382$).....	154
Slika 208.	Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 22°C ($y = 7,3116X + 59,805$).....	155
Slika 209.	Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 30°C ($y = 7,0762X + 56,545$).....	156
Slika 210.	Ispitani uzorak kamene frakcije granulacije 4/8 mm.....	161
Slika 211.	Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 0/4 mm, riječnog porijekla.....	162
Slika 212.	Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 4/8 mm, dolomitnog porijekla.....	162
Slika 213.	Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 8/16 mm, dolomitnog porijekla.....	163
Slika 214.	Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 16/31,5 mm, dolomitnog porijekla.....	163
Slika 215.	Shematski prikaz raspodjele potrebne energije u rotacijskom bubnju.....	167

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Proizvodnja asfaltnih mješavina u Europi i u Republici Hrvatskoj.....	26
Tablica 2.	Proizvodnja asfaltnih mješavina sa različitim udjelima vlažnosti mineralne mješavine.....	29
Tablica 3.	Okvirne vrijednosti udjela vlage u mineralnoj mješavini.....	30
Tablica 4.	Specifična i latentna toplina.....	31
Tablica 5.	Proizvodne vrijednosti.....	34
Tablica 6.	Potrebni temperaturni rasponi u zavisnosti od vrste asfaltne mješavine.....	43
Tablica 7.	Proizvodna oprema asfaltnog postrojenja u Nemetinu.....	47
Tablica 8.	Proizvodna oprema asfaltnog postrojenja u Lužanima.....	49
Tablica 9.	Proizvodna oprema asfaltnog postrojenja u Orahovici.....	51
Tablica 10.	Troškovi plaća i doprinosa u odnosu na ukupne troškove.....	58
Tablica 11.	Zavisnost sveukupnih troškova grupe TG1, energenata i proizvedenih asfaltnih mješavina u periodu od 2007. – 2009. godine.....	228
Tablica 12.	Troškovi grupe TG2 u odnosu na ukupne troškove.....	65
Tablica 13.	Zavisnost troškovne grupe TG2 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. - 2009. godine.....	229
Tablica 14.	Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4mm i 0/2mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2007. godina.....	229
Tablica 15.	Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4mm i 0/2mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2008. g.	230

Tablica 16.	Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4mm i 0/2mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2009. g.	231
Tablica 17.	Troškovna grupa TG3 u odnosu na ukupne troškove.....	78
Tablica 18.	TG4 u odnosu na ukupne troškove.....	80
Tablica 19.	Zavisnost troškova grupe TG4 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. - 2009. godine.....	232
Tablica 20.	Grupa troškova TG5 u odnosu na ukupne troškove.....	86
Tablica 21.	TG6 u odnosu na ukupne troškove	88
Tablica 22.	Potrošnja prirodnoga plina na asfaltnom postrojenju u Nemetinu, 2009. godina	112
Tablica 23.	Sastav ispušnih plinova	118
Tablica 24.	Radni sastavi asfaltnih mješavina.....	123
Tablica 25.	Odnos proizvedenih asfaltnih mješavina i vlažnosti mineralne mješavine.....	232
Tablica 26.	Iskoristivost asfaltnog postrojenja.....	233
Tablica 27.	Utjecaj prekida proizvodnje na utrošak energije.....	233
Tablica 28.	Odnos kontinuiteta proizvodnje i utroška energije.....	233
Tablica 29.	Zavisnost udjela vlage i utroška zemnog plina.....	234
Tablica 30.	Odnos temperature mineralne mješavine i utroška zemnog plina	234
Tablica 31.	Potreba za energijom.....	153
Tablica 32.	Potrebna energija primjenom krivulja modela.....	157
Tablica 33.	Laboratorijska ispitivanja modela utroška energije.....	235
Tablica 34.	Model optimalizacije stroka energije.....	241

POPIS OZNAKA

CO	Ugljični monoksid
CO ₂	Ugljični dioksid
C _{pv}	Specifični toplinski kapacitet
g	Godina
HMA	Hot mix asphalt
K	Kelvin – termodinamička temperatura
kg	Masa
kJ/kg	Energijski tijek
kJ/kg.K	Specifični toplinski kapacitet
kn	Valuta Republike Hrvatske – Kuna
kom	Komad
kWh	Fizikalna jedinica za rad i energiju
kWh/m ³	Utrošena energija po obujmu
l	Obujam – litra
m	Masa kamenog materijala
mm	Duljina
m ²	Ploština
m ³	Obujam
MJ/m ³	Energetska vrijednost zemnog plina
MWh	Fizikalna jedinica za rad i energiju
m ³ /h	Obujamni protok
NO ₃	Triksonitrat

Pa	Pritisak
SO ₂	Sumporni dioksid
SO ₃	Sumporni trioksid
t/h	Proizvodni učinak u jedinici vremena
°C	Celzijeva temperatura
%	Oznaka za postotak

Sažetak / 1. Uvod

Sažetak

Gospodarski i tehnološki razvoj utječu na potrošnju energije čija je proizvodnja jedan od uzročnika onečišćenja okoliša, ali i trošenja obnovljivih i neobnovljivih izvora energije [1]. Projekcije ukazuju da će se u svijetu potrošnja energije i energenata do 2030. godine povećati za 50% u odnosu na današnju potrošnju, što implicira potrebom za energetsom održivosti [2].

Na sastanku Europskog vijeća održanog 8. i 9. ožujka 2007. godine izložen je i usvojen Akcijski plan za Energetsku politiku za Europu. Najznačajnije aktivnosti iz Akcijskog plana vezane su uz energetske učinkovitost i obnovljive izvore energije [3]. Ciljevi Akcijskog plana za razdoblje do 2020. godine vezani su uz:

- povećanje energetske učinkovitosti s ciljem ostvarivanja smanjivanja potrošnje energije u zemljama Europske unije za 20%;
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije za 20% u ukupnoj proizvodnji energije u zemljama Europske unije;
- povećanje udjela proizvodnje i potrošnje bioloških goriva za 10% u ukupnoj potrošnji goriva u zemljama Europske unije [3].

Nacionalno zakonodavstvo u području energetske učinkovitosti čine:

- Strategija energetskog razvitka RH (NN 130/09) [2];
- Program energetske učinkovitosti za RH 2008.–2016. godine [4];
- Prvi nacionalni akcijski plan za energetske učinkovitost 2008.–2010. godine [5].

Nacionalno zakonodavstvo na području energetske učinkovitosti temelji se na ostvarivanju ciljeva sigurnosti opskrbe energijom, konkurentnosti energetskog sustava i ostvarivanju održivosti energetskog razvoja.

U 2007. godini proizvodnja sirove nafte u svijetu iznosila je 84 523 milijuna barela [6]. Okvirna vrijednost potrebne energije za proizvodnju jedne tone vruće asfaltne mješavine je cca 85 kWh pri čemu se oslobodi 22 kg ugljikovog dioksida [7-8]¹. Ukupna svjetska

¹ Vrijednosti utroška energije po proizvedenoj toni asfaltne mješavine veće su u određenim razdobljima prilikom analize promatrane proizvodnje u poglavlju „Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina“.

produkcija vrućih asfaltnih mješavina u 2007. godini iznosila je približno 1600 milijuna tona [9]. Okvirni utrošak energije u proizvodnji tijekom 2007. godine iznosi 136×10^6 MWh/god, a u atmosferu je ispušteno 352×10^5 tona ugljikovog dioksida. Može se zaključiti da je tijekom 2007. godine sveukupna svjetska industrija proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina (Hot Mix Asphalt) utrošila cca 0,28% cjelokupne svjetske proizvodnje sirove nafte [10]. Važno je napomenuti da je tijekom 2010. godine ukupna količina emitiranog ugljičnog dioksida u atmosferu tijekom izgradnje kolničke konstrukcije između 200 i 600 t/milja prometnice (1 kopnena milja je 1609,34 m) [11].

Današnji režim rada asfaltnih postrojenja podrazumijeva nedostatnu iskoristivost proizvodnih kapaciteta, znatan utrošak energenata uzrokovan nestalnom proizvodnjom asfaltnih mješavina i korištenjem hladnih i vlažnih kamenih frakcija². Proces proizvodnje asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima odvija se gotovo cijele godine i u vremenski nepovoljnim periodima. Takav rad uzrokuje nedostatnu iskoristivost radnih resursa, uvećanu potrošnju energije na zagrijavanje hladne i vlažne mineralne mješavine, grijanje i održavanje potrebne radne temperature uskladištenoga bitumena³.

Cilj je optimalizacije proizvodnje asfaltnih mješavina povećati iskoristivost proizvodnih kapaciteta, smanjiti potrošnju fosilnih goriva uz oslobađanje manjih količina ugljičnog dioksida, raspršivača i isparavanja te pravilnije korištenje resursa smanjenim utroškom radnih sati ljudi i mehanizacije te mehaničkog trošenja samog postrojenja.

U ovom radu obradit će se sve etape rada cikličnog asfaltnog postrojenja. Obradit će se svi bitni utjecaji na pojavljivanje nepotrebne i neplanirane potrošnje energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine⁴. U istraživanju, koje je predmet ovoga rada, primijenit će se sustavni pristup rješavanja problema koji podrazumijeva:

- definiranje i analizu problema – definiranje kritičnih mjesta u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina;
- specifikaciju varijabli koje utječu na proizvodnju – obradom postojećih baza podataka, objedinjavanjem svih poznatih utjecaja utvrđenih u analiziranom periodu od tri godine

² Analiza iskoristivosti asfaltnih postrojenja u Republici Hrvatskoj iskazana je u poglavlju “Pregled stanja“. Utrošak energenata na promatrana tri asfaltna postrojenja iskazan je u poglavlju „Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa – Energenti“.

³ Odvijanje proizvodnog procesa asfaltnih mješavina kroz veći dio godine vidljiv je u poglavlju “Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina“.

⁴ Proces sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine odvija se u rotacijskom bubnju.

za tri različita asfaltna postrojenja, izvođenje potrebnih laboratorijskih ispitivanja – simulacija teoretskih utjecaja uz primjenu u proizvodnji na asfaltnom postrojenju⁵;

- određivanje utjecajnih čimbenika na koje se može utjecati u budućoj proizvodnji primjenom predloženoga modela - odrediti praktično djelovanje utjecajnih čimbenika te moguću primjenu konkretnih mjera;
- definiranje procesa proizvodnje.

Sadržajno će se u radu istražiti postojeći režim proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na tri zasebna postrojenja u vremenskom razdoblju 2007.-2009. godine. Provest će se analiza ostvarenih troškova i utrošenih energenata u različitim režimima rada. Obradit će se kritična mjesta u ciklusu proizvodnje i prikazati izvedena laboratorijska ispitivanjima. Baza podataka obuhvaća podatke o proizvodnji nešto manje od milijun tona vruće asfaltne mješavine, proizvedene na tri asfaltna postrojenja cikličnoga tipa nazivnog proizvodnog kapaciteta 40, 100 i 150 t/h⁶. Podatci dobiveni temeljem praćenja dnevne proizvodnje asfaltnih mješavina, utrošenih energenata, vlažnosti i temperature kamene sitneži, te stvarnih kapaciteta proizvodnje, iskoristit će se za izradu novoga, kontroliranog režima rada i uvođenje djelotvornoga sustava praćenja utroška energije⁷.

S obzirom na složenost skupa problema, formirana je znanstvena hipoteza:

Smanjenjem sadržaja vlage i predgrijavanjem deponiranih kamenih frakcija rezultirat će određenom uštedom utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.

Krajnji rezultat istraživačkog rada je ukazivanje na mogućnosti ostvarivanja koristi primjenom predloženog modela. Model uključuje ostvarivanje veće iskoristivosti proizvodnog kapaciteta (jer se nestalnost proizvodnje uzrokovana vremenskim i temperaturnim uvjetima umanjuje), smanjenje utroška energije i postizanje manje emisije ispušnih plinova, sve uz minimalna dodatna ulaganja⁸.

Rad je podijeljen u sljedećih šest poglavlja:

1. Uvod

U prvom dijelu rada definiran je skup problema, predmet rada, hipoteza (s pomoćnim hipotezama), svrha i ciljevi, obrazloženje i opravdanost istraživanja.

⁵ Postojeća baza podataka dobivena je proizvođačevom analizom proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na tri asfaltna postrojenja kroz vremensko razdoblje 2007. – 2009. godine.

⁶ Proizvodni kapacitet asfaltnih postrojenja manji je od nazivnog kapaciteta zbog dotrajalosti promatranih postrojenja.

⁷ Utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

⁸ Niža emisija ispušnih plinova ostvaruje se skraćenim režimom rada asfaltnog postrojenja.

2. Pregled stanja

U drugom dijelu rada obrađen je povijesni pregled razvoja asfaltnih postrojenja u svijetu. Dani su statistički podatci o proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2007.–2010. godine. Prikazana su trenutna svjetska istraživanja koja uzimaju u obzir utjecaj udjela vlage i temperature korištene mineralne mješavine na utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine. Analizirana su i trenutna dostignuća skladištenja mineralne mješavine, proizvedenih asfaltnih mješavina i bitumena.

3. Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa

Treći dio obrađuje podjelu i analizu troškova proizvodnje na praćenim asfaltnim postrojenjima, analizu rada u promatranom vremenskom razdoblju 2007.–2009. godine te se uslijed toga daje detaljna analiza postojećega stanja⁹.

4. Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina

U četvrtom dijelu detaljno su analizirana kritična mjesta u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina¹⁰.

5. Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina

Peti dio rada donosi zaključke provedenih laboratorijskih ispitivanja frakcija kamenih agregata, odnosno mineralne mješavine uslijed stvarne proizvodnje asfaltnih mješavina. Uslijed toga izrađuje se model optimalizacije proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina koji se temelji na interakciji djelovanja temperature i vlažnosti mineralne mješavine na utrošak energije. Za potrebe izvođenja modela izvode se sva potrebna laboratorijska ispitivanja korištene mineralne mješavine pri čemu se uzimaju u obzir i vremenski uvjeti rada.

6. Zaključak istraživanja

Istraživanje se zaključuje obranom postavljene hipoteze i daju se obrazloženja o zadanim ciljevima rada. Predlažu se daljnje smjernice za istraživanja te se ukazuje na nedostatke i moguće oscilacije prilikom izrade daljnjih poboljšanja.

Ključne riječi: asfaltno postrojenje, model, utrošak energije, vruća asfaltna mješavina.

⁹ Obrada postojećih troškova na promatranim asfaltnim postrojenjima vrši se s ciljem analize troškova energenata u sveukupnim troškovima.

¹⁰ Kritična mjesta u postojećem ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina su određena temeljem utroška energije u procesu proizvodnje.

1. UVOD

1.1. Obrazloženje i opravdanost istraživanja

U radu je prikazana i analizirana problematika proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima s cikličnim radom¹¹. Diskontinuirana proizvodnja asfaltnih mješavina, kao i nedovoljna iskoristivost postojećih kapaciteta asfaltnih postrojenja, dovodi do povećanoga utroška energije i emisije štetnih ispušnih plinova u atmosferu¹². Zastoji u proizvodnji dovode do veće potrošnje pogonskog goriva za 20–35% [12]. Moguć negativni utjecaj proizvodnje na promjenu kakvoće zraka i okolnoga tla može nastati emisijom štetnih plinova i prašine. Zagrijani ispušni plinovi ispuštaju se na kotlovskom ispustu asfaltnoga postrojenja u procesu sušenja i zagrijavanja dozirane mineralne mješavine. Dio prašine iz proizvodnoga ciklusa u postrojenju uklanja se na filterima, što uzrokuje određeno smanjenje udjela ukupne praškaste tvari koja se ispušta u okolni zrak¹³.

Istraživanja ukazuju da se i do 97% energije koristi samo za zagrijavanje i sušenje agregata što je potaknulo za provedbu istraživanja o mogućoj uštedi energije [13]. Cilj rada je izrada modela koji uključuje interakciju utjecajnih parametara - vlažnost mineralne mješavine, temperatura mineralne mješavine i utroška energije¹⁴. Temeljem predhodnih proizvođačevih istraživanja na postojećim asfaltnim postrojenjima tijekom 2007.–2009. godine vidljiva su znatna odstupanja u utrošku energije¹⁵. Pojavljuje se pitanje zašto dolazi do takvih oscilacija u utrošku energije¹⁶. Uslijed provedenih analiza na postojećim asfaltnim postrojenjima vidljivo je da potrošnja energije po proizvedenoj toni asfaltne mješavine znatno opada u uvjetima proizvodnje u razdobljima visokih vanjskih temperatura i malih količina padalina¹⁷.

¹¹ Asfaltna postrojenja s obzirom na način proizvodnje mogu biti kontinuiranog ili cikličnog režima rada. Ciklični režim rada obuhvaća korištenje šarži u procesu proizvodnje kao jedna od varijanti rada.

¹² Uslijed diskontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina dolazi do hlađenja dijelova asfaltnog postrojenja (elevatora, sita za vruće sijanje, mješalice) i nepotrebnog utroška energije na održavanje temperature uskladištenog bitumena u spremnicima. Svaki prekid u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina također rezultira hlađenjem rotacijskog bubnja. Povećani utrošak energije uzrokovan diskontinuiranim radom se detaljno analizira u poglavlju „Model optimizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina“.

¹³ Dio otprašenog materijala se skladišti u predviđenim silosima i koristi kao povratno punilo u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina.

¹⁴ U procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima cikličnoga tipa.

¹⁵ Prethodna proizvođačeva istraživanja utroška energenata iskazana su u poglavlju „Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa – Energenti“.

¹⁶ Oscilacije u utrošku energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

¹⁷ Proizvodnja asfaltnih mješavina u povoljnim i nepovoljnim dijelovima godine zavisi o količini padalina i vanjskoj temperaturi zraka. Podatci o proizvodnji u nepovoljnim dijelovima godine na promatrana tri asfaltna postrojenja iskazani su u poglavlju „Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina“.

Prethodnim istraživanjem definiran je znatan utjecaj vlažnosti kamenih frakcija na utrošak energije [14-22].

Danas se asfaltne mješavine u Republici Hrvatskoj proizvode na cca 56 asfaltnih postrojenja, od kojih su samo dvije mobilne, a ostale su stacionarnoga tipa¹⁸. Pet asfaltnih postrojenja nazivnog su proizvodnog kapaciteta većeg od 200 t/h, petnaest je kapaciteta od 150 do 200 t/h, trinaest postrojenja je kapaciteta od 100 do 150 t/h, dok su ostale kapaciteta manjeg od 100 t/h (njih šest je manje od 50 t/h) [23].

U sadašnjem procesu proizvodnje asfaltnih mješavina koristi se mineralna mješavina ulazne temperature 5-30°C¹⁹ koja u svom sastavu sadrži 1-7% udjela vlage. Uslijed takvih odstupanja u temperaturi i sadržaju vlage u korištenoj mineralnoj mješavini dolazi do značajnog odstupanja u utrošku energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine²⁰.

Da bi se mogao regulirati i pratiti utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine potrebno je poznavati podatke o količinama energije potrebnih za uklanjanje vlage iz sastava mješavine i zagrijavanja mineralne mješavine na potrebnu temperaturu za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina²¹.

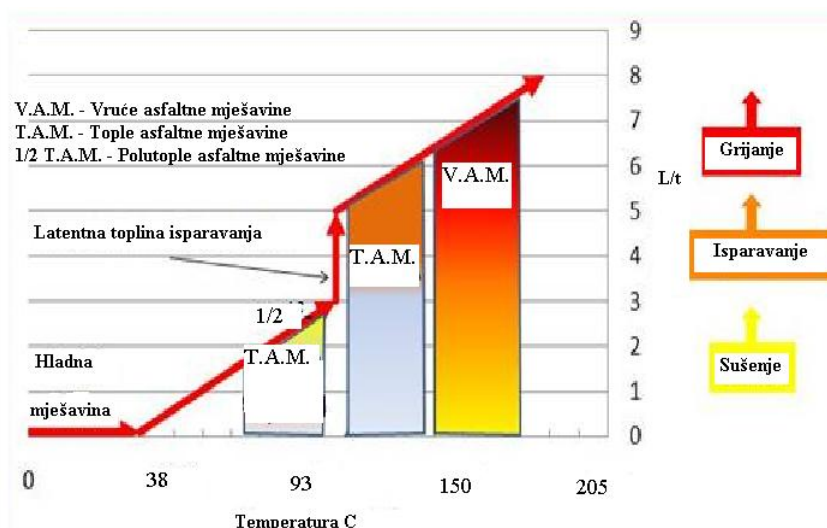
Na slici 1. grafički je prikazana orijentacijska potreba za energentima u procesu sušenja, isparavanja i zagrijavanja u proizvodnji toplih i vrućih asfaltnih mješavina.

¹⁸ Stvarni broj asfaltnih postrojenja na kojima se trenutno vrši proizvodnja asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj je teško točno definirati iz jednostavnog razloga što mnoga nisu certificirana i njihova proizvodnja ovisi o potrebama lokalnih zajednica.

¹⁹ Podatci o temperaturama i udjelu vlage u korištenoj mineralnoj mješavini dobiveni su laboratorijskim ispitivanjima uslijed svakodnevne proizvodnje asfaltnih mješavina. Svi podatci iskazani su u poglavlju „Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina“.

²⁰ Podatci o utrošku energije (zemni plin) detaljno su iskazani i poglavlju „Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina“. Podatci o utrošenoj energiji dobiveni su svakodnevnim očitanjem na asfaltnom postrojenju (umjereno mjerno mjesto).

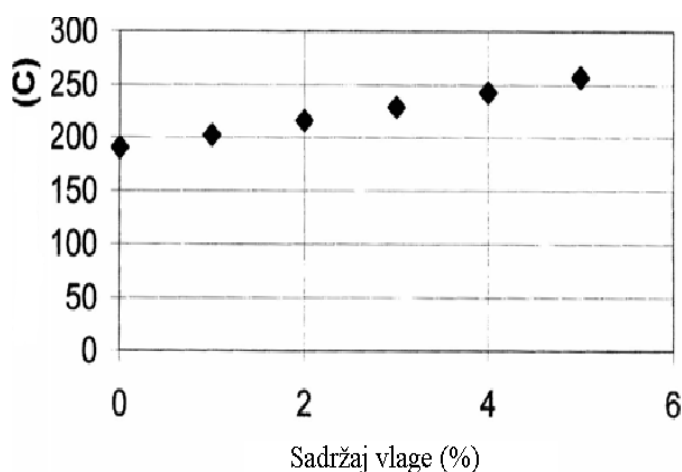
²¹ Do pojave vlage u mineralnoj mješavini dolazi uslijed ispiranja mješavine u kamenolomu, djelovanju padalina i vlažnosti zraka.



Slika 1. Okvirni utrošak lož ulja u proizvodnji asfaltnih mješavina [24]

Na slici 1. vidljivo je da je najveća potreba za uloženom energijom pri uklanjanju vlage iz sastava mineralne mješavine. Uklanjanje vlage podrazumijeva zagrijavanje i pretvaranje vlage iz tekućeg u plinovito stanje²².

Današnji proizvodni ciklus rada asfaltne postrojenja kao ulaznu komponentu uključuje uporabu hladnoga i prirodno vlažnoga kamenog agregata, dok izlazna komponenta proizvodnoga ciklusa obuhvaća ispuštanje zagrijanih ispušnih plinova u atmosferu. Na slici 2. vidljivo je da povećanjem sadržaja vlage u recikliranoj asfaltnoj mješavini dolazi do znatnoga povećanja potrebne temperature zagrijavanja, odnosno povećanoga utroška energije.

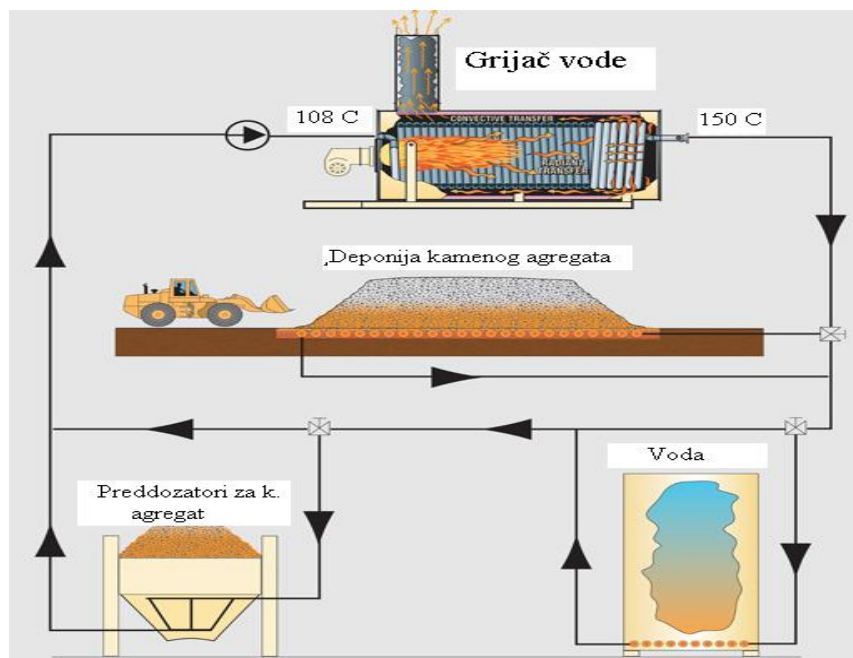


Slika 2. Zavisnost grijanja reciklirane asfaltne mješavine i vlažnosti u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina [24]

²² Visoki specifični toplinski kapacitet vode iziskuje utrošak znatne toplinske energije koja se oslobađa uslijed izgaranja energenta za razbijanje vodikovih veza.

Analizom postojećeg režima proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina ustanovljeno je da je najniža potreba za energijom u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u periodima visokih vanjskih temperatura zraka i malih količina padalina²³. Da bi se takav režim rada mogao ostvariti kroz veći dio proizvodne godine, potrebno je vršiti predgrijavanje natkrivene mineralne mješavine s ciljem ostvarivanja smanjenja udjela vlage i podizanja temperature mineralne mješavine u odnosu na vanjsku temperaturu²⁴.

Na slici 3. i 4. prikazano je rješenje grijanja deponije kamenoga agregata, vode i preddozatora kamenih agregata u proizvodnji betona²⁵. Na slici 3. vidljiv je poseban grijač vode koji pumpom i sustavom cjevovoda transportira zagrijanu vodu ispod podloge deponija kamenih agregata, spremnika za vodu i sustava preddozatora. Predgrijavanjem sastavnih sirovina ostvaruje se kontinuirani rad betonskoga postrojenja [25].



Slika 3. Princip grijanja deponija kamenoga agregata u proizvodnji betonskih mješavina [25]

Na slici 4. prikazan je digitalni snimak, načinjen termokamerom, deponija kamenoga agregata na betonskom postrojenju [25]. Vidljivo je da deponirana mineralna mješavina u podnožju deponija sadrži znatnu višu temperaturu materijala u odnosu na više točke²⁶. Viša temperatura

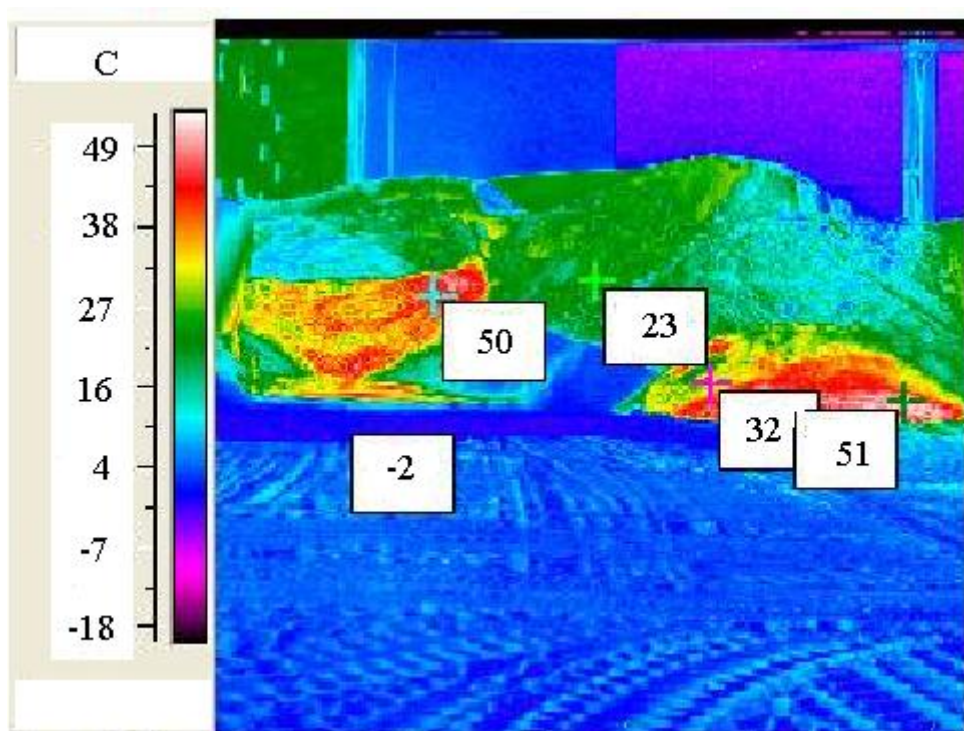
²³ Utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u periodima visokih temperatura zraka i malih količina padalina iskazan je u poglavlju "Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina".

²⁴ Pod zagrijavanjem mineralne mješavine podrazumijeva se i zagrijavanje vlage u sastavu kamena.

²⁵ Grijanje vode, deponije kamenog agregata i preddozatora na predmetnom betonskom postrojenju se vrši radi produljenja sezone proizvodnje betonskih mješavina.

²⁶ U poglavlju "Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina" je prikazano laboratorijsko ispitivanje udjela vlage na deponiji frakcije granulacije 0/4 mm. Iz dobivenih laboratorijskih ispitivanja vidljivo je da je najveći udio vlage u podnožju deponije – mjesto gdje se ostvaruje najveća temperatura predgrijavanjem.

u podnožju deponija ostvaruje se kontaktom deponiranoga kamenog materijala s grijanom podlogom.



Slika 4. Snimak termokamerom grijanoga deponija kamenoga agregata [25]

Grijanjem deponija kamenih agregata ostvaruje se smanjenje sadržaja vlage u kamenom agregatu i rasta temperature deponiranoga agregata.

Kontinuirano, tijekom godina, proizvođači asfaltnih mješavina i asfaltnih postrojenja bave se problematikom kako što jednostavnije i ekonomičnije osušiti kameni agregat. Težnje su pretežito usmjerene na povećanje snage sušionika, primjenu mnogih inovativnih rješenja, izvedbu većih plamenika, raznih složenih rješenja sagorijevanja i slično. Mnoga pozitivna svjetska iskustva ukazuju na to da se pravilnom izvedbom deponija materijala može znatno uštedjeti na utrošku energije za proizvodnju asfaltnih mješavina [26-31].

Pravilnom izvedbom deponija kamenoga agregata ostvaruje se:

- redukcija utroška energenata potrebnih za sušenje kamenoga agregata;
- povećanje kapaciteta proizvodnje asfaltnih mješavina²⁷;
- smanjenje troškova popločavanjem deponija kamenoga materijala²⁸;

²⁷ Povećanje proizvodnog kapaciteta ostvaruje se skraćenim režimom rada.

- smanjenje gubitka deponiranoga kamenog materijala;
- smanjenje utroška električne energije;
- redukcija segregacije kamenoga materijala;
- niži troškovi održavanja utovarivača²⁹.

Uslijed navedenih konstatacija proizlazi znanstvena opravdanost za izvođenjem istraživanja.

1.2. Problem, predmet i znanstvena hipoteza istraživanja

1.2.1. Problem istraživanja

Cjelokupna industrija proizvodnje asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj, kao i u svijetu, iziskuje znatne potrebe za resursima. Potreba za energentima u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina zavisi o kvaliteti korištenih sirovina, načinu njihovog skladištenja i iskorištenosti asfaltnog postrojenja. S obzirom da se mineralna mješavina nalazi u orijentacionom udjelu od 90% u proizvedenoj asfaltnoj mješavini, potrebno je znatnu pažnju posvetiti proizvodnji, transportu i skladištenju iste na asfaltnom postrojenju³⁰. Daleko najviša potreba za energijom na asfaltnom postrojenju je u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u rotacijskom bubnju [10]. Kroz rotacijski bubanj kontinuiranim tijekom se suši i zagrijava mineralna mješavina uz paralelno odvođenje ispušnih plinova koji sadrže zemljane čestice i vodenu paru u svom sastavu³¹. Što je viši udio vlage i količina sitnih zemljanih čestica, viši su gubici toplinske energije³². Problem u dosadašnjoj proizvodnji asfaltnih mješavina jest udio vlage i ulazna temperatura korištene mineralne mješavine. Mineralna mješavina u Republici Hrvatskoj pretežito se skladišti na nenatkrivenim i otvorenim deponijama u krugu asfaltnih postrojenja. Uslijed izloženosti korištenih kamenih frakcija svakodnevnim vremenskim prilikama, u kamenolomu i na asfaltnom postrojenju dolazi do povećanog utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

²⁸ Troškovi gubitka kamenog materijala su veliki uslijed deponiranja na neuređenu podlogu. Dolazi do propadanja kamenih frakcija u tlo uslijed gravitacijskog djelovanja.

²⁹ Utovarivač ne mora savladavati povećani otpor podloge pri utovaru kamenog materijala.

³⁰ Udio mineralne mješavine u proizvedenoj toni asfaltne mješavine zavisi od količine bitumena i kamenog brašna. Orijentacijski se oko 5% udjela bitumena i 5% dodanog kamenog brašna (povratno ili tvorničko) dodaje u asfaltnu mješavinu.

³¹ Ispušni plinovi se, osim kemijskih spojeva nastalih izgaranjem, sastoje od vodene pare i zemljanih čestica. Zemljane čestice u svom sastavu sadrže i dio kamenih čestica pa se dio otprašenog materijala nakon filtriranja skladišti u predviđenim spremnicima za daljnji rad.

³² Gubitak toplinske energije uslijed zagrijavanja otprašenog materijala jest taj što se taj materijal ili uklanja ili naknadno koristi u proizvodnji. Ukoliko se naknadno koristi u proizvodnji, dozira se ohlađen u mješalicu.

1.2.2. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja u ovom radu je analiza postojeće proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na tri asfaltna postrojenja kroz razdoblje od 2007.–2009. godine. Nakon izvršene detaljne analize postojeće proizvodnje određuju se kritična mjesta u dosadašnjem ciklusu rada s obzirom na potrebe za energijom. U periodu od 23.05.2012.–20.11.2012. godine vršena su svakodnevna laboratorijska ispitivanja tijekom proizvodnje asfaltnih mješavina. Laboratorijska ispitivanja podrazumijevaju:

- određivanje udjela vlage u korištenoj mineralnoj mješavini prema normi HRN EN 1097-5 (EN 1097-5 Određivanje sadržaja vode u agregatu sušenjem u ventilirajućem sušioniku) [32]³³,
- mjerenje temperature korištene mineralne mješavine digitalnim termometrom prije sušenja i zagrijavanja,
- određivanje udjela vlage u deponiranoj mineralnoj mješavini prema HRN EN 1097-5 (EN 1097-5 Određivanje sadržaja vode u agregatu sušenjem u ventilirajućem sušioniku) [32]³⁴,
- određivanje svakodnevnog utroška energije na zagrijavanje mineralne mješavine³⁵.

Indirektna laboratorijska ispitivanja koja su se svakodnevno provodila podrazumijevaju ispitivanje fizikalno mehaničkih svojstava proizvedenih vrućih asfaltnih mješavina tijekom izvođenja ispitivanja [33-43]³⁶. Sveukupnim istraživanjem težilo se odrediti interakciju utjecaja temperature i vlažnosti korištene mineralne mješavine na utrošak energije³⁷.

1.2.3. Znanstvena hipoteza:

Smanjenjem sadržaja vlage i predgrijavanjem deponiranih kamenih frakcija rezultirat će određenom uštedom u utrošku energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.

³³ Određivanje udjela vlage u korištenoj mineralnoj mješavini prije doziranja u rotacijski bubanj.

³⁴ Određivanje udjela vlage u deponiranoj frakciji kamenog agregata granulacije 0/4 mm dolomitnog porijekla.

³⁵ Određivanje svakodnevnog utroška energije očitanjem na početku i završetku radnog dana (umjereno mjerno mjesto).

³⁶ Indirektna laboratorijska ispitivanja podrazumijevaju kontrolu ulaznih sirovina materijala i tekuću kontrolu proizvodnje asfaltnih mješavina.

³⁷ Utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine – rotacijski bubanj.

1.2.4. Pomoćne hipoteze:

PH1: Na utrošak energije u radu asfaltnih postrojenja značajno utječe količina frakcija kamenoga agregata granulacije 0/4 i 0/2 mm koje se u sastavu vrućih asfaltnih mješavina nalaze od 15 do 65% masenog udjela mješavine³⁸.

PH2: Varijabilna ili nedostatna iskoristivost asfaltnih postrojenja u proizvodnji asfaltnih mješavina dovodi do znatnoga povećanja troškova energenata, radnih sati ljudi, strojeva i opreme³⁹.

1.3. Argumenti koji podupiru znanstvenu i pomoćne hipoteze:

A1: U proizvodnji asfaltnih mješavina na promatranim postrojenjima vidljiv je utjecaj udjela kamenih frakcija granulacije 0/4 i 0/2 mm u asfaltnim mješavinama (habajuće asfaltne mješavine s višom količinom te asfaltne mješavine za nosive slojeve sa znatno nižom količinom u svojem sastavu) na iskoristivost proizvodnoga kapaciteta postrojenja.

A2: Prethodnim laboratorijskim ispitivanjem sušenja kamenoga agregata frakcija 0/2 i 0/4 mm s različitim sadržajima vlage, u ovisnosti od potrebne uložene toplinske energije, vidljiva su velika odstupanja u potrebnom vremenu za ostvarivanjem konstantne mase kamenoga agregata⁴⁰.

1.4. Svrha i ciljevi istraživanja

Iz definiranoga problema, predmeta, znanstvene i pomoćnih hipoteza istraživanja proizlaze svrha i ciljevi disertacije.

1.4.1. Svrha istraživanja

Na cjelokupnom području proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina pojavljuju se težnje za racionalizacijom utroška energije kao i za smanjivanjem štetnoga utjecaja proizvodnje na okoliš. Izradom ili preusmjerenjem promatrane problematike na ulazne i izlazne komponente u samom ciklusu proizvodnje ostvaruju se znatni pomaci. Rješavanjem problematike vezano

³⁸ Svakodnevnim laboratorijskim ispitivanjima iskazanim u poglavlju "Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina" vršilo se određivanje udjela vlage u deponiranoj mineralnoj mješavini. Prilikom laboratorijskih ispitivanja ustanovljen je najviši udio vlage u frakcijama kamenog agregata granulacije 0/4 i 0/2 mm.

³⁹ Ukoliko je dnevna proizvodnja asfaltnih mješavina znatno manja od optimalne proizvodnje, dolazi do povećanih troškova grijanja uskladištenog bitumena, troškova radnih sati djelatnika i mehanizacije, koji se ne mogu pridodati nekom proizvodu. Proizvodnja uslijed nedostatne iskoristivosti ili varijabilne dnevne proizvodnje asfaltnih postrojenja je najskuplja proizvodnja (najviši troškovi), što je iskazano u poglavlju „Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa“.

⁴⁰ U laboratoriju se vlažan materijal suši na okvirnoj temperaturi od $\pm 105^{\circ}\text{C}$ do konstantne mase.

za preddoziranje hladnih i vlažnih kamenih materijala otvara se mogućnost za daljnji razvoj i ekonomičniju proizvodnju asfaltnih mješavina.

1.4.2. Ciljevi istraživanja

Cilj istraživanja je izrada modela interakcije udjela vlažnosti i temperature korištene mineralne mješavine na utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja iste, u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima cikličnoga tipa. Analizom rada promatranih asfaltnih postrojenja tijekom vremenskoga razdoblja od 2007.–2009. godine obrađeni su postojeći troškovi energenata i njihov varijabilni udio u sveukupnim troškovima. Određena su kritična mjesta u samom ciklusu rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa s obzirom na potrebu za energijom. Također su analizirana svjetska dostignuća skladištenja mineralne mješavine, bitumena i proizvedene asfaltne mješavine te izvedena potrebna laboratorijska ispitivanja.

U današnje vrijeme ne postoji model pomoću kojega se mogu pratiti svi utjecajni čimbenici u proizvodnji asfaltnih mješavina (koliko je autoru poznato) te, s obzirom na njihovo djelovanje, vršiti kontrolu utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine. Model treba uzeti u obzir sve bitne utjecaje i njihovu interakciju u varijabilnim vremenskim uvjetima koji utječu na potrošnju energije⁴¹.

Iz prethodnih hipoteza mogu se definirati ciljevi ovoga istraživanja:

1. Istražiti postojeći režim rada na tri asfaltna postrojenja u vremenskom razdoblju od tri godine, kao i sve stvarne utjecaje na proizvodnju u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.
2. Istražiti trenutna svjetska dostignuća i analizirati postojeće stanje proizvodnje u Republici Hrvatskoj.
3. Izvršiti analizu stvarne proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na promatranim asfaltnim postrojenjima te utroške frakcija kamenoga agregata granulacije 0/4 i 0/2 mm kao utjecajnih čimbenika na proizvodnju.
4. Odrediti kritična mjesta u trenutnom proizvodnom ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina, izraditi prijedlog poboljšanja postojećega ciklusa te ga konkretno i obrazložiti.
5. Izraditi prijedlog modela optimalizacije proizvodnje utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

⁴¹ U procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

6. Postaviti preporuke za daljnje istraživanje.

1.5. Ocjena dosadašnjih istraživanja

Današnji režim rada postojećih asfaltnih postrojenja podrazumijeva nedostatnu iskoristivost proizvodnih kapaciteta, utrošak energije uzrokovan diskontinuiranom proizvodnjom asfaltnih mješavina te korištenje hladnih i vlažnih kamenih frakcija⁴². Dosadašnja svjetska istraživanja podrazumijevaju određivanje utjecaja vlage i drugih bitnih faktora na utrošak energije u radu rotacijskog bubnja [10, 14, 17, 20, 29]. Razvoj je također usmjeren na primjenu niskoenergetskih asfaltnih mješavina koje prilikom proizvodnje i ugradnje iziskuju niski/níži utrošak energije u odnosu na vruće asfaltne mješavine. Istraživanja podrazumijevaju i poboljšanje kvalitete proizvodnje korištenih kamenih frakcija s ciljem ostvarivanja što optimalnijih granulometrijskih krivulja za pojedine frakcije⁴³. Poboljšanjem i ostvarivanjem kontinuiranog granulometrijskog sastava ostvaruje se smanjenje gubitka kamenih frakcija uslijed vrućeg prosijavanja (iberlauf) i uslijed otprašivanja (smanjenje udjela zemljanih čestica u mineralnoj mješavini)⁴⁴.

Trenutna razina stečenih znanja o proizvodnji i samom radu asfaltnih postrojenja ne uključuje izrađen model praćenja utroška energenata u odnosu na projektirane vrijednosti⁴⁵.

Od sedamdesetih godina prošloga stoljeća do danas ostvario se značajan napredak u razvoju asfaltnih postrojenja u svijetu [44]. Razvoj je temeljen na:

- korištenju kvalitetnijih vrsta čelika za izradu konstruktivnih i pogonskih dijelova postrojenja;
- znatnom razvoju rotacijskoga bubnja za sušenje i plamenika, manjoj potrošnji energenata i povećanoj otpornosti materijala na habanje;
- računalom upravljanoj proizvodnji;
- kontroli svakoga segmenta u proizvodnji asfaltnih mješavina (vlažnost, temperatura asfaltnih mješavina, preciznije vaganje korištenih sirovina i dr.);

⁴² Iskorištenost asfaltnih postrojenja iskazana je u poglavlju „Kritična mjesta u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina“.

⁴³ Uvođenje tvorničke kontrole proizvodnje na asfaltnim postrojenjima prema HRN EN 13108 rezultira smanjivanjem gubitaka u korištenoj mineralnoj mješavini uslijed proizvodnje i boljoj kvaliteti izlaznih proizvoda [45-63].

⁴⁴ Smanjenje gubitaka mineralne mješavine u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina ostvaruje se redukcijom potrebe za uloženom toplinskom energijom u rotacijskom bubnju. Redukcija potrebe toplinske energije ostvaruje se zbog smanjenja gubitaka mineralne mješavine koja se u rotacijskom bubnju zagrijava i naknadno uklanja.

⁴⁵ Zadane ili očekivane vrijednosti.

- izradi i korištenju spremnika znatnih kapaciteta za vruće asfaltne mješavine s mogućnošću uskladištenja mješavine i do nekoliko dana;
- specijalnih sustava uskladištenja i grijanja bitumena;
- smanjivanju emisije štetnih plinova korištenjem posebnih sustava za filtriranje ispušnih plinova;
- raznim inovativnim rješenjima unutarnjega transporta kamene sitneži, kamenoga brašna i dr.;
- mogućnosti korištenja recikliranoga materijala u velikom udjelu.

Težnje proizvođača asfaltnih postrojenja usmjerene su na razvitak što kvalitetnijih i ekonomičnijih sustava proizvodnje.

Postupnim rastom cijena energenata, uzrokovanih globalnom krizom, te ograničenim zalihama fosilnih goriva pojavljuju se zahtjevi za smanjivanjem potrošnje energije u proizvodnji asfaltnih mješavina. Razvijanjem novih asfaltnih postrojenja proizvođači nastoje smanjiti potrošnju uložene energije redukcijom temperatura ispušnih plinova za sušenje i grijanje na što nižu vrijednost. To se može ostvariti primjenom posebno dizajnirane i kontrolirane opreme unutar bubnja za sušenje – „bubanj sa dvostrukom stijenkom“. Zaključno, najbitniji elementi za ostvarivanje uštede u energentima na asfaltnim postrojenjima jesu:

- kontrola/redukcija vlažnosti kamenoga agregata na deponijima;
- primjena raznih tehničkih rješenja na asfaltnim postrojenjima;
- cjelokupan dizajn asfaltnih postrojenja⁴⁶.

Iz takvih tvrdnji proizlazi opravdanost izvođenja znanstvenih istraživanja utemeljenih na težnji za ostvarivanjem ušteda u utrošenoj energiji prilikom proizvodnje, kao i smanjenju negativnoga utjecaja na okoliš.

1.6. Metoda istraživanja

1.6.1. Znanstvene metode

U istraživanju je primijenjen sustavni pristup rješavanju problema koji podrazumijeva:

- definiranje i analizu problema;
- specifikaciju varijabli koje utječu na proizvodnju;
- određivanje utjecajnih čimbenika na koje se može utjecati u budućoj proizvodnji;

⁴⁶ Dizajn asfaltnog postrojenja utječe na potrošnju toplinske energije na način da je potrebno uslijed protoka mineralne mješavine ostvariti optimalnu temperaturu elevatora, traka, sita za vruće prosijavanje i mješalice.

- definiranje procesa proizvodnje.

1.7. Metodologija znanstvenoga istraživanja

Znanstveno istraživanje moguće je prikazati sljedećim fazama:

a) Prethodno istraživanje postojeće literature

Većim dijelom istraživanja obuhvaćeno je prikupljanje i analiza postojeće i dostupne literature o procesu proizvodnje i ugradnje asfaltnih mješavina, propisa, svih trenutno važećih normi i standarda, a u cilju što boljeg razumijevanja i upoznavanja s cjelokupnom problematikom.

Obradom podataka iz postojeće literature nastojalo se prikupiti što više potrebnih informacija o trenutnom stanju, dosezima u svijetu u proizvodnji asfaltnih mješavina te težnjama koje trenutno zaokupljaju svjetske proizvođače. Problemi koji se pojavljuju pri istraživanju stanja u Republici Hrvatskoj nedostatak je literature i istraživanja na predmetnom području.

Analizirani su i trenutni dosezi građevinske industrije na području proizvodnje asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj, postojeća asfaltna postrojenja i okruženje u kojima se radi.

Svrha istraživanja literature jest prikupljanje svih saznanja o postignućima u predmetnom području, formiranje glavnoga problema, predmeta i znanstvene hipoteze istraživanja.

b) Analiza i sinteza podataka

Da bi se moglo sagledati i formulirati problem istraživanja, bilo je potrebno prikupiti i obraditi sve podatke vezane za rad tri asfaltna postrojenja tijekom razdoblja od tri godine. Obradom i detaljnom analizom uočena je, kao značajan problem, znatna potrošnja energije u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina. Analizirajući veliki broj utjecajnih parametara na rad predmetnih postrojenja došlo se do zaključka da je potrebno uvesti određena poboljšanja postojećega ciklusa proizvodnje. Iz prikupljenih dosadašnjih svjetskih iskustava donesen je prijedlog modela proizvodnje asfaltnih mješavina.

c) Zaključak znanstvenoga istraživanja

Kompletiranjem prethodnih istraživanja zaključuje se da u postojećem režimu rada dolazi do stvaranja znatnih gubitaka energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina. Globalne težnje za optimalizacijom proizvodnje asfaltnih mješavina iziskuju određene pomake uslijed ograničenih količina fosilnih goriva. Dosadašnji principi rada na asfaltnim postrojenjima u

ovom trenutku pretežito ne zadovoljavaju ni ekološke ni ekonomske zahtjeve okoline. Donošenjem novoga modela proizvodnje izvršit će se djelomično poboljšanje trenutne proizvodnje, kao i izrada daljnjih podloga za buduća istraživanja.

1.8. Kompozicija rada

U prvom dijelu rada, naslovljenom **Uvod**, određen je skup problema, hipoteza (s pomoćnim hipotezama) i predmet rada. Definirani su svrha i ciljevi, obrazloženje i argumenti istraživanja te metodologija istraživanja. Prvi dio disertacije služi kao osnova za formiranje skupa problema te su, s obzirom na to, određene smjernice za izradu predmetnoga istraživanja.

Drugi dio rada, naslovljen **Pregled stanja**, obrađuje povijesni pregled razvoja asfaltnih postrojenja, proizvođače i proizvodnju asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj tijekom razdoblja od 2007. do 2010. godine. Da bi se mogla razumjeti cjelokupna problematika same proizvodnje asfalta, bilo je potrebno analizirati istraživanja utjecaja vlage i temperature mineralne mješavine na utrošak energije, trenutna dostignuća na području skladištenja mineralne mješavine, bitumena i proizvedene asfaltne mješavine te slijedom toga odrediti i težnje svjetskih proizvođača postrojenja.

U trećem poglavlju, naslovljenom **Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa**, analizirani su ostvareni troškovi koji se pojavljuju na promatranim asfaltnim postrojenjima i zavisnost troškovno značajnih grupa sa varijabilnom proizvodnjom, utroškom energije i količinom kamenih frakcija granulacije 0/4 mm i 0/2 mm. U istom poglavlju iskazani su i analizirani svi grupirani troškovi za tri postrojenja tijekom promatranoga razdoblja od tri godine, sa svim odnosima i udjelima u sveukupnim troškovima. Iz obrađenih podataka vidljiva su velika odstupanja za pojedine grupe troškova s obzirom na iskoristivost samoga postrojenja i druge utjecaje.

U četvrtom dijelu rada, naslovljenom **Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina**, izvršena je analiza postojećega ciklusa proizvodnje na asfaltnom postrojenju cikličnoga tipa. Razrađuju se radne operacije i principi rada na asfaltnim postrojenjima. Analizom su određena kritična mjesta u postojećem ciklusu proizvodnje, temeljem kojih su utvrđeni i analizirani nastali gubitci. U današnje vrijeme činjenica je da ekonomično gospodarenje energijom predstavlja ključnu pretpostavku održivoga razvoja. Usmjerenost je na efikasnije korištenje tehnologija koje omogućuju maksimalno iskorištenje

primarne energije u svim energetske procesima, kako bi se, pored ekonomskih, ostvarile i ekološke uštede, doprinoseći tako smanjivanju negativnoga utjecaja na okoliš. U kritičnim mjestima postojećega ciklusa proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina dolazi do znatnih gubitaka uložene energije te je potrebno uvesti određena poboljšanja. Kritična su mjesta potencijalna mjesta za primjenu kogeneracije, nalaze se svugdje gdje postoji istovremeno potreba za toplinskom i električnom energijom.

Peti dio rada, naslovljen **Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina** analizira laboratorijska ispitivanja provedena u razdoblju od 23.05.2012. do 20.11.2012. godine uslijed stvarne proizvodnje. Model optimalizacije proizvodnje asfaltnih mješavina sveden je na interakciju djelovanja temperature i vlažnosti mineralne mješavine na utrošak energije. Za potrebe izvođenja modela provedena su sva potrebna laboratorijska ispitivanja korištene mineralne mješavine pri čemu se uzimaju u obzir i vremenski uvjeti rada.

Istraživanje je zaključeno šestim poglavljem, naslovljenim **Zaključak istraživanja**, obranom postavljenih hipoteza i predlaganjem daljnjih istraživanja. Doneseni su zaključci vezani uz dobivene rezultate. Istraživanje i postavljeni ciljevi predstavljaju doprinos u industriji proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina.

2. Pregled stanja

Kao što je navedeno u uvodnom dijelu rada proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina iziskuje znatnu potrošnju energije. Vrlo je važno pravovremeno prepoznati i analizirati moguće utjecajne čimbenike na potrošnju energenata [15]⁴⁷. Neki od utjecajnih čimbenika potrošnje energenata mogu biti:

- diskontinuirana proizvodnja⁴⁸;
- nedovoljna iskoristivost proizvodnog kapaciteta asfaltnog postrojenja;
- izloženost deponiranog kamenog agregata (mineralne mješavine) vremenskim prilikama⁴⁹;
- proizvodnja asfaltnih mješavina u vremenski nepovoljnim razdobljima (za potrebe gradilišta⁵⁰).

U ovom se poglavlju rada detaljno analizira utjecaj izloženosti deponirane mineralne mješavine vremenskim prilikama. Uzima se u obzir utjecaj diskontinuirane proizvodnje, pri čemu se koriste rezultati provedenih istraživanja [64-66].

Pregled dosadašnjih istraživanja na području upotrebe hladne i vlažne mineralne mješavine sastojat će se od:

- istraživanja utjecaja temperature i vlažnosti mineralne mješavine u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na utrošak energije⁵¹;
- pregled dosadašnjih tehnoloških ostvarenja.

Obrada problematike diskontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina sastojat će se od⁵²:

- pregleda tehnoloških dostignuća na području razvoja spremnika za vruću asfaltnu mješavinu;
- pregleda tehnoloških dostignuća na području razvoja spremnika za uskladištenje bitumena.

⁴⁷ Na asfaltnim postrojenjima pretežito se koristi više različitih energenata, što ovisi o izvedbi samog postrojenja, kao i mogućnosti opskrbe energentima i njihovoj dostupnosti ovisno o lokaciji samog postrojenja.

⁴⁸ Diskontinuirana proizvodnja je višednevni prekid u proizvodnji. Uslijed takve proizvodnje potrebno je kontinuirano održavati potrebnu radnu temperaturu uskladištenoga bitumena.

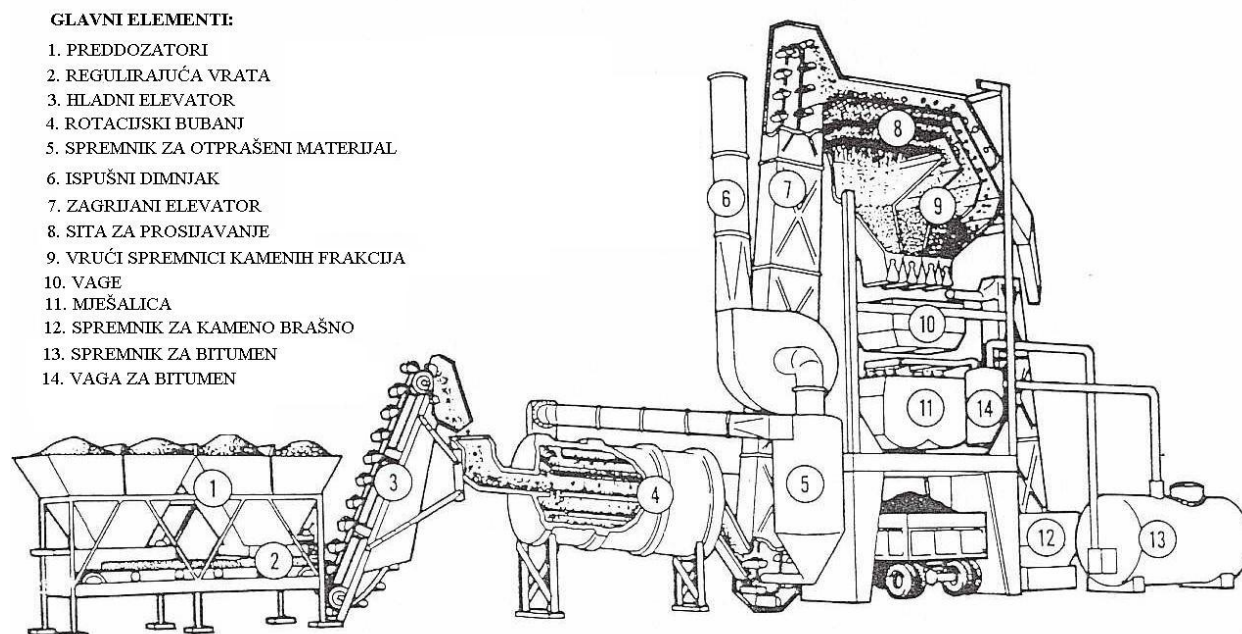
⁴⁹ Nakon proizvodnje u kamenolomu i prilikom skladištenja u krugu asfaltnog postrojenja.

⁵⁰ Pretežito se takva proizvodnja pojavljuje uslijed potreba za ugradnjom asfalta na velikim gradilištima. Rokovi završetka radova pojedinih gradilišta uvjetuju plan proizvodnje asfaltnih mješavina.

⁵¹ Utrošak energije prilikom sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

⁵² Spremnici za bitumen zahtijevaju kontinuirani utrošak energije bez obzira da li postrojenje radi ili ne (višednevni prekid rada). Spremnici za proizvedenu vruću asfaltnu mješavinu omogućuju i višednevno skladištenje proizvedene mješavine.

U ovom je radu, za potrebe dokazivanja teze o interakciji utjecajnih parametara – vlažnosti i temperaturi mineralne mješavine te utroška energije u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina, analiziran rad asfaltnog postrojenja cikličnog tipa, čiji je tehnološki slijed proizvodnje prikazan slikom 5.



Slika 5. Tehnološki slijed rada asfaltnog postrojenja cikličnog tipa [67]

Na asfaltnom postrojenju cikličnog tipa (grafički prikazano slikom 5.) tehnološki slijed proizvodnje započinje na predozatoru (1) s kojega se mineralna mješavina pomoću malih traka i frekventnih regulatora ispušta na zajedničku traku (2). Mineralna mješavina sa zajedničke trake pada na predsito na kojem se iz mješavine odstranjuju strana tijela⁵³. S predsita materijal se kosom trakom transportira u rotacijski bubanj za sušenje (3). U bubnju se mineralna mješavina zagrijava na temperaturu od 165-190°C (4), i gdje se otprašeni materijal cjevovodom (5) odvodi na vodeni ili zračni filter⁵⁴. Zagrijana mineralna mješavina iz rotacionog bubnja transportira se elevatorom (7) na sita (8) te se razdvaja po frakcijama u posebne boksove (9). Svaka frakcija važe se po unaprijed zadanoj recepturi. U trenutku kada mineralna mješavina ulazi u elevator, započinje doziranje bitumena (13-14) zagrijanog na 165-175°C i kamenog brašna (12) po zadanoj recepturi⁵⁵. Kada su svi zadani uvjeti ispunjeni,

⁵³ Strana tijela mogu biti komadi drveta i drugi ostaci. Predsito je definirano maksimalnim otvorom koje djelomično određuje i promjer najvećeg zrna u mješavini.

⁵⁴ Dio otprašenog materijala se uklanja a dio skladišti u predviđenim spremnicima.

⁵⁵ Kamenog brašna se pretežito dozira hladno u mješalicu.

započinje pražnjenje, odnosno istresanje mineralne mješavine, kamenog brašna i bitumena sa zakašnjenjem u mješalicu (10) u kojoj se cjelokupna masa miješa [68]⁵⁶.

S gledišta utroška energeneta, na postrojenju su najzanimljiviji dijelovi tehnološkog procesa koji se vezuju uz preddozatore, jer se u njima dodaje hladna i vlažna mineralna mješavina. Interesantni su i spremnici za uskladištenje bitumena te spremnici za vruću asfaltnu mješavinu (u koje se ista pohranjuje prije utovara u transportno vozilo i odvoza na mjesto ugradnje).

U nastavku rada prikazan je povijesni pregled razvoja asfaltnih postrojenja u svijetu. Dan je pregled proizvodnje asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj. Prikazana su istraživanja utjecaja diskontinuiranog rada asfaltnog postrojenja i korištenja mineralne mješavine kao ulazne komponente u proizvodnom ciklusu.

2.1. Povijesni pregled razvoja asfaltnih postrojenja

Pronalazak i proizvodnja motornih vozila krajem 19. te početkom 20. stoljeća ukazali su na potrebu za izgradnjom prometnica sa što kvalitetnijim zastorom. Jedan od prvih asfaltnih zastora u svijetu, izrađen postupkom valjanja vruće asfaltne mješavine, položen je 1870. godine u Newarku, New Jersey. Već 1876. godine izrađen je asfaltni kolnik u ulici Pennsylvania Avenue u Washingtonu (45 151 m²) [44]. Mogućnosti korištenja asfalta za izgradnju prometnica otkrio je belgijski kemičar Edmund J. DeSmedt, po čijim su recepturama građene prometnice u Francuskoj još 1852. godine. Za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina koristio se prirodni bitumen izvađen iz jezera Trinidad [44].

Prirodni bitumen najstariji je građevinski materijal koji se nalazi u geološkim formacijama u kojima se javlja kao meki ili tvrdi asfaltni materijal u žilama stijenskih slojeva. Njegova svojstva ljepljivosti i nepropusnosti bila su poznata već u samim začetcima ljudske civilizacije. Postoje zapisi o Sumeranima koji su ga upotrebljavali za gradnju brodova 6000 godina prije Krista. Danas se u proizvodnji asfaltnih mješavina koriste bitumeni dobiveni preradom sirove nafte.

2.1.1. Razvoj asfaltnih postrojenja

Razvoj automobilske industrije i sve veći broj motornih vozila u prometu utjecali su na potrebu za izgradnjom suvremenih prometnica sa asfaltnim zastorima. To je posredno utjecalo i na razvoj asfaltnih postrojenja. Prvo postrojenje za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina

⁵⁶ Proizvedena asfaltna mješavina može se skladištiti u posebno toplinsko izolirane spremnike. Volumen spremnika dijelom definira i kontinuitet rada asfaltnog postrojenja.

sastojalo se od plitkih željeznih ladica zagrijavanih otvorenim plamenom, dobivenim sagorijavanjem ugljena. Operater na postrojenju u potpunosti je snosio svu odgovornost za kvalitetu proizvedene asfaltne mješavine, jer se ista ručno miješala. Proizvodnja jedne takve šarže trajala je i do 4 sata [44].

Prvo centralno asfaltno postrojenje, „Cummer Co“, u SAD-u uspostavljeno je 1870. godine [69]. Ubrzo nakon toga diljem svijeta počelo se s proizvodnjom prijenosnih asfaltnih postrojenja, kao i proizvodnjom na tračnicama; karakteristika ovakvih postrojenja jeste da su bila znatnih dimenzija, ali i da je njihova instalacija bila vrlo skupa. Početkom dvadesetog stoljeća mnoge kompanije se uključuju na novo tržište proizvodnje asfaltnih mješavina [70].

Prvo moderno asfaltno postrojenje izgrađeno je 1901. godine od strane „Warren Brothers, East Cambridge, Massachusetts“. Dvadeset godina kasnije prijenosna postrojenja dorađena su s bubnjem za sušenje preuzetim od postrojenja za proizvodnju betona. Do 1930. godine instaliraju se vibracijska sita i tlačni sustav ubrizgavanja.

U periodu od 1934. do 1937. godine asfaltirano je više od osamdeset posto državnih cesta u SAD-u [44]. Potrebe prijevoza i prijenosa ratne opreme u Drugom svjetskom ratu utjecale su na razvoj i primjenu novih asfaltnih konstrukcija prometnica, aerodroma za ratne avione kao i pristupnih putova. Nakon Drugoga svjetskog rata, 1956. godine, Kongres SAD-a donosi zakon „State Highway“ kojim dodjeljuje 51 milijardu dolara za razvoj cestovne infrastrukture, što omogućuje i daljnji razvoj asfaltnih postrojenja većega kapaciteta. Asfaltna postrojenja 1950-ih godina bila su prljava, prašna postrojenja koja su se sastojala od sušnice, tornja sa sitima i mješalicom. Usvajanje novih i strožijih ekoloških propisa 60-ih godina prošloga stoljeća, utječu na instalaciju filtera i spremnika za povratnu kamenu prašinu na asfaltnim postrojenjima [44]. Postrojenja se opremaju spremnicima za vruće asfaltne mješavine u kojima se ista može pohranjivati i tri do četiri dana.



Slika 6. Asfaltno postrojenje iz 60-ih godina 20. stoljeća [44]

Energetska kriza 70-ih godina prošlog stoljeća prisilila je proizvođače asfaltnih postrojenja na izradu postrojenja s mogućnošću upotrebe otpadnoga recikliranog asfalta iz postojećih kolničkih konstrukcija.



Slika 7. Asfaltno postrojenje iz 1965. godine [44]

2.2. Proizvođači asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj

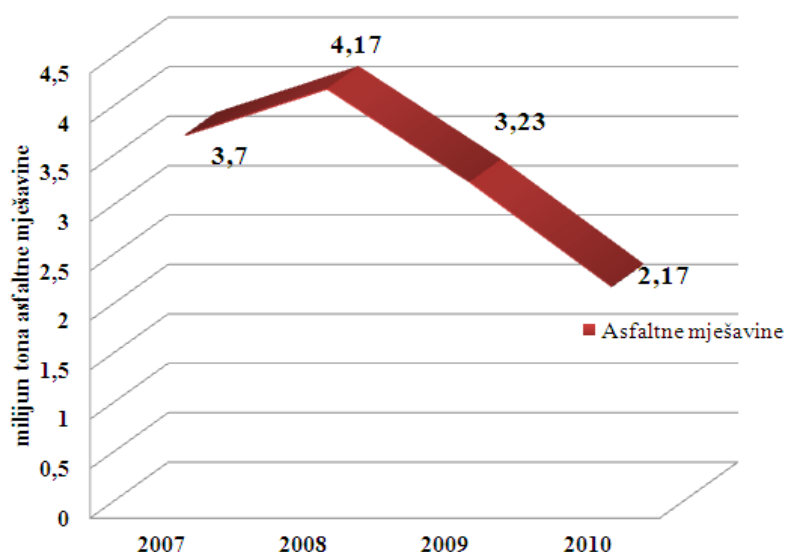
U Republici Hrvatskoj trenutno je oko pedeset i šest asfaltnih postrojenja, različitih proizvodnih kapaciteta, uglavnom stacionarnih i u vlasništvu tridesetak tvrtki koje ujedno grade i održavaju ceste.

Promatrajući proizvodnju asfaltnih mješavina u proteklom desetljeću u Europi i Republici Hrvatskoj, uočava se trend povećane proizvodnje do 2007. godine za Europu, odnosno do 2008. godine za Hrvatsku. Nakon toga slijedi pad proizvodnje i u Europi i u Republici Hrvatskoj, što je vidljivo iz tablice 1.

Tablica 1. Proizvodnja asfaltnih mješavina u Europi i u Republici Hrvatskoj [23]

	PROIZVODNJA U MILIJUNIMA TONA/GODINA									
	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
EUROPA	296,9	298,0	313,3	310,5	324,3	346,1	347,7	338,0	317,3	309,3
HRVATSKA	1,8	1,9	3,5	3,0	3,8	3,7	3,7	4,2	3,2	2,2

Ako se pretpostavi proizvodnja asfaltnih mješavina samo šest mjeseci godišnje (što realno nije tako), uz prosječno ostvareni mjesečni fond sati 240 (24 radna dana po desetsatno radno vrijeme), lako je izračunati da su sva ta postrojenja mogla ostvariti proizvodnju od preko 9,5 milijuna tona godišnje. Uslijed toga otvara se pitanje iskoristivosti kapaciteta asfaltnih postrojenja i u godini najveće proizvodnje (2008), a naročito u godinama koje su slijedile [23].



Slika 8. Prikaz sveukupne proizvodnje asfaltnih mješavina u Republici Hrvatskoj [23]

Na slici 8. jasno je vidljiv kontinuiran pad proizvodnje asfaltnih mješavina od 2008. godine u Republici Hrvatskoj. S obzirom da je okvirna iskoristivost asfaltnih postrojenja u 2008. godini bila najviše vrijednosti (oko 50% od ukupnoga kapaciteta na razini države), a broj asfaltnih postrojenja nije se značajnije mijenjao do današnjeg dana, dolazi se do zaključka o nedovoljnoj iskoristivosti postojeće proizvodnje. Uslijed takva razvoja događaja dolazi do varijabilne proizvodnje, kao i znatnoga utroška energenata. Također dovodi do znatnog utroška radnih sati djelatnika po proizvedenoj toni asfaltne mješavine, te povećanoga mehaničkog trošenja dijelova postrojenja. Daljnja tendencija pada proizvodnje asfaltnih mješavina na razini države trebala bi rezultirati smanjivanjem broja postojećih asfaltnih postrojenja i pojavom klasičnih tvornica asfaltnih mješavina.

2.3. Mineralna mješavina za proizvodnju asfaltne mješavine

Agregat, odnosno mineralna mješavina za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina s obzirom na porijeklo i način proizvodnje može biti:

- prirodni;
- industrijski;
- reciklirani [71].

S obzirom na veličinu zrna agregat može biti krupni, sitni, miješani i punilo [71]. Agregat mora zadovoljiti tražena geometrijska, fizikalna i kemijska svojstva kako bi bio pogodan za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina. Geometrijska svojstva koja agregat mora zadovoljiti su granulometrijski sastav, najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica, najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica, indeks oblika, indeks plosnatosti, najmanji dopušteni razred udjela drobljenih zrna i najmanji dopušteni razred uglatosti zrna [72-77]. Fizikalna svojstva koja kameni agregati moraju zadovoljiti su otpornost na predrobljavanje, otpornost na polirnost, otpornost na površinsku abraziju, otpornost na trošenje, otpornost na abraziju gumama s čavlima, gustoća agregata, upijanje vode, otpornost na smrzavanje, otpornost na magnezijev sulfat, toplinski šok, prionjivost bitumenskog veziva i Sonnenbran [78-86]. Kemijska svojstva koja agregat mora zadovoljiti su petrografske odredbe, najmanji dopušteni razred onečišćenja lakim česticama, stabilnost zrakom hladene zgure i najveći dopušteni razred stabilnosti volumena čelične zgure [87-88].

Proučavanje kamenog materijala (mineralne mješavine) na asfaltnim postrojenjima, kao parametra koji utječe na utrošak energije, interesantno je iz sljedećih razloga:

- kamene frakcije sadrže vlagu u svojem sastavu koja direktno utječe na utrošak energije uslijed sušenja u rotacijskom bubnju;
- vanjska temperatura zraka utječe na temperaturu deponiranoga kamena;
- temperatura kamenoga agregata utječe na potrebu za energijom u proizvodnji asfaltnih mješavina⁵⁷.

U točki 2.3.1. opisana su istraživanja na području određivanja utjecaja vlažnosti na potrebu za energijom⁵⁸.

2.3.1. Vлага u mineralnoj mješavini

Prema sljedećim istraživanjima utjecaj sadržaja vlage na utrošak energije u procesu sušenja mineralne mješavine je znatan:

- za sušenje 1 tone mineralne mješavine sa udjelom vlage od 6% potrebno je 4 litre goriva, dok je za zagrijavanje suhe mješavine na 150°C potrebno dodatne 3 litre goriva [89];
- smanjenje udjela vlage za 2% u mineralnoj mješavini rezultirat će uštedom u utrošku goriva u iznosu 1,5 kg/t asfaltne mješavine [90];
- utrošak energije u proizvodnji asfaltne mješavine ne zavisi samo o projektiranoj temperaturi spravljanja asfaltne mješavine, udjelu vlage, temperaturi mineralne mješavine, kvaliteti goriva, radnjama operatora već utječe i dizajn plamenika, bubnja za sušenje i sistema za skladištenje bitumena [91];
- iz zavisnosti temperature i udjela vlažnosti u mineralnoj mješavini zaključuje se da smanjenje vlažnosti rezultira nižim utroškom energije u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina [92];
- povećanje udjela vlage od 1% u toni mineralne mješavine rezultira dodatnim utroškom goriva od 0,6 l za uklanjanje vlage; pri 6% vlazi potrebno je 4 l goriva za uklanjanje iste; nakon što je agregat suh, potrebno je još 3 l goriva za zagrijavanje na 150°C⁵⁹;

⁵⁷ Potreba za energijom u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

⁵⁸ U procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina.

⁵⁹ U Republici Hrvatskoj temperatura proizvedene asfaltne mješavine je preko 165°C. Temperatura asfaltne mješavine zavisi od vrste korištenog bitumena i transportne udaljenosti od mjesta proizvodnje do mjesta ugradnje.

može se zaključiti da je potrebno više energije za uklanjanje vlage nego za zagrijavanje mineralne mješavine [93];

- proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina sa 5% udjela vlage u mineralnoj mješavini na predmetnom asfaltnom postrojenju, je 305 t; ukoliko se poveća udio vlage u mineralnoj mješavini na 7% proizvodnja asfaltnih mješavina je 236 t [94]⁶⁰;
- studije su pokazale da povećanje udjela vlage od 1% uzrokuje povećanu potrošnju od 0,6 l; ukoliko asfaltno postrojenje proizvodi 300 t/h asfaltne mješavine, za sušenje agregata potrebno je oko 1200 l goriva; smanjenjem udjela vlage sa 6% na 5% uštedjet će se 180 l goriva [96];
- potrebna toplinska energija za podizanje temperature asfaltne mješavine za 10°C je oko 2,62 kWh i potreba za uklanjanje 1% vlage iziskuje dodatnu potrebu za energijom u iznosu od 8,21 kWh [10].

U tablici 2. iskazani su utrošci energije uslijed proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina s obzirom na različite vlažnosti mineralne mješavine.

Tablica 2. Proizvodnja asfaltnih mješavina sa različitim udjelima vlažnosti mineralne mješavine [95]

POTREBA ZA TOPLINSKOM ENERGIJOM	%	%
Vlaga u agregatu	5,00	4,00
Zagrijavanje vode do 100°C	6,60	5,88
Pretvaranje vode u paru	45,09	40,18
Para u ispušni plin	0,58	0,52
Zagrijavanje kamenog agregata	44,67	50,29
Ispušni plinovi	3,06	3,14
Temperatura ispušnih plinova - 116°C		
Temperatura asfaltne mješavine	149°C	149°C
Smanjenje potreba za toplinskom energijom		11,11%⁶¹

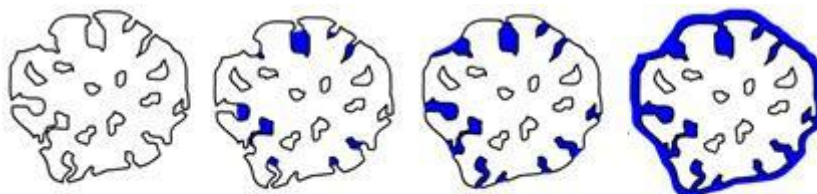
⁶⁰ Povećanje udjela vlage u mineralnoj mješavini rezultira smanjenjem proizvodnog kapaciteta asfaltnog postrojenja.

⁶¹ Smanjenje udjela vlage od 1% u mineralnoj mješavini rezultira smanjenjem utroška energije od 11,11%.

U tablici 2. vidljivo je da sa smanjenjem udjela vlage od 1% u korištenoj mineralnoj mješavini rezultira nižim utroškom energije od 11,11%.

Prema raznim svjetskim istraživanjima identični su zaključci vezani za utjecaj vlage na utrošak energije u procesu sušenja mineralne mješavine [89-96].

Bitni je pokazatelj kvalitete kamenog agregata udio vlage u mješavini pri čemu može biti u četiri različita stanja, prikazana na slici 9.:



Slika 9. Četiri stanja agregata s obzirom na stanje vlažnosti [97]

Prvo stanje agregata prikazano na slici 9. je stanje potpuno suhog agregata, ostvarivo sušenjem na 105°C u sušnici. Drugo stanje agregata je stanje kada je agregat sušen na zraku, suhe površine i djelomično vlažnim porama. Treće stanje označava površinski suh agregat sa potpuno ispunjenim porama povezanim sa površinom agregata. U trećem stanju ne dolazi do procjeđivanja vode. Četvrto stanje agregata je stanje sa potpuno vlažnom površinom i kompletno ispunjenim porama povezanim sa površinom zrna. U četvrtom stanju dolazi do procjeđivanja vode u okolinu [97].

U tablici 3. prikazane su okvirne vrijednosti udjela vlage u pojedinim frakcijama kamenog agregata. Veći udio vlage u kamenoj frakciji rezultira većom potrebom za uloženom toplinskom energijom u procesu sušenja.

Tablica 3. Okvirne vrijednosti udjela vlage u mineralnoj mješavini [96]

Frakcija kamenog agregata	Udio vlage %
Sitni pijesak	0–16
Krupni pijesak	0–12
8 mm	0–10
10 mm	0–11
12 mm	0–3
20 mm	0–2

Iz tablice 3. vidljivo je da je najveći udio vlage u sitnijim frakcijama kamenog agregata. Kamene frakcije sitnije granulacije znatno duže vrijeme zadržavaju vlagu u svom sastavu.

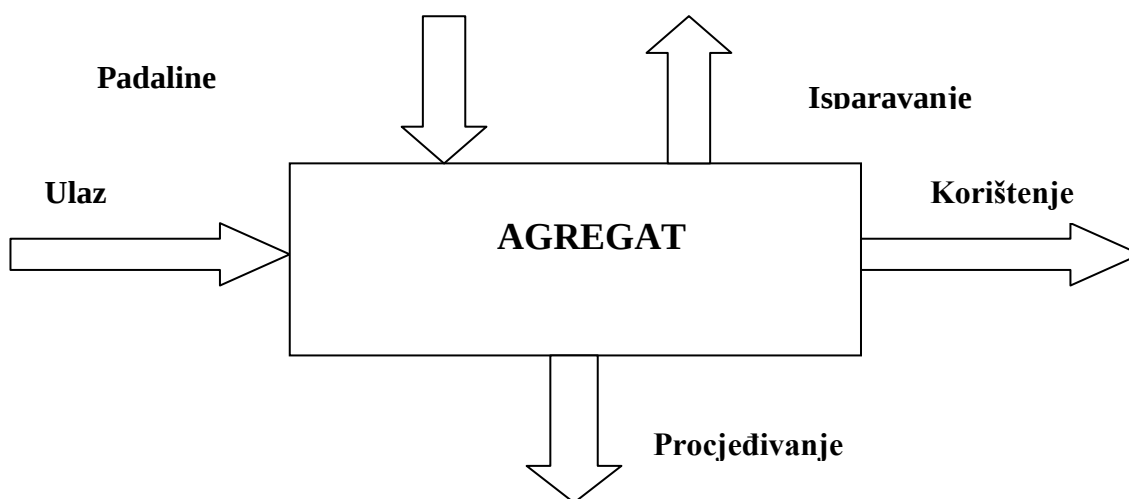
Specifična energija za sušenje agregata ovisi o specifičnoj i latentnoj toplini vode i specifičnoj toplini potrebnoj za zagrijavanje kamenog agregata, tablica 4.

Tablica 4. Specifična i latentna toplina [98]

Sirovina	Specifična toplina (kJ/kg.K)	Latentna toplina (kJ/kg)
Voda	4,18	2257
Granit	0,79	n/a
Drobljeni pijesak	0,92	n/a
Riječni pijesak	0,80	n/a

Iz tablice 4. vidljivo je da je znatno više energije potrebno uložiti u zagrijavanje vode u odnosu na kamen zbog mnogostruko većeg specifičnog toplinskog koeficijenta.

Da bi se razumio proces deponiranja kamenog agregata, potrebno je definirati utjecaje koji se pojavljuju u deponiji s obzirom na kretanje vlage. Na slici 10. prikazani su procesi djelovanja vlage na deponirani kameni materijal.



Slika 10. Vлага u deponiji kamena [14]

Kao što je vidljivo na slici 10., deponirani kameni materijal podložen je djelovanju padalina. Da bi se djelomično uklonio utjecaj oborina, potrebno je koristiti natkrivene deponije⁶². Na slici 11. i 12. prikazane su natkrivene deponije recikliranog materijala.



Slika 11. Natkrivena deponija recikliranog asfalta [99]

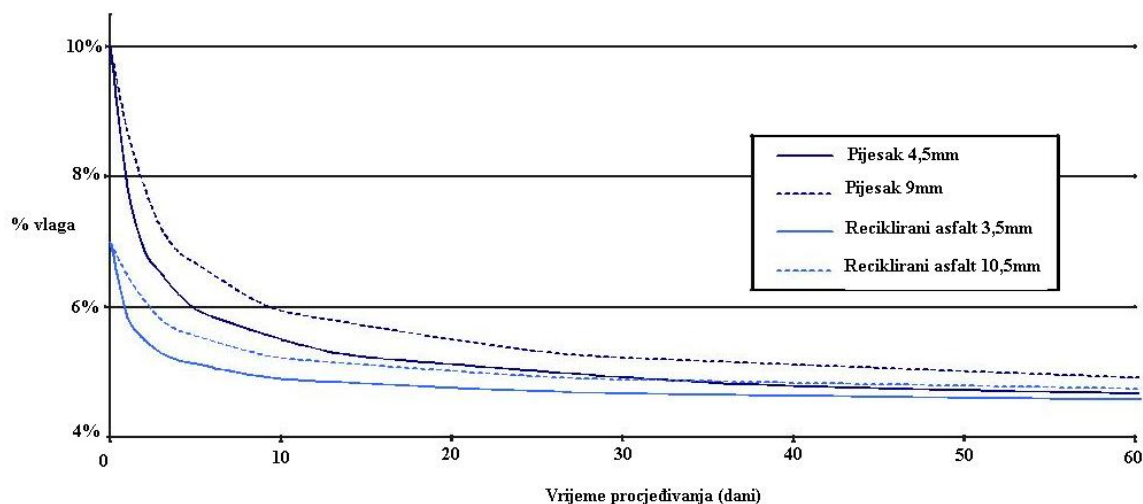


Slika 12. Natkrivena reciklirana asfaltna mješavina [100]

Skladištena mineralna mješavina ima sklonost procjeđivanja vlage na deponiji uslijed dovoljno dugog odležavanja materijala. Na slici 13. iskazano je potrebno vrijeme

⁶² Vlaga u deponiraj mineralnoj mješavini se pojavljuje uslijed djelovanja padalina u kamenolomu, na asfaltnim postrojenjima i uslijed ispiranja kamenih frakcija tijekom proizvodnje u kamenolomu.

procjeđivanja za različite mješavine. Vrijeme procjeđivanja vlage iz sastava ispitanih mješavina dobiveno je u laboratorijskim uvjetima.



Slika 13. Drenažne krivulje [14]

Na slici 13. vidljivo je potrebno vrijeme za procjeđivanje udjela vlage sa 10% na oko 4,2% od šezdesetak dana za pijesak maksimalne veličine zrna 4,5 mm. Da bi se procjeđivanje sitnozrnatih materijala na deponiji moglo ostvariti, potrebno je skladištiti znatne količine materijala mnogo ranije nego kada će biti upotrijebljene. Takav režim rada dovodi do pojavljivanja početnog znatnog troška uslijed nabave i transporta mješavine.

U sljedećem dijelu poglavlja obrađen je utjecaj temperature korištene mineralne mješavine na proces proizvodnje.

2.3.2. Utjecaj temperature mineralne mješavine

Današnja svjetska istraživanja ne obuhvaćaju izrađenu analizu utjecaja predgijavanja deponirane mineralne mješavine. Trenutni svjetski pokazatelj težnji za ostvarivanjem smanjenog utroška energije i nižih emisija ispušnih plinova jest korištenje toplih asfaltnih mješavina [101-110]. Tople asfaltnje mješavine su mješavine proizvedene po toplom postupku pri temperaturama do 135°C (warm asphalt mixes) [111]. Prema sljedećim svjetskim autorima prikazan je utjecaj smanjenja utroška energije uslijed zagrijavanja korištene mineralne mješavine na niže temperature:

- prilikom proizvodnje tople asfaltnje mješavine ostvaruju se uštede od 24,20% u odnosu na proizvodnju vruće asfaltnje mješavine [112];
- korištenjem toplih asfaltnih mješavina u SAD-u može rezultirati uštedom od 150 milijuna galona lož ulja godišnje; to je orijentaciona vrijednost od pola količinskih potreba za benzinom u SAD-u u jednom danu [113];

- ušteda uslijed proizvodnje tople asfaltne mješavine u odnosu na potrebnu uloženu energiju za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina iznosi od 5 do 18% (Zeumanis, 2010.) [114];
- uštede uslijed proizvodnje tople asfaltne mješavine koje iziskuju niže temperature zagrijavanja mineralne mješavine iznose do 20%, u odnosu na proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina (Anre i dr. 2011.) [115];
- proizvodnja niskoenergetskih asfalta rezultira uštedom u utrošku energije od 40 do 55% u odnosu na proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina; niskoenergetski asfalti sadrže do 40% negrijanog i vlažnog pijeska u svom sastavu [116].

U tablici 5. iskazane su proizvodne vrijednosti;

Tablica 5. Proizvodne vrijednosti [112]

Vrsta asfaltne mješavine	Udio vlage (%)	Temperatura asfaltne mješavine (°C)	Ušteda u energiji (%)
Topla asfaltna mješavina	4,5	128	24,20%
Vruća asfaltna mješavina	4,2	169	

Povećane cijene energenata i sve stroži ekološki zahtjevi glede količine ispušnih plinova i sadržaja ugljičnog dioksida uzrokuju pažljiviji pristup proizvodnji asfaltnih mješavina. To se ostvaruje bilo većom proizvodnjom asfaltnih mješavina nižih temperatura, bilo smanjenjem utrošene toplinske energije na zagrijavanje mineralne mješavine.

Iz tablice 2. i 4. vidljivo je da proces zagrijavanja mineralne mješavine ne zahtijeva veliku količinu toplinske energije za zagrijavanje. To se dešava uslijed relativno niskog specifičnog toplinskog koeficijenta kamena u odnosu na vodu. Temperatura korištene mineralne mješavine je bitna jer uključuje i temperaturu vlage sadržanu u mineralnoj mješavini. Zagrijavanjem mineralne mješavine u rotacijskom bubnju zagrijava se i vlaga u kamenu što izaziva gubitke u uloženoj toplinskoj energiji.

Na slici 14. prikazano je predgrijanje hladnih spremnika na asfaltnom postrojenju.



Slika 14. Grijani spremnici [117]

Predgrijavanjem mineralne mješavine u preddozatorima, prikazano na slici 14. ostvaruje se uklanjanje dijela vlage uslijed isparavanja i podizanje temperature mineralne mješavine.

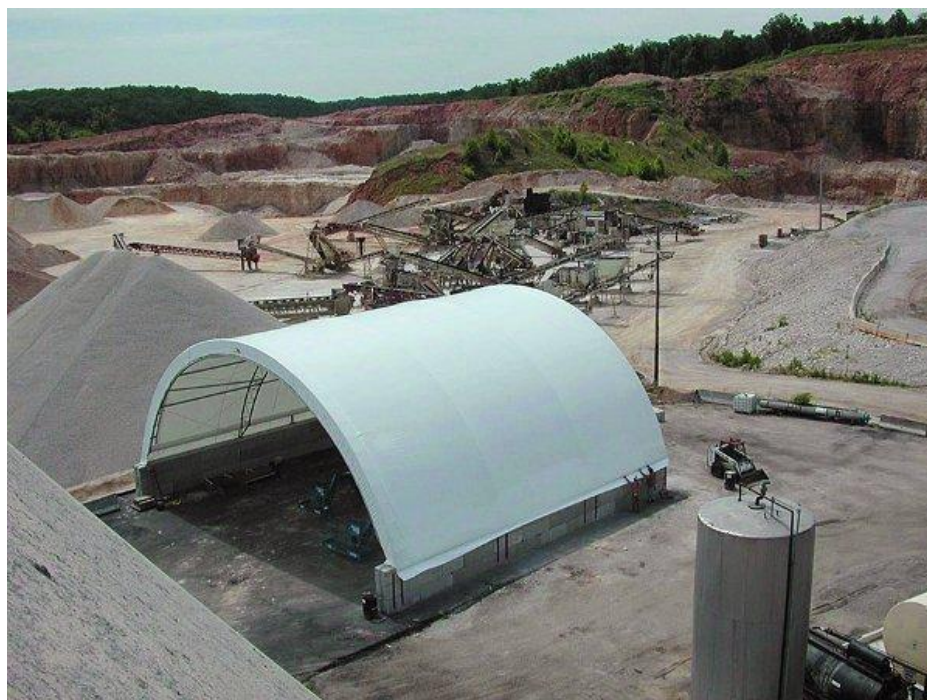
2.3.3. Tehnološka dostignuća deponiranja mineralne mješavine

Mineralni agregat za proizvodnju asfaltnih mješavina deponira se ili na natkrivenoj ili na nenatkrivenoj deponiji, pri čemu je agregat izložen djelovanju atmosferilija i temperaturnim promjenama. Tijekom toga dolazi do varijabilnog utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

Na slikama 15. i 16. prikazane su dvije natkrivene deponije mineralne mješavine na asfaltnim postrojenjima, dok je slikom 17. prikazano tehnološko rješenje natkrivenog spremnika.



Slika 15. Natkrivena deponija mineralne mješavine [118]



Slika 16. Deponija mineralne mješavine [119]



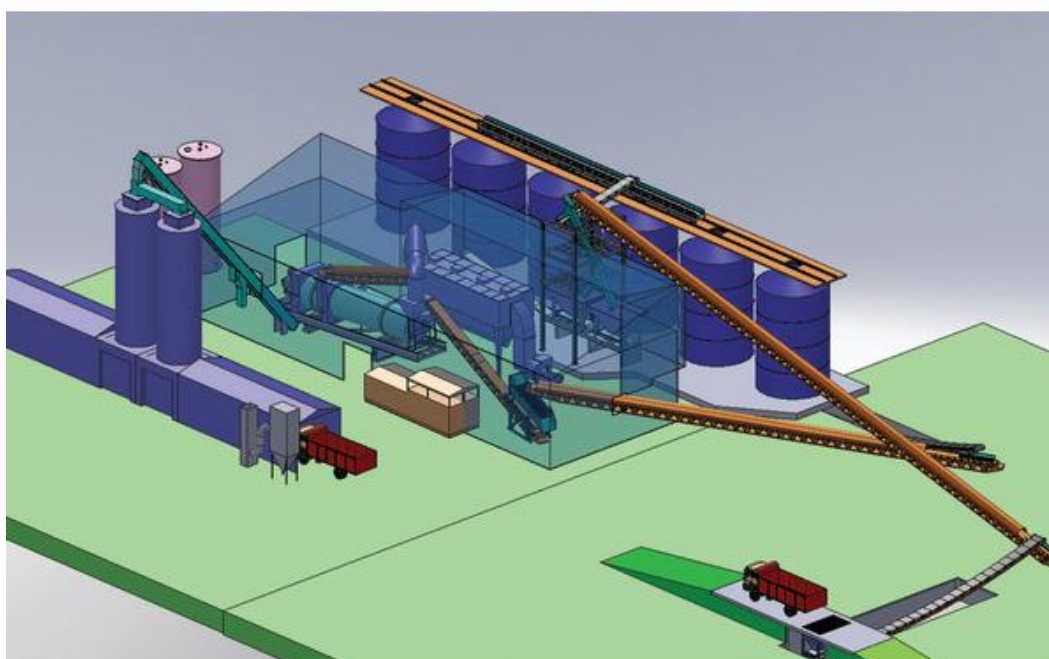
Slika 17. Natkriveni spremnici mineralne mješavine [120]

Budući razvoj asfaltnih postrojenja uključuje korištenje solarne energije za sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine, prikazano na slici 18.



Slika 18. Zatvoreni sustav asfaltnog postrojenja [121]

Na slici 19. prikazano je tehnološko skladištenja mineralne mješavine u predviđene silose na asfaltnom postrojenju. Također je vidljiva poboljšana verzija istovara mineralne mješavine iz transportnih sredstava koja se specijalnim sustavima raspoređuje u predviđene silose. Na slici 19. prikazano je asfaltno postrojenje kontinuirane proizvodnje.



Slika 19. Buduće asfaltno postrojenje [122]

Težnja za ostvarivanjem optimalizacije potrošnje energije u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina ukazuje na potrebu za analizom kvalitete mineralne mješavine kao ulazne komponente u procesu rada, na koju se može utjecati i:

- deponiranjem mineralne mješavine na uređenu podlogu i natkrivanje deponije [118, 119];
- smanjenjem sadržaja vlage procjeđivanjem [14];
- predgrijavanjem preddozatora [117];
- proizvodnjom asfaltnih mješavina nižih temperatura [112, 113];
- korištenjem mineralne mješavine koja se deponira pri višim slojevima.

U daljnjem poglavlju prikazat će se određena svjetska tehnološka dostignuća na području skladištenja vrućih asfaltnih mješavina s ciljem ostvarivanja kontinuirane proizvodnje.

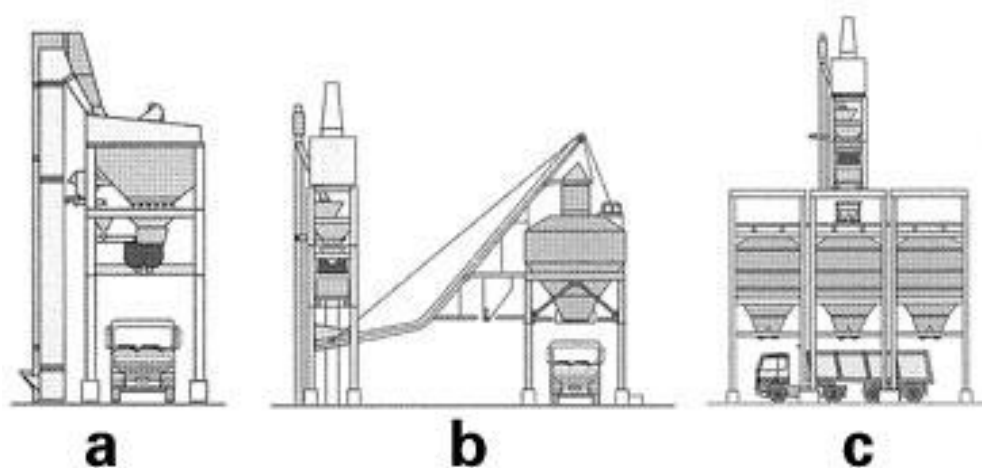
2.4. Skladištenje vrućih asfaltnih mješavina

Prekidi u svakodnevnom radu tijekom proizvodnje više vrsta asfaltnih mješavina ili zastoja u proizvodnji rezultiraju:

- hlađenjem rotacijskog bubnja, mješalice, elevatora i drugih elemenata postrojenja;
- neplaniranim troškovima rada djelatnika;
- povećanoj potrošnji energije;
- gubitcima u zagrijanoj mineralnoj mješavini;
- povećanim troškovima uslijed rada utovarnog sredstva.

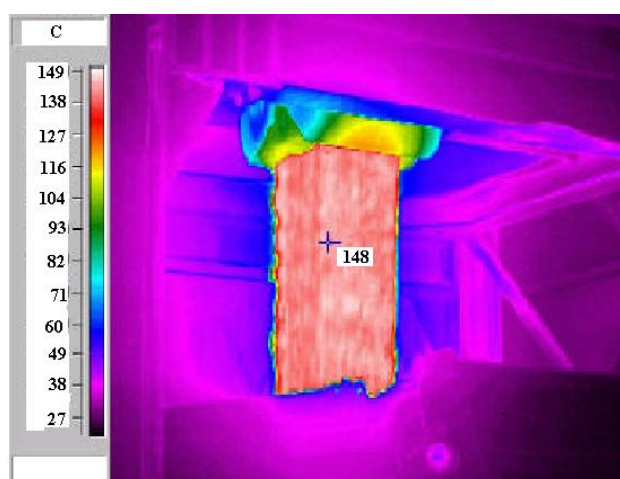
Prilikom prekida u proizvodnji dolazi do hlađenja elemenata postrojenja što rezultira dodatnim utroškom energije. Dodatni utrošak energije prvenstveno se ostvaruje uslijed propuštanja potrebnog broja šarži zagrijane mineralne mješavine s ciljem ostvarivanja optimalne temperature elemenata asfaltnog postrojenja.

Da bi se djelomično uklonile smetnje nastale zastojem u radu asfaltnog postrojenja, potrebno je skladištiti proizvedenu asfaltnu mješavinu u predviđene silose. Silosi u koje se skladišti proizvedena asfaltna mješavina moraju imati dovoljan volumni kapacitet i biti dobro toplinski izolirani. Primjenjivana tehnološka rješenja omogućuju višednevno skladištenje proizvedene asfaltne mješavine bez gubitka u kvaliteti proizvoda. Na slici 20. prikazane su osnovne izvedbe asfaltnih postrojenja s obzirom na lokaciju spremnika za vruće asfaltne mješavine.



Slika 20. Tri varijante asfaltnih postrojenja s obzirom na položaj spremnika [122]

Položaj spremnika za vruću asfaltanu mješavinu u ovom radu nije toliko bitan koliko temperatura izlazne mješavine nakon višednevnog skladištenja. Na slici 21. prikazan je snimak termokamerom ispuštanja vruće asfaltne mješavine iz spremnika u transportno sredstvo.

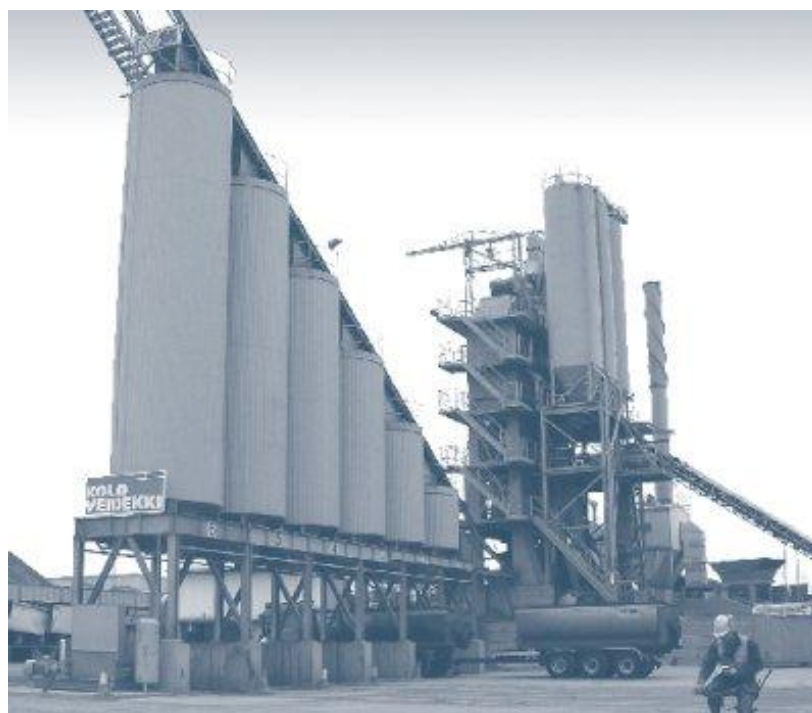


Slika 21. Snimak termokamerom pražnjenja spremnika u transportno sredstvo [123]

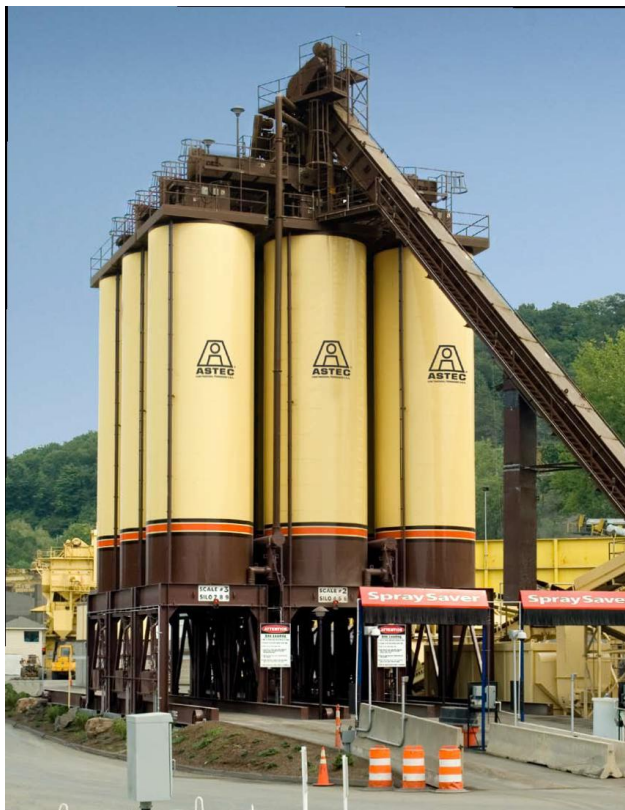
Na slikama 22., 23. i 24. prikazana su različita tehnološka rješenja vertikalnih silosa za deponiranje vruće asfaltne mješavine, čija je karakteristika znatni volumni kapacitet. Prikazani silosi su posebno izdvojeni od postrojenja te su povezani kosim elevatorom.



Slika 22. Hubbard Construction Company [124]

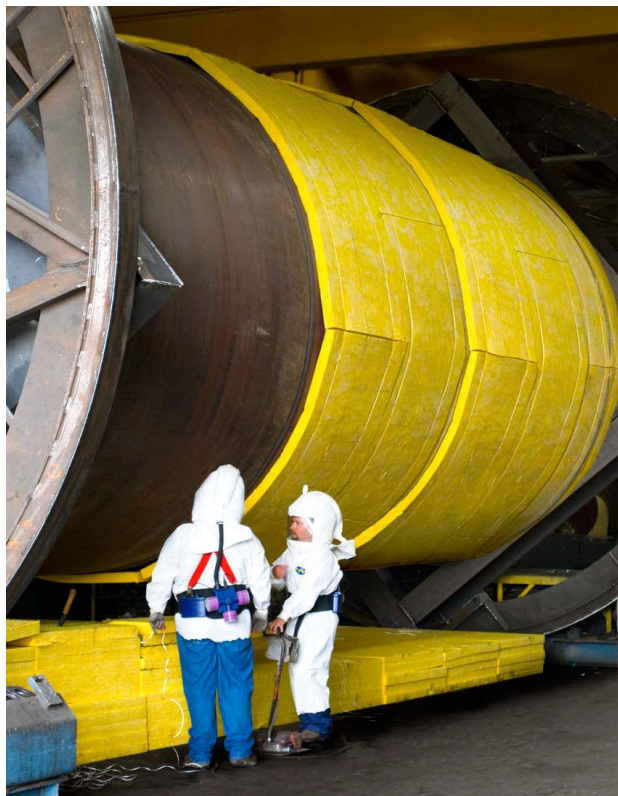


Slika 23. Kolo Veidekke - Norveška [125]



Slika 24. Spremnici Astec - SAD [126]

Toplinska izolacija silosa za skladištenje vrućih asfaltnih mješavina predstavlja bitnu komponentu u projektiranju spremnika. Na slici 25. i 26. prikazana je toplinska izolacija oplošja silosa i završetka spremnika.



Slika 25. Oplošje spremnika - Astec - SAD [126]



Slika 26. Završetak spremnika Astec-SAD [126]

Oplošje silosa izolirano je slojem toplinske izolacije debljine veće od 10 cm, završetak silosa izoliran je slojem toplinske izolacije debljine veće od 30 cm, a kapacitet skladištenja silosa je 100–300 t [126]. Moguće vrijeme skladištenja vrućih asfaltnih mješavina je i do četiri dana.

Često se u proizvodnji asfaltnih mješavina događa da dnevna iskorištenost proizvodnih kapaciteta nije dostatna te dolazi do višednevnih zastoja. Takav režim rada uzrokuje nepotreban utrošak energije koji rezultira neekonomičnom proizvodnjom i povećanim štetnim djelovanjem na okoliš. Skladištenjem unaprijed proizvedene asfaltne mješavine ostvaruje se znatno poboljšanje proizvodnih kapaciteta i smanjenog utroška energije. Međutim, relativno su visoki troškovi nabave izoliranih silosa za skladištenje proizvedene asfaltne mješavine.

2.5. Spremnici za uskladišteni bitumen

Uslijed višednevnih prekida u proizvodnji asfaltnih mješavina dolazi do dodatne potrošnje energije na zagrijavanje i održavanje temperature uskladištenog bitumena. Kada asfaltno postrojenje ne radi, svakako je potrebno grijati uskladišteni bitumen u spremnicima. U poglavlju rada “Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina” iskazana je proizvodnja asfaltnih mješavina na tri asfaltna postrojenja u razdoblju 2007.–2009. godine. Proizvodnja asfaltnih mješavina na predmetnim postrojenjima sadrži mnogo višednevnih prekida proizvodnje što u konačnici rezultira povećanim utroškom energije na održavanje temperature uskladištenog bitumena.

Jedna od bitnijih stavki u zagrijavanju i skladištenju bitumena je konzerviranje toplinske energije. Toplinska izolacija spremnika smanjuje gubitke topline zagrijanog bitumena. Viskoznost bitumena mora biti dovoljno niska da se omogući pumpanje bitumena iz cisterni u spremnike. Viskoznost je mjera otpora tekućine da se ostvari tekuće stanje i u zavisnom je

odnosu s temperaturom. Višom temperaturom bitumena ostvaruje se niži viskozitet ili manji otpor tečenja [127].

Temperatura isporučenog bitumena varira u zavisnosti od dogovora sa dobavljačem no pretežito je dovoljna ili viša od potrebne za spravljanje vrućih asfaltnih mješavina. Temperatura uskladištenog bitumena je u rasponu od 149-170°C. U tablici 6. iskazani su temperaturni rasponi za pojedine vrste asfaltnih mješavina u zavisnosti od vrste bitumena.

Tablica 6. Potrebni temperaturni rasponi u zavisnosti od vrste asfaltne mješavine [128]

Tip asfaltne mješavine za proizvodnju prometnice	Vrsta bitumena				
	BIT 70/100	BIT 50/70	BIT 35/50	BIT 30/45	BIT 20/30
	°C	°C	°C	°C	°C
Asfaltni makadam	130-150	170-190	180-190	200-240	200-240
Asfaltbeton	160-180	170-190	180-190	-	-
Lijevani asfalt	-	180-220	180-220	200-240	200-240
Bitumenizirani materijal za nosive slojeve	150-165	160-180	-	-	-

Za održavanje temperature uskladištenog bitumena potrebno je uložiti i do 3 puta manje energije nego za zagrijavanje [127].

Sustav grijanja bitumena ostvaruje se:

- direktnim zagrijavanjem spremnika;
- grijanjem ulja koje cirkulira po oplošju spremnika;
- električnim sustavom grijanja [127].

Na slici 27., 28. i 29. prikazana su razna tehnološka rješenja spremnika za bitumen.



Slika 27. Spremnik za bitumen [129]



Slika 28. Vertikalni spremnici za bitumen [130]



Slika 29. Horizontalni spremnik za bitumen [131]

Pravilnim skladištenjem bitumena i ostvarivanjem veće iskorištenosti proizvodnih kapaciteta asfaltnih postrojenja smanjuje se utrošak energije⁶³. Korištenjem dobro izoliranog spremnika za skladištenje bitumena smanjuju se gubitci topline zagrijanog bitumena.

Izloženost korištene mineralne mješavine vremenskim prilikama dovodi do varijabilnog udjela vlage u sastavu te uslijed toga i direktnog utjecaja na potrošnju energije. Uklanjanje dijela vlage iz sastava mineralne mješavine ostvaruje se natkrivanjem deponija, instalacijom spremnika za hladnu mješavinu i dovoljnim odležavanjem mineralne mješavine radi ostvarivanja procjeđivanja vlage.

Korištenjem toplih asfaltnih mješavina proizvodnih temperatura do 135°C ostvaruju se uštede u utrošku energije i do 20%. Korištenjem niskoenergetskih asfaltnih mješavina uštede u uloženoj toplinskoj energiji mogu biti i do 55%. Smanjenjem temperature proizvedene asfaltne mješavine smanjuje se utrošak toplinske energije, a koji se ostvaruje zagrijavanjem mineralne mješavine i bitumena na niže temperature. Dosadašnja istraživanja ne uključuju korištenje predgrijavane mineralne mješavine u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina prema autorovim spoznajama.

Diskontinuirana proizvodnja asfaltnih mješavina također rezultira povećanom potrošnjom energije uslijed nedostatnih proizvodnih kapaciteta i višednevnih prekida u proizvodnji. Djelomično rješenje diskontinuirane proizvodnje jest korištenje dobro izoliranih toplinskih spremnika za skladištenje proizvedene vruće asfaltne mješavine kao i spremnika za uskladišteni bitumen. U ovom poglavlju prikazana su određena tehnološka rješenja silosa za skladištenje vruće asfaltne mješavine. Određena tehnološka rješenja silosa omogućuje skladištenje proizvedene mješavine i do četiri dana.

U konačnici, analizom razvoja budućih asfaltnih postrojenja može se zaključiti da se teži korištenju solarne energije u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina. Razvoj budućih asfaltnih postrojenja je orijentiran prema korištenju zatvorenih sustava proizvodnje.

Iz prikazanih istraživanja vidljivo je da se dosadašnji režim proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina nalazi na prekretnici obzirom da su sve izraženije težnje za ostvarenjem energetskih ušteda. Poskupljenje energije i smanjenje zaliha energenata iz neobnovljivih izvora rezultirat će zasigurno uvođenjem mnogobrojnih tehnoloških poboljšanja dosadašnje proizvodnje.

⁶³ Potrebne za održavanje temperature i zagrijavanje bitumena u spremnicima.

3. Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa

Na proizvodnu cijenu jedne tone asfaltne mješavine utječu, uz troškove sirovina, transporta, rada, i sljedeći parametri:

- kontinuitet u proizvodnji⁶⁴;
- iskorištenost proizvodnih kapaciteta⁶⁵;
- utrošak energije u proizvodnji.

Da bi se definiralo postojanje zavisnosti varijabilne proizvodnje asfaltnih mješavina, utroška energije i postojećeg režima rada, potrebno je analizirati sve proizvodne troškove, što će biti i učinjeno u ovom poglavlju rada. Analizirat će se utjecaj troškovno značajnih grupa troškova na proizvodnju asfaltnih mješavina i utrošak energije za tri asfaltna postrojenja kroz vremensko razdoblje od 2007. do 2009. godine. Iskazat će se zavisnost troškovno značajnih grupa troškova sa postojećom proizvodnjom asfaltnih mješavina na postrojenjima Kovinarska VKM-130, Licenca WIBAU 1979. god., 130 t/h Nemetin, Marini M-150 E 205, 1971. god., 150 t/h Lužani i Marini M-40 57A, 1987. god., 40 t/h Orahovica (asfaltno postrojenje nije u funkciji od 2009. godine).

3.1. Karakteristike i proizvodnja analiziranih asfaltnih postrojenja

U radu je za potrebu dokazivanja postavljene teze o postojanju interakcije diskontinuirane proizvodnje, udjela vlažnosti i temperature korištene mineralne mješavine na utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja iste u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina, analiziran rad asfaltnih postrojenja u Nemetinu, Lužanima i Orahovici⁶⁶.

3.1.1. Asfaltno postrojenje Kovinarska VKM-130, Nemetin

Tablica 7. Proizvodna oprema asfaltnog postrojenja u Nemetinu

Naziv opreme	Značajke opreme
Koševi za agregat ⁶⁷ 6 kom.	Kapacitet (m³) 8/kom
Spremnici za bitumen 3 kom.	Kapacitet (t) 3x40
Silos 1 silos za kameno brašno 1 silos za vlastito punilo	Kapacitet (t) 1x100 1x50

⁶⁴ Kontinuitet u proizvodnji podrazumijeva višednevni rad asfaltnog postrojenja bez prekida.

⁶⁵ Iskorištenost proizvodnog kapaciteta asfaltnog postrojenja na dnevnoj bazi.

⁶⁶ Na asfaltnim postrojenjima cikličnoga tipa.

⁶⁷ Koševe (spremnici) za kameni agregat u ovom radu nazivaju se i predozatori.

2 silosa za asfaltnu mješavinu	2 x 60
Transporteri ravna traka kosa traka traka u sušari dozator veliki dozator mali	Dimenzije (mm) 38 820 x 650 24 500 x 650 6000 x 650 1000 x 2335 650 x 2080
Mješalica 1 mješalica Šarža 1 korpa	Kapacitet (kg) 1300 Nosivost (kg) 1300
Vage za agregat za kameno brašno za bitumen	Područje vaganja (kg) 175 - 1500 35 - 300 17,5 - 100
Sita 5 kom	Veličine otvora (mm) 3, 6, 10, 14, 35
Kapacitet asfaltnog postrojenja	130 t/h (stvarni kapacitet je od 90 – 110 t/h)

Proces proizvodnje

Proces proizvodnje započinje definiranjem radnih receptura procesnim programom. Istovremeno strojar utovarivačem puni koševе mineralnom mješavinom frakcija zadanih recepturom. Predozator se sastoji od 6 koševa iz kojih se materijal pomoću malih traka i frekventnih regulatora transportira na zajedničku traku. Sa zajedničke trake se dozira na predsito na kojem se odstranjuju strana tijela iz mineralne mješavine. S predsita materijal se kosom trakom transportira u rotacijski bubanj za sušenje i zagrijavanje. U sušioniku se mineralna mješavina zagrijava do određene temperature (165-180°C), gdje se otprašeni materijal cjevovodom odvodi na vodeni filter. Zagrijana mineralna mješavina iz rotacijskoga bubnja transportira se elevatorom na sita i razdvaja po frakcijama u posebne boksove. Svaka se frakcija važe po unaprijed zadanoj recepturi. U trenutku kada materijal dospijeva u elevator, započinje punjenje bitumena (zagrijanog na 165-170°C) i kamenoga brašna po zadanoj recepturi. Kada su svi zadani uvjeti ispunjeni, slijedi pražnjenje materijala, kamenoga brašna i bitumena (sa zakašnjenjem bitumena od 6 sekundi) u mješalicu u kojoj se cjelokupna masa miješa 15 sekundi. Izmiješana masa ispušta se u transportnu korpu koja se diže u silos pregrađen na dva dijela. Svaki silos je pojedinačnog kapaciteta 60 t [132]. Na slici 30. prikazano je asfaltno postrojenje u Nemetinu.



Slika 30. Asfaltno postrojenje u Nemetinu

3.1.2. Asfaltno postrojenje Marini M-150 E 205, Lužani

Tablica 8. Proizvodna oprema asfaltnog postrojenja u Lužanima

Naziv opreme	Značajke opreme
Koševi za agregat 5 kom.	Kapacitet (m³) 10/kom.
Spremnici za bitumen 4 kom.	Kapacitet (t) 4 x 40
Silos 2 silosa za kameno brašno 2 silosa za asfaltnu mješavinu	Kapacitet (t) 2 x 100 2 x 60
Transporteri ravna traka kosa traka dozator	Dimenzije (mm) 32 000 x 500 20 200 x 500 3450 x 700
Mješalica 1 mješalica Šarža 1 korpa	Kapacitet (kg) 1500 Nosivost (kg) 1500
Vage za agregat	Područje vaganja (kg) 175 - 1500

za kameno brašno za bitumen	35 - 250 17,5 - 150
Sita 4 kom	Veličine otvora (mm) 3, 6, 10, 35
Kapacitet asfaltnog postrojenja	150 t/h

Proces proizvodnje

Proizvodnja na lužanskom asfaltnom postrojenju gotovo je istovjetna proizvodnji na asfaltnom postrojenju u Nemetinu. Razlike se očituju u vrsti filtera na kojem se otprašeni materijal filtrira, a koji je na ovom asfaltnom postrojenju zračni. Sljedeća je razlika u vremenskom trajanju miješanja asfaltne mješavine u mješalici. Na asfaltnom postrojenju Nemetin vremensko trajanje ove radne operacije iznosi 15 sekundi, a na ovom je asfaltnom postrojenju ono u trajanju od 23 sekunde [133]. Na slici 31. prikazano je asfaltno postrojenje u Lužanima.



Slika 31. Asfaltno postrojenje u Lužanima

3.1.3. Asfaltno postrojenje Marini M-40 57A, Orahovica

Tablica 9. Proizvodna oprema asfaltnog postrojenja u Orahovici

Naziv opreme	Značajke opreme
Koševi za agregat 5 kom.	Kapacitet (m³) 10
Spremnici za bitumen 2 kom.	Kapacitet (t) 1 x 35 1 x 30
Silos 2 silosa za kameno brašno 1 silos za asfaltnu mješavinu	Kapacitet (t) 2 x 30 1 x 40
Transporteri ravna traka kosa traka dozator	Dimenzije (mm) 19 600 x 350 32 000 x 450 3050 x 700
Mješalica 1 mješalica Šarža 1 korpa	Kapacitet (kg) 500 Nosivost (kg) 500
Vage za agregat za kameno brašno za bitumen	Područje vaganja (kg) 35 - 600 10 - 100 10 - 100
Sita 1 kom (predsito)	Veličine otvora (mm) 35
Kapacitet asfaltnog postrojenja	40 t/h

Proces proizvodnje

Hladni spremnici se sastoje od 5 koševa koji pomoću malih traka i frekventnih regulatora bacaju materijal na zajedničku traku s koje isti pada na predsito gdje se odstranjuju sva zrna veća od 35 mm.

S predsita materijal ide kosom trakom u rotacijski bubanj. U rotacijskom bubnju materijal se zagrijava do određene temperature (165-170°C), gdje se otprašeni materijal cjevovodom

odvodi na vodeni filter. Zagrijani materijal iz sušnice transportira se elevatorom direktno u mješalicu. U trenutku kada materijal ide u elevator počinje punjenje bitumena (zagrijanoga na 165-170°C) i kamenoga brašna po zadanoj recepturi. Kada su svi zadani uvjeti ispunjeni, započinje pražnjenje materijala, kamenog brašna i bitumena (sa zakašnjenjem bitumena od 6 do 8 sekundi) u mješalicu u kojoj se cjelokupna masa miješa 18 sekundi.

Izmiješana masa ispušta se u šaržu koja se putem sajli diže u silos od 40 t [134].

U nastavku rada detaljno će se iskazati postojeći troškovi za promatrana asfaltna postrojenja u periodu od 2007. do 2009. godine.

3.2. Analiza troškova asfaltnih postrojenja

Analizirani troškovi promatranih asfaltnih postrojenja svrstani su u šest troškovnih grupa, kako je i prikazano slikama od 32. do 40. Oznake troškovnih grupa su sljedeće:

TG1 - Plaće i doprinosi

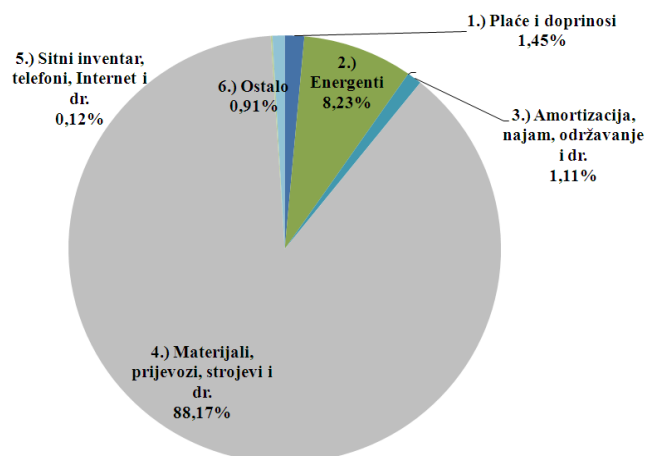
TG2 - Energenti

TG3 - Amortizacija, najam, održavanje

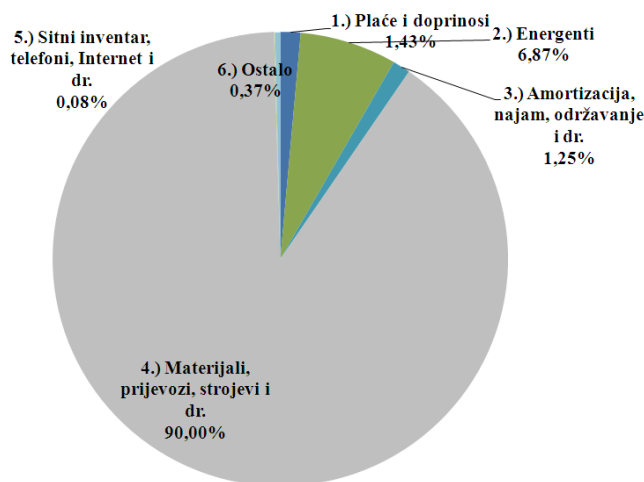
TG4 - Materijal, prijevozi, strojevi i dr.

TG5 - Sitni inventar, telefoni, internet i dr.

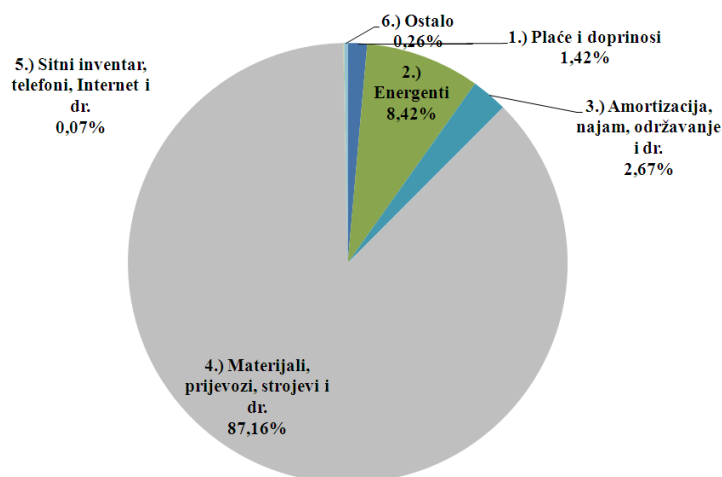
TG6 - Ostalo



Slika 32. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2007. godine (A.P. Nemetin)



Slika 33. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2008. godine (A.P. Nemetin)



Slika 34. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2009. godine (A.P. Nemetin)

Kao što je iz slika vidljivo, dolazi do određenih odstupanja, odnosno oscilacija vrijednosti pojedinih grupa troškova u promatranim godinama na asfaltnom postrojenju u Nemetinu:

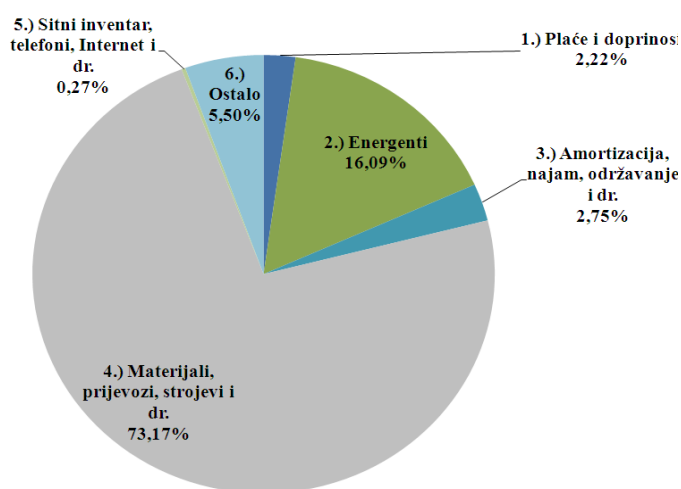
1. **TG1: 1,42 - 1,45%** od ukupnih troškova, ne dolazi do bitnijih oscilacija tijekom tri godine.
2. **TG2: 6,87 - 8,42%** od ukupnih troškova, najniža vrijednost troškova energenata je u 2008. godini, kada je najviša iskoristivost samoga postrojenja/najveća proizvodnja vruće asfaltne mješavine.
3. **TG3: 1,11 - 2,67%** od ukupnih troškova, predmetno postrojenje nalazi se na unajmljenom zemljištu, 2009. godine najviša je vrijednost zbog korektivnoga održavanja/zamjena određenih potrošnih dijelova samoga postrojenja.
4. **TG4: 87,16 - 90,00%** od ukupnih troškova, najviša vrijednost od 90,00% dosegnuta je u 2008. godini zbog najveće proizvodnje.

5. TG5: 0,07 - 0,12%.

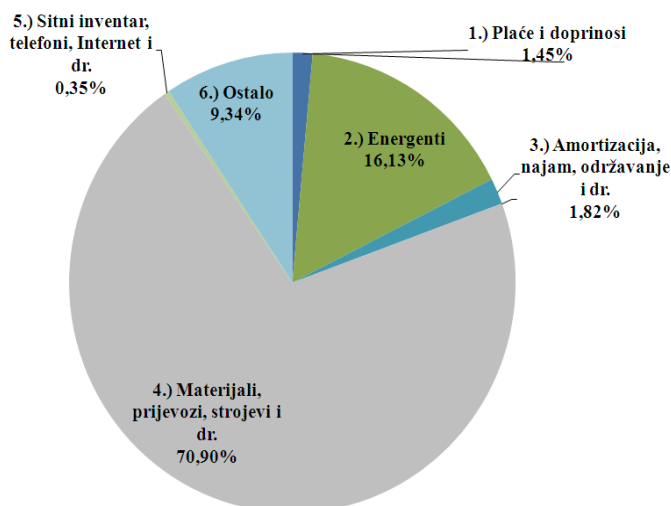
6. TG6: 0,26 - 0,91%.

Grupe troškova TG5-6 ne predstavljaju bitniji utjecaj na sveukupne troškove te nisu podložne znatnom osciliranju.

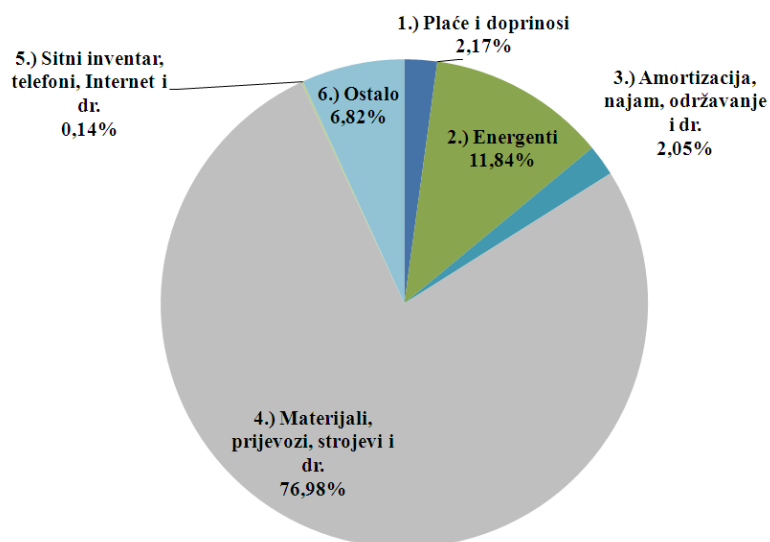
Na slikama 35. do 37. prikazana su učešća pojedinih grupa troškova u sveukupnim troškovima za asfaltno postrojenje u Lužanima.



Slika 35. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2007. godine (A.P. Lužani)



Slika 36. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2008. godine (A.P. Lužani)



Slika 37. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2009. godine (A.P. Lužani)

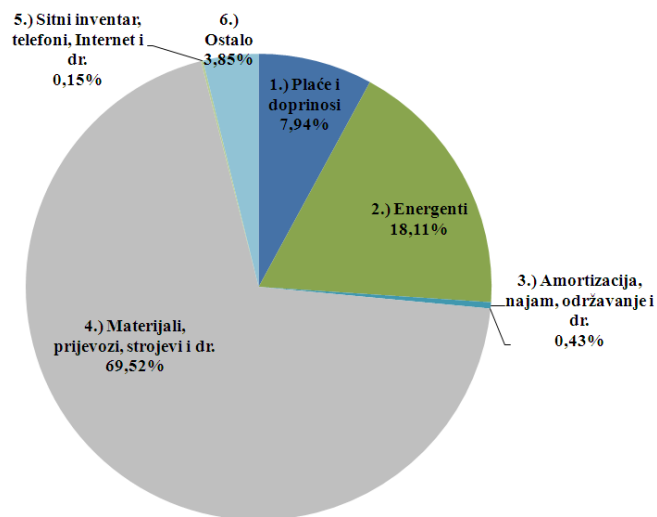
Na asfaltnom postrojenju „A.P. Lužani“, prikazano na slici 35.–37., troškovi osciliraju u promatranom razdoblju:

1. **TG1: 1,45 - 2,22%** od ukupnih troškova, ne dolazi do bitnijih oscilacija tijekom tri godine.
2. **TG2: 11,84 - 16,13%** od ukupnih troškova predstavljaju utjecajnu komponentu u cjelokupnim troškovima, znatno oscilira u odnosu na „A.P. Nemetin“, visoka vrijednost zbog pogona na naftu i lož ulje.
3. **TG3: 1,82 - 2,75%** od ukupnih troškova, predmetno postrojenje nalazi se na unajmljenom zemljištu.
4. **TG4: 70,90 - 76,98%** od ukupnih troškova, niže vrijednosti u odnosu na „A.P. Nemetin“.
5. **TG5: 0,14 - 0,35%** od ukupnih troškova.
6. **TG6: 5,50 - 9,34%** od ukupnih troškova, grupa troškova predstavlja vrlo bitnu stavku s obzirom da nema direktnu zavisnost s proizvodnjom.

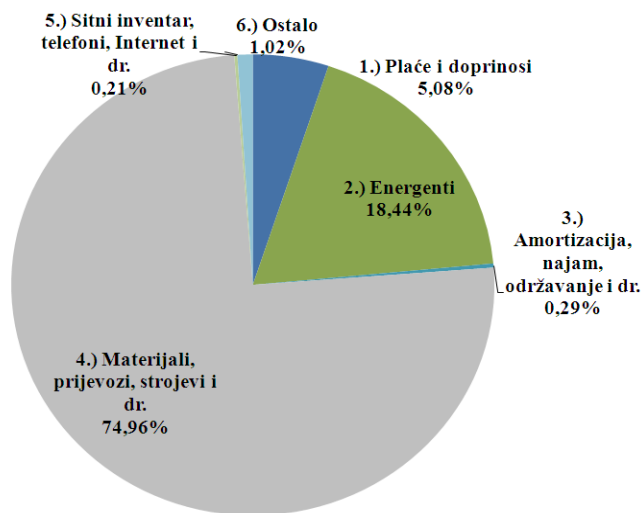
Troškovne grupe TG2, TG4 i TG6 u svojim vrijednostima značajno odstupaju u odnosu na postrojenje u Nemetinu⁶⁸. Udaljenosti kamenoloma iz kojih se asfaltna postrojenja opskrbljuju mineralnom mješavinom približno su jednaka za oba postrojenja.

Na slikama od 38. do 40. prikazani su udjeli grupa troškova u sveukupnim troškovima za asfaltno postrojenje u Orahovici.

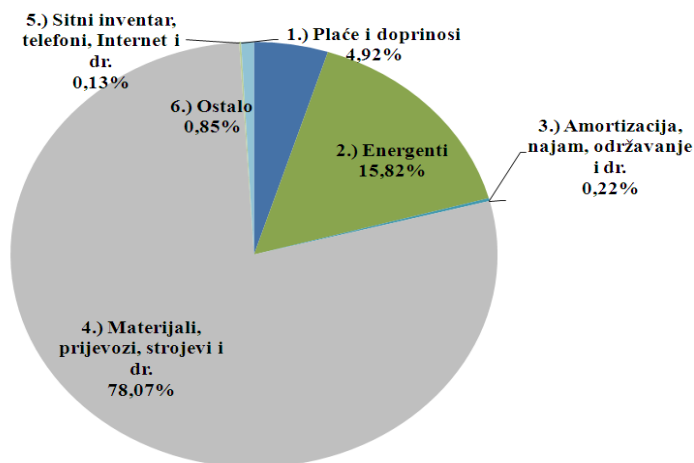
⁶⁸ Kao što je ranije navedeno, asfaltno postrojenje u Lužanima nema priključak na zemni plin i električnu energiju. Radi pomoću dva motorna agregata.



Slika 38. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2007. godine (A.P. Orahovica)



Slika 39. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2008. godine (A.P. Orahovica)



Slika 40. Grafički prikaz sveukupnih troškova – 2009. godine (A.P. Orahovica)

Na asfaltnom postrojenju „A.P. Orahovica“, prikazano na slici 38.–40., troškovi osciliraju u promatranom razdoblju:

1. **TG1: 4,92 - 7,94%** od ukupnih troškova, kontinuiran pad tijekom tri godine.
2. **TG2: 15,82 - 18,44%** od ukupnih troškova, znatna komponenta u cjelokupnim troškovima, pogon na naftu i lož ulje.
3. **TG3: 0,22 - 0,43%** od ukupnih troškova, nedostaje ulaganje u preventivno održavanje koje nije vršeno.
4. **TG4: 69,52 - 78,07%** od ukupnih troškova, niže vrijednosti u odnosu na „A.P. Nemetin“ i „A.P. Lužani“ zbog troškova prijevoza frakcija kamenoga agregata (kamenolom na nekoliko kilometara udaljenosti).
5. **TG5: 0,13 - 0,21%** od ukupnih troškova.
6. **TG6: 0,85 - 3,85%** od ukupnih troškova.

Uslijed nižega proizvodnog kapaciteta, u odnosu na postrojenja u Lužanima i Nemetinu, no jednakoga broja djelatnika koji sudjeluju u proizvodnji na samom postrojenju, grupa TG1 poprima visoku vrijednost u odnosu na sveukupne troškove. Zbog male transportne udaljenosti od kamenoloma do asfaltnoga postrojenja, grupa 4. ima nešto nižu vrijednost u sveukupnim troškovima, u odnosu na druga dva promatrana asfaltna postrojenja.

U daljnjem tekstu dan je detaljan opis svih grupa troškova:

3.2.1. Plaće i doprinosi – TG1

Prvu grupu troškova čine plaće i doprinosi radnika na asfaltnom postrojenju (VKV radnici - rukovoditelj asfaltnog postrojenja, radnik na traci i KV radnici - valjar radnik na doziranju kamenoga brašna – KV [134]⁶⁹). U ovoj su grupi obuhvaćeni sljedeći troškovi:

- neto plaće i naknade;
- doprinos za MO iz plaće I. stup;
- doprinos za MO iz plaće II. stup;
- porez na dohodak iz plaća;
- poseban (krizni) porez na neto plaće;

⁶⁹ Struktura radnika na asfaltnom postrojenju zavisi od politike tvrtke, može biti zaposleno veći broj djelatnika od potrebnog.

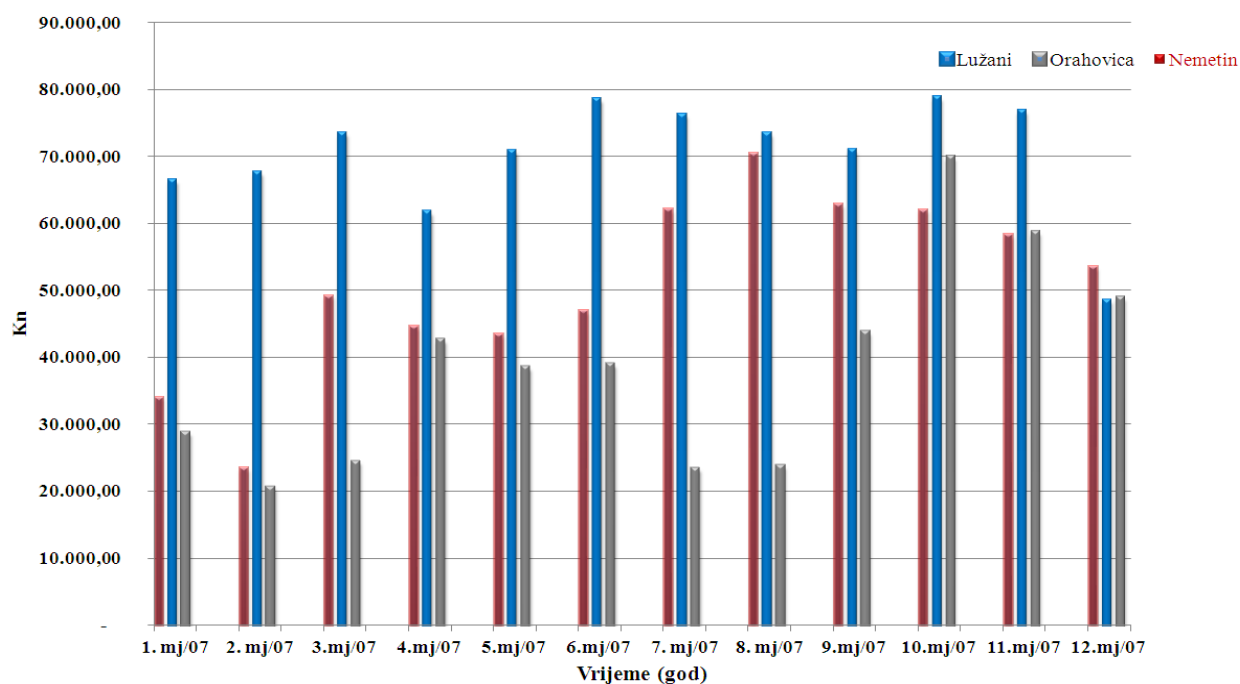
- prirez na porez iz plaća;
- doprinos na zdravstveno osiguranje iz plaće;
- doprinos na zapošljavanje na plaću;
- poseban doprinos za zdravstveno osiguranje na plaće;
- troškovi prijevoza na posao i s posla;
- terenski dodatak – pomorski dodatak;
- darovi djeci i slične potpore (ako nisu dohodak);
- potpora zbog bolesti, invalidnosti, smrti i slično;
- dnevnice za službena putovanja i troškovi noćenja u Hrvatskoj;
- troškovi uporabe vlastitoga automobila na službenom putu;
- prigodne nagrade (božićnice, regres za godišnji odmor);
- dnevnice i troškovi noćenja za službena putovanja u inozemstvu;
- troškovi sistematskih kontrolnih liječničkih pregleda zaposlenika.

Tablicom 10. prikazuje se učešće ove grupe troškova u odnosu na sveukupne troškove za promatrana postrojenja.

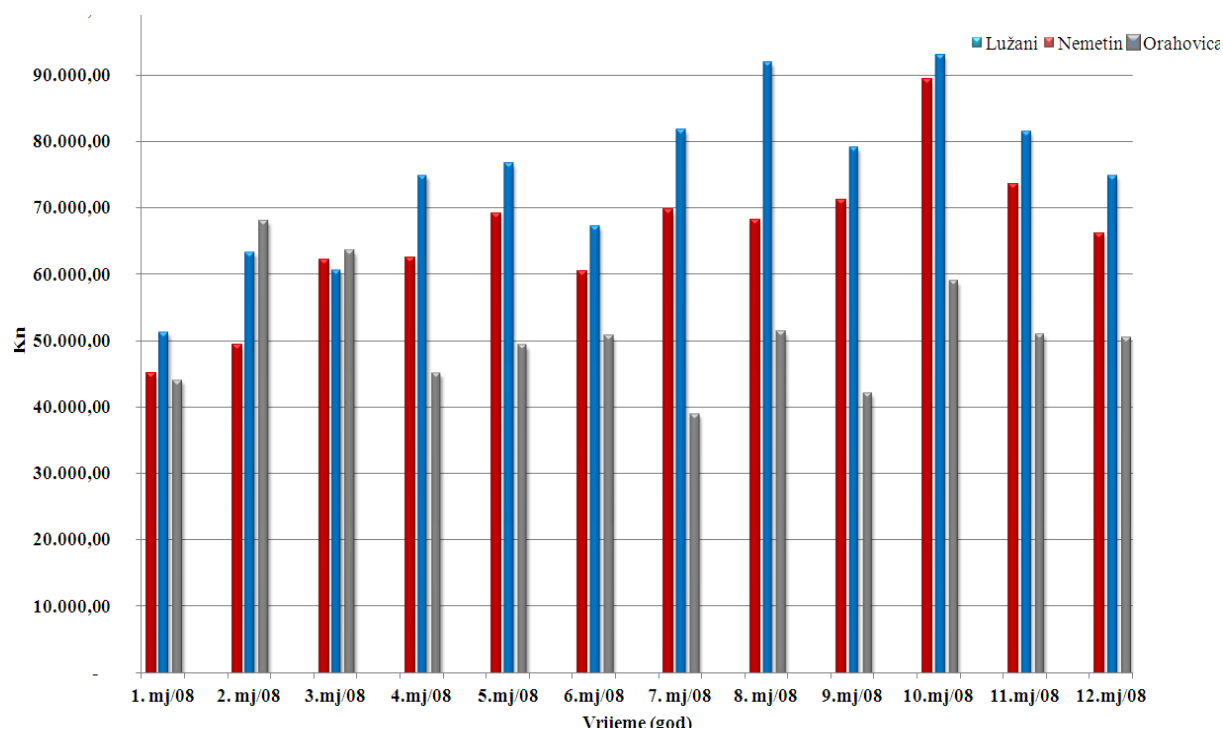
Tablica 10. Troškovi plaća i doprinosa u odnosu na ukupne troškove

	A.P. Nemetin			A.P. Lužani			A.P. Orahovica		
	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.
%	1,45	1,43	1,42	2,22	1,45	2,17	7,94	5,08	4,92

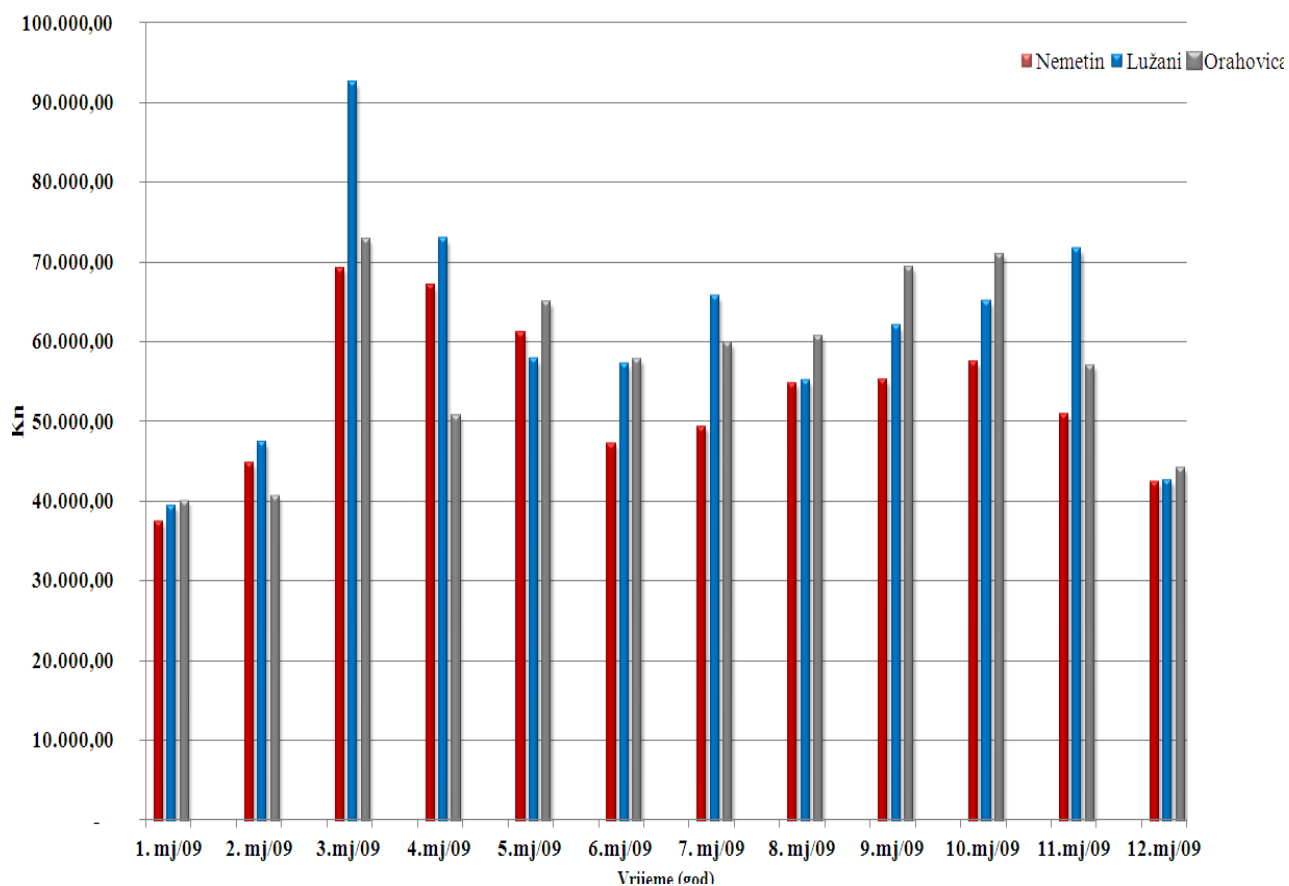
Iz tablice 10. vidljivo je da su troškovi plaća i doprinosa mnogo viši na asfaltnom postrojenju Orahovica, u odnosu na asfaltna postrojenja u Nemetinu i Lužanima. S obzirom da je kapacitet proizvodnje znatno niži, kao i proizašli sveukupni troškovi na asfaltnom postrojenju u Orahovici, a jednak broj djelatnika kao i na drugim postrojenjima, udio je troškova plaće u sveukupnim troškovima i do dva puta veći. Slikama 41. do 43. grafički su iskazane vrijednosti grupe TG1 u promatranom razdoblju.



Slika 41. Grafički prikaz troškova grupe TG1 – 2007. godina



Slika 42. Grafički prikaz troškova grupe TG1 – 2008. godina



Slika 43. Grafički prikaz troškova grupe TG1 – 2009. godina

Troškovi grupe TG1 (prikazano na slikama 41.–43.) su u sljedećem rasponu:

Asfaltno postrojenje „A.P. Nemetin“

- 33 747,81 – 70 102,67 kn - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 2,08 puta;
- 44 672,22 – 88 913,66 kn – 2008. godina najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,99 puta;
- 37 125,99 – 68 896,81 kn – 2009. godina najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,86 puta.

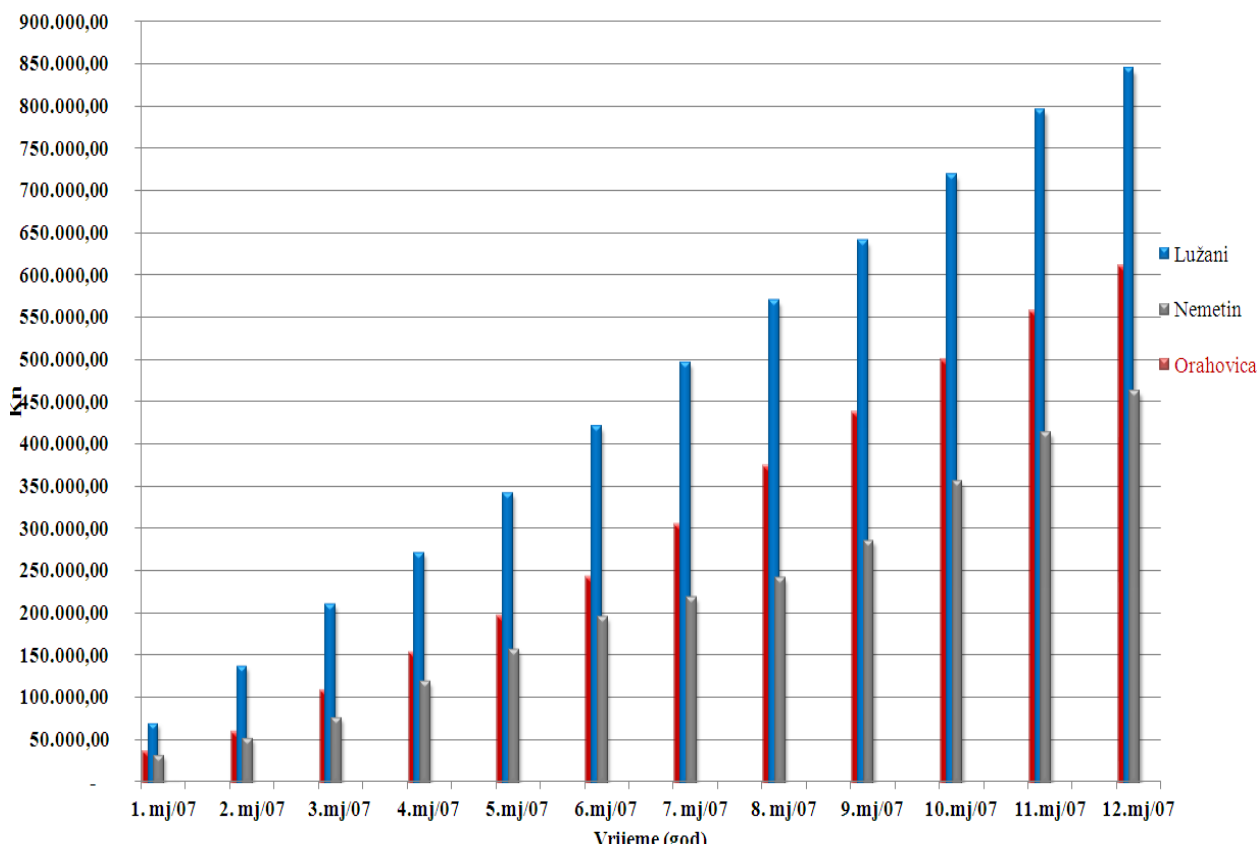
Asfaltno postrojenje „A.P. Lužani“

- 48 248,96 – 78 509,02 kn - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,63 puta;
- 50 891,77 – 92 662,66 kn – 2008. godina najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,82 puta;
- 39 001,15 – 92 122,05 kn – 2009. godina najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 2,36 puta.

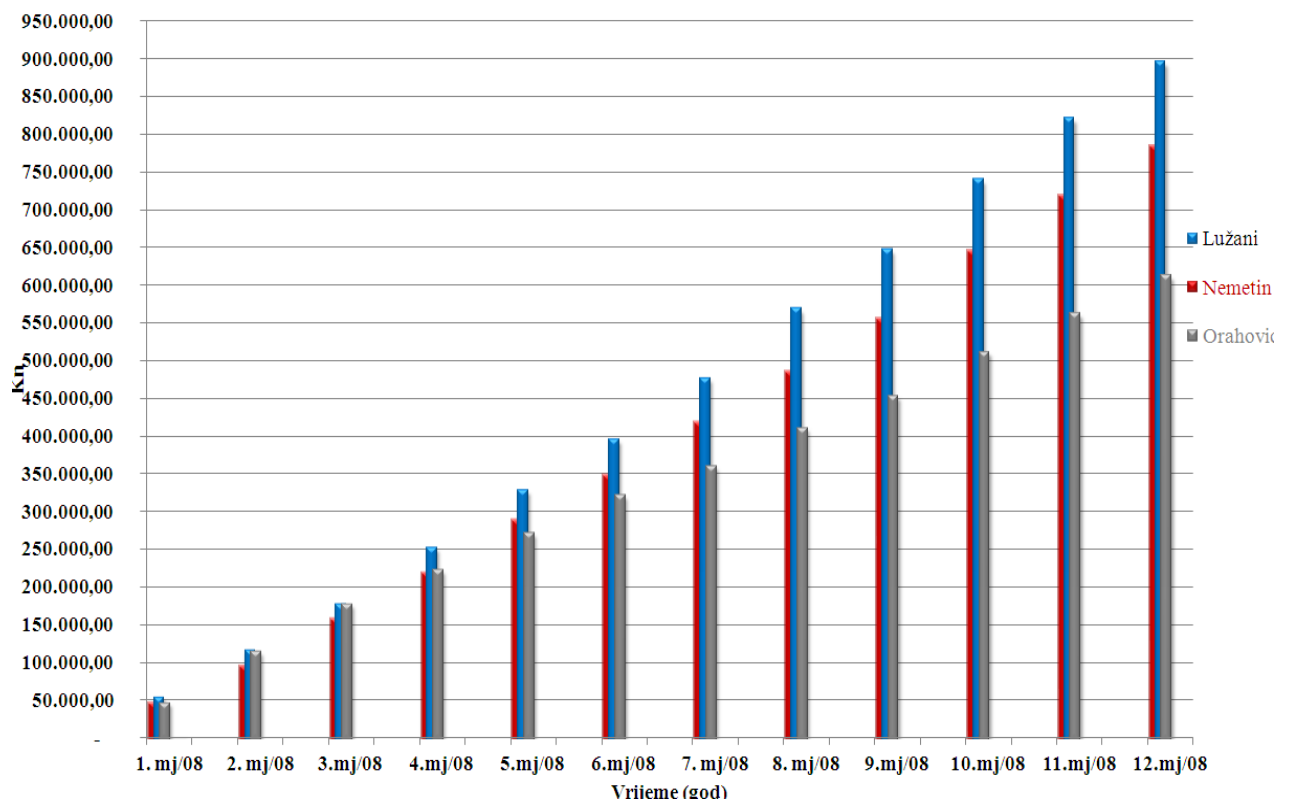
Asfaltno postrojenje „A.P. Orahovica“

- 20 307,00 – 69 588,17 kn - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 3,43 puta;
- 38 559,32 – 67 646,48 kn – 2008. godina najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,75 puta;
- 39 699,74 – 72 548,38 kn – 2009. godina najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,83 puta.

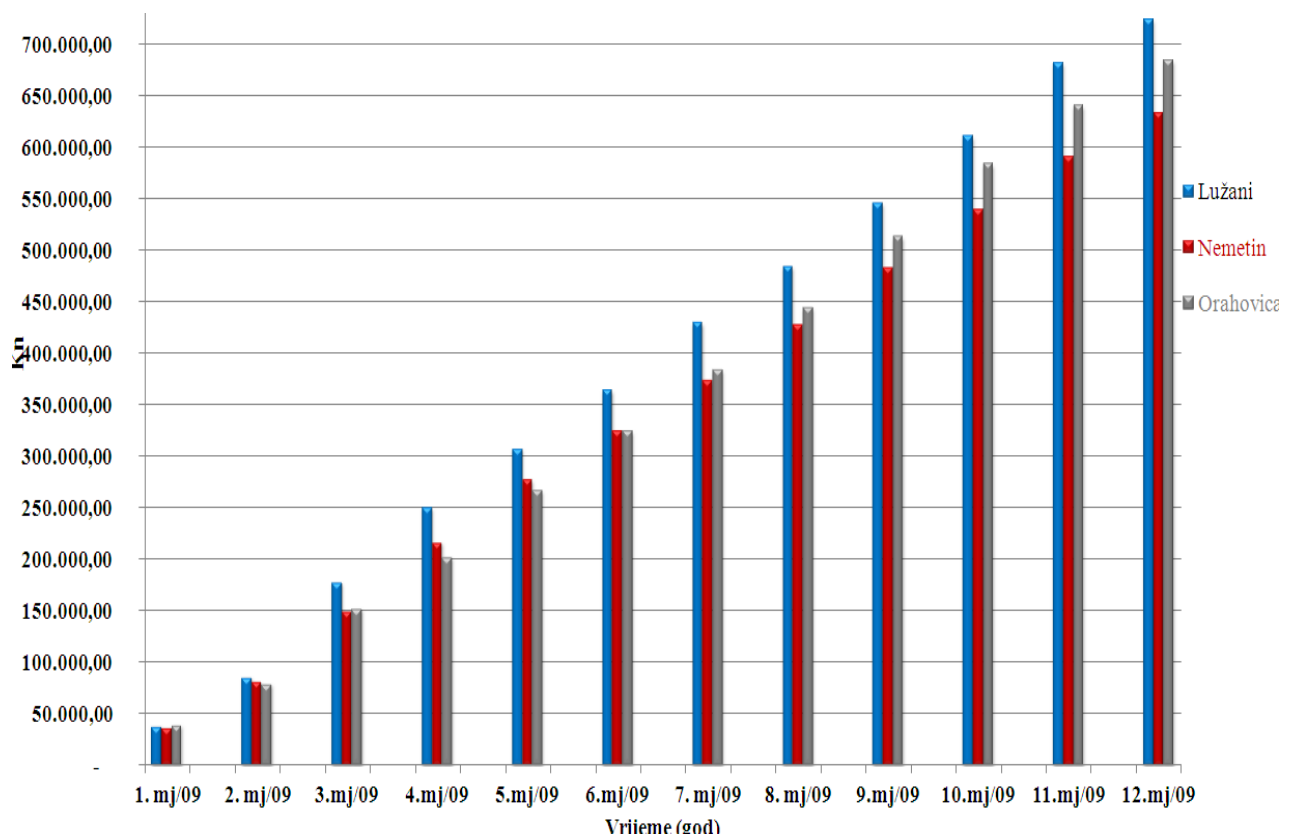
Na slikama 44. – 46. grafički su prikazani kumulativni troškovi grupe TG1 u promatranom periodu.



Slika 44. Grafički prikaz kumulativnih troškova grupe TG1 – 2007. godina



Slika 45. Grafički prikaz kumulativnih troškova grupe TG1 – 2008. godina

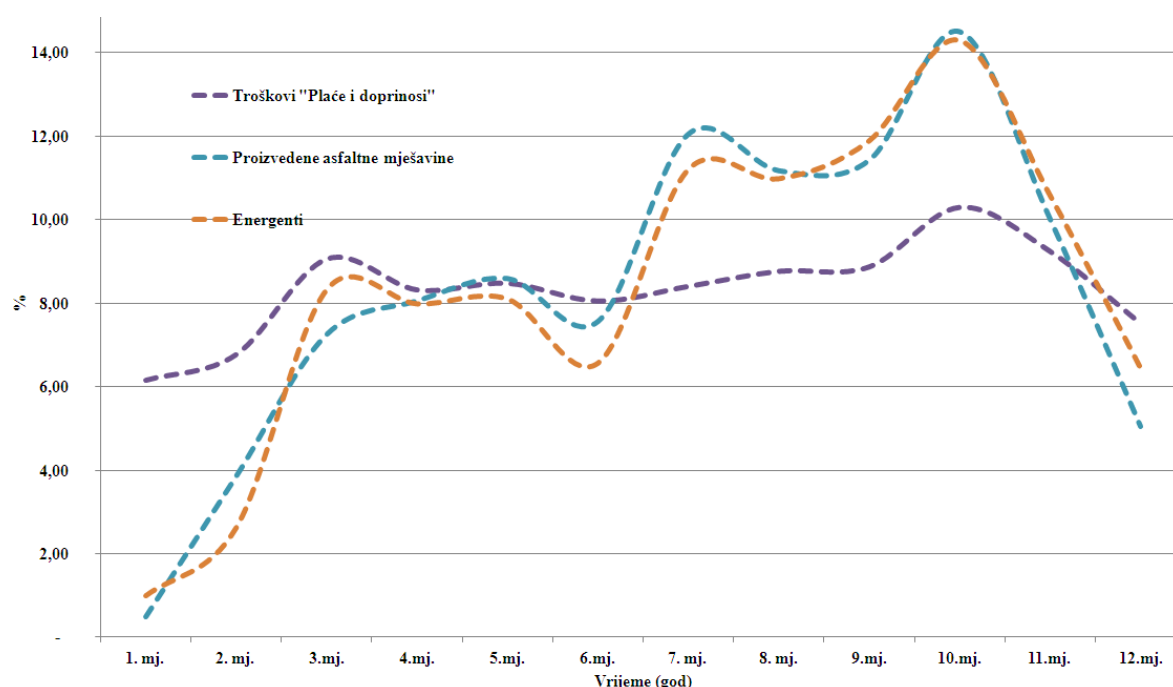


Slika 46. Grafički prikaz kumulativnih troškova grupe TG1 – 2009. godina

Kumulativne vrijednosti troškova grupe TG1 ne iskazuju zavisnost sa samom proizvodnjom asfaltnih mješavina. Terenski rad na asfaltnim postrojenjima u Lužanima i Orahovici, kao i troškovi prijevoza djelatnika do samoga mjesta rada, povećavaju trošak predmetne grupe.

Na slici 47. prikazan je odnos troškova grupe TG1, utrošenih energenata i proizvedenih asfaltnih mješavina kroz period od 2007.–2009. godine (Tablica 11.–Prilozi). Mjesečne vrijednosti na slici 47. dobivene su iz odnosa sume svih mjesečnih vrijednosti promatranih godina, za tri asfaltna postrojenja i sveukupne grupe troškova, iskazano prema formuli:

$$M = \left(\frac{((T_{(Nemetin/Lužani/Orahovica)}^{01.07.} + T_{(Nemetin/Lužani/Orahovica)}^{01.08.} + T_{(Nemetin/Lužani/Orahovica)}^{01.09.})/3)}{\sum T_{sveukupno}^{2007-2009}} \right) * 100$$



Slika 47. Zavisnost sveukupnih troškova grupe TG1, energenata i proizvedenih asfaltnih mješavina u periodu od 2007. – 2009. godine

Na slici 47. vidljivo je da mjesečne vrijednosti troškovne grupe TG1 nisu zavisni sa proizvodnjom asfaltnih mješavina i utroškom energenata. Vidljivo je također da povećanje proizvodnje asfaltnih mješavina u mjesecu srpnju i listopadu ne uzrokuje značajno povećanje udjela troškova grupe TG1. Uslijed takvog rada može se zaključiti da utrošak energenata i proizvodnja asfaltnih mješavina nije u direktnoj zavisnosti sa troškovima grupe TG1.

3.2.2. Energenti – TG2

Povećana potreba za energentima može se pripisati tehnološkom razvitku kao i povećanju društvenoga standarda. Stanje hrvatskoga gospodarstva, standard i broj stanovnika u odnosu na razvijene zapadne zemlje ukazuje na visoki utrošak energije po stanovniku [3]. Razlog tomu velika je energetska neučinkovitost i nedostatak sustavnoga gospodarenja energijom na svim razinama. Republika Hrvatska potpisnica je protokola iz Kyota s kojim je prihvatila energetska politiku 20-20-20 do 2020. godine, koja ima za cilj zadovoljiti zahtjeve za energijom uz smanjenje utjecaja na okoliš i klimatske promjene. Cilj je takve energetske politike za 20% smanjiti emisiju stakleničkih plinova, za 20% smanjiti potrošnju energije, tj. gubitke energije i na 20% povećati korištenje obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije do 2020. godine [3].

Na asfaltnim postrojenjima energenti se koriste za:

- grijanje bitumena;
- sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine;
- rad ventilatora za otprašeni materijal (ispušni plinovi,) pogon postrojenja;
- rad upravljačke sobe, osvjetljenje, grijanje i hlađenje radnih soba i dr.

Troškovi energenata obuhvaćeni su grupom TG2 i sadrže troškove:

- električne energije;
- plina, pare, ugljena i drva (zemni plin);
- dizelskog goriva, benzina i motornog ulja;
- vode i odvodnje.

Najveći utjecaj na utrošak energenata u proizvodnom ciklusu na asfaltnim postrojenjima zasigurno ima postupak sušenja i grijanja mineralne mješavine te daleko manje grijanje uskladištenoga bitumena. Grijanje i sušenje mineralne mješavine u rotacijskom bubnju ostvareno je s upotrebom sljedećih energenata:

- Kovinarska VKM – 130, Licenca WIBAU 1979. god., 130 t/h Nemetin – **zemni plin**;
- Marini M-150 E 205, 1971. god., 150 t/h Lužani – **lož ulje**;
- Marini M-40 57A, 1987. god., 40 t/h Orahovica (asfaltno postrojenje nije više u funkciji) – **lož ulje**.

Asfaltno postrojenje „Kovinarska“ u Nemetinu priključeno je na:

- zemni plin;
- električnu energiju;
- javni vodoopskrbni sustav.

Utrošak energenata na asfaltnom postrojenju u Nemetinu znatno je niži u odnosu na postrojenja u Lužanima i Orahovici zato što se za sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine koristi zemni plin (Slike 48.-50.).

Asfaltno postrojenje „Marini“ u Lužanima nema niti jedan komunalni priključak. Voda se skladišti u predviđenim spremnicima. Pogon postrojenja ostvaruje se pomoću dva motorna agregata od kojih jedan služi za grijanje bitumena u spremnicima i stvaranje električne energije. Drugi motorni agregat služi kao pogon za rotacijski bubanj za sušenje i grijanje mineralne mješavine te ostalih uređaja na postrojenju (sita za prosijavanje, pogon traka za transport mineralne mješavine, usisni ventilator i drugo).

Asfaltno postrojenje „Marini“ u Orahovici bilo je priključeno na:

- javni vodoopskrbni sustav i
- elektroenergetsku mrežu.

Postrojenje je radilo upotrebom dva motorna agregata od kojih je jedan služio za grijanje bitumena u spremnicima (termalno ulje), a drugi kao pogon za rotacijski bubanj za sušenje i grijanje mineralne mješavine te ostalih uređaja na postrojenju.

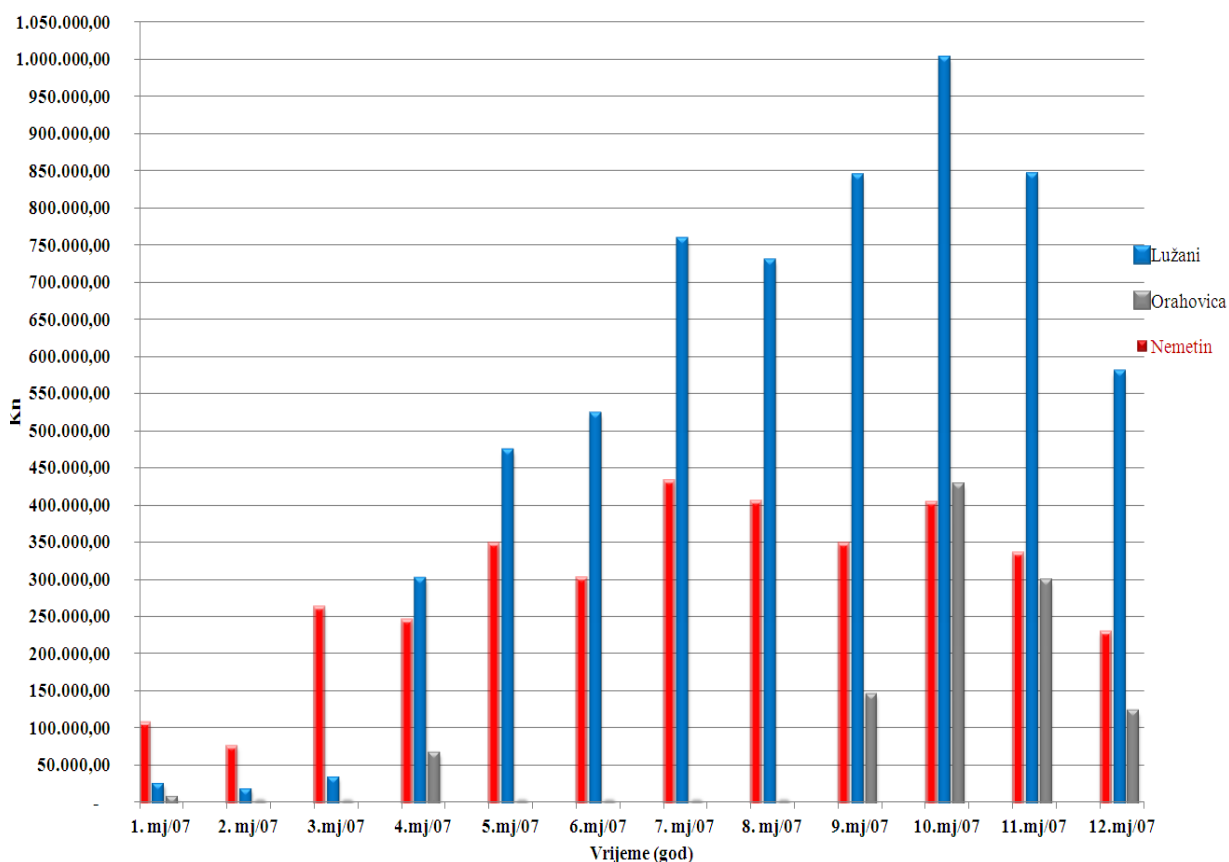
Tablicom 12. prikazuje se participiranje troškovne grupe TG2 u sveukupnim troškovima asfaltnih postrojenja.

Tablica 12. Troškovi grupe TG2 u odnosu na ukupne troškove

	A.P. Nemetin			A.P. Lužani			A.P. Orahovica		
	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.
%	8,23	6,87	8,42	16,09	16,13	11,84	18,11	18,44	15,82

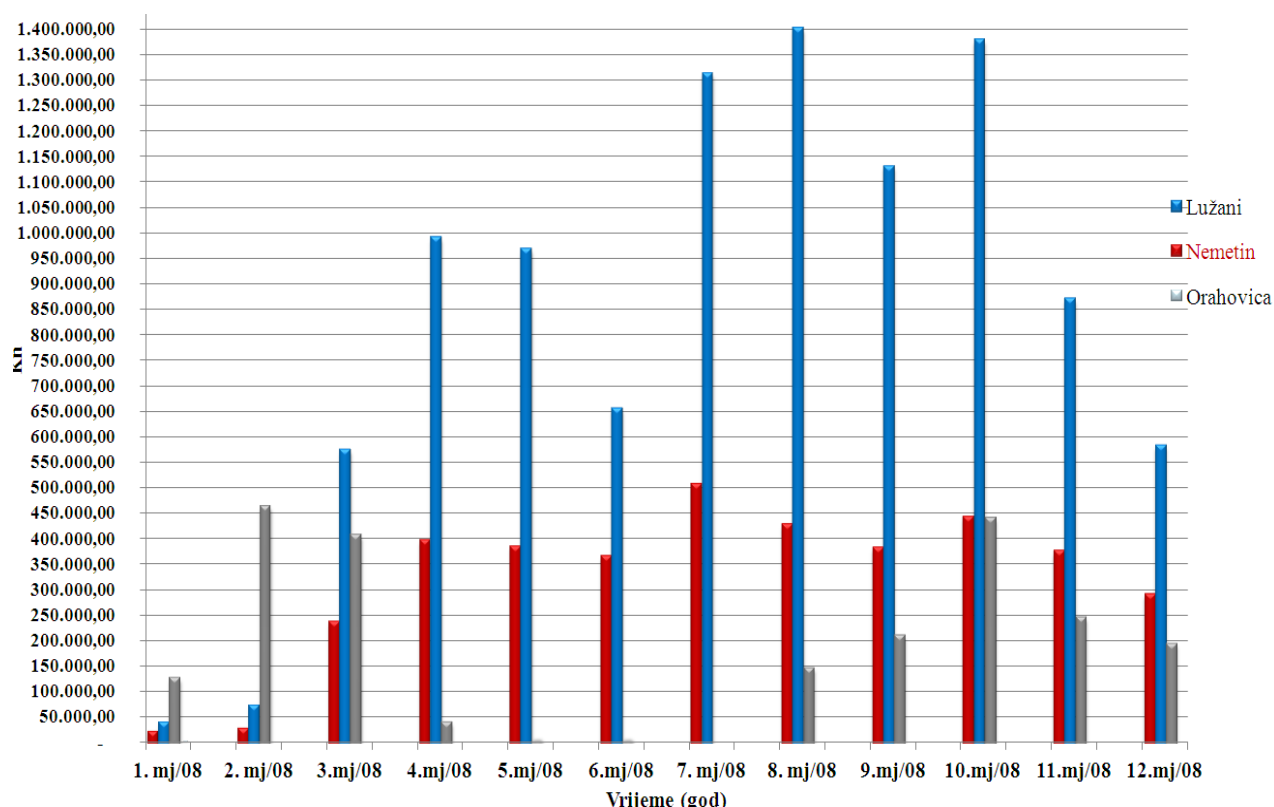
Iz tablice 12. vidljivo je da su troškovi grupe TG2 znatno viši na asfaltnim postrojenjima Orahovica i Lužani u odnosu na postrojenje u Nemetinu. Do razlike dolazi u tomu što asfaltna postrojenja u Lužanima i Orahovici koriste lož ulje koje ima višu jediničnu cijenu po litri u odnosu na prostorni metar zemnoga plina koji se koristi u Nemetinu [135]. Osim toga, pojavljuje se razlika u boljoj iskorištenosti proizvodnog kapaciteta postrojenja u Nemetinu u odnosu na postrojenja u Lužanima i Orahovici. Viši utrošak energenata u Orahovici, u odnosu

na postrojenje u Lužanima pojavljuje se isključivo zbog znatnih oscilacija u dinamici proizvodnje asfaltnih mješavina (slabija iskoristivost proizvodnih kapaciteta)⁷⁰. Drugi problem, koji se pojavljuje kada postrojenje nema priključak na javnu elektroenergetsku mrežu, rezultira znatno većim utroškom energenata (nafte) da bi se proizvela potrebna električna energija, ostvarena radom motornoga agregata. Na slikama od 48. do 50. prikazane su mjesečne vrijednosti grupe troškova TG2 na promatranim asfaltnim postrojenjima kroz period od 2007. do 2009. godine.

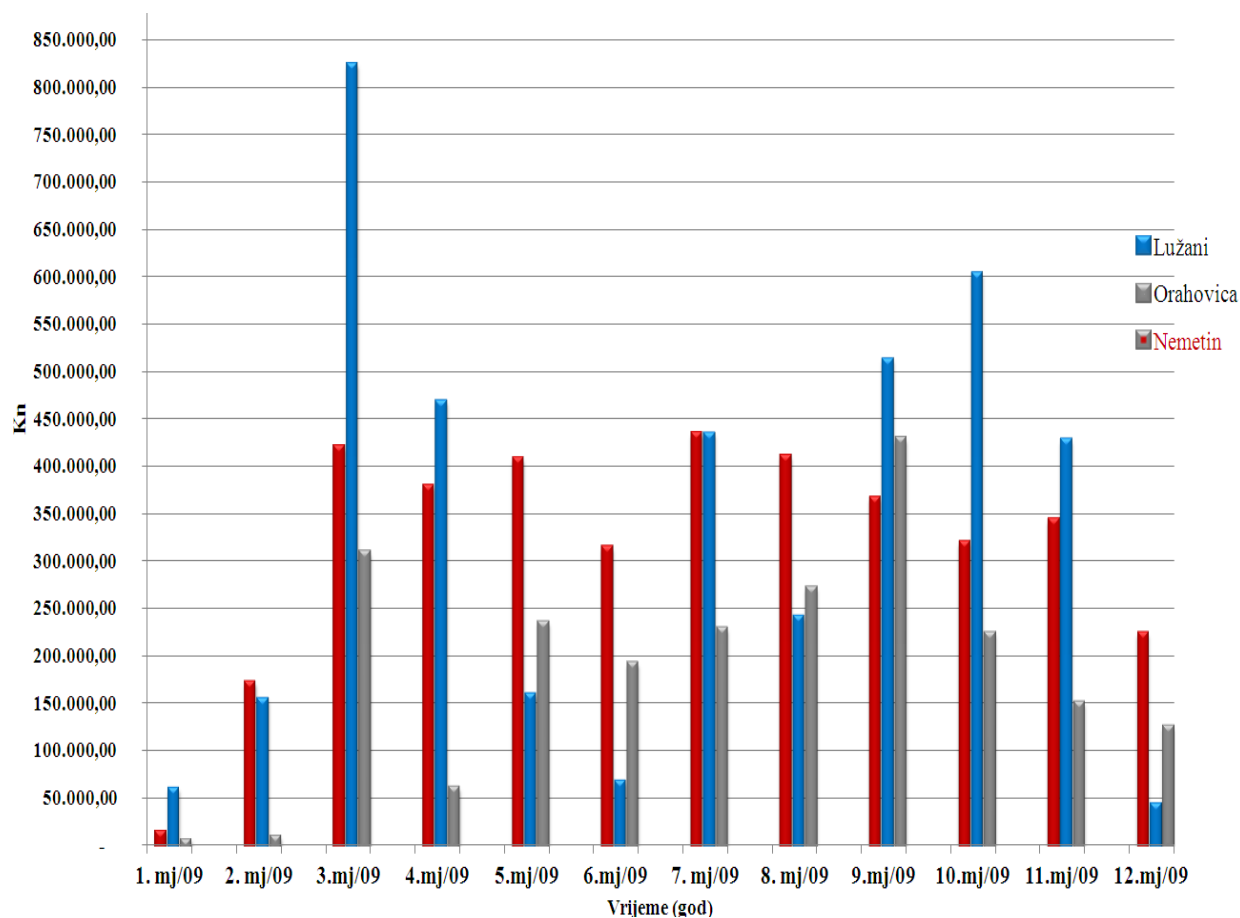


Slika 48. Grafički prikaz troškova energenata – 2007. godina

⁷⁰ Proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina tijekom promatranih godina, na predmetnim asfaltnim postrojenjima iskazat će se u poglavlju “Razrada kritičnih mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina”.



Slika 49. Grafički prikaz troškova energenata – 2008. godina



Slika 50. Grafički prikaz troškova energenata – 2009. godina

Troškovi energenata ovise o proizvodnji asfaltnih mješavina te dosežu sljedeće maksimalne financijske vrijednosti:

Asfaltno postrojenje „A.P. Nemetin“

- 427 498,32 kn - 07. 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost;
- 498 910,96 kn - 07. 2008. godina, najviša mjesečna vrijednost;
- 417 235,35 kn - 03. 2009. godina, najviša mjesečna vrijednost.

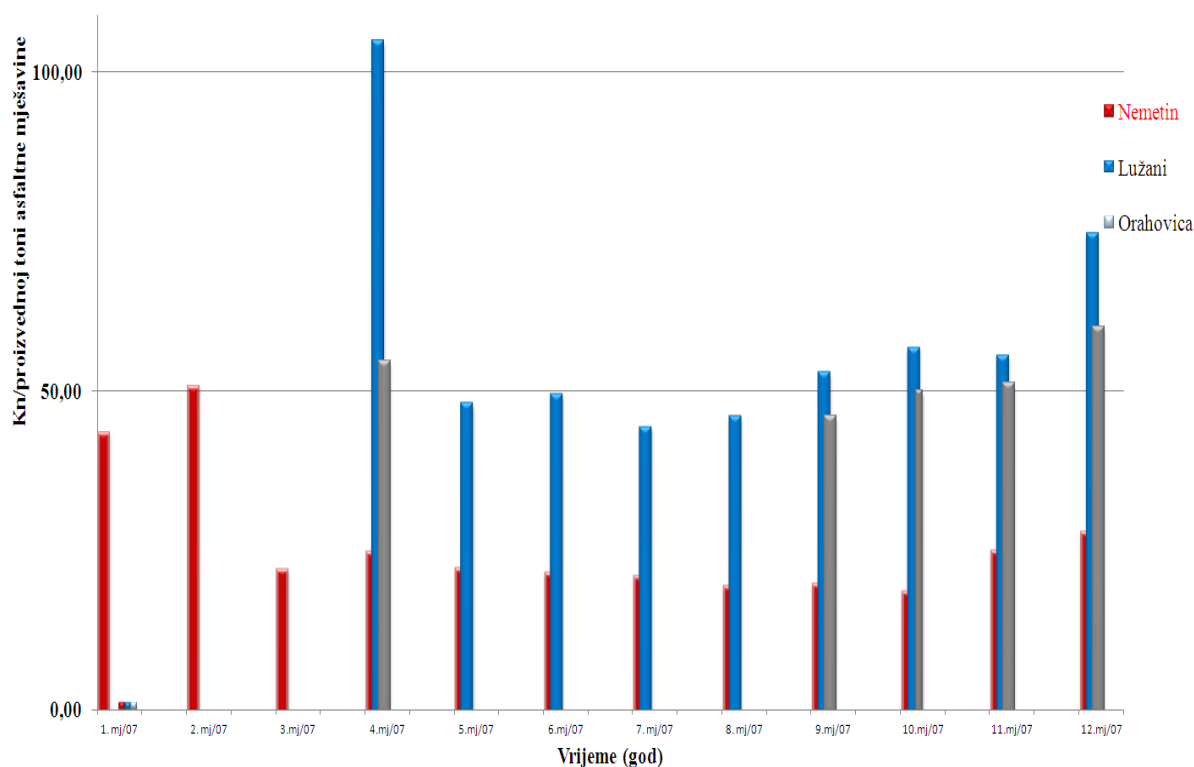
Asfaltno postrojenje „A.P. Lužani“

- 998 114,90 kn - 07. 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost;
- 1 393 853,87 kn - 08. 2008. godina najviša mjesečna vrijednost;
- 820 967,70 kn - 03. 2009. godina najviša mjesečna vrijednost.

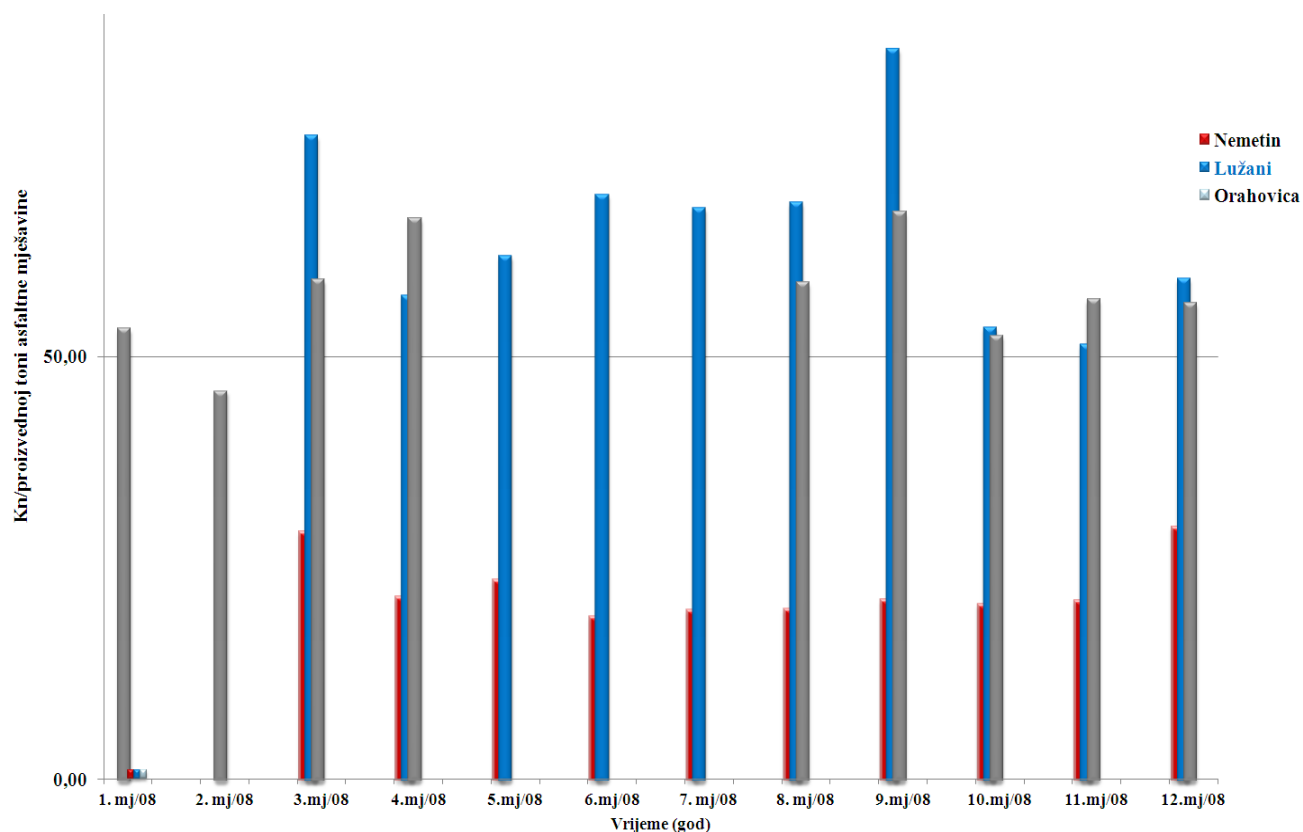
Asfaltno postrojenje „A.P. Orahovica“

- 423 112,08 kn - 10.2007. godina, najviša mjesečna vrijednost;
- 455 602,78 kn - 02. 2008. godina najviša mjesečna vrijednost;
- 425 968,35 kn - 09. 2009. godina najviša mjesečna vrijednost.

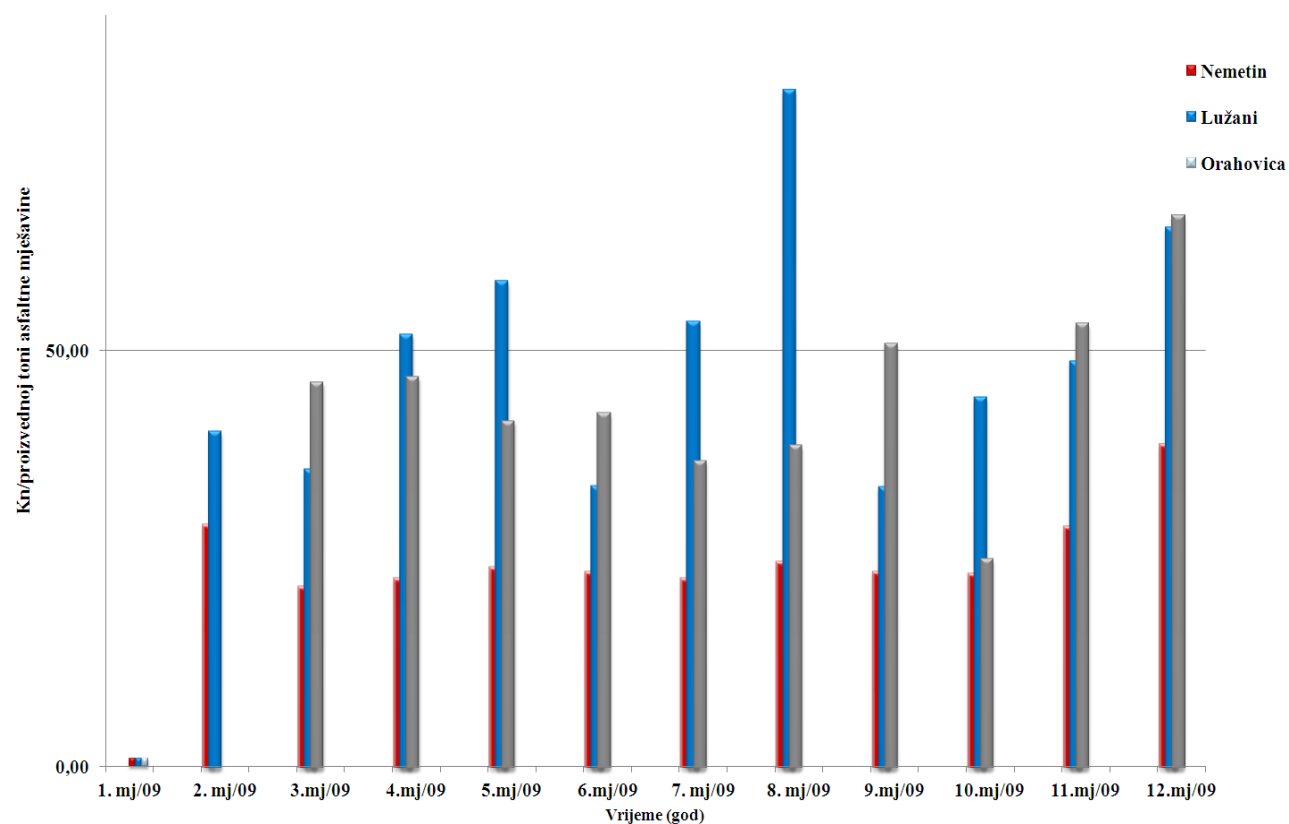
Na slici 51-53. iskazane su financijske vrijednosti grupe troškova TG2 u zavisnosti od proizvodnje asfaltnih mješavina.



Slika 51. Trošak energenata po toni asfaltne mješavine – 2007. godina



Slika 52. Trošak energenata po toni asfaltne mješavine – 2008. godina



Slika 53. Trošak energenata po toni asfaltne mješavine – 2009. godina

Trošak energenata s obzirom na proizvodnju asfaltnih mješavina iskazan je na temelju mjesečne proizvodnje:

Asfaltno postrojenje „A.P. Nemetin“

- 17,97 kn (10. mjesec) – 50,16 kn (2. mjesec) - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 2,79 puta;
- 18,82 kn (6. mjesec) – 29,46 kn (12. mjesec) - 2008. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,57 puta;
- 21,24 kn (3. mjesec) – 38,38 kn (12. mjesec) - 2009. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,81 puta.

Asfaltno postrojenje „A.P. Lužani“

- 43,75 kn (7. mjesec) – 104,18 kn (4. mjesec) - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 2,38 puta;
- 51,00 kn (11. mjesec) – 86,00 kn (9. mjesec) - 2008. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,69 puta;
- 33,25 kn (9. mjesec) – 80,90 kn (8. mjesec) - 2009. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 2,43 puta.

Asfaltno postrojenje „A.P. Orahovica“

- 45,48 kn (9. mjesec) – 59,38 kn (12. mjesec) - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,31 puta;
- 45,51 kn (2. mjesec) – 66,67 kn (9. mjesec) - 2008. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,46 puta;
- 36,38 kn (7. mjesec) – 65,82 kn (12. mjesec) - 2009. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 1,81 puta.

Na odstupanja od idealnoga ili optimalnoga utroška energenata utječu sljedeći elementi:

- nedostatna „lokalna“ iskoristivost asfaltnoga postrojenja;
- konstantno ili kontinuirano grijanje uskladištenoga bitumena uzrokovano diskontinuiranom proizvodnjom;
- korištene vlažnih frakcija kamenih agregata frakcija 0/4 i 0/2 mm;

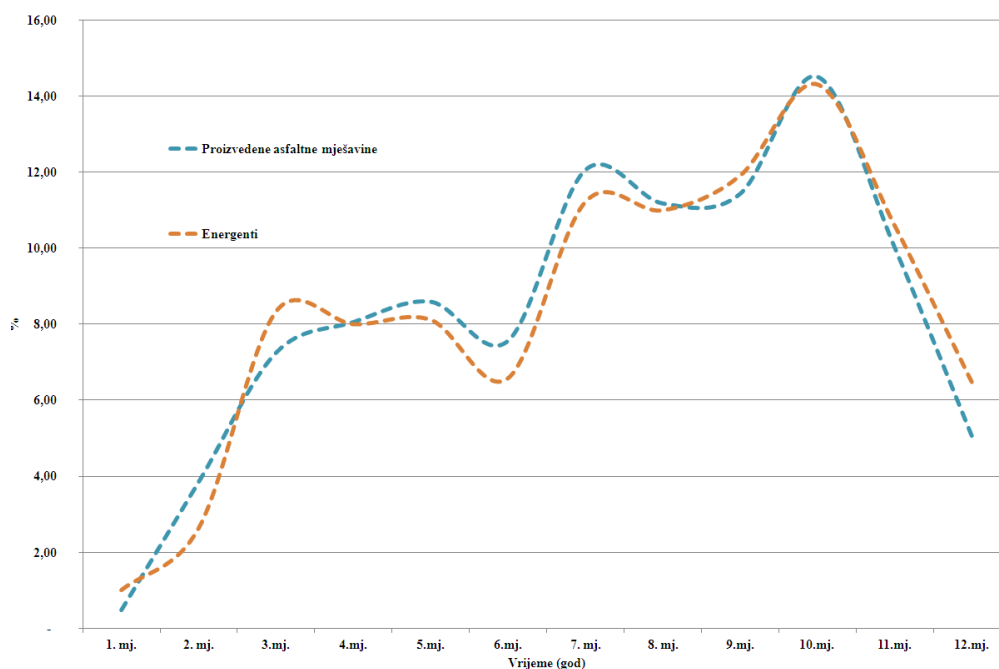
- proizvodnja asfaltnih mješavina koje sadrže frakcije kamenoga agregata s velikom količinom nadzrnja (uporaba frakcije kamenoga agregata 8/16 mm umjesto 8/11 mm ili 16/31,5 mm umjesto 16/22,4 mm);
- pretjerana muljavost ili sadržaj muljevito prašinih čestica frakcija kamenoga agregata koje se upotrebljavaju u daljnjoj proizvodnji;
- rad asfaltnoga postrojenja pri niskim vanjskim temperaturama (uporaba hladnih frakcija kamenoga agregata) i drugo.

Znatan utjecaj na udio utrošenih energenata ima i iskorištenost proizvodnog kapaciteta proizvodnje. U četvrtomu poglavlju bit će iskazana cjelokupna proizvodnja asfaltnih mješavina tijekom promatranoga razdoblja od tri godine. S obzirom da su proizvođači asfaltnih mješavina usmjereni na ostvarivanje što veće proizvodnje ili iskorištenosti postojećih proizvodnih kapaciteta, zanimljivo je vidjeti odnos sa stvarnim stanjem. Problemi se pojavljuju ukoliko dolazi do prekida proizvodnje u kratkim intervalima, ukoliko se troši energija na grijanje uskladištenoga bitumena u termičkim cisternama. Prekidi u proizvodnji uzrokuju hlađenje elemenata sistema. Iskustveni podatci ukazuju da je potrebno nešto manje od dva dana da se temperatura bitumena digna na potrebnu, radnu, ukoliko se prekida rad termičke cisterne, što je ovisno o vanjskim temperaturama (temperature s koje i na koju se grije uskladišteni bitumen).

Potrebno je težiti ostvarenju kontinuiranoga rada sa što višim iskorištenjem proizvodnih kapaciteta na asfaltnim postrojenjima.

Na slici 54. iskazana je zavisnost utroška energenata i proizvodnje asfaltnih mješavina. Mjesečne vrijednosti na slici 54. dobivene su iz odnosa sume svih mjesečnih vrijednosti promatranih godina (tablica 13. - Prilozi), za tri asfaltna postrojenja i sveukupne grupe troškova, iskazano prema formuli:

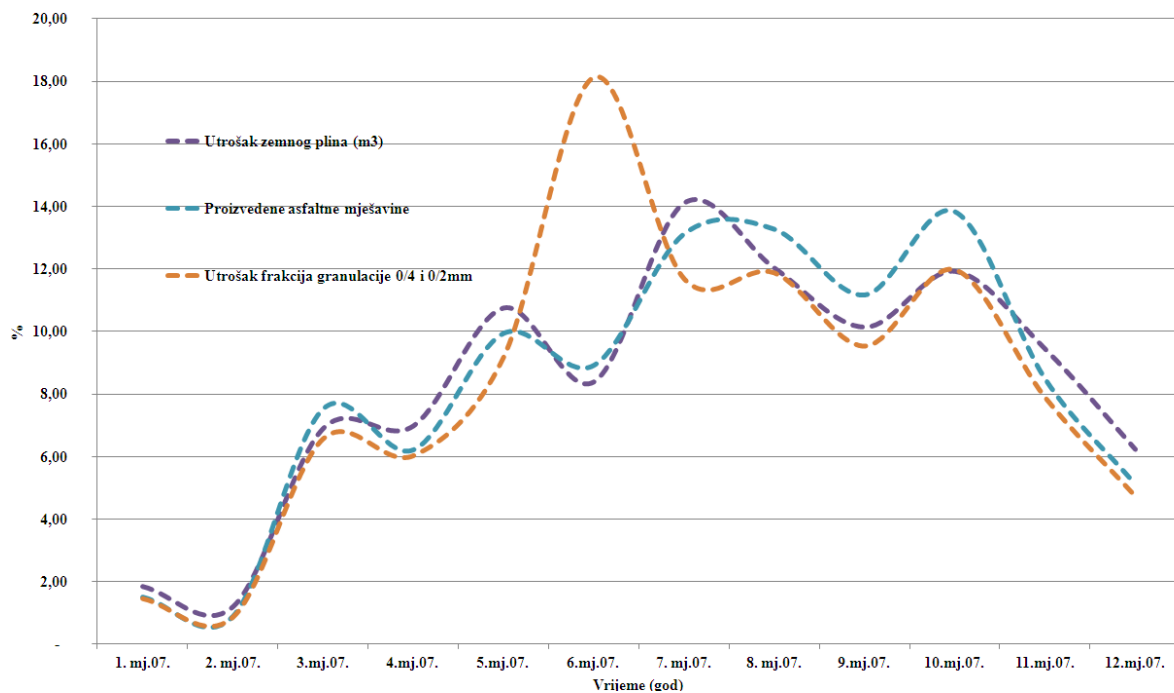
$$M = \left(\frac{((T_{(Nemetin/Lužani/Orahovica)}^{01.07.} + T_{(Nemetin/Lužani/Orahovica)}^{01.08.} + T_{(Nemetin/Lužani/Orahovica)}^{01.09.})/3)}{\sum T_{sveukupno}^{2007.-2009.}} \right) * 100$$



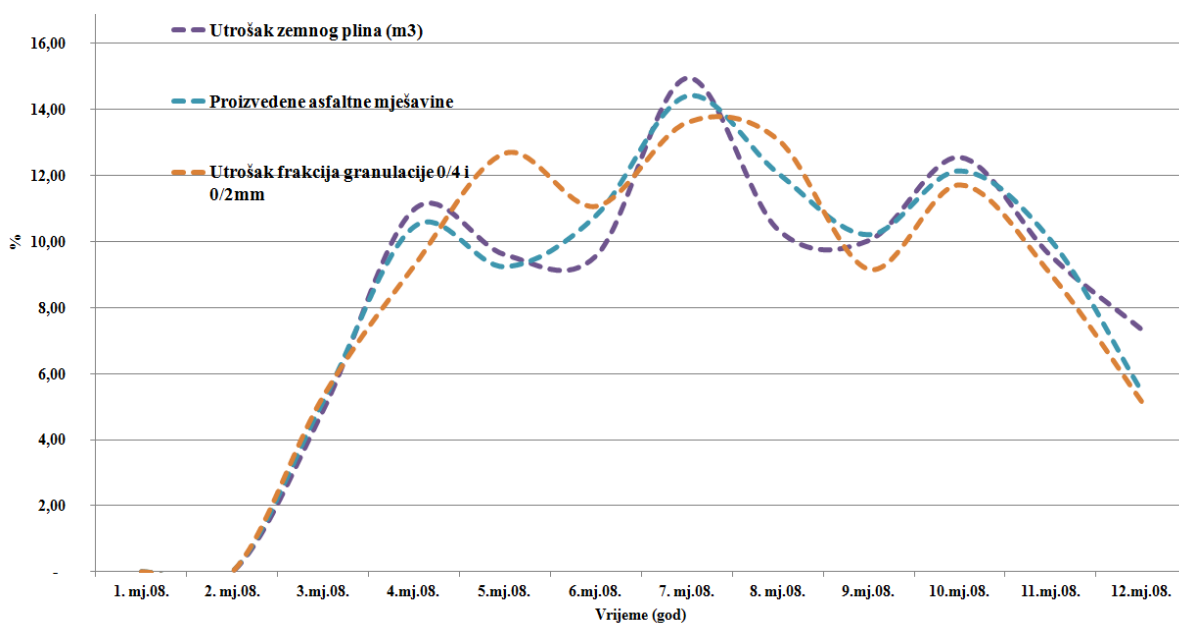
Slika 54. Zavisnost troškovne grupe TG2 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007.-2009. godine

Na slici 54. vidljivo je da su troškovi energenata direktno zavisni sa proizvodnjom asfaltnih mješavina. Povećanje ili smanjenje proizvodnje asfaltnih mješavina uzrokuje povećanje ili smanjenje utroška energenata. Također je vidljivo da proizvodnja asfaltnih mješavina i utrošak energije pada na početku i kraju godine.

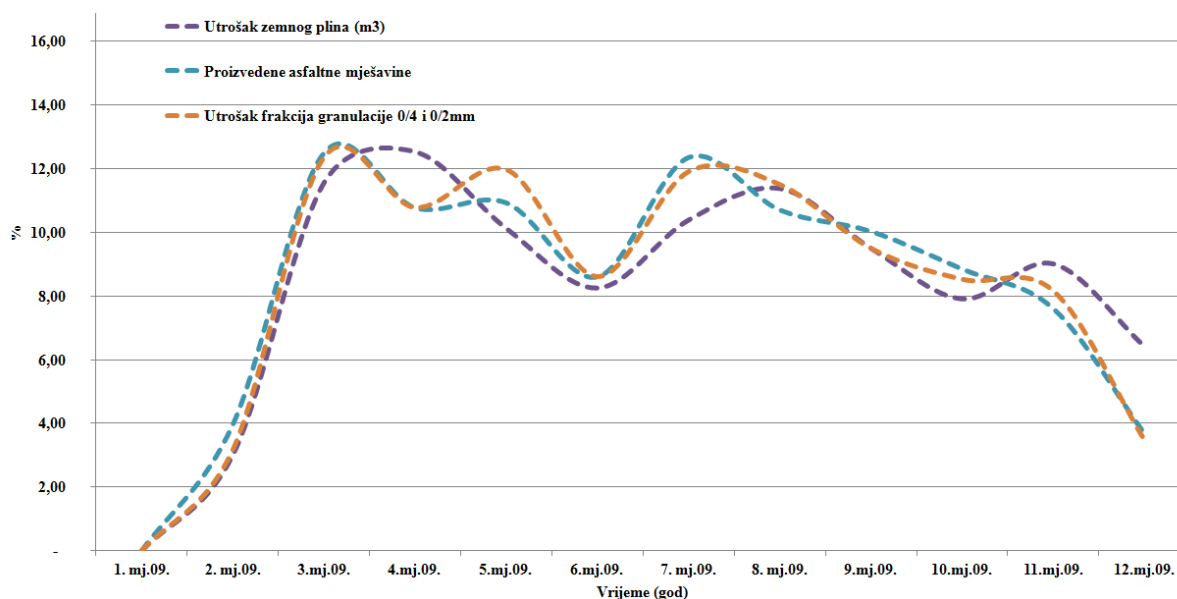
Da bi se analizirala povezanost udjela kamenih frakcija granulacije 0/4 mm i 0/2 mm sa utroškom zemnog plina u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne i proizvodnje asfaltnih mješavina na asfaltnom postrojenju u Nemetinu, dan je grafički prikaz predmetne zavisnosti na slikama 55.-57. (tablica 14. - 16. - Prilozi). Izračun podataka mjesečnih vrijednosti dobiven je iz odnosa sume mjesečne vrijednosti promatrane godine za asfaltno postrojenje u Nemetinu i sveukupne grupe troškova.



Slika 55. Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2007. godina



Slika 56. Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2008. godina



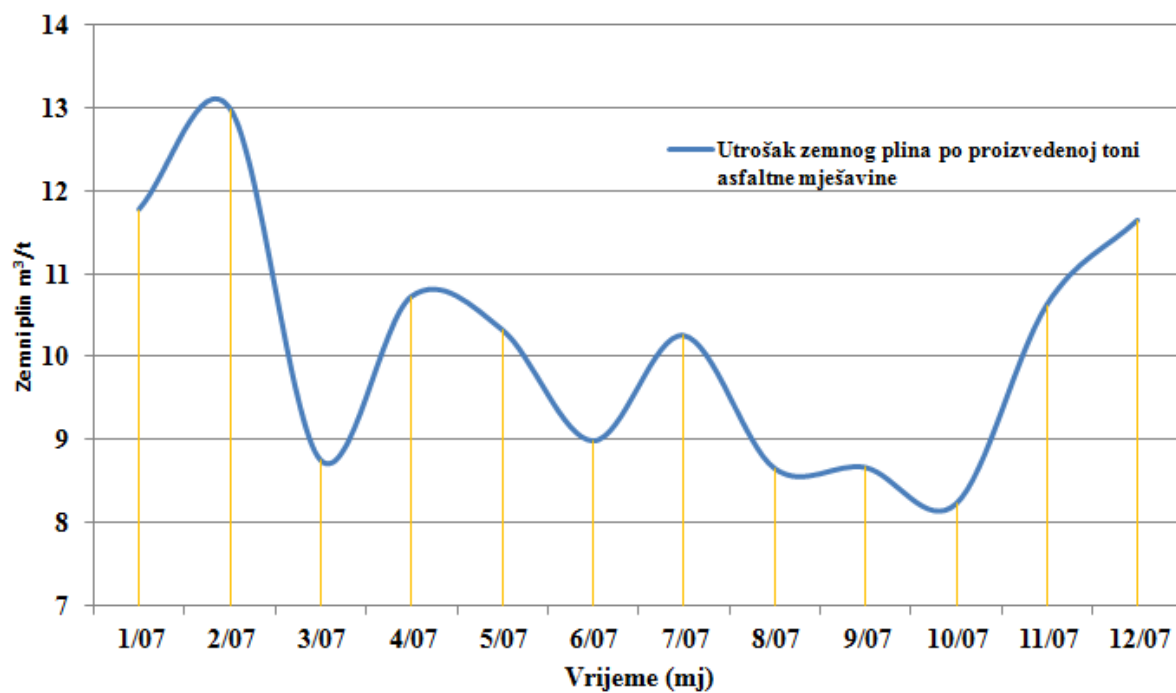
Slika 57. Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2009. godina

Iz prikazanih slika 55. – 57. vidljivo je da:

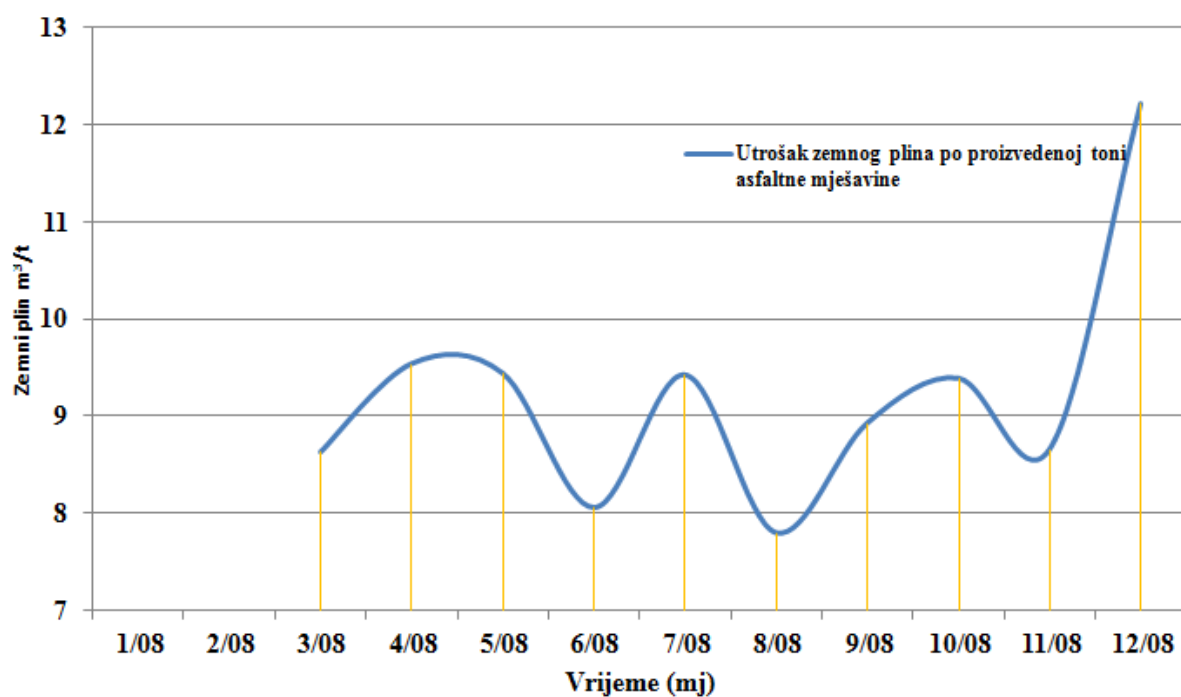
- utrošak zemnog plina direktno zavisi o količini proizvedene asfaltne mješavine;
- povećanje utroška kamenih frakcija granulacije 0/4 i 0/2 mm utječe na rast utroška zemnog plina⁷¹;
- kroz period od 2007.–2009. godine u mjesecu studenom i prosincu dolazi do smanjenja proizvodnje asfaltnih mješavina i utroška sitnih frakcija no potrošnja zemnog plina održava relativno visoki udio; do razlika dolazi uslijed pada vanjskih temperatura zraka;
- proizvodnja asfaltnih mješavina, utrošak zemnog plina i frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 i 0/2 mm ima tendenciju pada na početku i kraju godine.

Na slikama 58.-60. prikazan je utrošak zemnoga plina po proizvedenoj toni asfaltne mješavine.

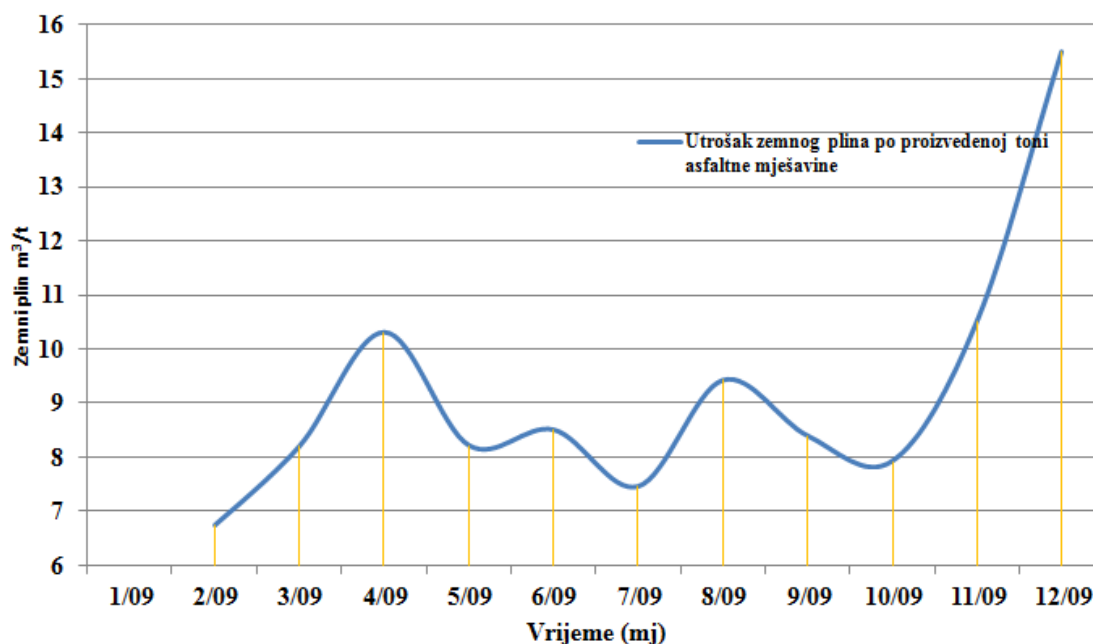
⁷¹ Na predmetnom asfaltnom postrojenju zemni plin se koristi samo za sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine. Očitavanje potrošnje zemnog plina vrši se na umjerenom brojilu potrošnje.



Slika 58. Utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina (A.P. Nemetin) – 2007. godina



Slika 59. Utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina (A.P. Nemetin) – 2008. godina



Slika 60. Utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina (A.P. Nemetin) – 2009. godina

Na slikama od 58. do 60. vidljivo je znatno odstupanje u utrošku energije u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina. Utjecajni čimbenici na utrošak energenata u proizvodnji asfaltnih mješavina na promatranim postrojenjima su sljedeći:

- deponiji kamenoga agregata nisu uređeni kao što nisu natkrivene sitne frakcije granulacije 0/4 i 0/2 mm [99];
- prilikom ispiranja kamenih agregata u kamenolomu ne iscijedi se voda iz pranoga agregata, nego se takav utovaruje i prevozi do postrojenja⁷²;
- prilikom proizvodnje „određenih“ asfaltnih mješavina ne koriste se međufrakcije kamenoga agregata (0/2 mm, 8/11 mm i 16/22 mm) te se troši energija na sušenje i grijanje zrna koja se naknadno djelomično uklanjaju kao višak;
- količina udjela muljevito prašinih čestica (muljavost) u frakcijama kamenoga agregata koje se dobrim dijelom otprašuje u samomu procesu proizvodnje.

Asfaltnje mješavine koje se koriste za habajuće završne slojeve sadrže veću količinu sitnijih frakcija u svojem udjelu (po prethodnim sastavima) te iziskuju veći utrošak energenata u procesu sušenja i grijanja istih [136-148]. Sitne frakcije kamenih agregata duže zadržavaju vlagu u svom sastavu te je potrebna veća količina energije da se ostvari potrebna radna

⁷² Neodležani materijal koristi se u proizvodnji asfaltnih mješavina, znači ne dolazi do dovoljnog ocjeđivanja vode.

temperatura za proizvodnju mješavina [15]. Obradom podataka, vezanih za utrošak energenata u zavisnosti od proizvodnje asfaltnih mješavina po segmentima od dva tjedna, vidljivo je da dolazi do velikih oscilacija u utrošku prostornoga metra plina (Slike 58.-60.).

3.2.3. Amortizacija, najam, održavanje – TG3

U ovu grupu troškova spadaju svi troškovi vezani za zakup poslovnoga zemljišta u Nemetinu i Lužanima, svi troškovi održavanja, amortizacije opreme i građevine. Grupa troškova sadrži troškove nastale od:

- potrošenih rezervnih dijelova za održavanje i popravke;
- zakupnina – najamnine nekretnina;
- nabavljenih usluga tekućega održavanja (bez vlastitoga materijala);
- neamortizirane vrijednosti rashodovane, uništene ili otuđene imovine;
- troškova korištenja javnih skladišta, luka, pristaništa i dr.;
- amortizacije građevina;
- amortizacije tehničke opreme;
- amortizacije ostale opreme;
- poreza na korištenje javnih imovina.

Amortizacija (*eng. Amortization, depreciation, njem. Amortisation, Wertminferung, Abschreibung*) je pojam koji:

- se u financijskom sektoru koristi za označavanje otplate dugova;
- označava gašenje vrijednosti nekih vrijednosnih papira;
- u knjigovodstvu označava je postupak postupnoga umanjivanja vrijednosti imovine poduzeća [149].

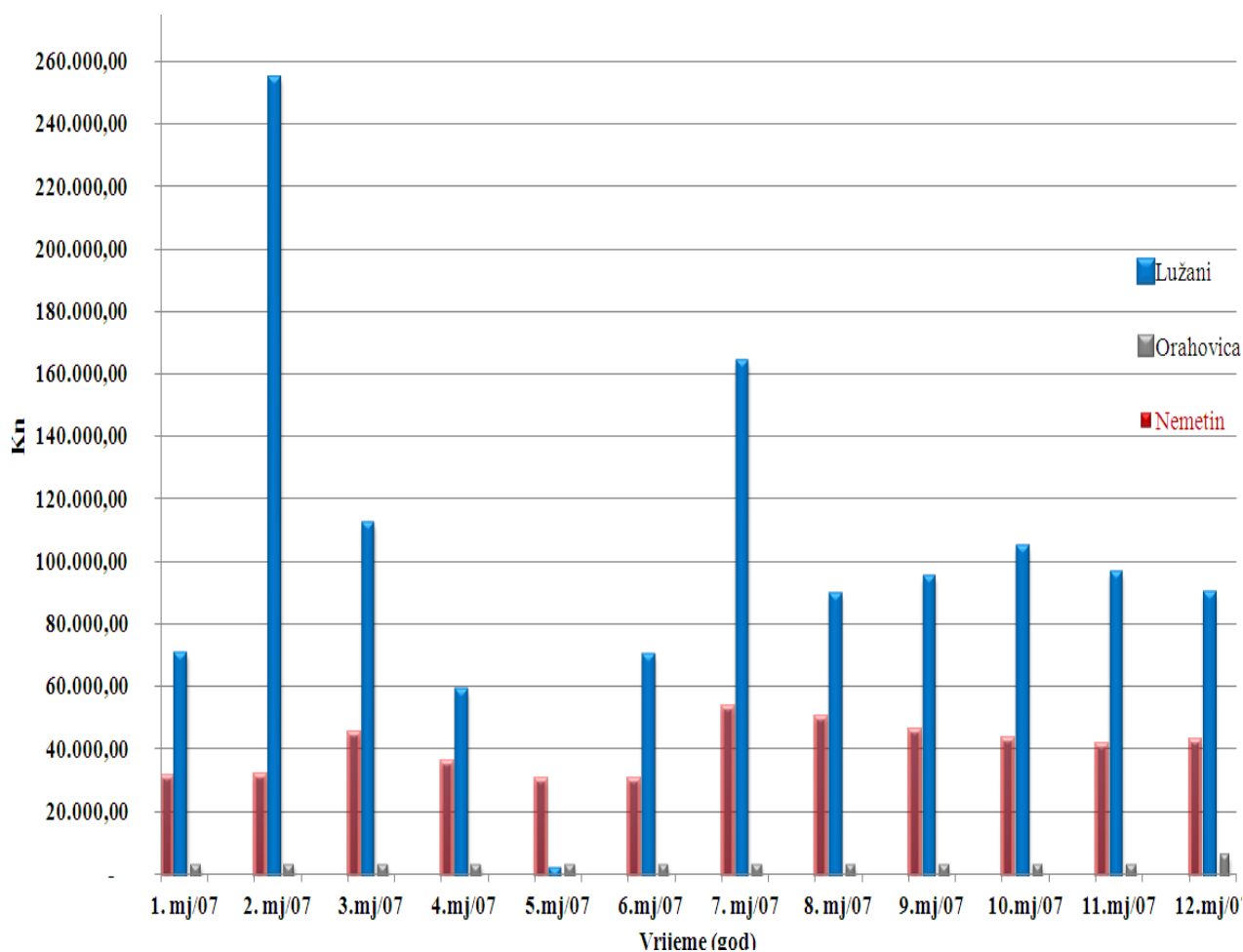
Amortizacija se obračunava godišnje i u postotnom iznosu propisanom zakonskom regulativom. Osnovna joj je namjena da osigura financijska sredstva u iznosu koji će osigurati barem zamjenu postojećih osnovnih sredstava. Razlikuju se funkcionalna (fizička) i ekonomska amortizacija. Okvirna vrijednost amortizacije jednoga asfaltnog postrojenja do desetak je godina [150].

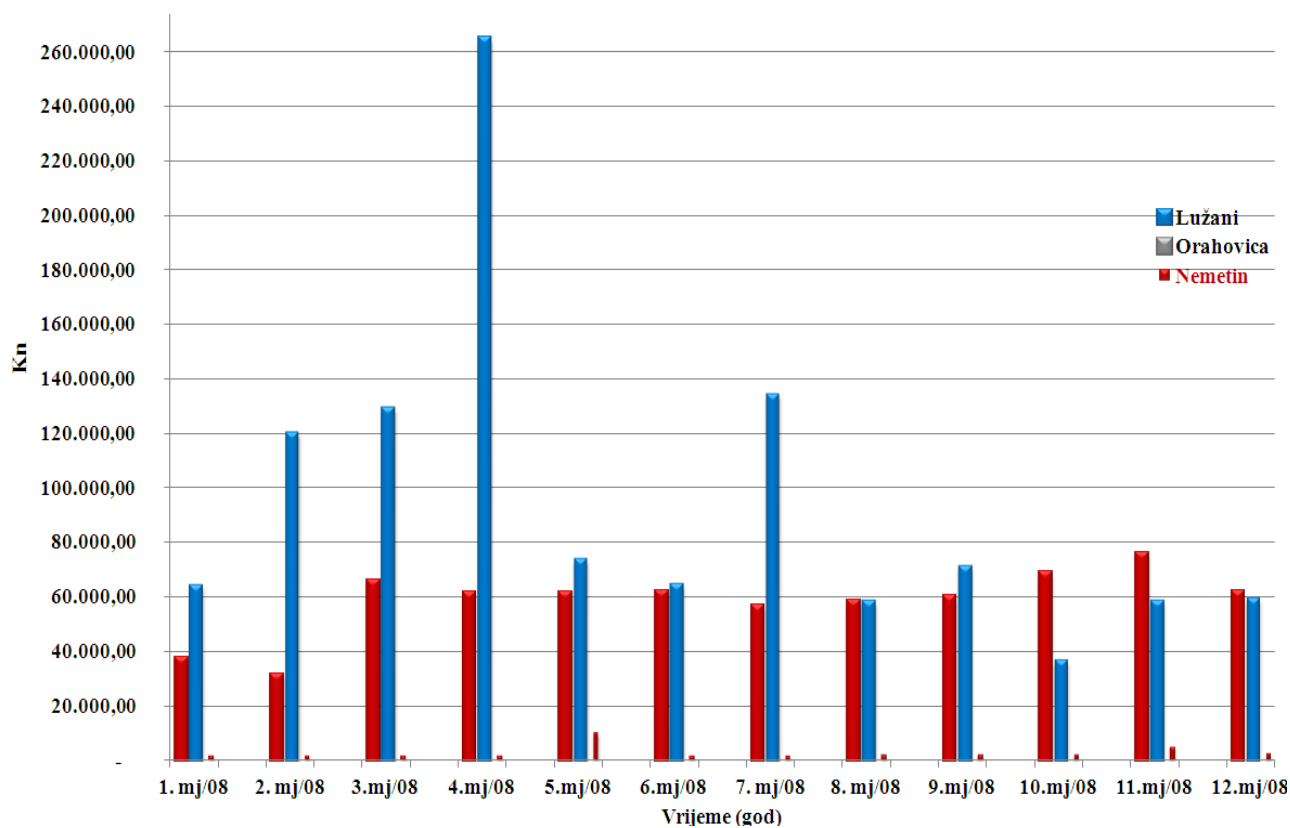
Tablicom 17. prikazan je udio troškovne grupe TG3 u ukupnim troškovima analiziranih asfaltnih postrojenja.

Tablica 17. Troškovna grupa TG3 u odnosu na ukupne troškove

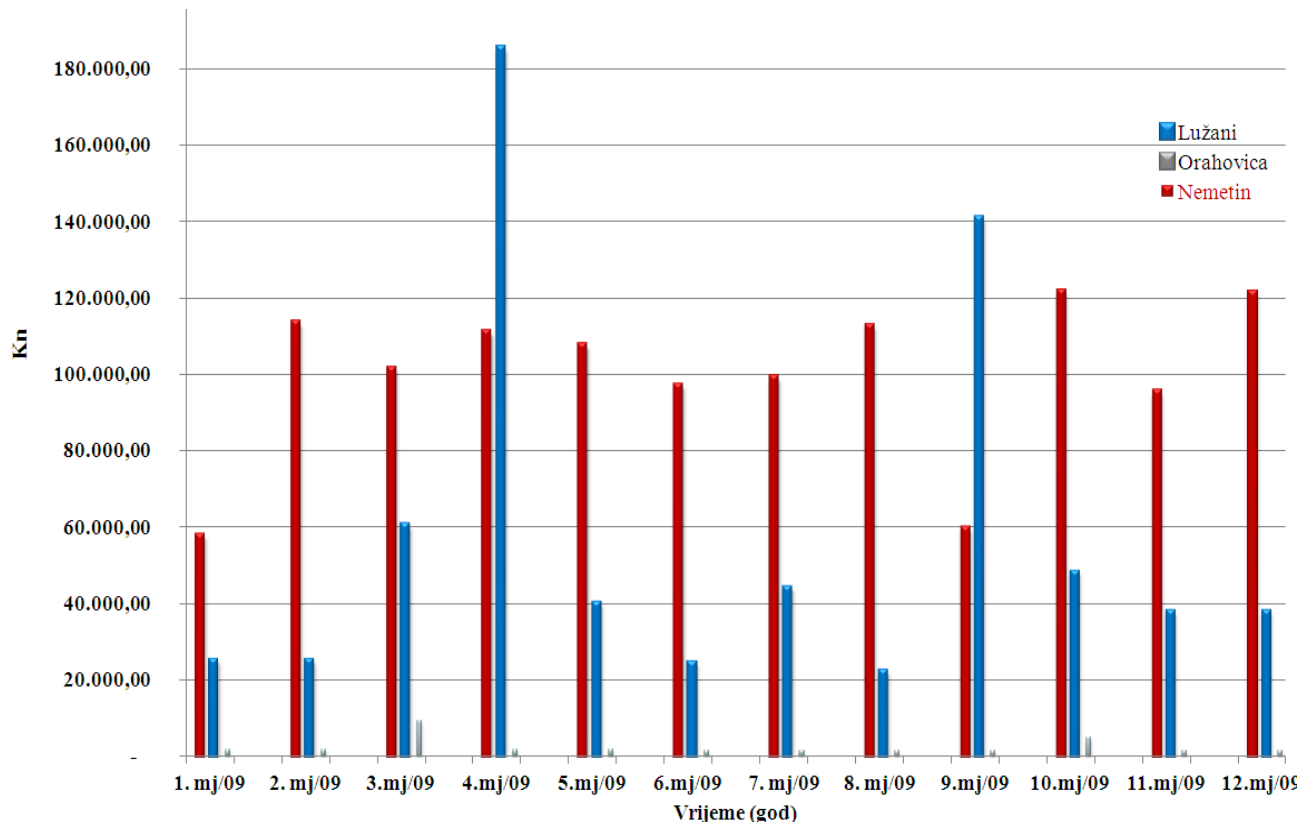
	A.P. Nemetin			A.P. Lužani			A.P. Orahovica		
	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.
%	1,11	1,25	2,67	2,75	1,82	2,05	0,43	0,29	0,22

Na slikama od 61. do 63. iskazani su sveukupni troškovi amortizacije za promatrana asfaltna postrojenja u periodu od 2007. do 2009. godine.

**Slika 61.** TG3 – 2007. godina



Slika 62. TG3 – 2008. godina



Slika 63. TG3 – 2009. godina

Troškovna grupa TG3 nije direktno zavisna sa proizvodnjom i utroškom energije, predstavlja fiksnu vrijednost i pretežito je jednoliko raspoređena tijekom perioda proizvodnje.

3.2.4. Materijali, prijevozi, strojevi – TG4

Troškovna grupa TG4 sastoji se od sljedećih elemenata:

- interni troškovi;
- prijevozne usluge u cestovnom prometu;
- prekomjerni manjkovi na zalihama (kalo, rastep, kvar i lom);
- manjkovi kod odvage materijala;
- usluge kooperanata – ovjerene;
- dopušteni manjkovi – kalo, rastep, kvar i lom na zalihama;
- špeditorske usluge pri izvozu;
- osnovni materijali i sirovine;
- carinski terminali.

Tablicom 18. prikazan je udio grupe troškovne grupe TG4 u ukupnim troškovima analiziranih asfaltnih postrojenja.

Tablica 18. TG4 u odnosu na ukupne troškove

	A.P. Nemetin			A.P. Lužani			A.P. Orahovica		
	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.
%	88,17	90,00	87,16	73,17	70,90	76,98	69,52	74,96	78,07

Iz tablice 18. vidljivo je da su troškovi grupe TG4 najviši na asfaltnom postrojenju u Nemetinu. Može se zaključiti da je glavni razlog visokih troškova promatrane grupe visoka iskorištenost proizvodnih kapaciteta i niski udio troškova energije na postrojenju u Nemetinu (tablica 12.).

Na predmetnim asfaltnim postrojenjima za proizvodnju asfaltnih mješavina koristi se separirani kameni agregat dolomitnoga i eruptivnoga porijekla iz kamenoloma Radlovac (do sredine 2008. godine), kameni agregat iz kamenoloma Velika (dolomitni agregat) kao i kameni agregat iz kamenoloma Vetovo (eruptivni agregat), cestograđevni bitumen, polimerom modificirani bitumen, kupovno kameno brašno i povratno punilo nastalo

otprašivanjem uslijed proizvodnje asfaltnih mješavina kao i vlakna za proizvodnju asfaltnih mješavina diskontinuiranoga granulometrijskog sastava.

U proizvodnji asfaltnih mješavina koriste se sljedeći materijali:

a) Kamena sitnež

Kamena sitnež zrnati je kameni materijal veličine zrna od 2 do 32 mm, separiran na osnovne i/ili međufrakcije [151]. Na analiziranim asfaltnim postrojenjima koriste se sljedeće frakcije i/ili međufrakcije kamenoga agregata:

- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga porijekla granulacije 0/2 mm;
- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga porijekla granulacije 2/4 mm;
- frakcija kamenoga agregata dolomitnoga porijekla granulacije 0/4 mm;
- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga i/ili dolomitnoga porijekla granulacije 4/8 mm;
- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga i/ili dolomitnoga porijekla granulacije 8/16 mm;
- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga porijekla granulacije 8/11 mm;
- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga i/ili dolomitnoga porijekla granulacije 11/16 mm;
- frakcija kamenoga agregata eruptivnoga i/ili dolomitnoga porijekla granulacije 16/22 mm;
- frakcija kamenoga agregata dolomitnoga porijekla granulacije 16/31,5 mm.

b) Kameno brašno

Kameno brašno, koje se koristi za spravljanje asfaltnih mješavina, može biti proizvedeno kao:

- osnovni proizvod na pogonu za proizvodnju kamenoga brašna;
- nusproizvod pri proizvodnji kamene sitneži koji se dobiva otprašivanjem na separacijskom postrojenju⁷³;
- ciklonski materijal ili povratno kameno brašno na sustavu za otprašivanje u sklopu postrojenja za proizvodnju asfaltnih mješavina⁷⁴ [151].

Za proizvodnju asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima pretežito se koristi kameno brašno iz kamenoloma Veličanka.

c) Cestograđevni bitumen

⁷³ Tijekom proizvodnje u kamenolomu.

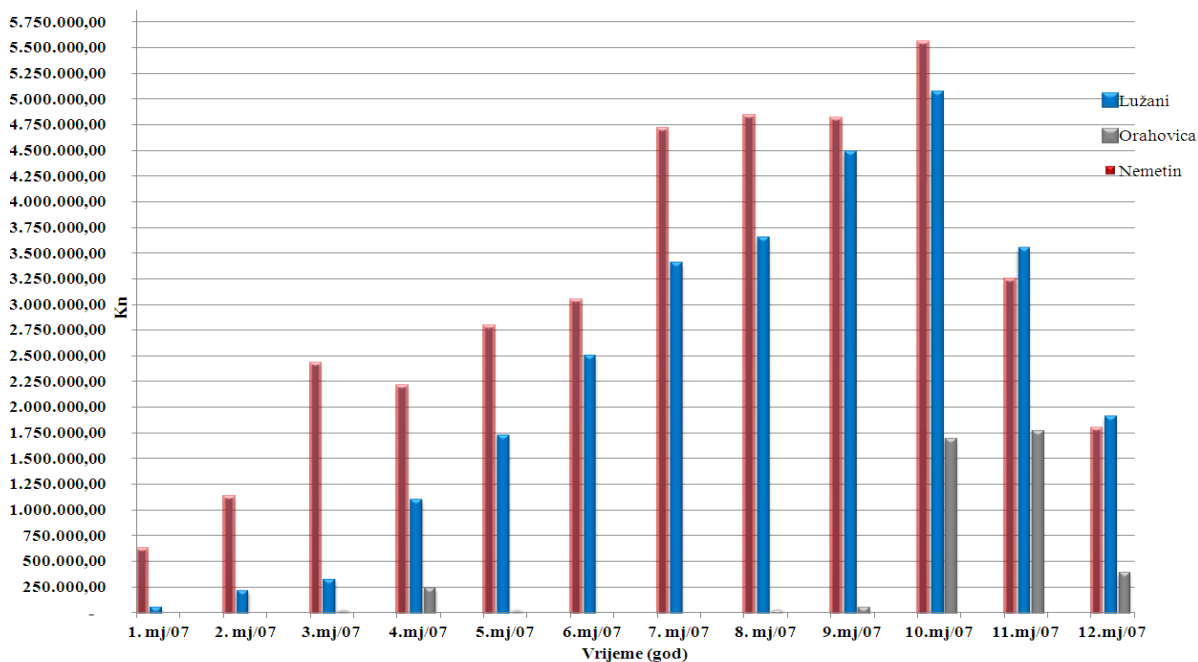
⁷⁴ Tijekom otprašivanja uslijed sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

U proizvodnji asfaltnih mješavina na analiziranim asfaltnim postrojenjima koristi se cestograđevni bitumen oznake BIT 50/70 (INA d.d. pretežito).

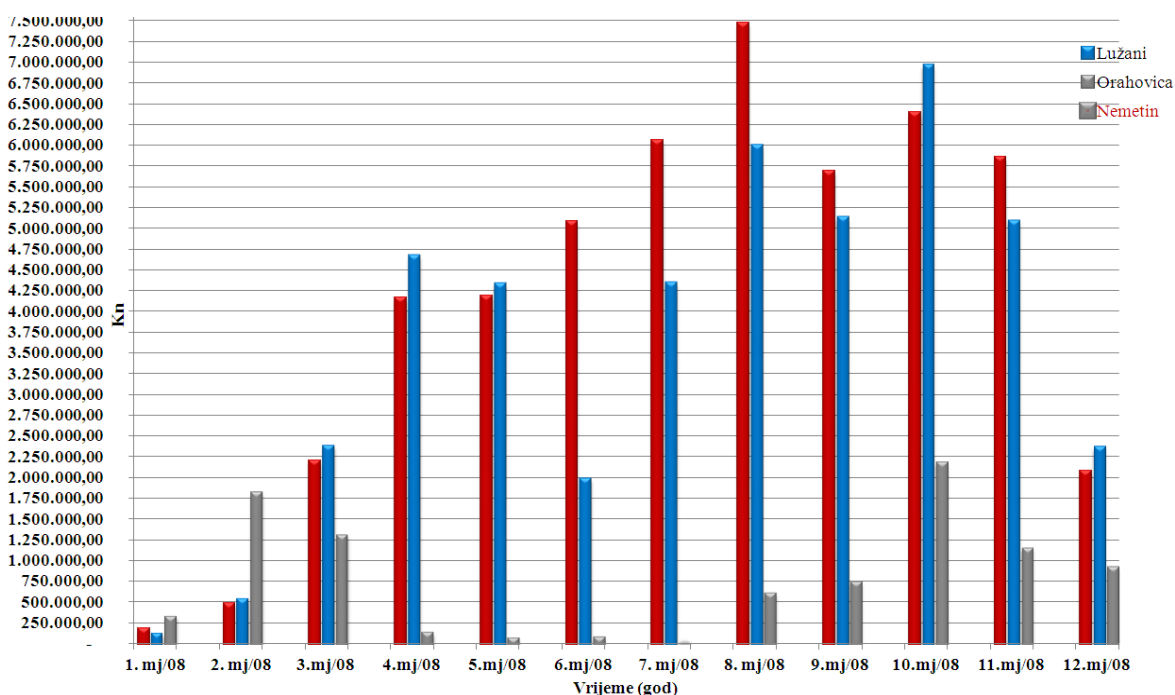
d) Polimerom modificirani bitumen (PmB)

U proizvodnji asfaltnih mješavina na analiziranim asfaltnim postrojenjima koristi se polimerom modificirani bitumen oznake PmB 45/80-65 (INA d.d. pretežito).

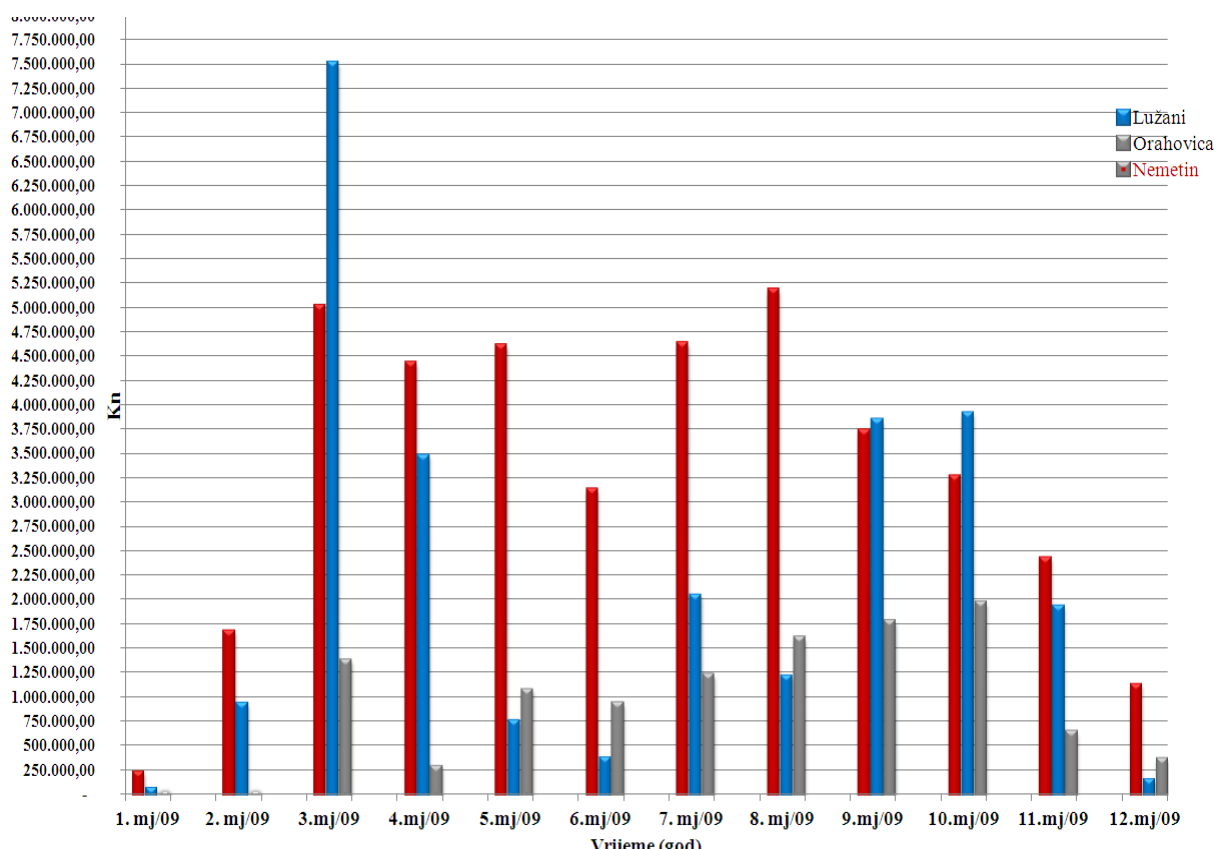
Na slikama od 64. do 66. grafički su iskazani troškovi TG4 za analizirana asfaltna postrojenja u periodu od 2007. do 2009. godine.



Slika 64. TG4 – 2007. godina



Slika 65. TG4 – 2008. godina



Slika 66. TG4 – 2009. godina

Na slikama 64. - 66. iskazane su sljedeće financijske vrijednosti:

Asfaltno postrojenje „A.P. Nemetin“

- 597 784,81 kn (1. mjesec) – 5 532 272,31 kn (10. mjesec) - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 9,25 puta;
- 143 292,31 kn (1. mjesec) – 7 430 925,97 kn (8. mjesec) - 2008. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 51,86 puta;
- 189 356,63 kn (1. mjesec) – 5 139 453,81 kn (8. mjesec) - 2009. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 27,14 puta.

Asfaltno postrojenje „A.P. Lužani“

- 28 254,24 kn (1. mjesec) – 5 039 134,08 kn (10. mjesec) - 2007. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 178,34 puta;
- 86 905,24 kn (1. mjesec) – 6 924 735,65 kn (10. mjesec) - 2008. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 79,68 puta;

- 19 611,05 kn (1. mjesec) – 7 468 137,06 kn (3. mjesec) - 2009. godina, najviša mjesečna vrijednost u odnosu na najnižu varira i do 380,81 puta.

Asfaltno postrojenje „A.P. Orahovica“

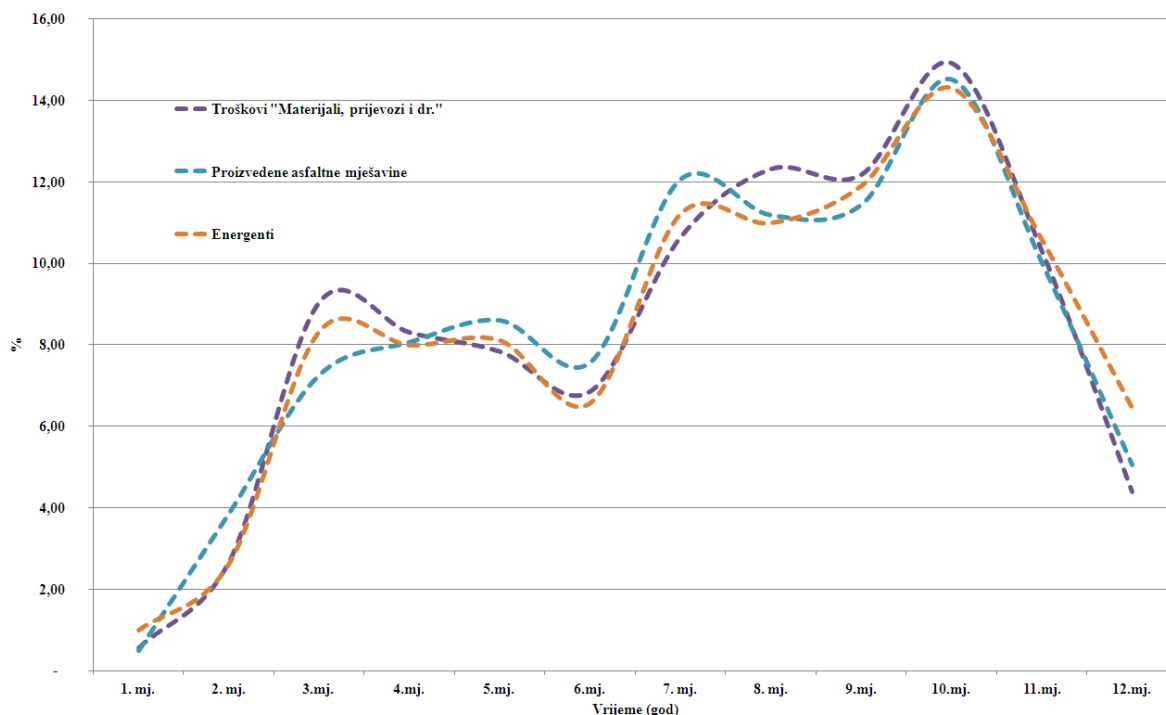
- 808,86 kn (3. mjesec) – 1 744 781,41 kn (11. mjesec) - 2007. godina;

- 5361,11 kn (7. mjesec) – 2 142 174,02 kn (10. mjesec) - 2008. godina;

- 5362,84 kn (1. mjesec) – 1 929 140,89 kn (10. mjesec) - 2009. godina.

Analizirajući odstupanja mjesečnih financijskih vrijednosti grupe troškova TG4 uočavaju se znatne razlike u odnosu na prosječne vrijednosti. Ciljevi proizvođača asfaltnih mješavina usmjereni su na ostvarivanje ujednačenije proizvodnje i veće iskoristivosti proizvodnog kapaciteta postrojenja. Ukoliko se godišnja proizvodnja asfaltnih mješavina ostvaruje tijekom svih dvanaest umjesto 6 do 8 radnih mjeseci u promatranoj godini, nije moguće ostvariti prihvatljivu iskoristivost postrojenja. Ne ostvaruje se prihvatljiva iskoristivost rada utovarnoga stroja, tada se deponira frakcionirani kameni agregat koji u promatranom trenutku nije potreban, kao što su evidentni i troškovi transporta. Vrlo je bitno povezati nabavu sirovina i materijala s proizvodnjom asfaltnih mješavina.

Povezanost troškova grupe TG4 sa proizvodnjom asfaltnih mješavina i utroškom energije grafički je prikazana slikom 67. (tablica 19. - Prilozi).



Slika 67. Zavisnost troškova grupe TG4 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. -2009. godine

Na slici 67. vidljivo je:

- troškovi materijala zavisni su sa proizvodnjom asfaltnih mješavina i utroškom energenata tijekom promatranog perioda;
- u početnim i završnim dijelovima godine uslijed pada proizvodnje dolazi do smanjenja nabave i skladištenja materijala.

Troškovi grupe TG4 direktno zavise o proizvodnji asfaltnih mješavina kao i utrošku energije. Predstavljaju bitnu stavku u radu asfaltnog postrojenja. Jedan od ciljeva jest da predmetna grupa troškova bude jednoliko raspoređena tijekom radnog perioda i sadržana u što kraćem vremenskom periodu. Na slikama 64.–66. vidljivo je da predmetna grupa znatno varira na sva tri promatrana asfaltna postrojenja i da se proteže tijekom cijele proizvodne godine. Na slici 67. također je vidljivo da se mjesečni udio troškova u promatranim proizvodnim godinama na svim asfaltnim postrojenjima poklapa sa mjesečnim udjelom proizvedenih asfaltnih mješavina. To znači da se dopremljeni materijal ne skladišti dovoljno dugo na asfaltnom postrojenju. Iz toga se može zaključiti da se dopremljena mineralna mješavina ne skladišti dovoljno dugi period radi ostvarivanja procjeđivanja vlage iz sastava sitnih kamenih frakcija (okvirno potrebno vrijeme procjeđivanja vidljivo je na slici 13., u poglavlju „Pregled stanja“). Procjeđivanje vlage iz sastava deponirane mineralne mješavine utječe na smanjenje utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mješavine [14].

3.2.5. Sitni inventar, telefoni, internet i drugo – TG5

U sljedeću grupu spadaju troškovi:

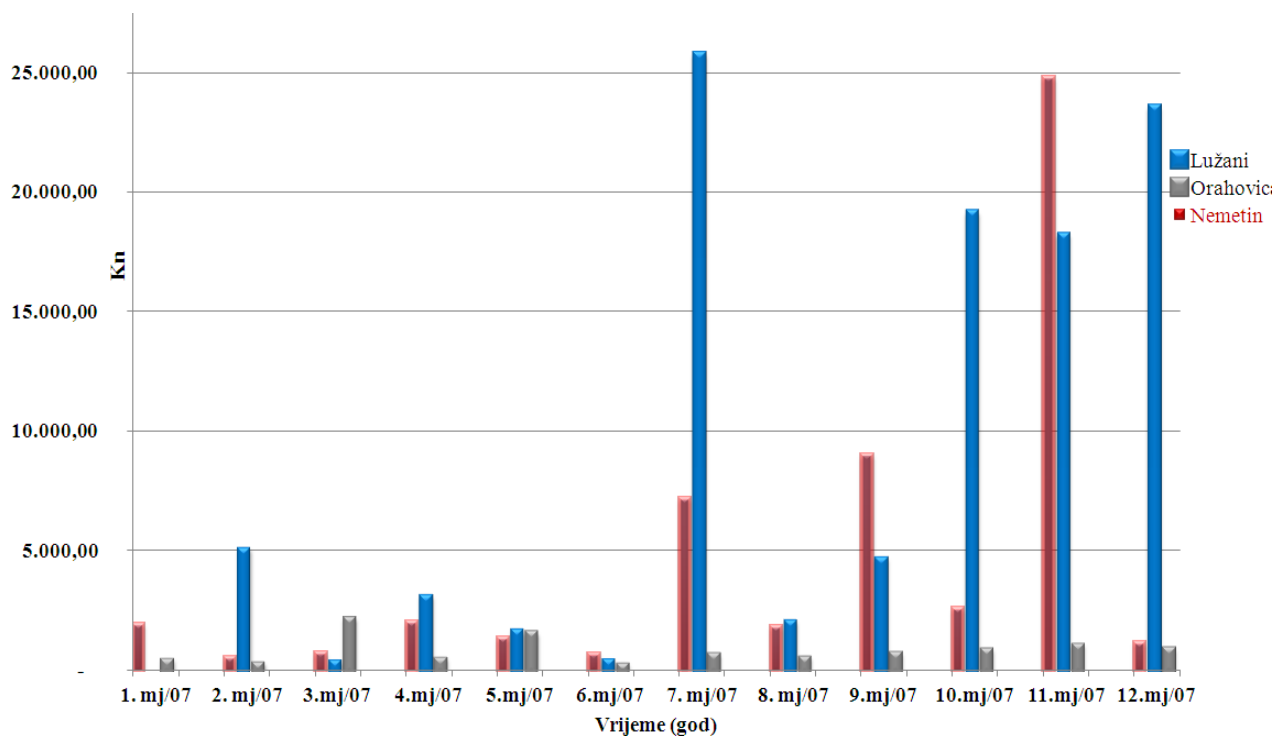
- dimnjačarske i ekološke usluge;
- usluge kontrole kakvoće i atestiranje dobara;
- trošak autoputa, tunela i mostarina;
- troškovi HTZ opreme;
- usluge telefona, interneta i slično;
- usluge zaštitara na čuvanju imovine i osoba;
- poštanske usluge;
- uredski materijal;
- troškovi sitnoga inventara.

Predmetna grupa troškova TG5 ne predstavlja bitan utjecaj u sveukupnim troškovima nastalih radom asfaltnoga postrojenja zbog svoga niskog udjela. U tablici 20. prikazani su udjeli grupe troškova TG5 u sveukupnim troškovima.

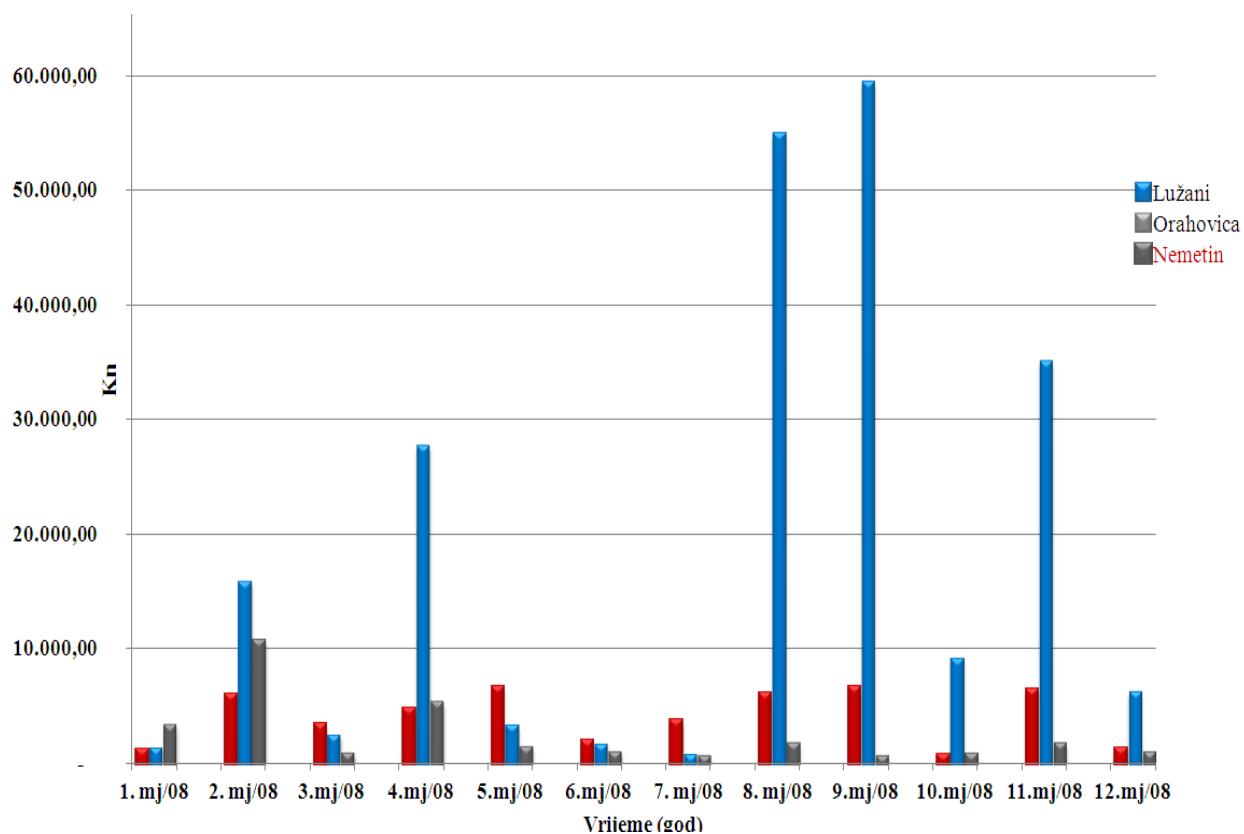
Tablica 20. Grupa troškova TG5 u odnosu na ukupne troškove

	A.P. Nemetin			A.P. Lužani			A.P. Orahovica		
	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.
%	0,12	0,37	0,07	0,27	0,35	0,14	0,15	0,21	0,13

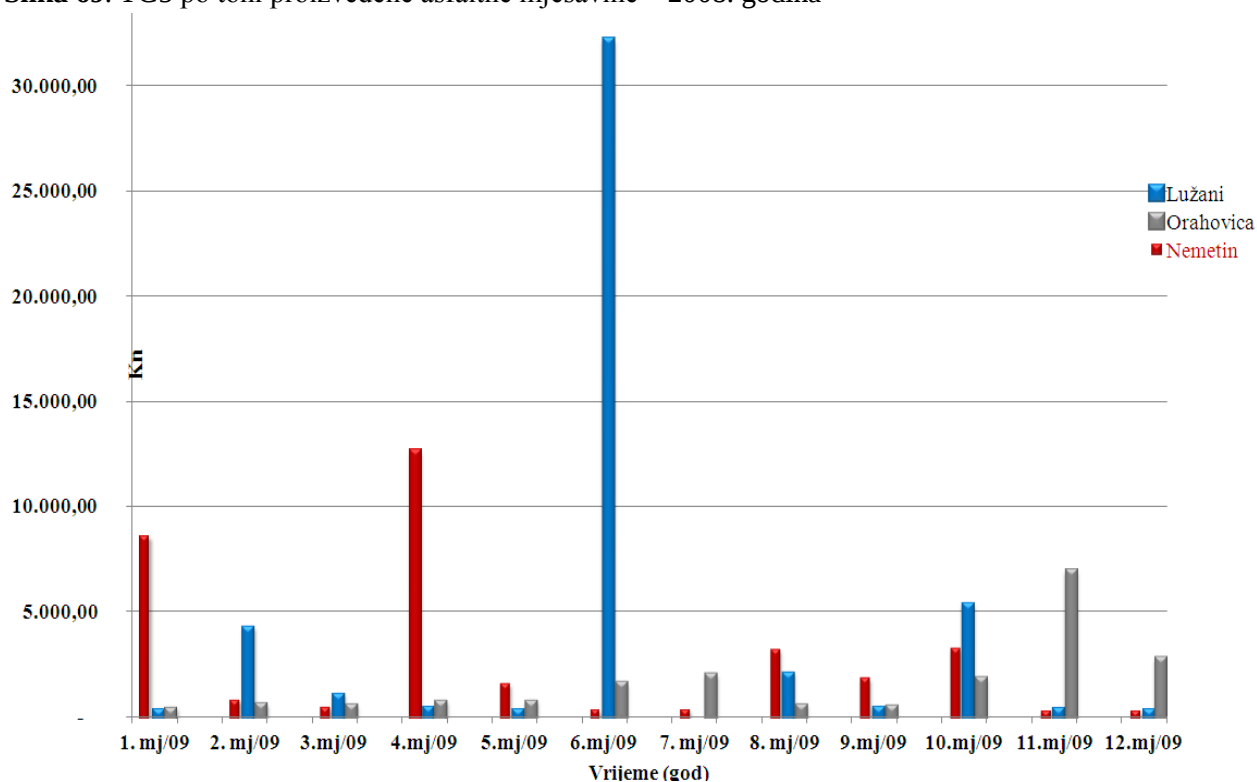
Iz predmetne grupe troškova predviđa se da će značajan utjecaj u financijskom smislu imati *usluge kontrole kakvoće i atestiranje dobara* zbog uvođenja tvorničke kontrole proizvodnje asfaltnih mješavina. Proizvodnja na certificiranim asfaltnim postrojenjima postala je obvezna od 01.01.2012. godine te znatno pooštrava same kriterije proizvodnje i izvođačku kontrolu proizvodnje asfaltnih mješavina. S obzirom da većina izvođačkih laboratorija ne posjeduje adekvatnu opremu, morat će se dosta ispitivanja sirovina i materijala ustupiti ovlaštenim akreditiranim ustanovama. U tom slučaju predmetna stavka u sveukupnim troškovima predstavljat će bitan faktor u samoj cijeni asfaltne mješavine. Na slikama od 68. do 70. prikazani su mjesečni udjeli grupe TG5 u proizvedenoj toni asfaltne mješavine.



Slika 68. TG5 u toni proizvedene asfaltne mješavine – 2007. godina



Slika 69. TG5 po toni proizvedene asfaltne mješavine – 2008. godina



Slika 70. TG5 po toni proizvedene asfaltne mješavine – 2009. godina

3.2.6. Ostalo – TG6

U sljedeću grupu troškova spadaju:

- ostali nespomenuti financijski troškovi;
- naknadno utvrđeni troškovi – računi iz prethodnih godina;
- novčane kazne za gospodarske prijestupe, prometne prekršaje;
- troškovi prodanih zaliha, otpadaka, manjkova;
- usluge dorade (oplemenjivanje), izrade, prerade i slično;
- zatezne kamate iz obveznih odnosa;
- negativne tečajne razlike iz obveza za nabavu u inozemstvu;
- nadoknada štete iz radnoga odnosa (npr. za neiskorišteni godišnji odmor);
- ostali nespomenuti vanjski troškovi – usluge;
- naknadno odobreni popusti i odobrenja;
- troškovi ambalaže (povratne, posebne);
- odvoz smeća i fekalija;
- ostale komunalne usluge (iz zakona o komunalnom gospodarstvu);
- 30% od neto-troškova reprezentacije;
- troškovi osiguranja gradilišta;
- usluge zaštite na radu i održavanja okoliša;
- sudski troškovi i pristojbe;
- troškovi provizija izdavatelja kreditnih kartica;
- 70% troškova vanjskih usluga reprezentacije;
- deratizacija i dezinfekcijske usluge;
- porez nepr. troškovi (HKIG).

U tablici 21. prikazani su udjeli grupe troškova TG6 u sveukupnim troškovima.

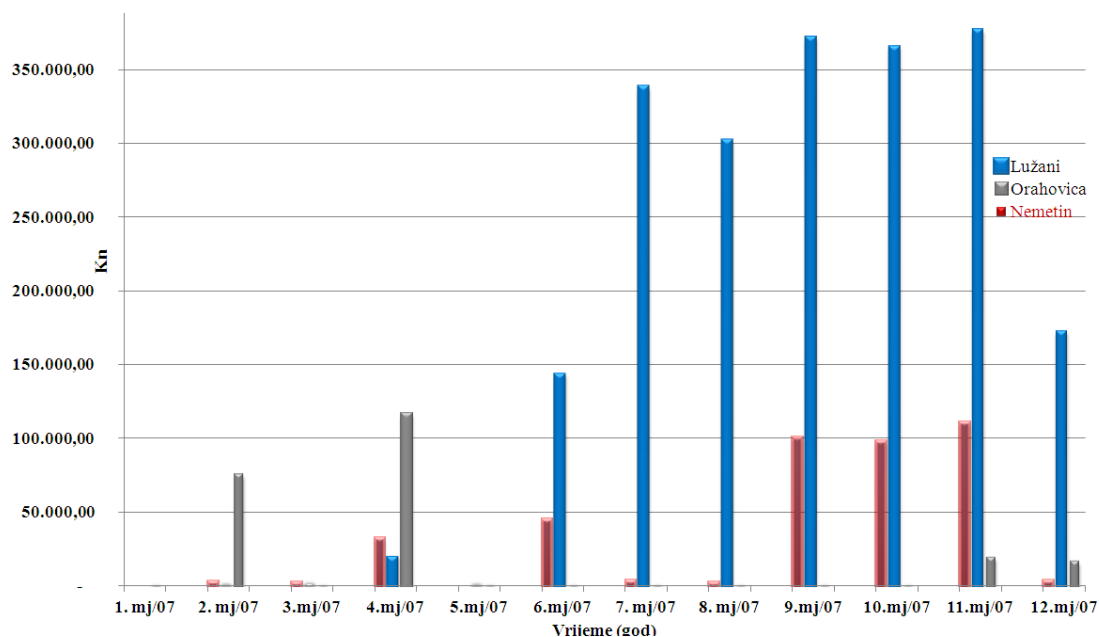
Tablica 21. TG6 u odnosu na ukupne troškove

	A.P. Nemetin			A.P. Lužani			A.P. Orahovica		
	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.	2007.	2008.	2009.
%	0,91	0,37	0,26	5,50	9,34	6,82	3,85	1,02	0,85

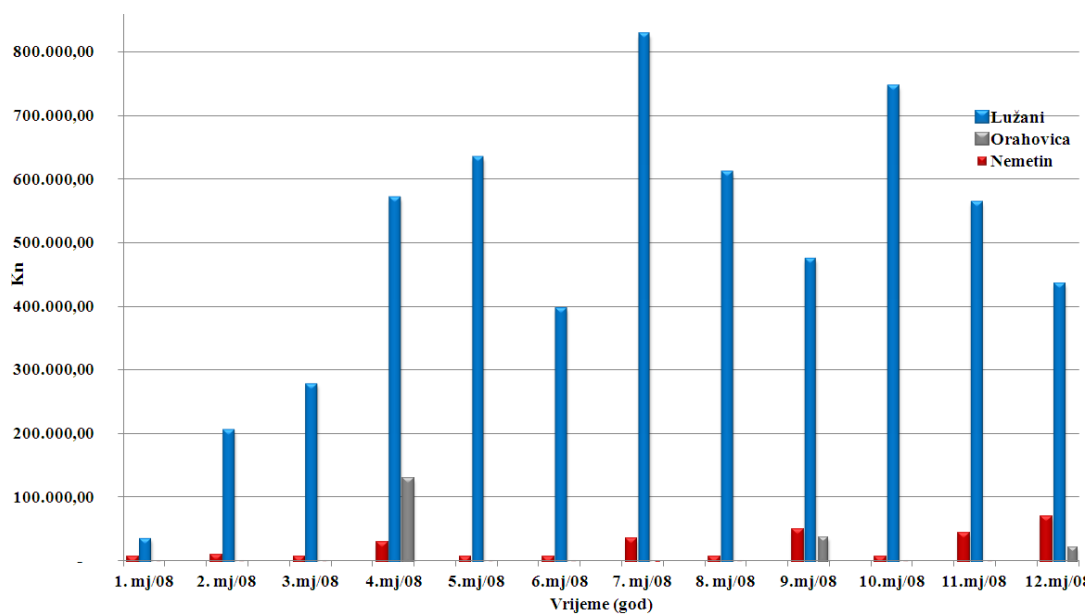
Grupa troškova TG6 nije direktno povezana s proizvodnjom asfaltnih mješavina te stoga ne bi trebala imati neke visoke financijske vrijednosti. Na asfaltnom postrojenju u Lužanima predmetni troškovi imaju vrlo značajne vrijednosti zbog sljedećih podstavki:

- troškovi prodanih zaliha, otpadaka, manjkova;
- usluge dorade (oplemenjivanje), izrade, prerade i sl.;
- ostali nespomenuti vanjski troškovi – usluge.

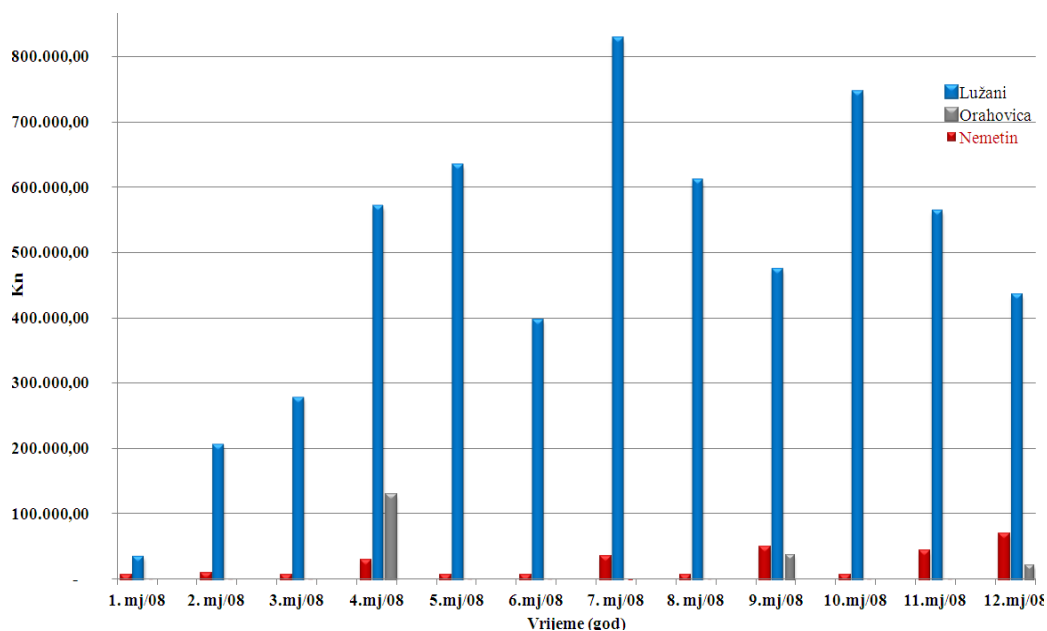
Na slikama 71.-73. prikazani su sveukupni mjesečni iznosi grupe TG6 uslijed proizvodnje.



Slika 71. TG6 – 2007. godina



Slika 72. TG6 – 2008. godina



Slika 73. TG6 – 2009. godina

U ovom poglavlju analizirani su sveukupni troškovi za promatrana asfaltna postrojenja u Nemetinu, Lužanima i Orahovici u vremenskom periodu od 2007.-2009. godine.

Sveukupni troškovi asfaltnih postrojenja svrstani su u sljedećih šest grupa:

1. Plaće i doprinosi – TG1,
2. Energenti – TG2,
3. Amortizacija, najam, održavanje i drugo – TG3,
4. Materijali, prijevozi, strojevi – TG4 ,
5. Sitni inventar, telefoni, internet i drugo – TG5,
6. Ostalo – TG6.

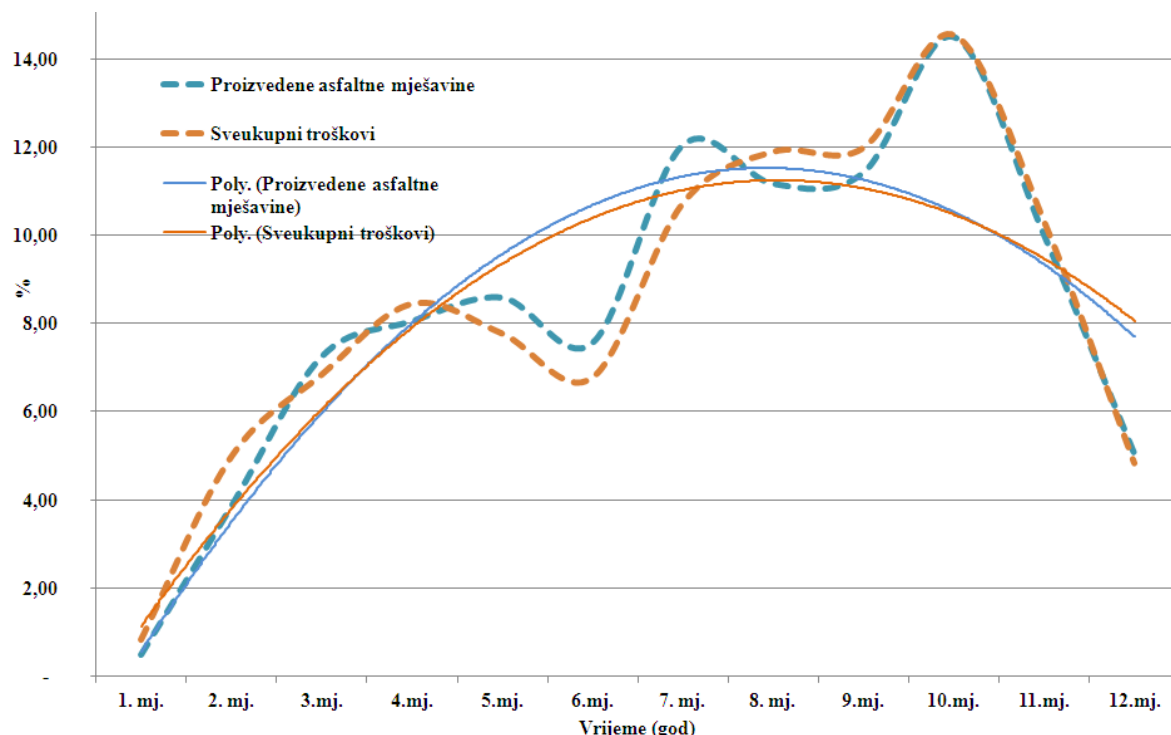
Analizom svih grupa troškova nastojao se odrediti utjecaj troškovno značajnih grupa na:

- varijabilnost proizvodnje asfaltnih mješavina;
- sveukupni utrošak energenata;
- utrošak zemnog plina koji se koristi u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine;
- zavisnost utroška kamenih frakcija granulacije 0/4 mm i 0/2 mm.

Postoji međusobna ovisnost varijabilne proizvodnje asfaltnih mješavina i sveukupnog utroška energenata, utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine, korištenih frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm i troškovima materijala. Na slici 47. vidljivo je da proizvodnja asfaltnih mješavina na analiziranim postrojenjima znatno varira te

ostvaruje najniže vrijednosti u početnim i završnim dijelovima godine. Uslijed diskontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina dolazi do zavisne raspodjele utroška energije, materijala i utroška sitnih kamenih frakcija.

Zavisnost sveukupnih troškova i proizvodnje asfaltnih mješavina na analiziranim asfaltnim postrojenjima grafički je prikazana na slici 74.



Slika 74. Zavisnost sveukupnih troškova i proizvodnje asfaltnih mješavina na analiziranim postrojenjima kroz period od 2007. – 2009. godine

Na slici 74. uočava se da su sveukupni troškovi u periodu siječanj-ožujak viši od proizvodnje u istom periodu. Rastom proizvodnje asfaltnih mješavina dolazi do pada sveukupnih troškova. Kontinuiranom proizvodnjom i većom iskoristivošću proizvodnih kapaciteta ostvarilo bi se smanjenje vrijednosti troškovno značajnih grupa kao što su utrošak energenata, materijala, rada strojeva i djelatnika⁷⁵.

U nastavku rada dan je pregled kritičnih mjesta u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.

⁷⁵ Iskorištenost proizvodnih kapaciteta za promatrana asfaltna postrojenja iskazana je u poglavlju „Razrada kritičnih mjesta u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina“.

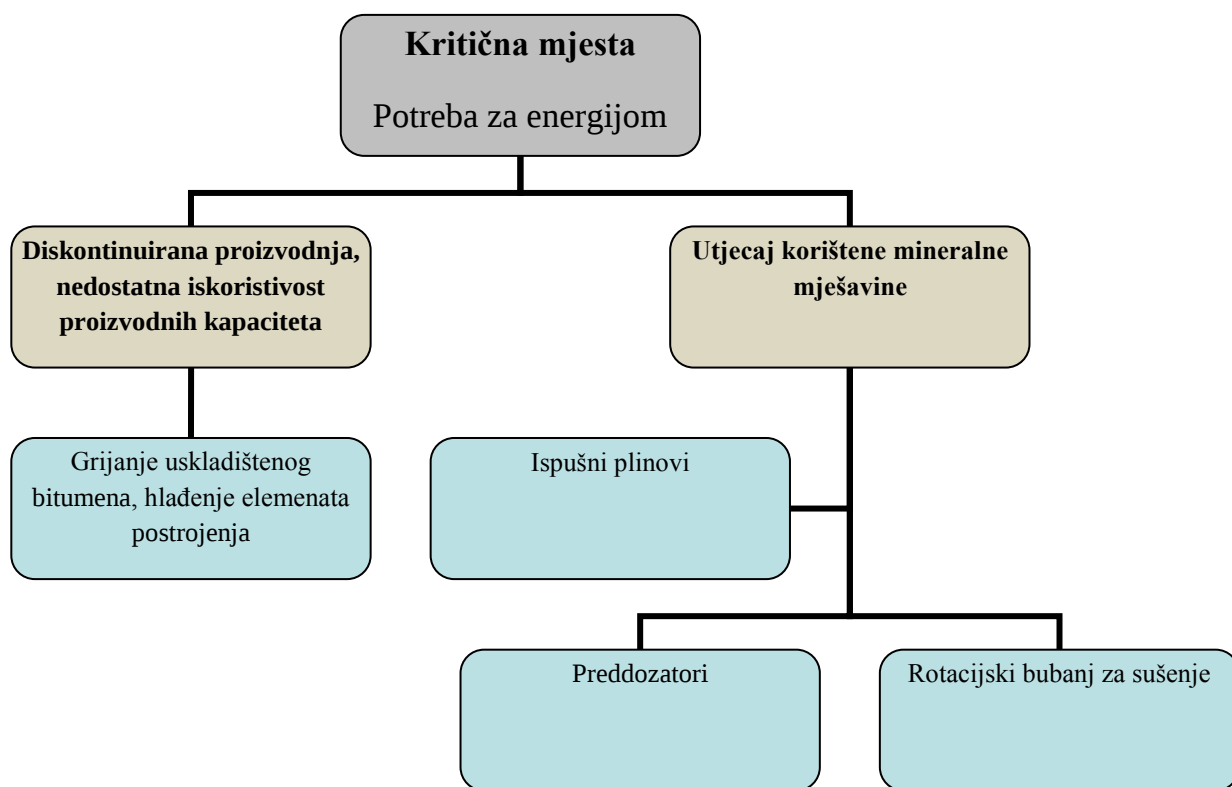
4. Razrada kritičnih mjesta u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina

U ovom poglavlju vrši se razrada kritičnih mjesta u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina, na asfaltnim postrojenjima cikličnog tipa. Kritična mjesta određuju se s obzirom na utjecaj:

- korištene mineralne mješavine na proces sušenja.
- diskontinuiteta proizvodnje asfaltnih mješavina;
- nedostatne iskoristivosti asfaltnih postrojenja;

Kritična mjesta u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina definirana su kao mjesta čiji rad uvjetuje potrebu za uloženom energijom.

Da bi se definirali značajni utjecaji na potrebu za energijom, u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina, na cikličnim postrojenjima, dan je grafički prikaz ključnih točaka u postojećoj proizvodnji na slici 75.



Slika 75. Grafički prikaz utjecajnih mjesta na potrebu za energijom

Na slici 75. vidljivo je da su utjecaji potrebe za energijom podijeljeni na diskontinuirani rad asfaltnih postrojenja i utjecaj korištene mineralne mješavine. Utjecaj diskontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina pretežito je usmjeren na zagrijavanje i održavanje temperature uskladištenog bitumena. Na slici 76. prikazani su spremnici za uskladištenje bitumena na asfaltnom postrojenju u Nemetinu.



Slika 76. Spremnici za uskladišteni bitumen u Nemetinu

Mnogo bitniji utjecaj na potrebu za energijom jest utjecaj korištene vlažne mineralne mješavine u procesu sušenja i zagrijavanja, prikazano na slici 75. Utjecaj preddozatora određen je kao značajan iz razloga što predstavlja ulaznu komponentu ciklusa proizvodnje u koji se dodaju hladne i vlažne frakcije kamenog agregata. Na slici 77. prikazani su preddozatori na asfaltnom postrojenju u Lužanima.



Slika 77. Hladni spremnici za frakcije kamenog agregata u Lužanima (preddozatori)

Rotacijski bubanj, prikazan na slici 75. predstavlja mjesto najveće potrošnje energije u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina [10]. U rotacijskom bubnju vrši se sušenje i

zagrijavanje korištene kamene sitneži u procesu proizvodnje. Na slici 78. prikazan je rotacijski bubanj na asfaltnom postrojenju u Lužanima.



Slika 78. Rotacijski bubanj na asfaltnom postrojenju u Lužanima

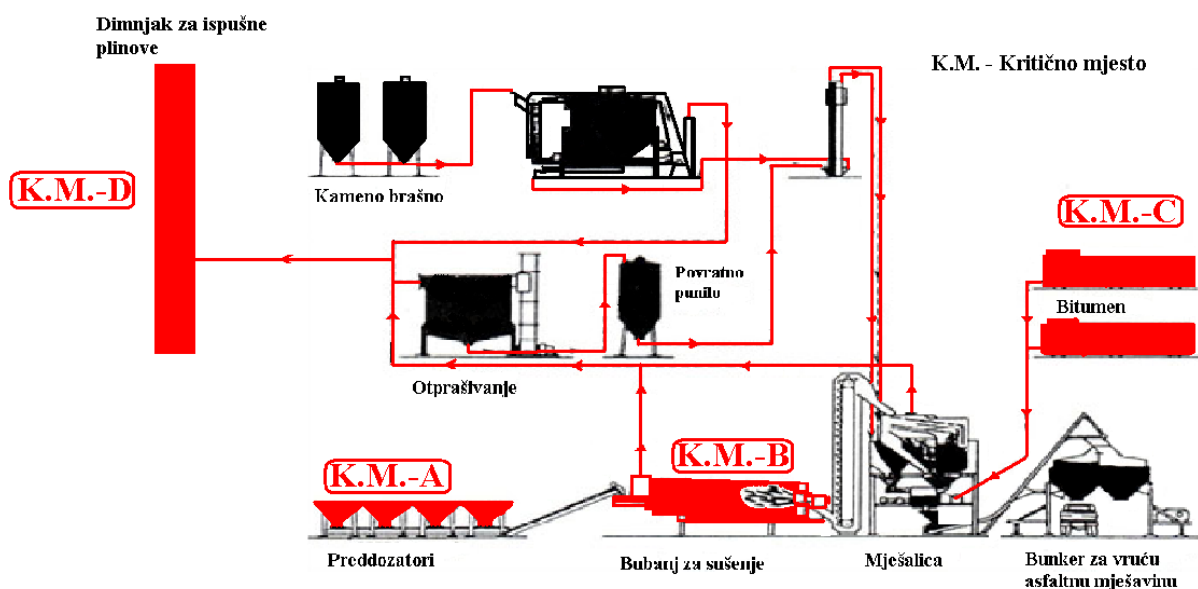
Dimnjak za ispušne plinove, na slici 75., predstavlja mjesto u postojećem ciklusu proizvodnje gdje se ispuštaju zagrijani ispušni plinovi nastali u procesu rada rotacijskog bubnja. Prema nekim autorima (Peinado i dr. Intrame SA) ukupni gubitci u uloženoj toplinskoj energiji iznose oko 7% ispuštanjem zagrijanih plinova kroz ispušnu cijev [10]. Uslijed povećanja udjela vlage i zemljanih čestica u mineralnoj mješavini dolazi do povećanja ukupnih gubitaka energije koja se ispušta kroz dimnjak u obliku vodene pare. Na slici 79. prikazan je dimnjak za ispušne plinove na asfaltnom postrojenju u Lužanima.



Slika 79. Dimnjak za odvod ispušnih plinova na asfaltnom postrojenju u Lužanima

Tehnološki procesi, koji se obavljaju na asfaltnom postrojenju cikličnoga tipa podijeljeni su na sljedeće operacije:

- preddoziranje kamenih frakcija;
- sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine;
- otprašivanje muljevito prašinih čestica iz mineralne mješavine;
- vruće sijanje mineralne mješavine;
- težinsko ili volumetrijsko doziranje pojedinih frakcija iz mineralne mješavine;
- doziranje bitumena;
- miješanje zagrijane mineralne mješavine s vezivom;
- uskladištenje vruće asfaltne mješavine i odvoz.



Slika 80. Shematski prikaz kritičnih mjesta za asfaltna postrojenja cikličnoga tipa s obzirom na utrošak energenata

Na slici 80. prikazana su sljedeća kritična mjesta u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na postrojenju cikličnoga tipa:

- **predozatori (KM-A)**, doziraju se hladne i vlažne kamene frakcije – utrošak energenata uslijed sušenja i grijanja znatno ovisi o količini padalina i vanjskim temperaturama (Kritično mjesto A);
- **rotacijski bubanj za sušenje i grijanje kamenoga agregata (KM-B)**, izgaranjem plina, lož ulja ili nekog drugoga energenta dozirana mineralna mješavina suši se i grije na potrebnu temperaturu; uslijed korištenja mineralne mješavine s višim sadržajem

vlage dolazi do smanjenja protoka materijala kao i ostvarivanja nižih radnih kapaciteta asfaltnih postrojenja (Kritično mjesto B);

- **spremnici za uskladišteni bitumen (KM-C)**, uslijed diskontinuiranoga rada, tj. proizvodnje asfaltnih mješavina, nedovoljne iskoristivosti postrojenja, troše se velike količine energenata na održavanje radne temperature uskladištenoga bitumena (u određenim trenucima bitumen se grije, no nema proizvodnje), (Kritično mjesto C);
- **dimnjak za ispušne plinove (KM-D)**, uslijed rada asfaltnoga postrojenja, u okolni zrak ispuštaju se velike količine toplinske energije; ispušni plinovi svojom količinom protoka u jedinici vremena sadrže neiskorišteni energetske potencijal (Kritično mjesto D).

U daljnjem radu detaljno će se razraditi svako kritično mjesto u postojećem ciklusu proizvodnje asfaltnoga postrojenja cikličnog tipa.

4.1. Predozatori (negrijani spremnici) K.M. - A

Predozatori u postojećem ciklusu proizvodnje predstavljaju ulaznu komponentu u koju se dodaju frakcije kamenog agregata za zadanu proizvodnju. Može se zaključiti da s obzirom na njihovu volumnu zapremninu vrijeme odležavanja kamenih frakcija u spremnicima nije dugo te ovisi o dinamici rada postrojenja⁷⁶. U ovom poglavlju predozatori se promatraju kroz utjecaj korištenih kamenih frakcija na utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine. Posebnu pažnju posvetit će se analizi:

- sadržaja vlage u frakcijama kamenog agregata;
- utjecaju mjesta utovara kamene frakcije na deponiji;
- utjecaju vanjske temperature zraka i količine padalina na proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina.

Na slikama 81. i 82. prikazane su deponije kamenih frakcija na asfaltnim postrojenjima u Nemetinu i Lužanima.

⁷⁶ U poglavlju rada „Analiza troškova rada asfaltnih postrojenja cikličnog tipa“, u tablici 7.–9. prikazani su volumni kapaciteti spremnika za frakcije kamenog agregata.



Slika 81. Deponije kamenog agregata na asfaltnom postrojenju u Nemetinu



Slika 82. Deponija kamenog agregata na asfaltnom postrojenju u Lužanima

Kao bitan problem asfaltnih postrojenja neuređeni su i nenatkriveni deponiji frakcija kamenoga agregata granulacije 0/4 i 0/2 mm (slika 81. i 82.).

Preddozatori su određeni kao kritična točka u ciklusu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina zato što se isti pune vlažnim i hladnim kamenim materijalom. Sitnije frakcije kamenoga agregata daleko su više sklonije zadržavanju vlage u svom sastavu, u odnosu na krupne frakcije. Uslijed toga potrebno je mnogo više uložene energije za njihovo sušenje u samom ciklusu proizvodnje. Uslijed korištenja sitnijih frakcija kamenoga agregata s povećanom vlažnosti dolazi i do smanjenja radnoga kapaciteta samoga postrojenja.

U nastavku rada iskazane su vlažnosti kamenih frakcija u razdoblju od 2010. do 2011. godine, ispitane u asfaltnom laboratoriju tvrtke „Osijek-Koteks d.d.“, na asfaltnom postrojenju u Nemetinu.

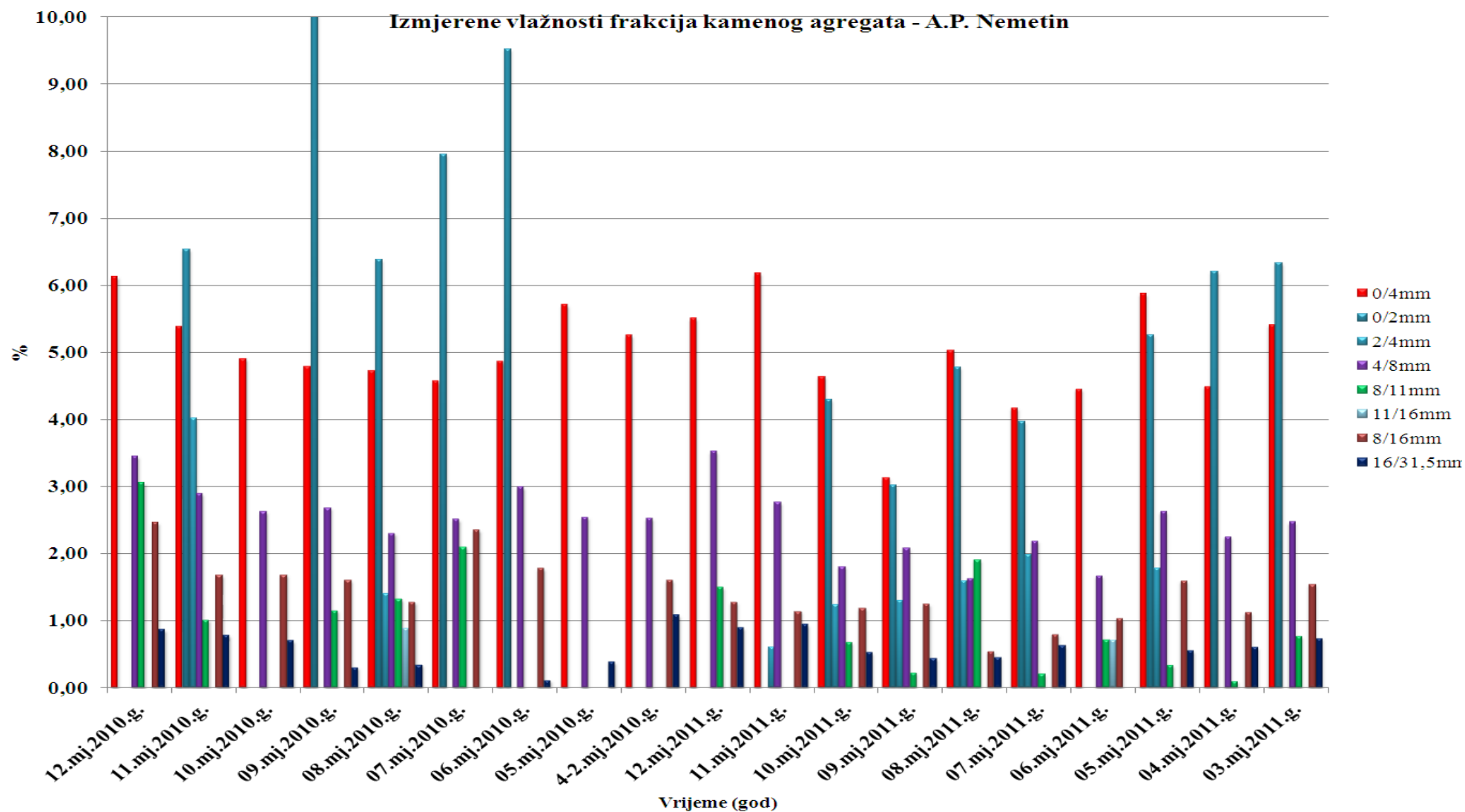
4.1.1. Ispitivanje vlažnosti frakcija kamenog agregata

Analiza sadržaja vlage u korištenim frakcijama kamenoga agregata interesantna je radi određivanja načina postupanja sa deponiranim materijalom. To znači definiranje potreba za natkrivanjem i uređenjem deponija za pojedine kamene frakcije. Mineralna mješavina koja se koristi za proizvodnju različitih vrsta asfaltnih mješavina sastoji se od različitih udjela kamenih frakcija u svom sastavu [136-148]. Udio frakcije kamenoga agregata granulacije 0/4 mm može se nalaziti u mineralnoj mješavini od 15 do 65%. To ukazuje da vlažnost u korištenoj mineralnoj mješavini može mnogostruko odstupati u zavisnosti od vrste asfaltne mješavine koja se proizvodi. Uslijed toga i utrošak energije u procesu sušenja također mnogostruko varira [10].

Provedena ispitivanja određivanja udjela vlage u kamenom agregatu izvršena su prema normi „Određivanje sadržaja vode u agregatu sušenjem u ventilirajućem sušioniku HRN EN 1097-5“ [32].

Ispitivanja udjela vlage u frakcijama kamenoga agregata provedena su u periodu od 2010. do 2011. godine. Izvođena su kontinuirano tijekom proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina. Ispitivane su frakcije kamenih agregata uzorkovane prije utovara u hladne spremnike. Najveći je broj ispitanih uzoraka za kamene frakcije granulacije 0/4 mm – 123 uzoraka, 4/8 mm – 119 uzoraka, 8/16 mm – 10 uzoraka i frakcije kamenoga agregata 16/31,5 mm – 80 uzoraka.

Na slici 83. vidljive su mjesečne vrijednosti prosječnih vlažnosti kamenih frakcija na asfaltnom postrojenju Nemetin. Razdoblje ispitivanja bilo je 2010.-2011. godine.



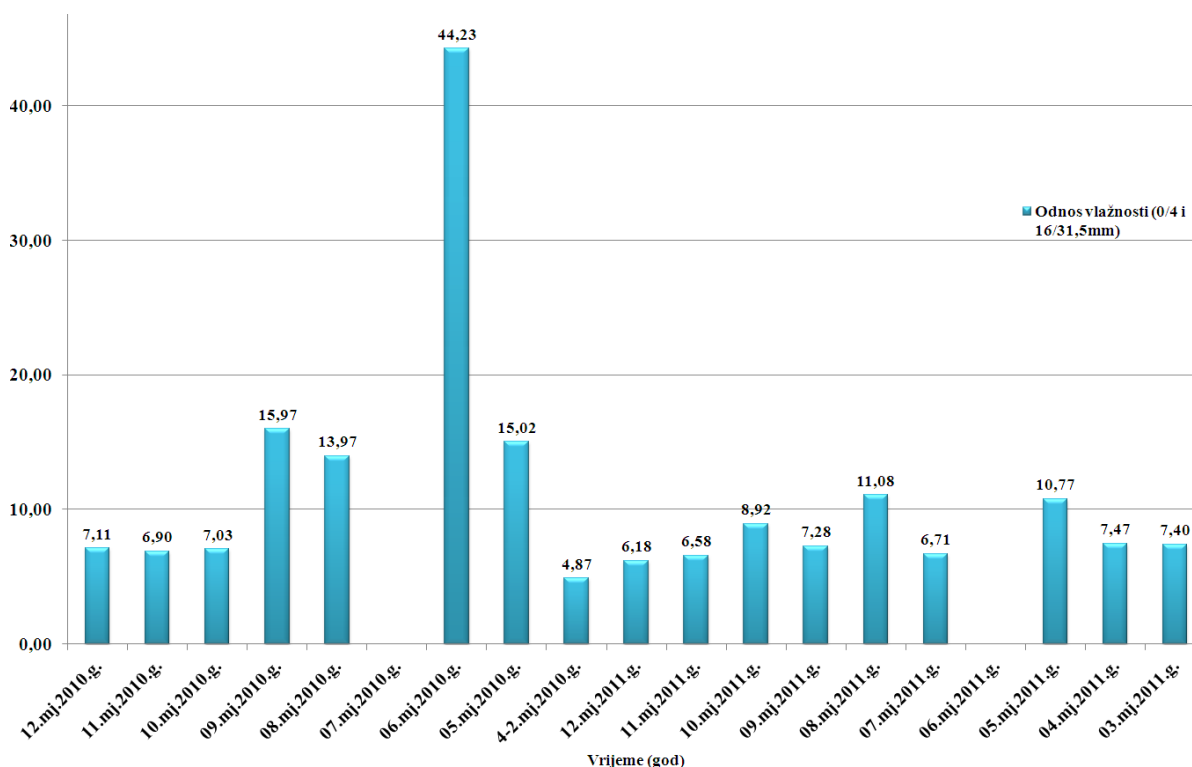
Slika 83. Izmjerene vlažnosti frakcija kamenog agregata – A.P. Nemetin

Prosječne vrijednosti vlage kamenoga agregata, iskazane na slici 83. iznose:

- frakcije kamenoga agregata 0/4 mm: 4,98%;
- frakcije kamenoga agregata 0/2 mm: 6,24% (znatno se manje koristi u odnosu na 0/4 mm);
- frakcije kamenoga agregata 2/4 mm: 1,68% (vrijeme odležavanja mnogo je duže nego za druge frakcije, iz toga je razloga niska prosječna vlažnost);
- frakcije kamenoga agregata 4/8 mm: 2,46%;
- frakcije kamenoga agregata 8/11 mm: 0,95%;
- frakcije kamenoga agregata 8/16 mm: 1,31%;
- frakcije kamenoga agregata 16/31,5 mm: 0,66%.

Na slici 84. vidljivo je da frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm sadrži i do 44,23 puta veći udio vlage tijekom ovog ispitivanja u odnosu na kamenu frakciju 16/31,5 mm. Povećanjem maksimalnog zrna u kamenoj frakciji dolazi do smanjenja udjela vlage u mineralnoj mješavini.

Na slici 84. iskazan je odnos izmjerenih vlažnosti kamenih frakcija granulacije 0/4 i 16/31,5 mm.



Slika 84. Odnos vlažnosti frakcija kamenoga agregata granulacije 0-4/16-31,5 mm – A.P. Nemetin

Na slici 84. vidljiv je odnos udjela vlage između frakcije kamenoga agregata granulacije 0/4 mm i 16/31,5 mm od 4,87-44,23 puta. Vidljiv je mnogostruko veći udio vlage u kamenoj

frakciji granulacije 0/4 mm u odnosu na najkrupniju kamenu frakciju granulacije 16/31,5 mm koja se u Republici Hrvatskoj koristi za spravljanje vruće asfaltne mješavine.

Uslijed toga može se zaključiti da je potrebno duže vrijeme odležavanja istog materijala na deponiji da se materijal prosuši i procijedi. Ukoliko se u proizvodnji koristi sitni kameni agregat s visokim udjelom vlage u svom sastavu, dolazi do:

- smanjenoga radnog kapaciteta asfaltnoga postrojenja;
- znatno većeg utroška energenata potrebnog za sušenje i grijanje mineralne mješavine.

U točki rada 4.1.2. iskazat će se laboratorijska ispitivanja udjela vlage u različitim dijelovima deponije.

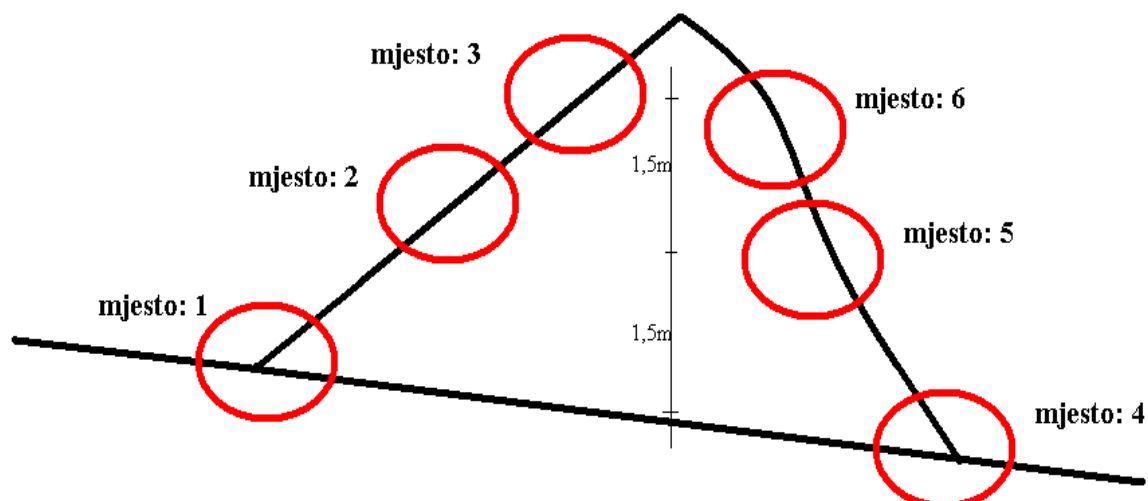
4.1.2. Vlažnost u deponiranoj mineralnoj mješavini

Vlažnost kamenih frakcija direktno utječe na potrebu za energijom u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine

Na slici 84. prikazani su odnosi u udjelu vlage između kamenih frakcija 0/4 mm i 16/31,5 mm iz koje je vidljivo da se odnos udjela vlage kreće i do 44,23 puta. To znači da frakcije kamenog agregata granulacije 0/4 mm sadrže visoki udio vlage u svom sastavu koji podiže sveukupnu vlažnost korištene mineralne mješavine u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina. S obzirom da se na deponije kamenih frakcija odlažu znatne količine materijala postavlja se pitanje o varijabilnosti udjela vlage u različitim dijelovima deponije i poželjnog mjesta utovara materijala.

Da bi se laboratorijski odredila varijabilnost udjela vlage u deponiji kamenog agregata granulacije 0/4 mm provedena su ispitivanja udjela vlage u periodu od 15.10.2012. do 14.11.2012. godine, u kamenolomu Velika. Ispitan je udio vlage na 120 uzoraka kamene frakcije granulacije 0/4 mm. Uzorkovanje kamenih frakcija izvođeno je prema normi HRN B B0.001:1984 i laboratorijsko smanjenje uzoraka prema normi HRN EN 932-2 [152-153]. Provedena ispitivanja određivanja udjela vlage u kamenom agregatu granulacije 0/4 mm izvršeno je prema normi „Određivanje sadržaja vode u agregatu sušenjem u ventilirajućem sušioniku HRN EN 1097-5“ [32].

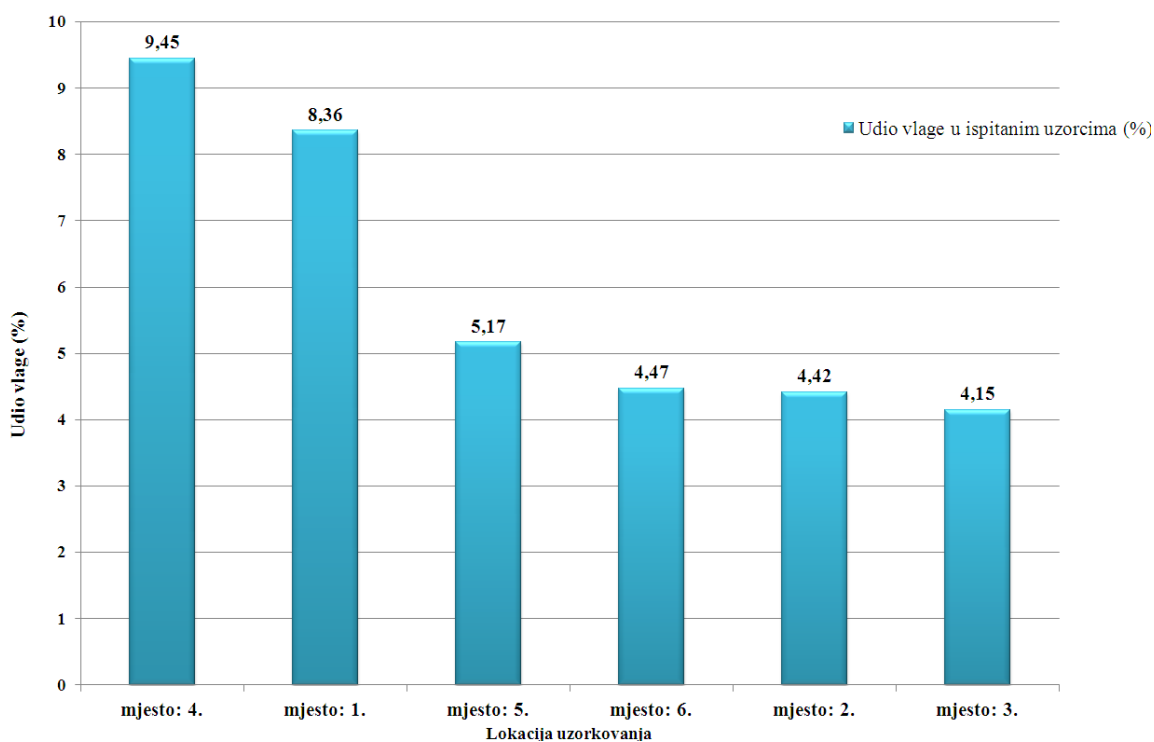
Na slici 85. prikazana su različita mjesta uzorkovanja uzoraka kamenih frakcija tijekom izvođenja predmetnih ispitivanja.



Slika 85. Mjesta uzorkovanja kamene frakcije granulacije 0/4 mm

Laboratorijskim ispitivanjima nastojao se odrediti promjenjivi udio vlage s obzirom na uzdužni pad deponije i različite visine deponiranja. Kada se analizira dosadašnji režim utovara kamenog materijala na deponiji može se zaključiti da se pretežito prilikom utovara odabire mjesto najlakšeg pristupa utovarnog stroja. To je najčešće najniže mjesto deponije materijala (mjesto 4.).

Na slici 86. prikazani su rezultati udjela vlage tijekom promatranog perioda.



Slika 86. Rezultati laboratorijskih ispitivanja udjela vlage u kamenoj frakciji granulacije 0/4 mm

Prosječna vlaga svih ispitanih uzoraka kamenih frakcija (slika 85.) je 6%. Na slici 86. vidljivo je sljedeće:

- udio vlage u deponiji mineralne mješavine smanjuje se s porastom visine;
- najveći udio vlage je na najnižem dijelu deponije.

Kao što je vidljivo iz laboratorijskih ispitivanja (slika 86.) varijabilnost udjela vlage u deponiji je znatna. Udio vlage se smanjuje uslijed korištenja mineralne mješavine iz viših slojeva. Tijekom korištenja deponirane mineralne mješavine koja je locirana na višoj strani (mjesto 1.–3., slika 85.) deponije također se smanjuje udio vlage u materijalu uslijed procjeđivanja.

Na slici 87. prikazana je deponija pijeska na betonskom postrojenju u Osijeku (Tehnika Beton). Mineralna mješavina smještena je na uređenu i pregrađenu površinu. Također na slici 87. vidljiv je povećani udio vlažnosti u najnižem dijelu deponije, uslijed procjeđivanja vode iz sastava mineralne mješavine (tamnija mjesta).



Slika 87. Deponija pijeska na betonskom postrojenju u Osijeku (Tehnika-Beton)

Konvencionalni načini smanjenja udjela vlage u korištenoj mineralnoj mješavini su:

- skladištenje mineralne mješavine na uređenu i natkrivenu površinu;
- dovoljno dugo odležavanje mineralne mješavine radi ostvarivanja procjeđivanja vode iz sastava kamena;
- utovar mineralne mješavine sa dijela deponije iz viših slojeva.

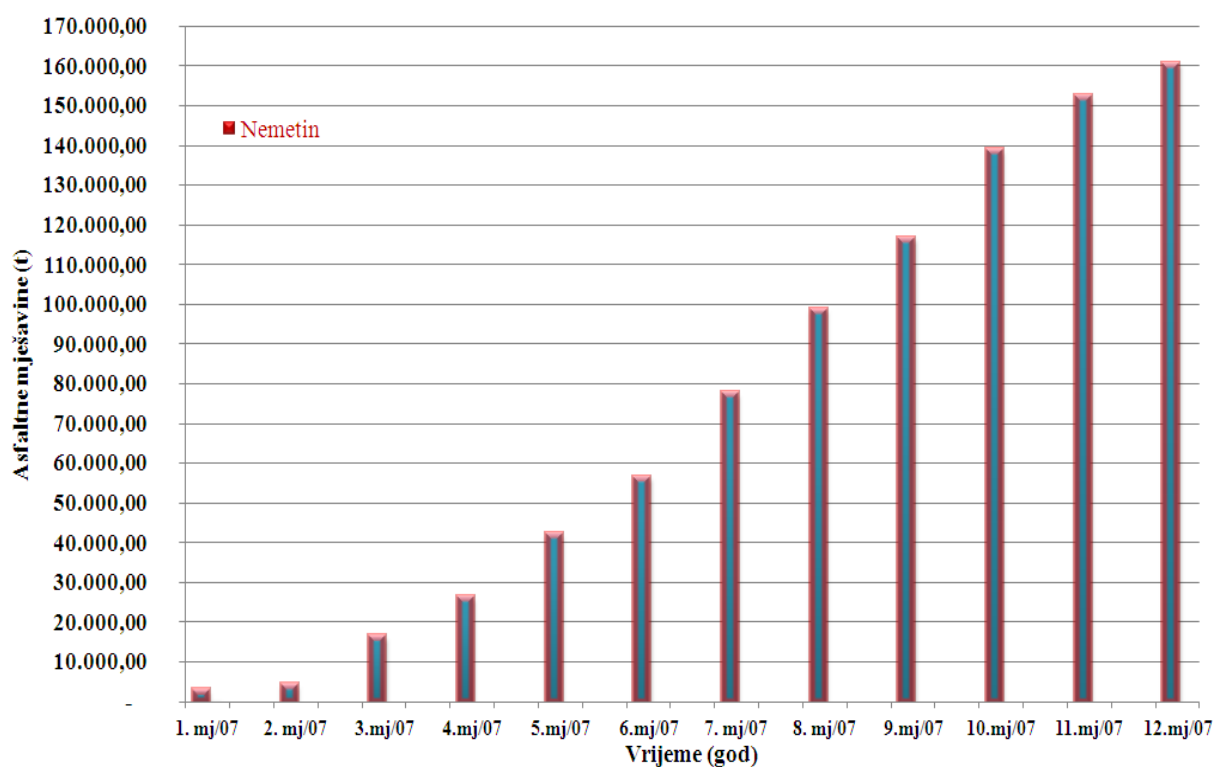
Vlažnost u korištenoj mineralnoj mješavini koja se dodaje u preddozatore znatno utječe na utrošak energije u procesu sušenja kamena te je potrebno smanjiti njezin udio prije korištenja u daljnjoj proizvodnji asfaltnih mješavina.

Potrebno je duže vrijeme odležavanja materijala na deponiji da se materijal prosuši i procijedi. Ukoliko se za proizvodnju koristi sitni kameni agregat s visokim udjelom vlage u svom sastavu, dolazi do smanjenoga proizvodnog kapaciteta asfaltnoga postrojenja.

U točki 4.1.3. prikazat će se utjecaj vanjskih temperatura zraka na proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina.

4.1.3. Utjecaj temperature zraka na proces proizvodnje asfaltnih mješavina

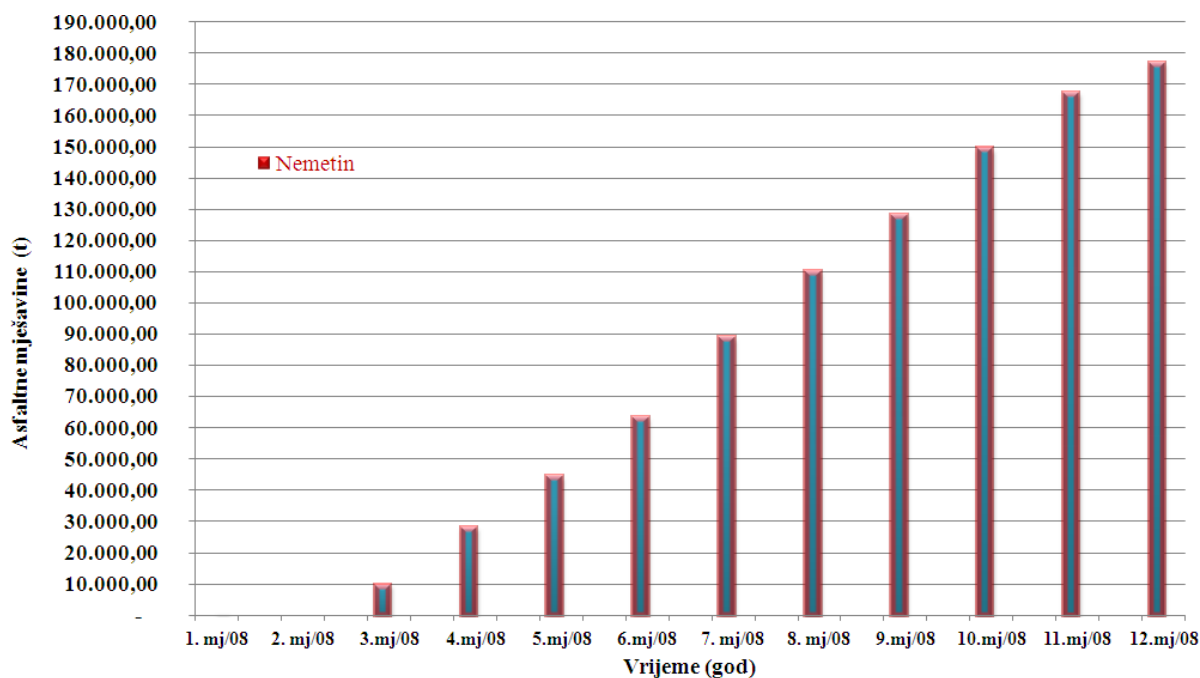
Temperature kamenih frakcija prije korištenja u proizvodnji nisu ispitivane u laboratoriju, no iz razdoblja proizvodnje asfaltnih mješavina vidljivo je koji udio proizvodnje je izvođen u nepovoljnom vremenskom razdoblju. Kao nepovoljno razdoblje za proizvodnju asfaltnih mješavina odabrano je razdoblje je od 11. do 2. mjeseca, zbog niskih temperatura zraka. Na slikama 88.-90. prikazana je proizvodnja asfaltnih mješavina na asfaltnom postrojenju u Nemetinu, tijekom perioda od 2007.–2009. godine.



Slika 88. Kumulativni prikaz proizvedenih asfaltnih mješavina – 2007. godina

Na slici 88. vidljivo je da je u kritičnom razdoblju (11-2. mjeseca) 2007. godine, uslijed niskih temperatura, proizvedeno:

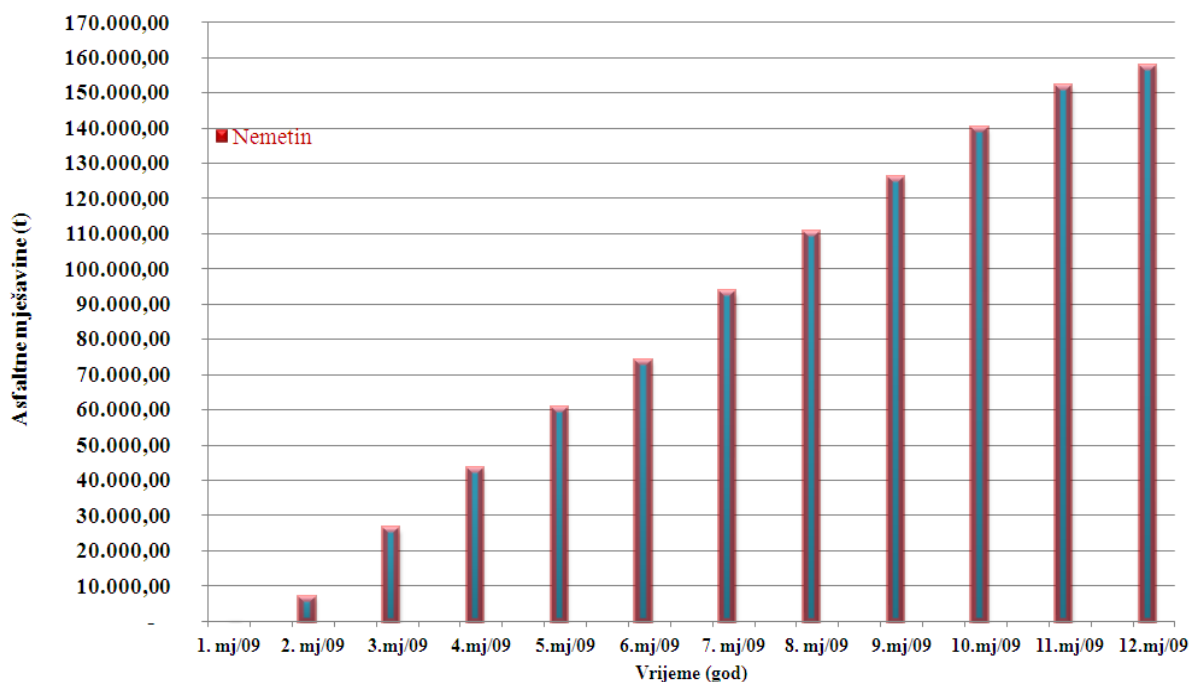
A.P. Nemetin – 25 610,35 t ili 15,99% od ukupne godišnje proizvodnje.



Slika 89. Proizvedene asfaltne mješavine – 2008. godina

Na slici 89. vidljivo je da je u kritičnom razdoblju (11-2. mjeseca) 2008. godine, uslijed niskih temperatura, proizvedeno:

- *A.P. Nemetin – 27 331,80 t ili 15,50% od ukupne godišnje proizvodnje.*

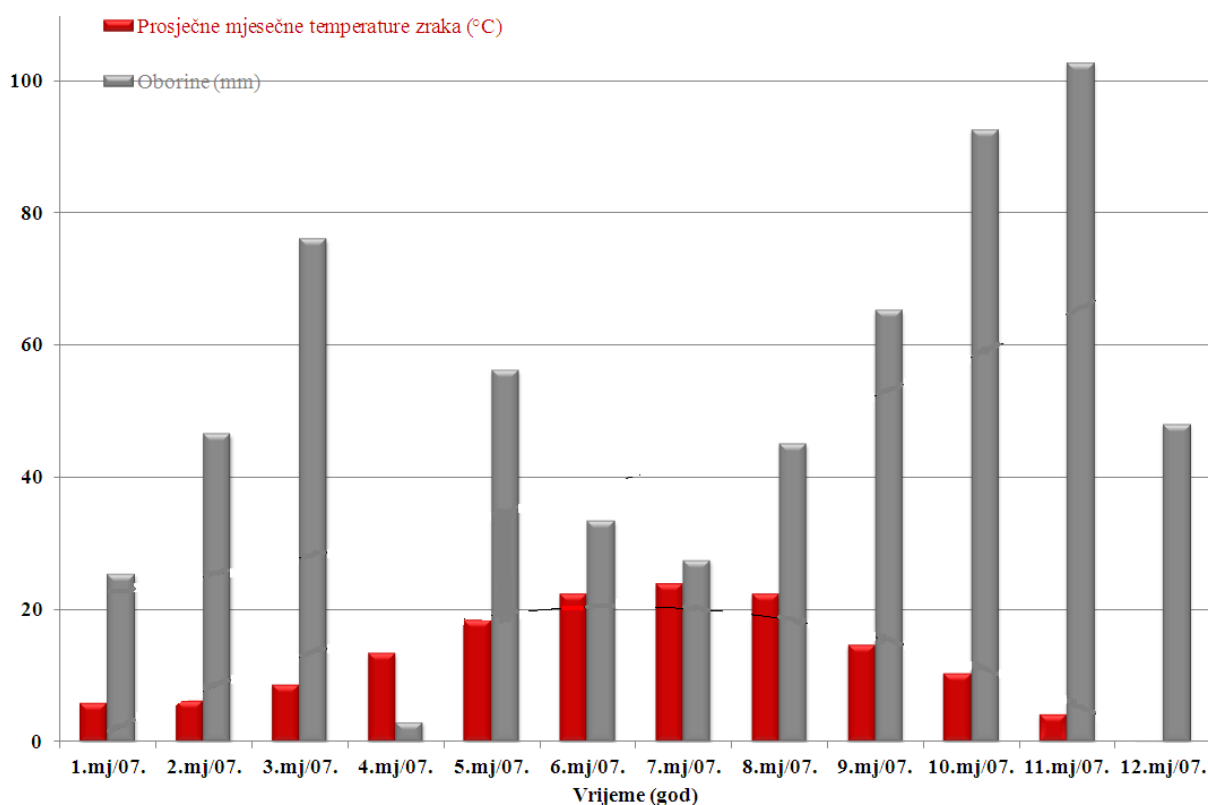


Slika 90. Proizvedene asfaltne mješavine – 2009. godina

Na slici 90. vidljivo je da je u kritičnom razdoblju (11.-2.mjeseca) 2009. godine proizvedeno:

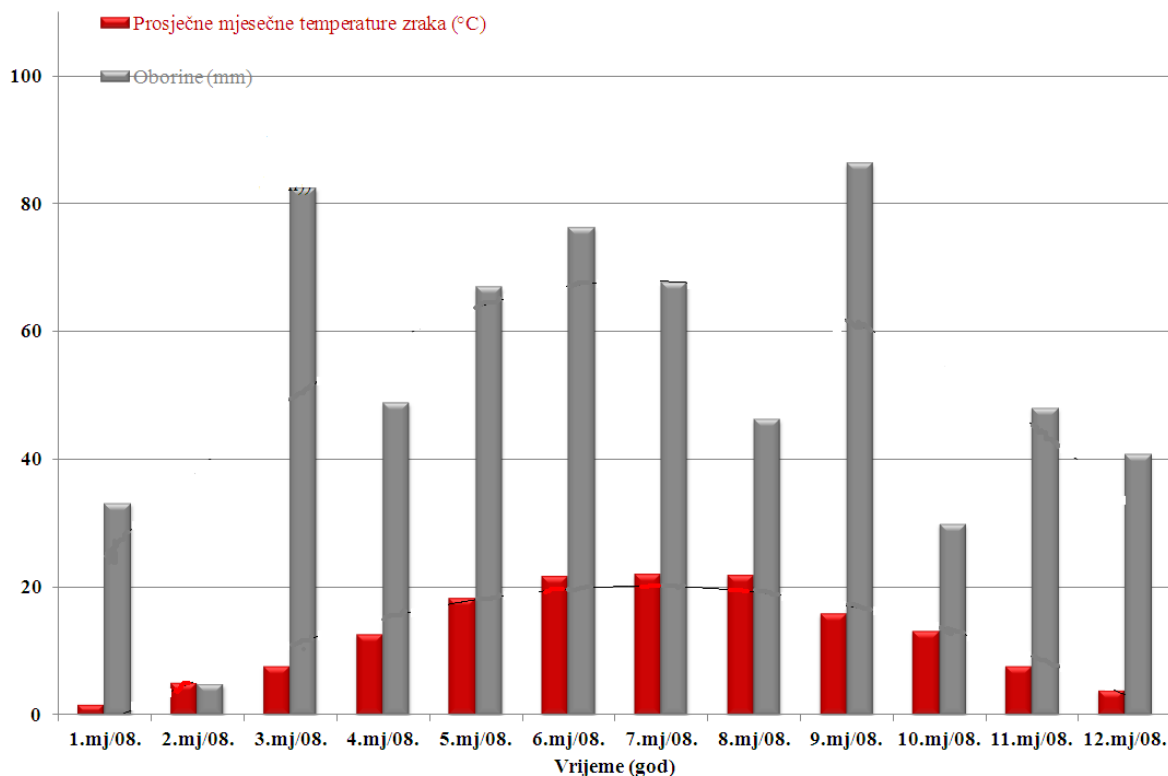
- A.P. Nemetin – 23 934,72 t ili 15,24% od ukupne godišnje proizvodnje.

Na slici 88.–90. vidljivo je da je prosječna proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina, na asfaltnom postrojenju u Nemetinu, tijekom promatranog perioda od 2007.–2009. godine u iznosu od 15,58% od ukupne trogodišnje proizvodnje. Udio proizvodnje u nepovoljnom vremenskom periodu predstavlja relativno visoku vrijednost. Da bi se uspostavila zavisnost proizvodnje asfaltnih mješavina sa temperaturama zraka i količinom padalina, dan je grafički prikaz vremenskih uvjeta za promatrani period od 2007.–2009. godine na slici 91.–93., za područje Grada Osijeka.



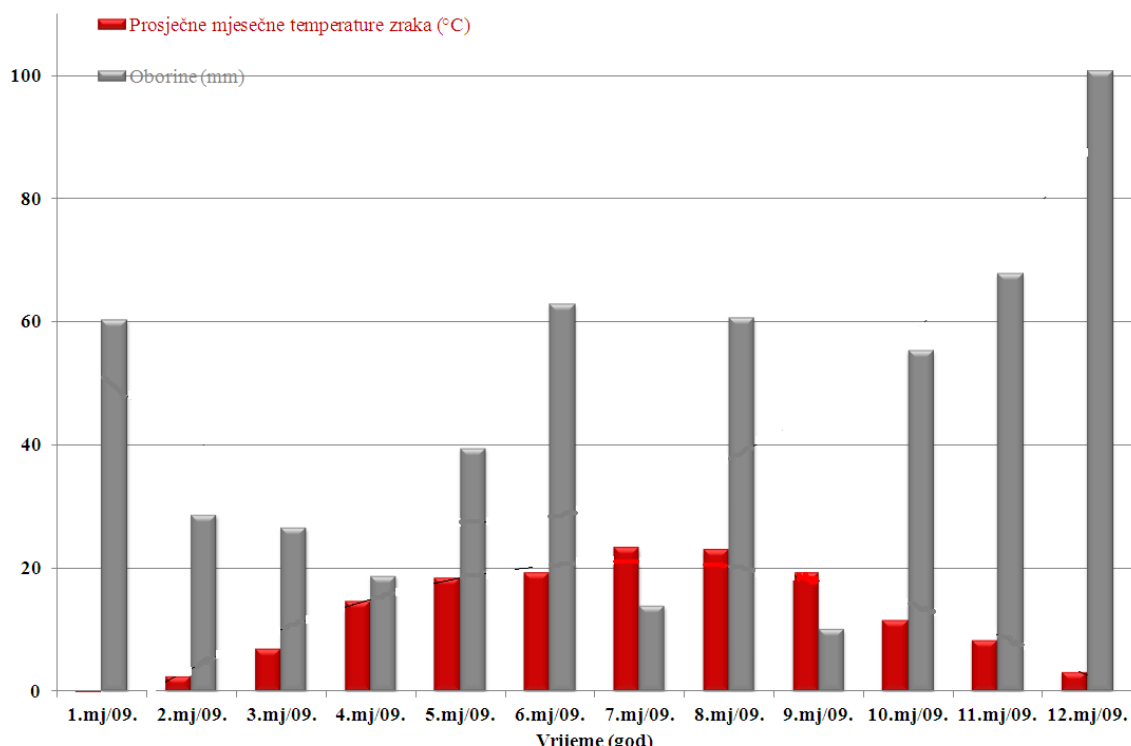
Slika 91. Prosječne temperature zraka i količina padalina– 2007. godina

Na slici 91. vidljivo je da je najtopliji mjesec u 2007. godini bio srpanj sa zabilježenih prosječnih 23,8°C dok je mjesec prosinac kao najhladniji s prosječnom temperaturom zraka od 0,1°C. Ukupna količina oborina iznosila je 620,9 mm. Najkišovitiji mjesec bio je studeni sa 102,7 mm oborina [154]. Također je na slici 91. vidljiv očekivani pad temperature zraka u početnim i završnim dijelovima godina – kritičnom periodu proizvodnje asfaltnih mješavina.



Slika 92. Prosječne temperature zraka i količina padalina – 2008. godina

Tijekom 2008. godine prosječna temperatura zraka iznosila je 12,5°C pri čemu je mjesec siječanj bio najhladniji s prosječnom temperaturom zraka od 1,5°C, a najtopliji mjeseci bili su lipanj, srpanj i kolovoz. Najkišovitiji mjeseci bili su ožujak i rujan sa 82,4 odnosno 86,3 mm oborina [154].



Slika 93. Prosječne temperature zraka i količina padalina – 2009. godina

Najtopliji mjesec u 2009. godini bio je srpanj ($23,2^{\circ}\text{C}$), a najhladniji mjesec siječanj sa prosječnom temperaturom zraka od $-1,2^{\circ}\text{C}$. Sveukupna količina oborina u 2009. godini iznosila je 544,6 mm od čega je u mjesecu prosincu palo čak 100,8 mm oborina [154].

Uslijed analize proizvodnje asfaltnih mješavina tijekom vremenskog razdoblja od 2007.–2009. godine vidljivo je da je na asfaltnom postrojenju u Nemetinu proizvedeno 15,58% od sveukupne proizvodnje asfaltnih mješavina, u nepovoljnom dijelu godine. Na slici 91.–93. vidljiv je značajan pad temperatura zraka u nepovoljnom razdoblju godine što djelomično uzrokuje i povećani utrošak energije uslijed proizvodnje asfaltnih mješavina.

Kao glavni problemi rada asfaltnoga postrojenja u kritičnom zimskom razdoblju jesu:

- korištenje hladnih, ali pretežito **vlažnih** sitnijih frakcija granulacije 0/4 i 0/2 mm;
- diskontinuirani rad asfaltnog postrojenja; prekidi u proizvodnji uzrokuju hlađenje elemenata asfaltnog postrojenja i uslijed toga povećanog utroška energenata.

Iz prethodno navedenih razloga predozatori kao ulazna komponenta ciklusa proizvodnje predstavljaju kritično mjesto u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.

4.2. Rotacijski bubanj za sušenje i grijanje kamenoga agregata K.M. - B

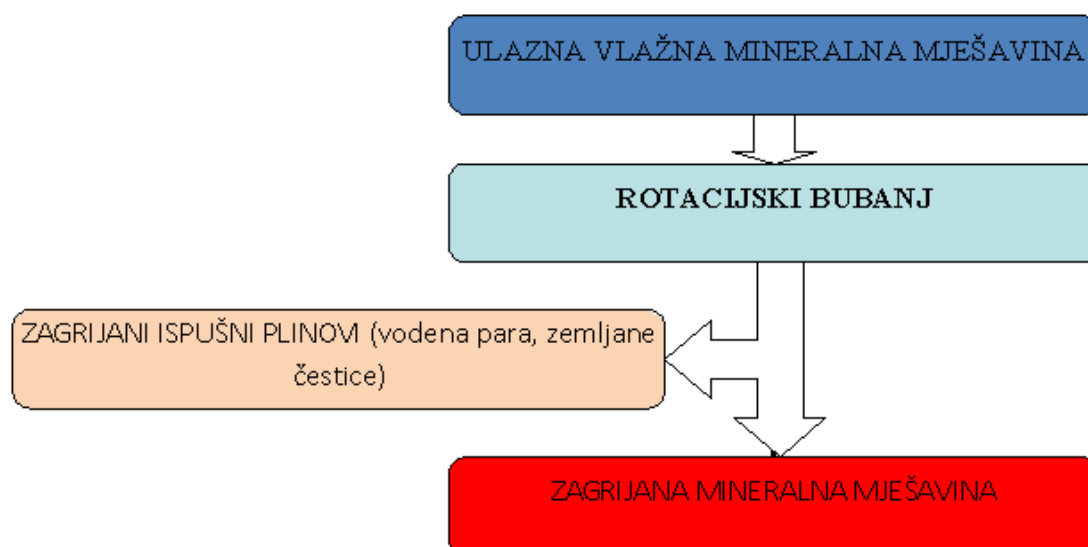
Rotacijski bubanj za sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine predstavlja mjesto s najvećim utroškom toplinske energije u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina [10]. Utrošak energije u rotacijskom bubnju zavisi od:

- vlažnosti i temperaturi ulazne mineralne mješavine;
- izvedbi rotacijskog bubnja;
- vanjskim vremenskim uvjetima;
- zastoju u proizvodnji asfaltnih mješavina.

Mineralnu mješavinu, koja se u rotacijski bubanj za sušenje transportira iz predozatora, treba u ovom procesu osušiti i zagrijati na potrebnu temperaturu, dovoljnu za obavljanje bitumenom, tj. za spravljanje vruće asfaltne mješavine.

Rotacijski bubanj za sušenje radi na principu gravitacijskoga miješanja i prolaza mineralne mješavine kroz plamen nastao izgaranjem gorivoga ulja, zemnoga plina ili drugog energenta.

Na slici 94. prikazana je shema ulaznih i izlaznih vrijednosti rotacijskog bubnja.



Slika 94. Shema ulaznih i izlaznih vrijednosti rotacijskog bubnja

Na slici 94. vidljivo je da utrošak energije u rotacijskom bubnju pretežito zavisi o kvaliteti ulazne mineralne mješavine. Pod kvalitetom korištene mineralne mješavine podrazumijeva se vlažnost, temperatura i količina zemljanih čestica u ulaznom agregatu. Porast udjela vlage i udjela zemljanih čestica u doziranoj mineralnoj mješavini rezultira većim gubitkom toplinske energije u bubnju. Uslijed sušenja i zagrijavanja vlažne mineralne mješavine dolazi do stvaranja otpadne vodene pare koja se odvodi ispušnim sistemom. Također povećani udio zemljanih čestica u mineralnoj mješavini rezultira gubitkom u toplinskoj energiji jer se čestice zagrijavaju u bubnju, a naknadno uklanjaju. Kada se promatra razlika u ulaznoj i izlaznoj mineralnoj mješavini, nakon obrade u rotacijskom bubnju, dolazi do:

- isušivanja vlage;
- uklanjanja dijela zemljanih čestica u mineralnoj mješavini.

Na slici 95. prikazan je rotacijski bubanj na asfaltnom postrojenju u Orahovici, vlasništvo tvrtke Gravia d.o.o.



Slika 95. Rotacijski bubanj za sušenje i zagrijavanje (A.P. Orahovica – Gravia d.o.o.)

Na stalnost temperature utječe vlažnost korištenih kamenih frakcija, kao i dotok mineralne mješavine u rotacijski bubanj.

Temperatura na koju je potrebno zagrijati mineralnu mješavinu ovisi o tvrdoći veziva, tj. bitumena koji se primjenjuje, vrsti mineralne mješavine i asfaltne mješavine koja se proizvodi.

Danas se koriste sljedeće izvedbe rotacijskoga bubnja za sušenje i zagrijavanja, kao i miješanje:

- Bubanj s paralelnim protokom zagrijanoga zraka i mineralne mješavine.

Kod ove izvedbe mineralna mješavina i vrući zagrijani zrak kreću se u istom smjeru, ulaz mineralne smjese u rotacijski bubanj na istom je dijelu gdje je postavljen plamenik. Proizvedena asfaltna mješavina izlazi na suprotnom kraju bubnja.

Rotacijski bubanj opremljen je uzdužnim trakama, direktnim protokom mineralne smjese, diže i spušta mineralnu mješavinu uslijed protoka vrućega zraka [155].

- Bubanj sa suprotnim protokom zagrijanoga zraka i mineralne mješavine.

Kod ove varijante izvedbe mineralna mješavina i vrući zrak kreću se u suprotnim smjerovima, doziranje hladnoga materijala je sa suprotne strane u odnosu na plamenik te se izlaz za proizvedenu asfaltnu mješavinu nalazi na istom kraju rotacijskoga bubnja, kao i položaj plamenika [155].

- Rotacijski bubanj s dvostrukom stijenkom i suprotnim protokom zagrijanoga zraka i mineralne smjese („Double Barrel Drum Mixer“).

Izvedbe bubnja velikoga promjera, sa zasebnom komorom za miješanje i suprotnoga toka vrućega zraka i mineralne mješavine [155].

- Dvostruki gravitacijski bubanj.

U izvedbi se koriste dva zasebna rotacijska bubnja, jedan sa suprotnim protokom zagrijanoga zraka i mineralne mješavine, za sušenje i grijanje kao i drugi manjih dimenzija za rotacijsko miješanje [155].

U Republici Hrvatskoj pretežito se koriste bubnjske izvedbe samo za sušenje i grijanje mineralne mješavine, bez miješanja asfaltne mješavine što se vrši u zasebnoj mješalici.

Problem u ovakvom principu rada jest što se zagrijana mineralna smjesa transportira elevatorima do same mješalice te dolazi do značajnoga gubitka temperature u zagrijanoj mineralnoj mješavini.

Kao **kritično mjesto** u postojećem ciklusu rada, rotacijski bubanj za sušenje i grijanje navodi se iz sljedećega razloga:

- znatan utrošak i odstupanja u potrošnji energenata uslijed sušenja i grijanja prethodno dozirane mineralne mješavine.

Proizvodni proces i utrošak energije u rotacijskom bubnju direktno zavisi od kvalitete ulazne mineralne mješavine.

U tablici 22. prikazan je utrošak zemnog plina po toni proizvedene asfaltne mješavine, na afaltnom postrojenju u Nemetinu, u 2009. godini, nastao radom rotacijskoga bubnja suprotnog protoka uslijed sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine. Utrošak zemnog plina određuje se iz odnosa očitane potrošnje zemnog plina na umjerenom mjeracu i proizvodnje asfaltnih mješavina u promatranom periodu.

Tablica 22. Potrošnja prirodnoga plina na asfaltnom postrojenju u Nemetinu, 2009. godina

Period proizvodnje	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
m ³ /t	0,00	6,73	8,20	10,31	8,21	8,50	7,45	9,42	8,39	7,92	10,51	15,51

Iz tablice 22. vidljiva je potrošnja prirodnoga plina u rasponu od 6,73–15,51 m³/t. Znatna odstupanja ili gubitak energenata događaju se uslijed:

- korištenja sitnijih kamenih frakcija s povećanom vlažnošću u svojem udjelu;
- nedostatne iskoristivosti (premala lokalna proizvodnja) kapaciteta asfaltnoga postrojenja;
- zagrijavanja frakcija kamenoga agregata s velikom količinom nadzrnja (zrna koja se uklanjaju);
- velikog udjela muljevito prašinih čestica u mineralnoj mješavini.

Kao kritično mjesto u ciklusu proizvodnje asfaltnih mješavina jest rotacijski bubanj za sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine zato što je to mjesto gdje se događa najveća potrošnja energije da bi se pripremila mineralna mješavina za daljnju proizvodnju. Teži se ostvarivanje što niže potrošnje energenata u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

4.3. Spremnici za uskladišteni bitumen K.M. - C

Diskontinuirana proizvodnja asfaltnih mješavina zahtijeva veći utrošak energije po proizvedenoj toni vruće mješavine. Uskladišteni bitumen uslijed varijabilne proizvodnje potrebno je kontinuirano zagrijavati i održavati njegovu radnu temperaturu u spremnicima.

Spremnici za bitumen dizajnirani su za uskladištenje cestograđevnoga i/ili polimerom modificiranoga bitumena. Mogu biti horizontalne ili vertikalne izvedbe, prijenosne i/ili stacionarne konfiguracije. Mogu sadržavati mješalice za polimerom modificirani bitumen unutar spremnika, radarsko mjerenje razine zapremnine, razne tehničke varijante grijanja i održavanja temperature i drugo.

Na slici 96. prikazani su spremnici za uskladišteni bitumen na asfaltnom postrojenju u Orahovici.



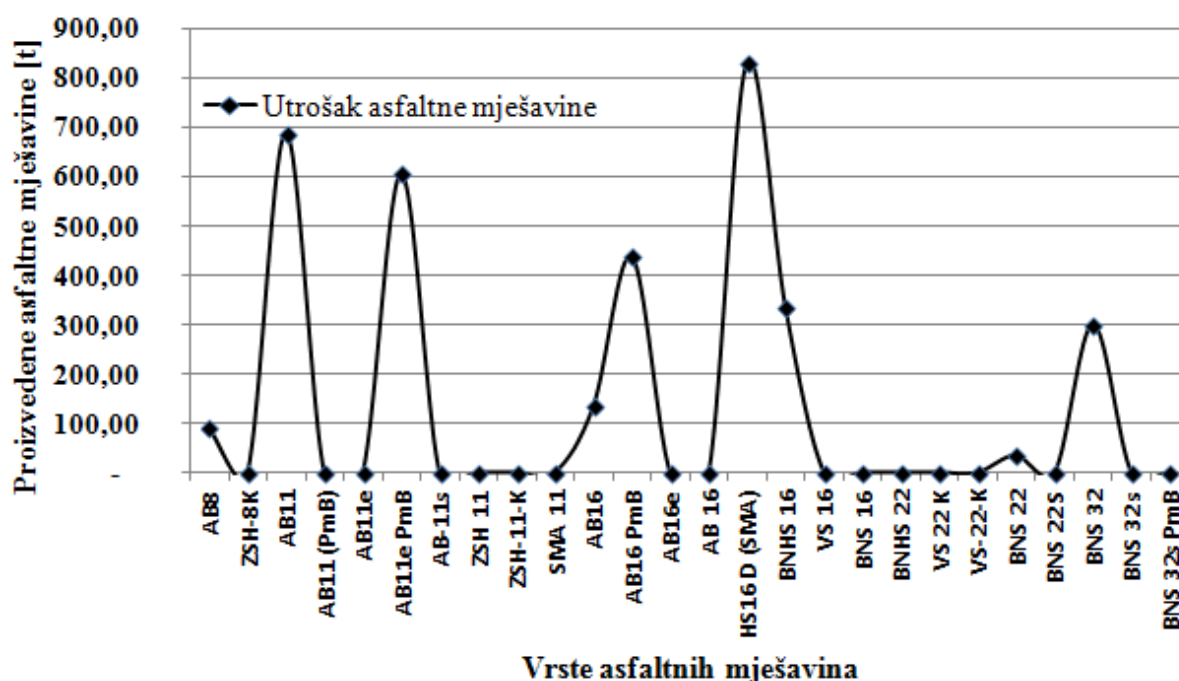
Slika 96. Spremnici za bitumen – A.P. Orahovica (Gravia d.o.o.)

U postojećem ciklusu proizvodnje potrebno je konstantno grijati i održavati temperaturu uskladištenoga bitumena. Temperatura uskladištenoga bitumena zavisi od vrste, a kreće se od 155 do 180°C. Jedan od problem u radu asfaltnoga postrojenja jest što je potrebno konstantno trošiti energiju za postizanje i održavanje radne temperature bitumena u spremnicima. Tijekom toga potrebno je težiti ostvarivanju što bolje iskoristivosti asfaltnoga postrojenja.

Ukoliko se događaju prekidi u proizvodnji, dolazi do nepotrebnoga gubitka energije na grijanje bitumena. Potrebno je obratiti pozornost na sljedeće:

- prilagodba proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina s nabavom i skladištenjem bitumena;
- „lokalna“ proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina mora biti što bliže optimalnom kapacitetu proizvodnje.

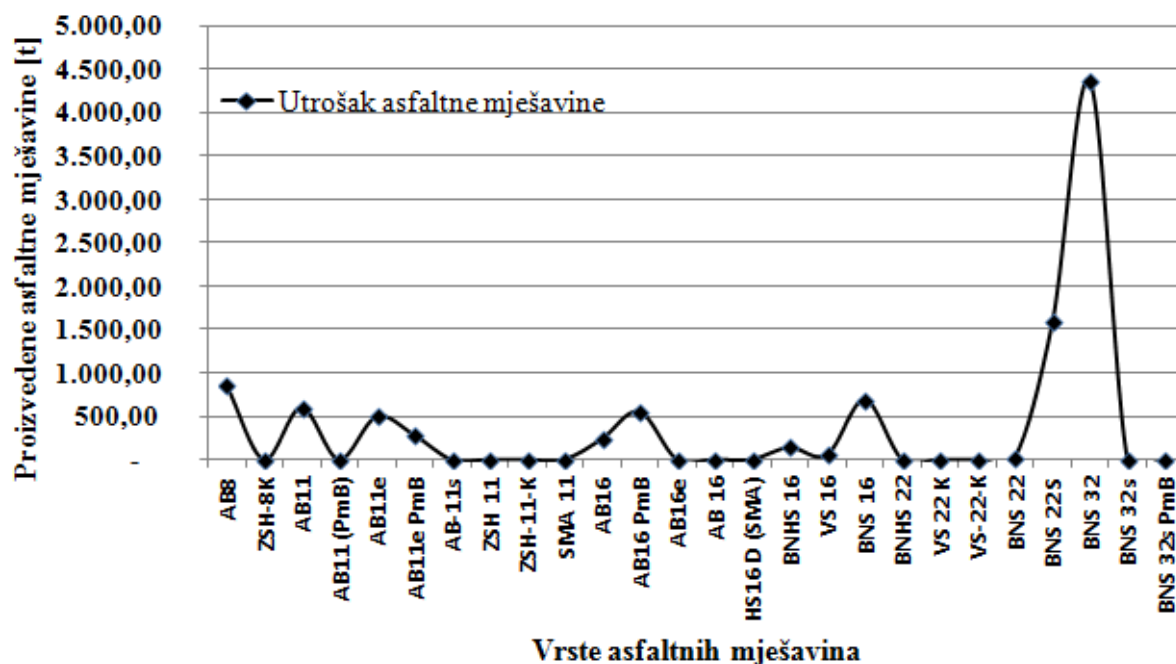
U daljnjem radu prikazana je proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina na postrojenjima u Lužanima, Orahovici i Nemetinu. Proizvodnja je iskazana na mjesečnoj bazi podijeljena po proizvedenim vrstama asfalta. Proizvodnja asfaltnih mješavina je interesantna radi određivanja postojeće dinamike rada. Optimalni dnevni kapacitet proizvodnje asfaltnih mješavina dobiven je umnoškom desetsatnog radnog vremena i proizvodnog kapaciteta. S obzirom da je asfaltno postrojenje u Lužanima staro i dotrajalo usvaja se proizvodni satni kapacitet od 100 t/h (nazivni kapacitet je 150 t/h)⁷⁷.



Slika 97. Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, travanj 2007. godine

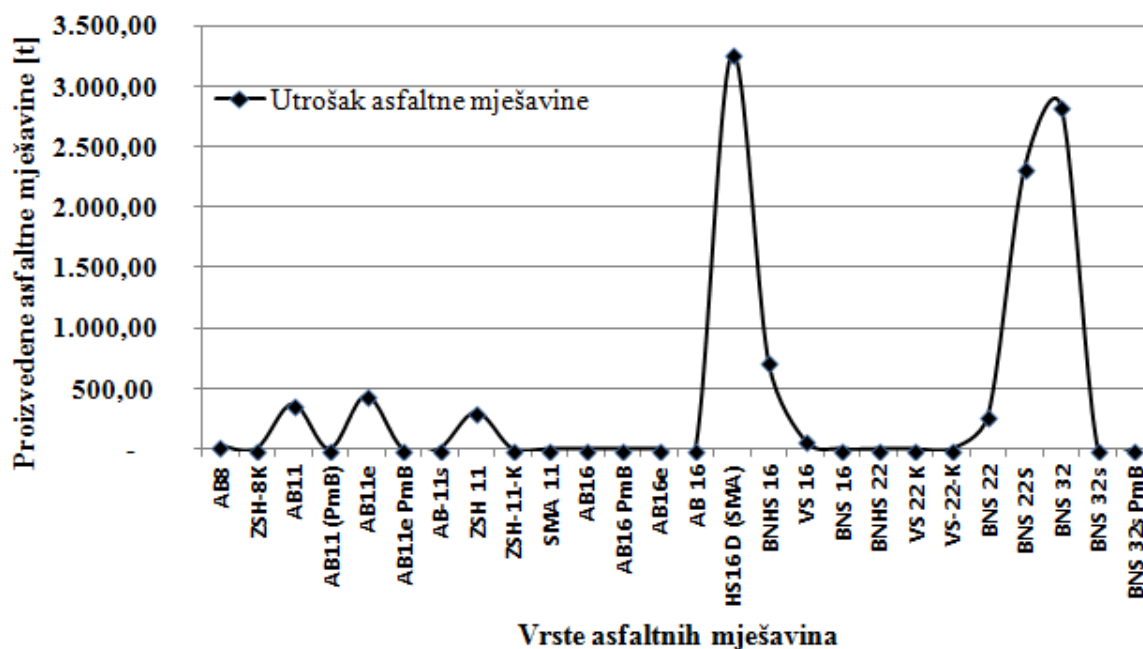
Iz slike 97. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 3457,48 t asfaltnih mješavina pri čemu je 832,04 t asfaltnih mješavina HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 14,41% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).

⁷⁷ Umnoškom desetsatnog radnog vremena i proizvodnog kapaciteta od 100 t/h dobije se 1000 t/dan.



Slika 98. Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, svibanj 2007. godine

Iz slike 98. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 9895,26 t asfaltne mješavine pri čemu je 4371,64 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 41,23% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



Slika 99. Proizvedene asfaltne mješavine – Lužani, lipanj 2007. godine

Na slikama 100.–183. (Prilozi) iskazane su mjesečne proizvodnje asfaltnih mješavina na trima asfaltnim postrojenjima od 2007. do 2009. godine. Vidljive su nedostatne iskoristivosti u određenim intervalima, uslijed čega dolazi do povećanih troškova potrošnje energije.

Prilikom rada asfaltnoga postrojenja potrebno je konstantno dogrijavati uskladišteni bitumen u cisternama. Ukoliko dolazi do dužega prekida u radu postrojenja, stvaraju se gubitci tijekom konstantnoga grijanja bitumena i potrošnje nafte prilikom rada. Potrebno je obratiti pozornost na sljedeće:

- iskorištenost kapaciteta asfaltnoga postrojenja mora biti što viša (ukoliko ima razdoblja da postrojenje ne proizvodi asfaltne mješavine, svakako je potrebno grijati uskladišteni bitumen);
- potrebno je uskladiti nabavu bitumena i stvarnih potreba s obzirom na planiranu proizvodnju;
- vremenski planovi moraju biti što precizniji i izrađeni na što kraće vremenske intervale (vrlo rijetko se to i ostvaruje).

Iz prethodno iskazane proizvodnje asfaltnih mješavina po postrojenjima, na mjesečnoj bazi, jasno je vidljivo:

- da proizvodnja više asfaltnih mješavina u jednom danu dovodi do slabijeg proizvodnoga kapaciteta samoga asfaltnog postrojenja.

Ukoliko dolazi do dužega prekida u radu asfaltnoga postrojenja, u nekim slučajevima potrebno je čak i do tri dana grijanja da se temperatura uskladištenoga bitumena podigne na radnu (iskustveni podatci). Sve, naravno, ovisi i o vanjskim vremenskim uvjetima. Da bi se smanjila potrošnja energenata na kritičnom mjestu, vezanom za skladištenje bitumena, potrebno je posvetiti pozornost sljedećem:

- proizvodnju asfaltnih mješavina što više povezati, smanjiti moguće prekide te nastojati ostvariti kontinuitet u radu;
- ne pokretati proizvodnju na asfaltnom postrojenju zbog zanemarive potrebe za asfaltnim mješavinama (vrlo skupa proizvodnja);
- uskladiti potrebe za bitumenom s nabavom (težiti da se što kraće vrijeme skladišti bitumen na postrojenju).

4.4. Dimnjak za ispušne plinove K.M. - D

Ispušni plinovi na asfaltnom postrojenju pojavljuju se uslijed sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine, u rotacijskom bubnju.

Sastav i količina ispušnih plinova u jedinici vremena zavisi o:

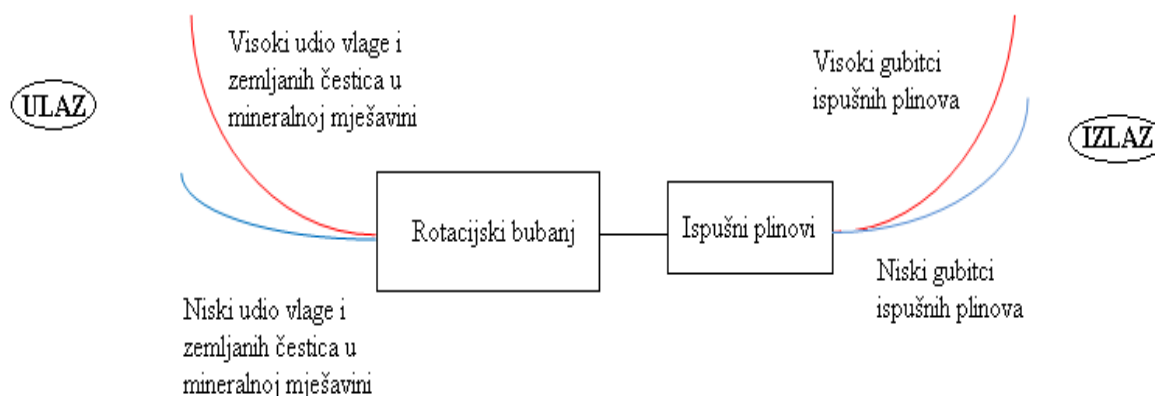
- energenta koji se koristi za izgaranje;
- kvaliteti izgaranja;
- kvaliteti korištene mineralne mješavine.

Kao što je navedeno u točki 4.3., u ovog poglavlja, pod kvalitetom korištenog kamenog agregata podrazumijeva se udio vlažnosti i zemljanih čestica u mineralnoj mješavini. Uslijed izgaranja korištenog energenta oslobađa se znatna količina toplinske energije koja djeluje na:

- zagrijavanje mineralne mješavine koja se koristi u daljnjoj proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina;
- zagrijavanje zemljanih čestica koje se uklanjaju uslijed otprašivanja;
- zagrijavanje i isparavanje vlage koja se nalazi u sastavu korištene mineralne mješavine.

Radom usisnog ventilatora (ekshaustora) kroz ispušne cijevi odvodi se vodena para i zagrijane zemljane čestice od kojih se dio koristi kao povratno punilo.

Na slici 184. prikazana je zavisnost kvalitete ulazne mineralne mješavine i količine ispušnih plinova.



Slika 184. Zavisnost kvalitete mineralne mješavine i količine ispušnih plinova

Na slici 184. vidljivo je da se uslijed korištenja mineralne mješavine koja u svom sastavu sadrži velike količine vlage i zemljanih čestica povećavaju i gubitci u uloženoj energiji.

Gubitci u uloženoj toplinskoj energiji nastaju uslijed sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine, u rotacijskom bubnju.

Oprema za smanjenje negativnoga utjecaja ispušnih plinova sastoji se od suhih ciklona, vrećastih filtera i dimnjaka. Dimni plinovi s kamenom prašinom odlaze u uređaj za otprašivanje. Uređaj za otprašivanje sastoji se od suhih ciklona, baterije vrećastih filtera, ventilatora, dimnjaka, kompresora za otresanje vreća i pužnoga transportera. Iz ciklona krupnija prašina miješa se s osušenim agregatom i pužnim se transporterom prebacuje u uređaj za miješanje, a fina prašina (kamenno brašno) iz vrećastog filtera u uređaj za opskrbu mineralnom sirovinom.

Ispušni plinovi, koji prolaze kroz vrećasti filter, ventilatorom se transportiraju u dimnjak.

U tablici 23. prikazan je mogući sastav ispušnih plinova u zavisnosti od kvalitete korištene mineralne mješavine i izgaranja energenta.

Tablica 23. Sastav ispušnih plinova [156]

Sadržaj ispušnih plinova	Porijeklo
Crni dim	Prisustvo čađe i neizgorjelih dijelova u plinu
Izbacivanje vodene pare	Voda u kamenom agregatu
Izbacivanje CO i CO ₂	Loše izgaranje
Izbacivanje SO ₂ i SO ₃	Sumpor u gorivu
Izbacivanje NO i NO ₂	Otvoreni plamen

Kao kritično mjesto u proizvodnji asfaltnih mješavina, proces ispuštanja ispušnih plinova, određen je iz razloga što tijekom ovog procesa dolazi do pojave znatne količine potencijalne energije koja bi se mogla iskoristiti za predgrijavanje deponiranih kamenih frakcija ili drugo. Ispušni plinovi u svojem sastavu sadrže vodenu paru, kao i visoku izlaznu temperaturu. U ovom radu nisu se vršila posebna ispitivanja iskorištavanja energije ispušnih plinova za podizanjem temperature deponiranih kamenih frakcija. Sva ispitivanja temeljila su se na određivanju ušteda u utrošku energije u različitim vremenskim uvjetima proizvodnje asfaltnih mješavina.

Potencijal, koji se pojavljuje tijekom proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina, velik, je ukoliko se uzme u obzir da postoji velika količina neiskorištene energije, nastale zagrijavanjem mineralne mješavine koja se ispušta u okolni zrak u obliku ispušnih plinova.

Određivanje kritičnih mjesta vršeno je s obzirom na ulaznu kvalitetu korištene mineralne mješavine i diskontinuiranu proizvodnju. Kritična mjesta na asfaltnim postrojenjima cikličnog tipa su:

- preddozatori;
- rotacijski bubanj;
- spremnici za uskladišteni bitumen;
- dimnjak za ispušne plinove.

Korištena mineralna mješavina u svom sastavu sadrži vlagu i zemljane čestice te značajno uvjetuje potrebu za toplinskom energijom u rotacijskom bubnju. Ukoliko je veći udio vlage i zemljanih čestica u mineralnoj mješavini, prilikom sušenja i zagrijavanja kamene smjese u rotacijskom bubnju dolazi do pojave velikih gubitaka uložene toplinske energije. Gubici uložene toplinske energije odvođeni se ispušnim kanalima u obliku ispušnih plinova. Smanjenjem udjela vlage i zemljanih čestica u ulaznoj mineralnoj mješavini rezultira i smanjenim toplinskim gubicima u rotacijskom bubnju.

Uslijed diskontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina dolazi do povećanog utroška energije tijekom dogrijavanja i održavanja temperature uskladištenog bitumena. Osim toga nedostatna iskoristivost asfaltnog postrojenja i prekidi u proizvodnji uzrokuju gubitke u materijalu i energiji uslijed hlađenja postrojenja.

Poboljšanjem kvalitete ulazne mineralne mješavine i ostvarivanjem kontinuiteta u proizvodnje asfaltnih mješavina dovodi do smanjene potrebe za uloženom energijom. Također gubici energije koji se pojavljuju u obliku ispušnih plinova predstavljaju energetski potencijal koji se može iskoristiti u daljnjoj proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.

Težnje za ostvarivanjem povezivanja ulazne kvalitete korištene mineralne mješavine i gubitaka energije koji se pojavljuju u obliku ispušnih plinova rezultirat će većom iskoristivosti proizvodnog procesa proizvodnje asfaltnih mješavina i nižim utroškom energije.

5. Model optimalizacije utroška energije u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina

Proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina odvija se tijekom većeg dijela godine. Usljed toga evidentan je utjecaj vanjske temperature zraka i količina padalina na utrošak energije potrebne za odvijanje procesa sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine. U poglavlju 4. definirana su moguća kritična mjesta u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina i parametri kvalitete ulazne mineralne mješavine te njihov utjecaj na potrebu za toplinskom energijom.

Optimalizacija utroška energenata u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine podrazumijeva smanjenje utroška energije pri ostvarivanju jednakih ili većih proizvodnih učinaka.

Prije izrade modela optimalizacije utroška energenata pretpostavilo se da bi se predgrijavanjem mineralne mješavine ostvarilo:

- smanjenje udjela vlage u mineralnoj mješavini;
- zagrijavanje mineralne mješavine na temperaturu višu no što je vanjska temperatura zraka na deponiji kamenih frakcija.

Zagrijanoj mineralnoj mješavini povećava se kinetička energija čestice tvari čime se omogućuje ubrzano hlapljenje vode pri nižim temperaturama od vrelišta. Porastom temperature mineralne mješavine dolazi do većeg isparavanja vlage koja se nalazi u sastavu kamene sitneži. Kako bi se postavljena teza mogla provjeriti, bilo bi potrebno koristiti zagrijanu mineralnu mješavinu u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina, a što u danas primjenjivanim tehnologijama proizvodnje nije bilo moguće. Stoga se teza dokazivala praćenjem proizvodnje u različitim vremenskim uvjetima, s visokim i niskim temperaturama zraka, kao i u vlažnim i sušnim godišnjim periodima.

U nastavku rada analizirat će se izvršena svakodnevna laboratorijska ispitivanja udjela vlage i temperature u uzorcima mineralnih mješavina korištenih u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina, te utroška energije u rotacijskom bubnju.

5.1. Eksperimentalni dio

Ispitivanja su izvedena u razdoblju od 23.05.2012.–20.11.2012. godine na asfaltnom postrojenju u Nemetinu. U 134 proizvodna dana ukupno je proizvedeno 72 366,50 t asfaltne mješavine, od kojih je 32 090,50 t asfaltne mješavine za habajuće slojeve kolničke konstrukcije, 11 117,00 t asfaltne mješavine za vezne slojeve kolničke konstrukcije i 29 159,00 t asfaltne mješavine za nosive slojeve kolničke konstrukcije. Laboratorijski su ispitana

249 uzorka mineralne mješavine na udio vlage prema normi HRN EN 1097-5 [32] i temperaturu mineralne mješavine.

Uzorci mineralne mješavine uzorkovani su prije ulaska u rotacijski bubanj na pokretnoj kosoj traci, kao što je i prikazano slikom 185.



Slika 185. Uzorkovanje mineralne mješavine

Na slici 186. prikazan je obrazac za svakodnevno uzorkovanje koji je korišten pri izvođenju ispitivanja.

	PRIRODNI PLIN		
DATUM	POČETNO STANJE	ZAVRŠNO STANJE	RAZLIKA
2012 - 11 - 10	3093349	3097199	3850
ASFALTNE MJEŠAVINE:			
VRSTA	KOLIČINA (t)	VLAŽNOST AGREGATA	TEMPERATURA AGREGATA
AB 16	314	2,74%	8°C
AB 11	60	3,25%	9°C
AB 8	26	-	-

Slika 186. Obrazac za uzorkovanje mineralne mješavine

Uzorkovanje i ispitivanje mineralne mješavine vršeno je za preko 90% dnevne proizvodnje asfaltnih mješavina⁷⁸.

Zadani sastav proizvedenih asfaltnih mješavina (Radni sastav)

U tablici 24. iskazani su zadani radni sastavi proizvedenih vrućih asfaltnih mješavina, ispitanih i analiziranih u ovom ispitivanju. Sastav proizvedenih asfaltnih mješavina definiran je radnim sastavima za asfaltno postrojenje u Nemetinu [157-167].

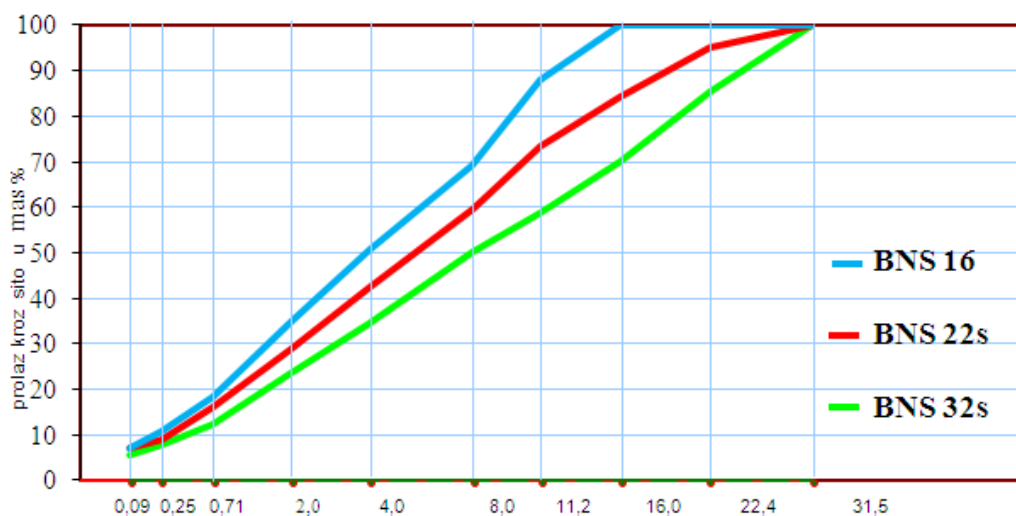
Tablica 24. Radni sastavi asfaltnih mješavina

			Otvor sita (mm) %										Udio bitumena (%)
			0,09	0,25	0,71	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	
Asfaltne mješavine	Nosive m.	BNS32s	5,77	7,83	12,3	23,67	34,33	50,27	58,9	70,2	85,33	100	3,78
		BNS22s	7,0	9,1	16,1	28,7	42,3	59,6	73,4	84,4	95,0	100	4,1
		BNS16	7,1	11,0	18,5	34,9	50,4	69,4	87,9	100	100	100	4,5
	Habajuće m. (uključujući ZSH i BNHS)	AB8	8,7	13,5	22,0	40,9	65,0	98,8	100	100	100	100	6,0
		AB11	7,4	10,8	20,0	39,8	58,6	81,9	99,5	100	100	100	5,5
		AB16	6,8	9,1	15,1	31,0	47,0	63,8	80,1	98,4	100	100	5,0
		BNHS22A	7,71	11,85	17,56	31,22	44,76	64,19	77,37	90,87	97,37	100	4,77
		AB11e	6,8	11,4	22,1	36,2	51,6	79,8	98,4	100	100	100	5,4
		BNHS16	6,9	10,3	16,3	32,1	48,6	66,0	84,8	99,1	100	100	5,3
		ZSH11K	6,9	11,1	18,4	33,9	50,1	76,9	98,8	100	100	100	5,0
	Vezne m.	Vs22K	6,6	9,6	14,2	23,7	33,4	51,5	67,0	84,8	92,1	100	4,1

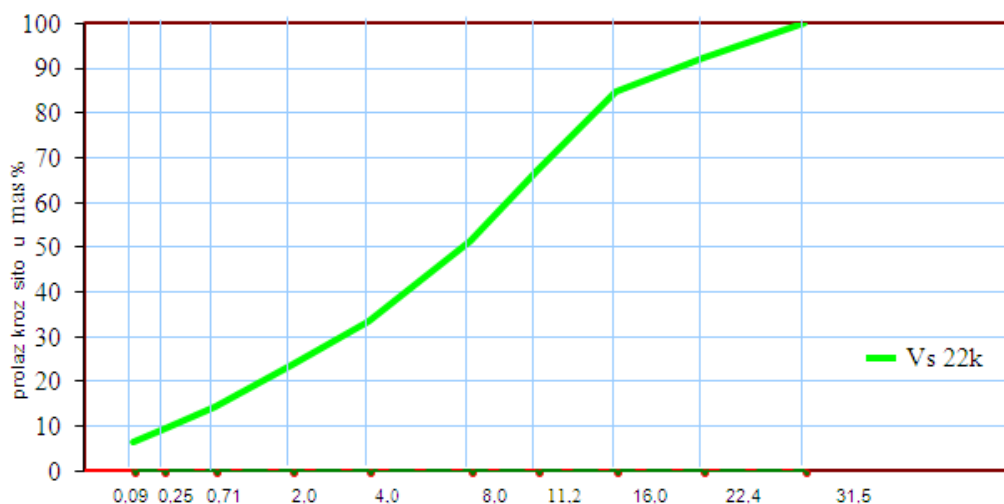
Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina koje se koriste za ugradnju u habajuće slojeve i zaštitne slojeve hidroizolacije (ZSH i AB) sadrže veći udio kamene frakcije granulacije 0/4 i 0/2 mm u svom udjelu, u odnosu na asfaltne mješavine namijenjene ugradnji u nosive slojeve (BNS).

⁷⁸ Prilikom ispitivanja korištene mineralne mješavine, tijekom proizvodnog dana, nisu ispitivane količine koje se kreću oko 5% od sveukupne dnevne proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina. Pretežito se takva proizvodnja vrši pri početku ili kraju radnog dana u vrlo kratkom vremenskom intervalu (nije sklona oscilacijama u temperaturama i udjelu vlage, u odnosu na ispitane uzorke).

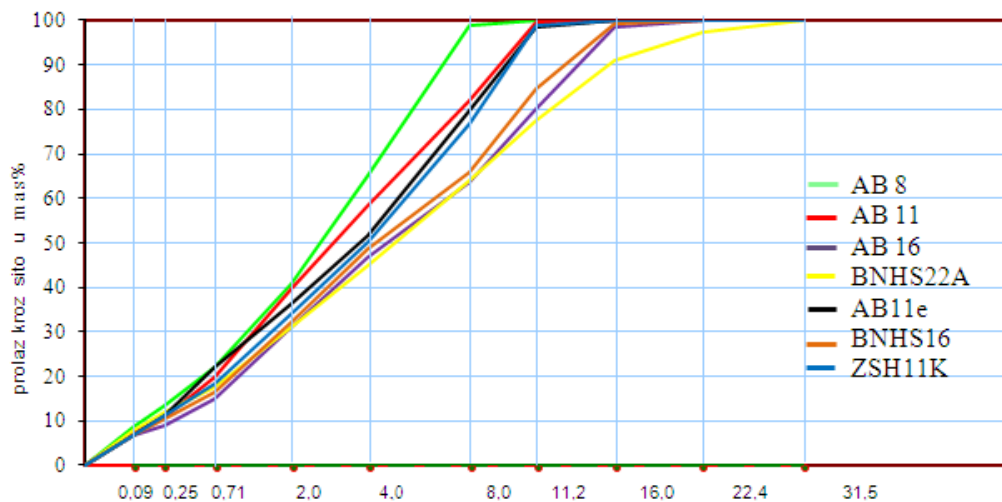
Na slikama od 187.–189. grafički su prikazane projektirane asfaltne mješavine podijeljene u grupe prema slojevima kolničke konstrukcije u koji se ugrađuju (nosivi, vezni i habajući slojevi).



Slika 187. Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina za nosive slojeve

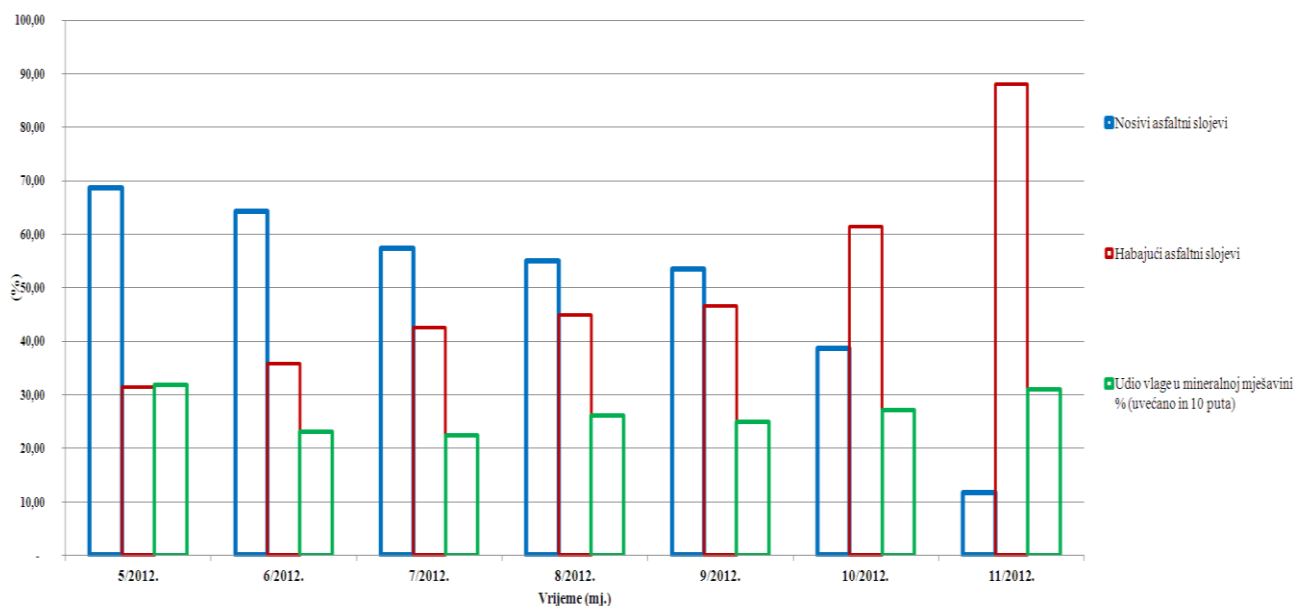


Slika 188. Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina za vezne slojeve



Slika 189. Granulometrijski sastav asfaltnih mješavina za habajuće slojeve

Na slici 190. prikazan je odnos proizvedenih asfaltnih mješavina po slojevima kolničke konstrukcije u koji se ugrađuje i udjela vlage u mineralnoj mješavini (tablica 25., Prilozi).



Slika 190. Odnos proizvedenih asfaltnih mješavina i vlažnosti mineralne mješavine

Projektiranje asfaltnih mješavina ima za cilj osim ostvarivanja traženih fizikalno mehaničkih svojstava i smanjenje gubitaka u grijanoj mineralnoj mješavini. Gubitci u mineralnoj mješavini u okviru ove disertacije nisu analizirani zbog zatvorenog ciklusa proizvodnje na samom postrojenju⁷⁹. Također se u praćenju potrošnje energije nije uzelo u obzir nešto više zagrijavanje asfaltne mješavine sa polimerom modificiranim bitumenom ($>10^{\circ}\text{C}$) u odnosu na asfaltne mješavine sa običnim cestograđevnim bitumenom BIT 50/70.

5.1.1. Iskorištenost proizvodnih kapaciteta

Utrošak energije u procesu proizvodnje asfaltnih mješavina ovisi o:

- iskorištenosti dnevnih proizvodnih kapaciteta u odnosu na optimalni kapacitet;
- zastojima u proizvodnji uzrokovanim mehaničkim kvarovima;
- zastojima uzrokovanim proizvodnjom više vrsta asfaltnih mješavina tijekom jednog proizvodnog dana;
- višednevnim prekidima u proizvodnji.

S obzirom da se u ovom radu analizira utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine, ne uzimaju se u obzir čimbenici potrošnje energije za grijanje i

⁷⁹ Gubitci mineralne mješavine rezultiraju nepotrebnom utrošku toplinske energije u procesu zagrijavanja i sušenja.

održavanje temperature uskladištenog bitumena. Povećanu potrošnju energije uzrokuju zastoji u dnevnoj proizvodnji jer utječu na hlađenje:

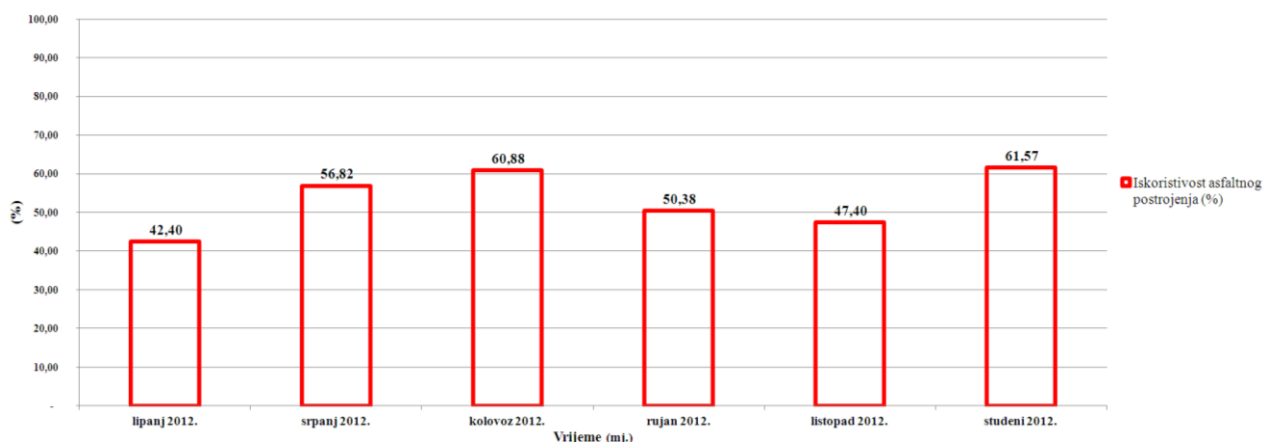
- rotacijskog bubnja;
- traka i elevatora mineralne mješavine;
- sita za vruće sijanje;
- mješalice.

Da bi se nakon svakog zastoja ostvarila optimalna temperatura asfaltnog postrojenja, potrebno je propustiti nekoliko šarži (u zavisnosti od trajanja zastoja) zagrijane mineralne mješavine bez dodavanja bitumena.

Dnevni prekidi u proizvodnji asfaltnih mješavina rezultiraju:

- povećanim utroškom energije za sušenje i zagrijavanje mineralne mješavine koja se ne koristi u proizvodnji asfaltnih mješavina;
- pojavom smanjenih radnih kapaciteta postrojenja;
- gubitkom dijela mineralne mješavine.

Na slici 191. prikazana je mjesečna iskorištenost proizvodnog kapaciteta asfaltnog postrojenja tijekom ispitivanja (tablica 26., Prilozi), a koja je izražena odnosom mjesečne proizvodnje asfaltnih mješavina i optimalne proizvodnje (24 radna dana $\times$ 1000 t/dan, u mjesecu studenom 14 radnih dana $\times$ 1000 t/dan).

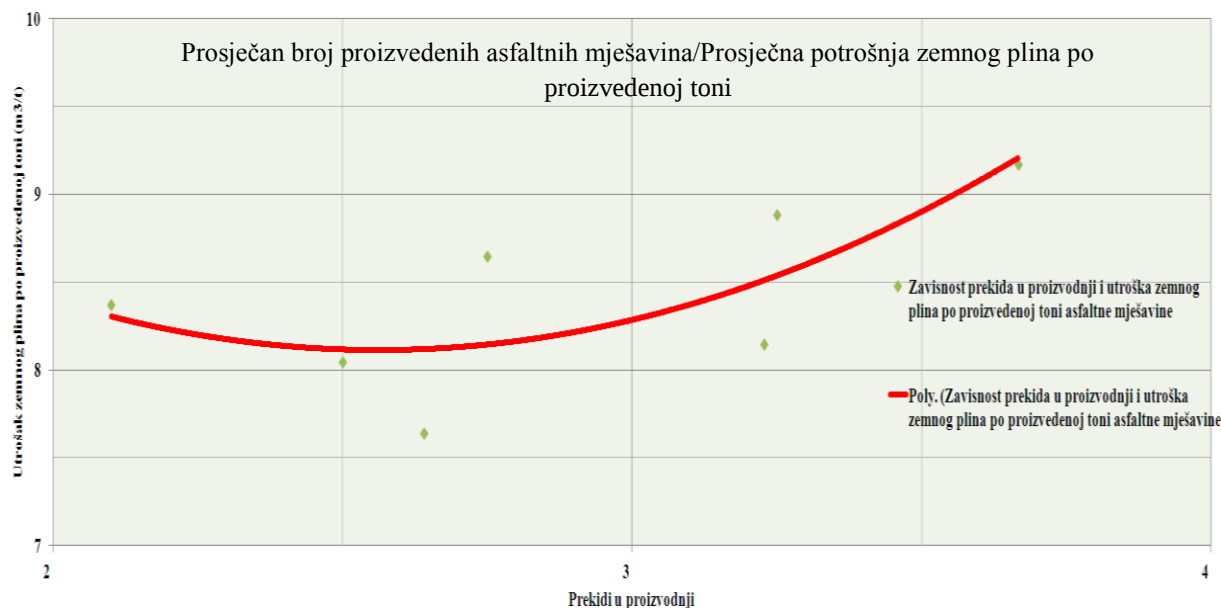


Slika 191. Iskoristivost asfaltnog postrojenja u periodu od lipanj - studeni 2012. g.

Na slici 191. prikazana je iskoristivost proizvodnih kapaciteta u promatranom razdoblju od 42,40–61,57%, kao i nedovoljna iskoristivost proizvodnog kapaciteta asfaltnog postrojenja u mjesecima lipnju, rujnu i listopadu (potrebna proizvodna iskoristivost >55%).

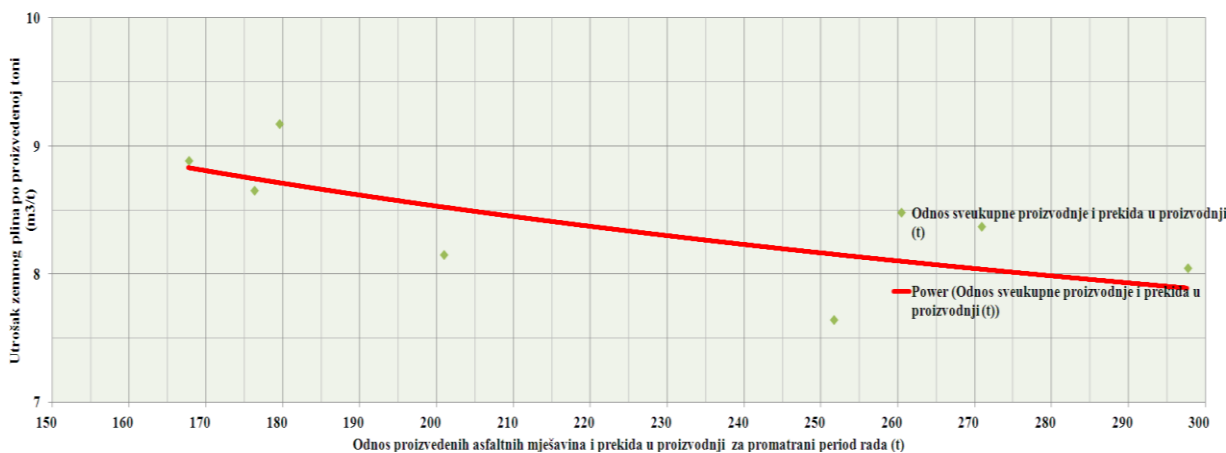
Da bi se orijentacijski odredili mogući prekidi tijekom proizvodnog dana usvojiti će se da su se prekidi pojavljivali uslijed proizvodnje većega broja asfaltnih mješavina. Broj prekida u proizvodnji dobiven je iz odnosa sveukupnog broja asfaltnih mješavina i broja radnih dana u

promatranom mjesecu. Utjecaj diskontinuirane proizvodnje na utrošak energije (tablica 27., Prilozi) prikazan je na slici 192.



Slika 192. Utjecaj prekida proizvodnje na utrošak energije u periodu svibanj - studeni 2012. g.

Slikom 192. prikazana je zavisnost mjesečnih prekida u proizvodnji i utroška energije po proizvedenoj toni asfaltnih mješavina. Vidljivo je da su prosječno na dnevnoj bazi proizvedene od 2 do 4 vrste asfaltnih mješavina (tablica 33., Prilozi). Ukoliko se zanemari utjecaj drugih čimbenika (vlaga, temperatura), na slici 192. vidljivo je da s porastom prekida u dnevnoj proizvodnji dolazi do povećanja utroška zemnog plina po proizvedenoj toni mješavine. Na slici 193. prikazana je zavisnost kontinuiteta proizvodnje i utroška zemnog plina po proizvedenoj toni vruće asfaltnih mješavina (tablica 28., Prilozi). Kontinuitet u proizvodnji dobiven je kao zbroj prosječnih vrijednosti odnosa sveukupne proizvodnje asfaltnih mješavina i broja mješavina za promatrano razdoblje.

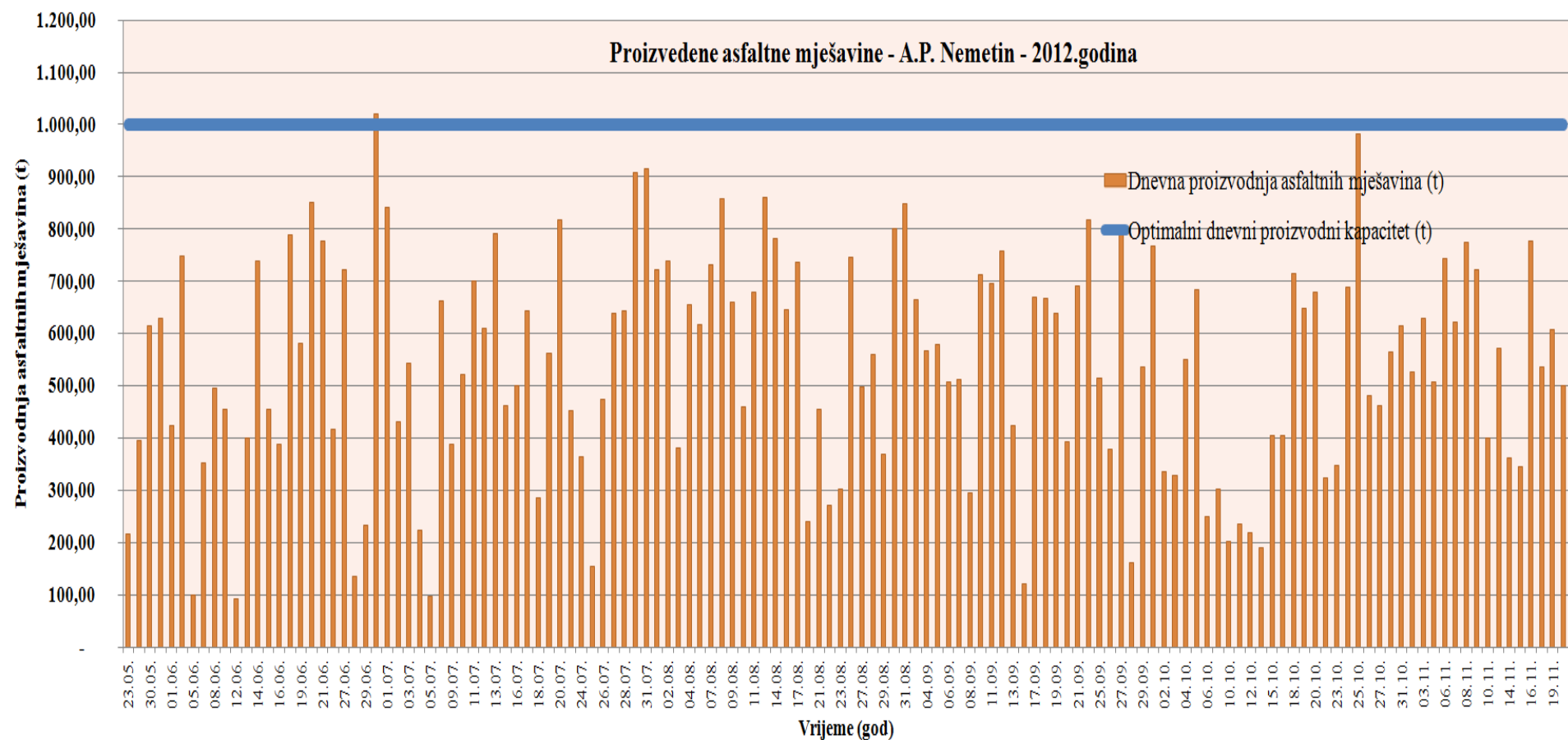


Slika 193. Odnos kontinuiteta proizvodnje i utroška energije

Slikom 193. iz iskazanog odnosa kontinuiteta proizvodnje i utroška energije vidljivo je da:

- smanjenjem broja mješavina tijekom proizvodnog dana (razdoblje) rezultira smanjenim utroškom energije;
- ostvarivanje kontinuirane proizvodnje rezultira optimalnim radom asfaltnog postrojenja.

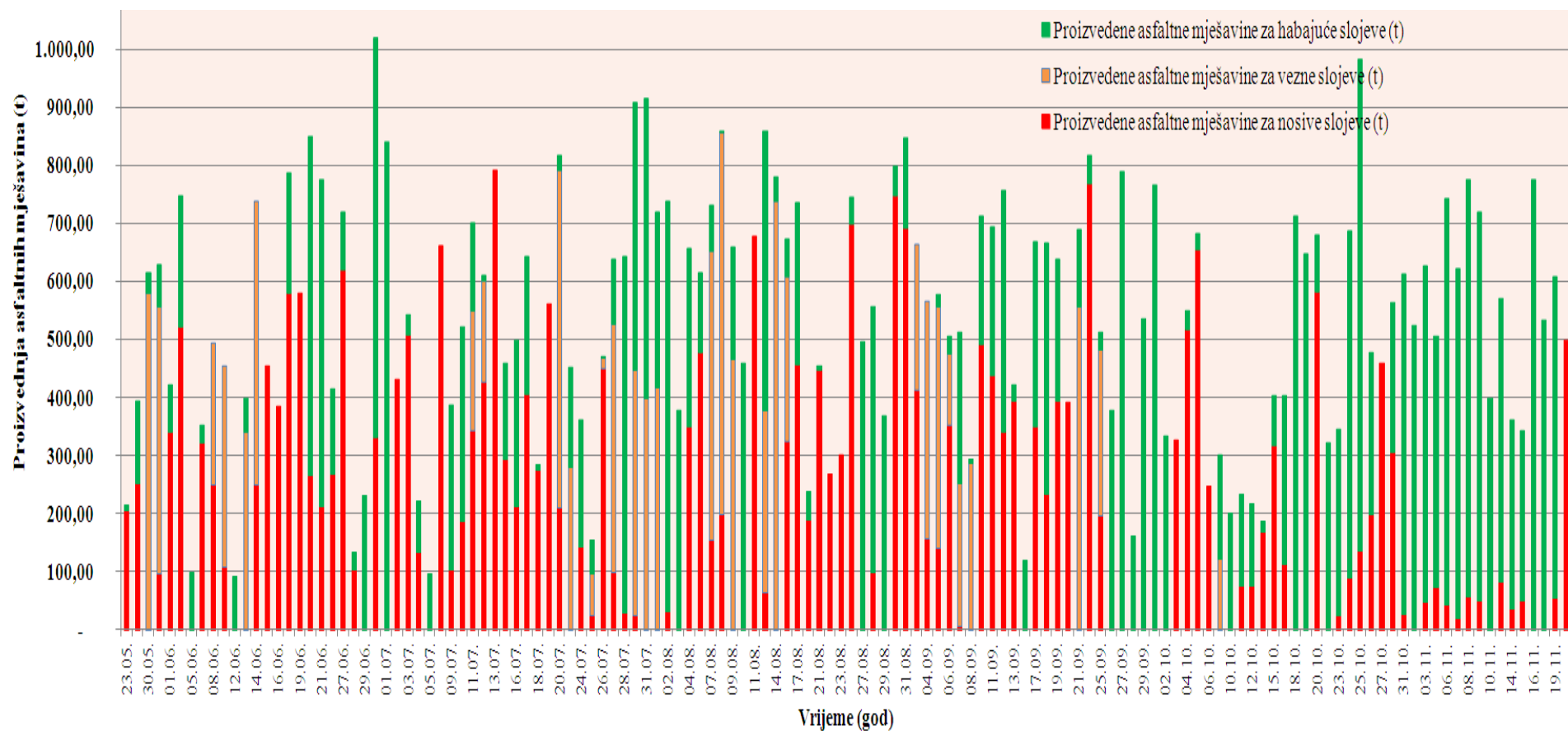
Slika 194. prikazuje dnevnu proizvodnju asfaltnih mješavina kroz promatrani period, pri čemu je optimalna dnevna proizvodnja određena umnoškom desetsatnog radnog vremena i proizvodnog satnog kapaciteta (100 t) vruće asfaltne mješavine (1000 t/dan).



Slika 194. Dnevna proizvodnja asfaltnih mješavina u periodu svibanj - studeni 2012. g.

Na slici 194. vidljivo je da proizvodnja asfaltnih mješavina varira kroz promatrani period te u dva navrata doseže optimalni proizvodni kapacitet, dok je prosječna vrijednost proizvodnje 54% (540 t/dan) od optimalne proizvodnje (1000 t/dan). Da bi se ostvarila veća proizvodna iskoristivost radnih kapaciteta, potrebno je smanjiti broj radnih dana, a dio proizvodnje planirati za period bolje iskoristivosti. Problem nedostatne iskoristivosti proizvodnih kapaciteta javlja se na većini asfaltnih postrojenja u Republici Hrvatskoj.

Na slici 195. prikazana je proizvodnja asfaltnih mješavina s obzirom na sloj kolničke konstrukcije u koji se ugrađuje.



Slika 195. Proizvodnja asfaltnih mješavina po slojevima kolničke konstrukcije u koji se ugrađuje, svibanj - studeni 2012. g.

Na slici 195. vidljivo je da proizvodnja asfaltnih mješavina, s obzirom na sloj kolničke konstrukcije u koji se ugrađuje, na dnevnoj bazi znatno oscilira. Proizvedeno je 40,29% asfaltnih mješavina za nosive slojeve, 15,36% za vezne i 44,34% za habajuće slojeve. U proizvodnji je potrebno težiti ostvarenju kontinuirane proizvodnje što manje vrsta asfaltnih mješavina tijekom jednog proizvodnog vremenskog segmenta.

Proizvodnja više vrsta asfaltnih mješavina dovodi do:

- zastoja uvjetovanog promjenama radne recepture;
- zastoja uvjetovanih punjenjem predozatora mineralnom mješavinom frakcija definiranih radnom recepturom;
- smanjenog radnog kapaciteta asfaltnog postrojenja uzrokovanog nekontinuiranim radom.

Navedeni zastoji uzrokovani dnevnom proizvodnjom više vrsta asfaltnih mješavina utječu na potrošnju energenata tijekom promatranog perioda.

5.1.2. Udio vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine

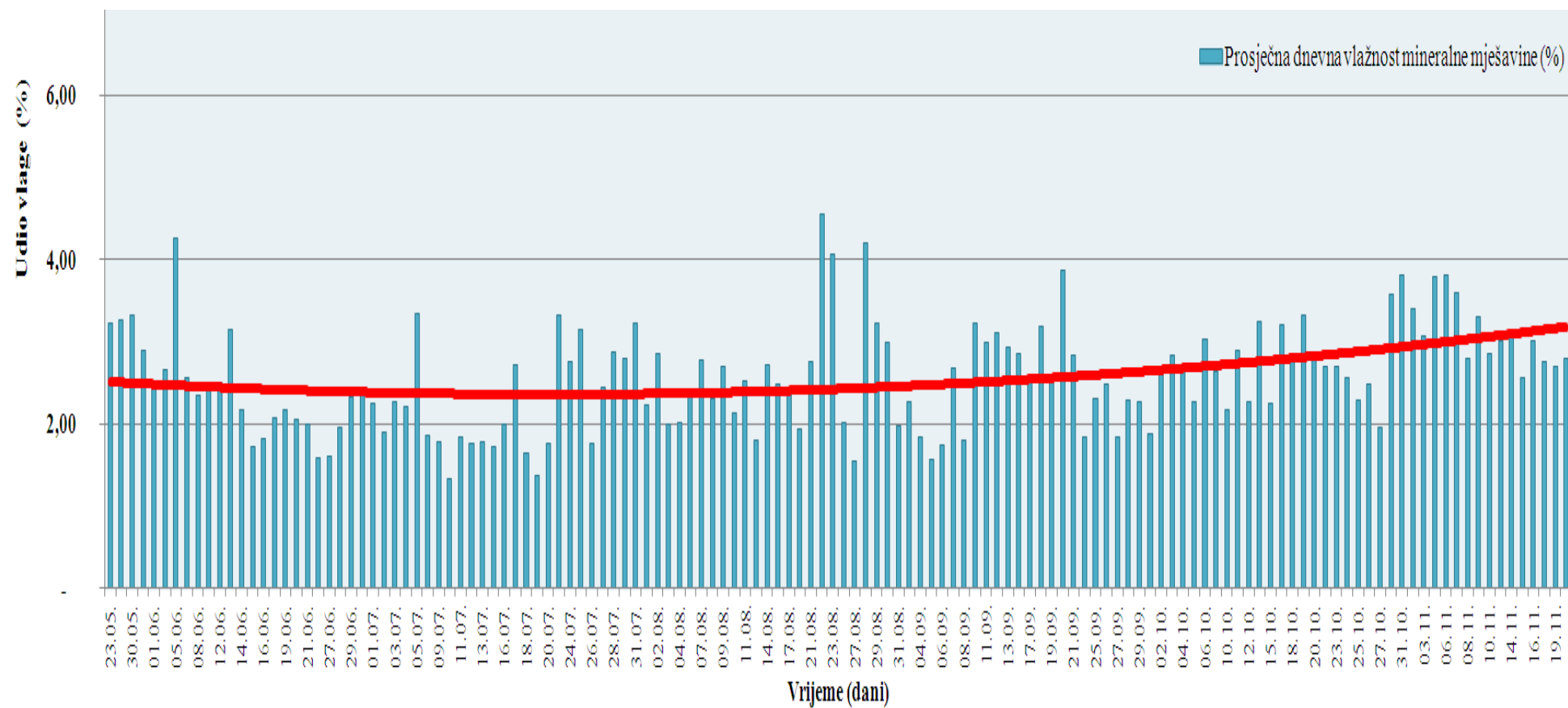
Kameni agregat, s obzirom na udio vlage, može biti:

- vlažan (veća od apsorpcije kamenog agregata);
- zasićen, površinski suh (jednaki udio vlage mogućoj apsorpciji);
- nezasićen, površinski suh (manji udio vlage od moguće apsorpcije);
- suhi agregat.

Udio vlage u mineralnoj mješavini ovisi o granulometrijskom sastavu, uvjetima deponiranja i vremenu odležavanja kamenih frakcija. U poglavlju 4. iskazane su vlažnosti u ispitanim uzorcima frakcija kamenog agregata (deponija) gdje je vidljivo da kamene frakcije granulacije 0/4 i 0/2 mm sadrže mnogostruko viši udio vlage u svom sastavu, u odnosu na kamene frakcije krupnijeg granulometrijskog sastava. Nerijetko se događa da mineralna mješavina sadrži visok udio vlage u svom sastavu nastao ispiranjem pri eksploataciji u kamenolomu. Taj se povećani udio vlage ne može procijediti odležavanjem na deponiji asfaltnog postrojenja jer se mineralna mješavina odmah koristi za proizvodnju asfaltnih mješavina (nedovoljno vrijeme odležavanja deponiranog materijala). Slijedom navedenog, slikom 196. (tablica 33.) prikazani su prosječni udjeli vlage u dnevno ispitivanim uzorcima mineralne mješavine. Izmjerene vlažnosti u ispitanim uzorcima ovise o:

- vrsti i broju proizvedenih asfaltnih mješavina;

- mjestu korištenja ili dijelu deponije iz kojeg je korištena mineralna mješavina za proizvodnju asfaltnih mješavina;
- vanjskim vremenskim uvjetima (količini padalina, vlažnosti zraka i vanjskoj temperaturi zraka).

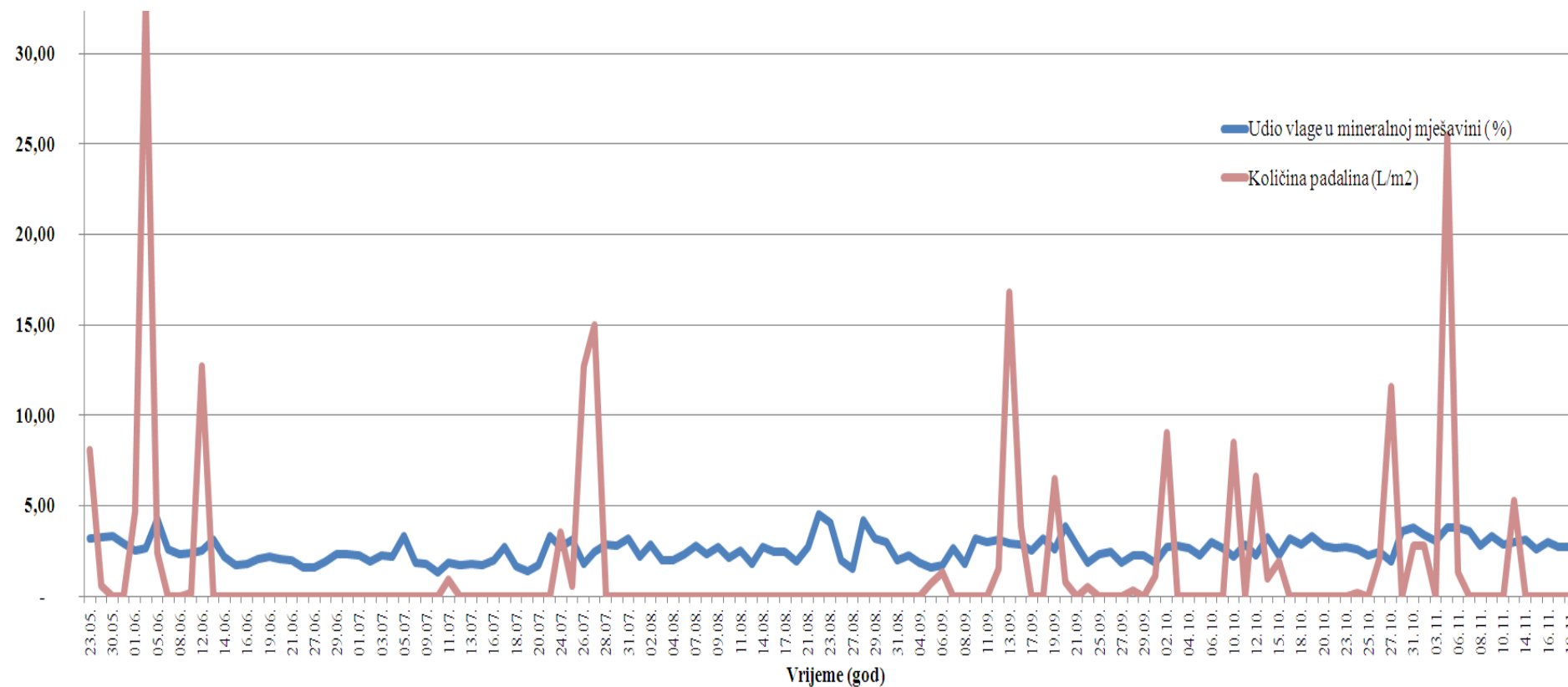


Slika 196. Prosječni udio vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine

Iz prikazane slike vidljivo je da se udio vlage povećava u početnom i završnom dijelu godine što je rezultat povećanja udjela vlage u deponiranoj mineralnoj mješavini uslijed njezine izloženosti većoj količini padalina. Pri tome ne treba zaboraviti da na predmetnom asfaltnom postrojenju deponije kamenih frakcija nisu uređene i natkrivene.

Udio vlage u uzorcima mineralne mješavine nije ujednačen, do oscilacija dolazi zbog razlike u granulometrijskom sastavu mineralne mješavine, vremenu odležavanja kamenih frakcija na deponiji i dijelu deponije iz koje se koristi mješavina. Kako donji slojevi deponija kamenih frakcija sadrže znatno viši udio vlage u svom sastavu zbog gravitacijskog procjeđivanja vode (slika 85.–poglavlje 4.), a naročito kod neuređenih i nenatkrivenih deponija, te konstatacija da je utovarnom stroju najlakše pristupiti kamenom materijalu smještenom u podnožje deponije (slika 85.–mjesto 4.), znatno utječu na iskazane oscilacije sadržaja vlage u ispitivanim uzorcima.

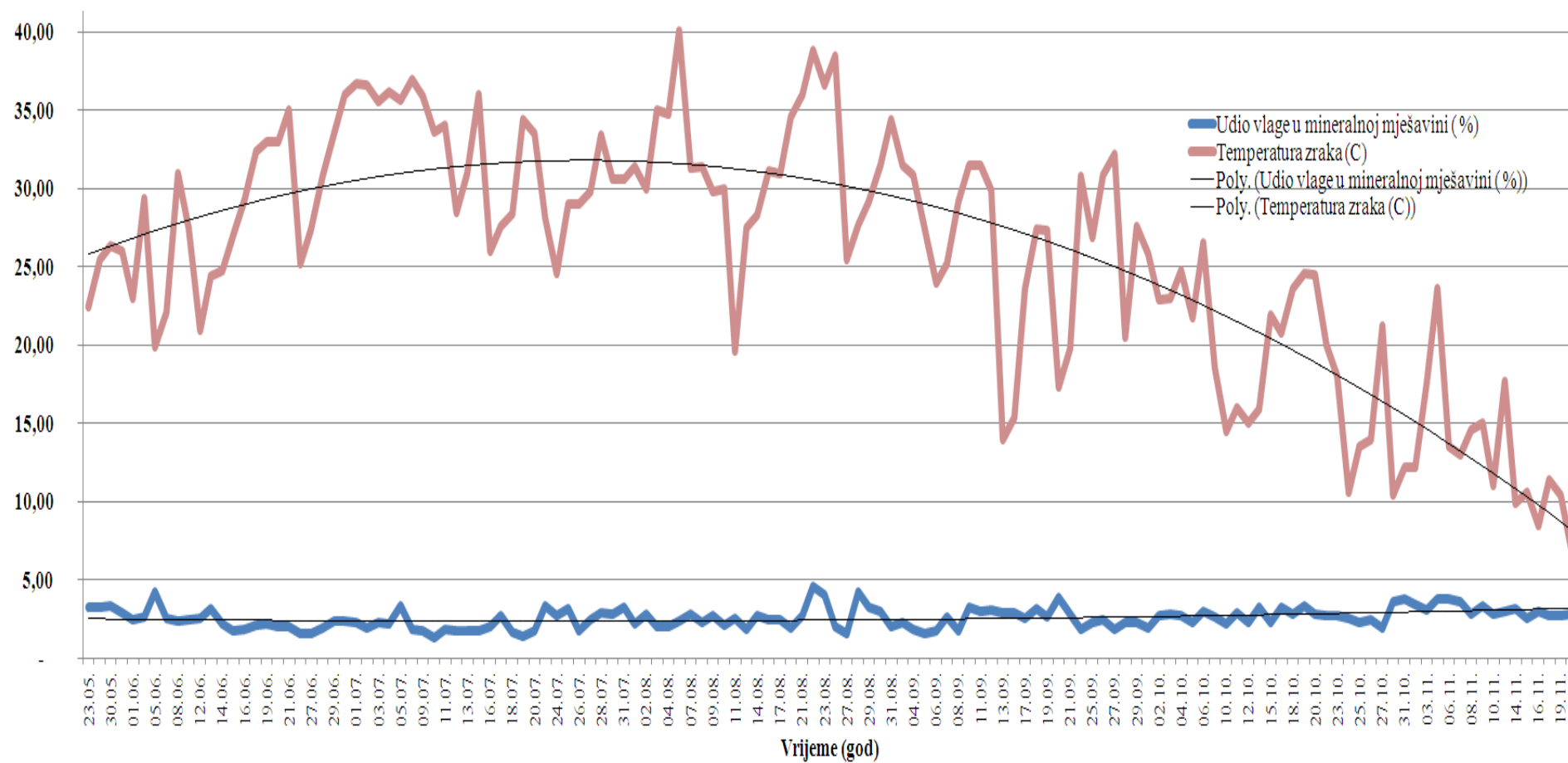
Na slici 197. iskazan je odnos maksimalnih dnevnih padalina i prosječnog dnevnog udjela vlage u mineralnoj mješavini u periodu provedbe ispitivanja. Podatci o količini padalina analizirani su sa mjerne stanice u Čepinu, Grad Osijek [168].



Slika 197. Odnos količina padalina i prosječnog udjela vlage u mineralnoj mješavini

Na slici 197. vidljivo je da u promatranom višemjesečnom razdoblju od 23.05.2012.–20.11.2012. godine nije bilo ekstremnog djelovanja oborina, niti su one značajnije utjecale na sadržaj vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine. Može se zaključiti da je dio vlažnosti u deponiranom materijalu uzrokovan procesom proizvodnje u kamenolomu iz kojega je mješavina dopremljena. Vrijeme odležavanja deponirane mineralne mješavine nije dovoljno dugo da se procijedi vlaga iz sastava mješavine što implicira da nije dovoljno natkriti deponirani kameni materijal na asfaltnom postrojenju. Potrebno je ostvariti i dovoljan dug period odležavanja materijala radi procjeđivanja vlage iz sastava kamena. Međutim, da bi se to moglo ostvariti, potrebno je deponirati velike količine kamenih sirovina, što bi izazvalo velike troškove skladištenja i nabave materijala.

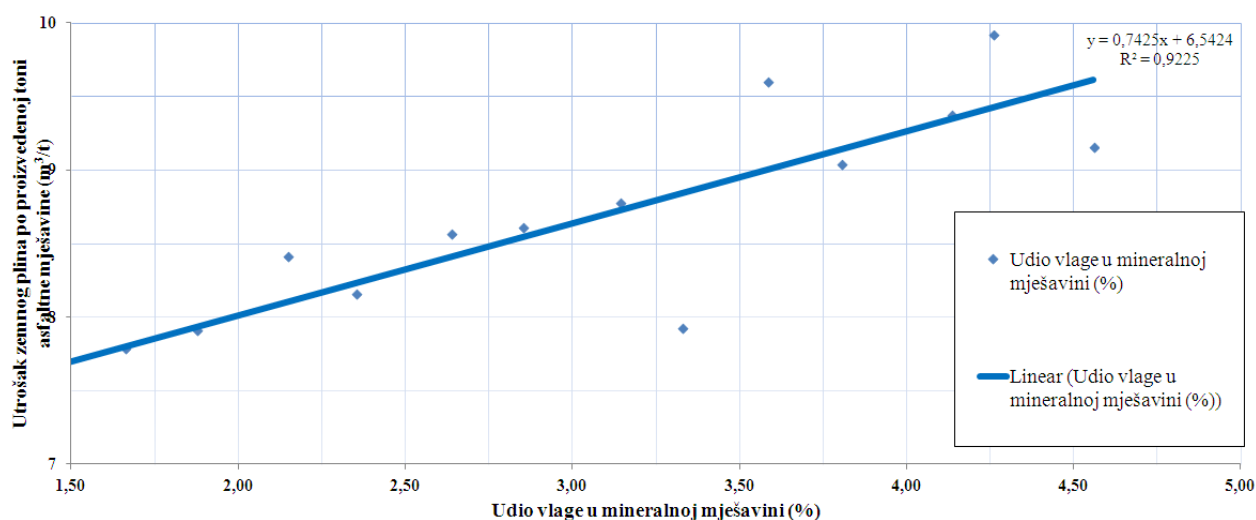
Da bi se analizirala zavisnost temperature zraka prilikom deponiranja i vlažnosti korištene mineralne mješavine, na slici 198. prikazan je varijabilni odnos dnevne vlažnosti agregata i maksimalne temperature zraka u promatranom periodu.



Slika 198. Odnos temperature zraka i udjela vlage u mineralnoj mješavini (A.P. Nemetin)

Vanjska temperatura zraka ne utječe značajno na udio vlage u korištenoj mineralnoj mješavini tijekom ispitivanja (kod standardnog režima rada). Najniža maksimalna temperatura zraka ostvarena je dana 20.11.2012. godine u iznosu od 7°C (izmjerena na postrojenju) a najviša dana 06.08.2012. godine u iznosu 40,10°C. Na slici je vidljivo da temperatura zraka ostvaruje tendenciju pada u početnom i završnom razdoblju ispitivanja dok udio vlage raste u istom periodu.

Na slici 199. prikazana je zavisnost udjela vlage i utroška zemnog plina tijekom ispitivanja (tablica 29., Prilozi)⁸².



Slika 199. Zavisnost udjela vlage i utroška zemnog plina

Linearna veza između vlažnosti mineralne mješavine i utroška energije po proizvedenoj toni je vrlo čvrsta, a koeficijent determinacije vrlo visok $R^2 = 0,9225$ što znači da se znatan dio podataka može matematički opisati odabranim modelom u ovom ispitivanju.

Iz prikazanog odnosa dobivena je matematička funkcija zavisnosti udjela vlage i utroška zemnog plina, ali pri tome nisu uzete u obzir različite temperature ispitane mineralne mješavine. Iz iskazane matematičke funkcije vidljivo je da povećanje udjela vlage od 1% u mineralnoj mješavini iziskuje dodatni utrošak zemnog plina u iznosu od 0,7425 m³/t, što je iznos od 11,35% od sveukupne energije potrebne za zagrijavanje mineralne mješavine. Vidljivo je da se za proces sušenja mineralne mješavine prosječno koristi 6,5424 m³/t zemnog plina tijekom ovog ispitivanja. Starost i dotrajalost rotacijskog bubnja rezultira visokim utroškom energije potrebne za zagrijavanje mineralne mješavine.

Iz iskazane zavisnosti može se zaključiti da vlažnost u mineralnoj mješavini, u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina ima presudan utjecaj na utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine.

⁸⁰ Udjeli vlage i utrošak zemnog plina dobiveni su iz prosječnih dnevnih vrijednosti tijekom promatranog perioda ispitivanja.

5.1.3. Temperatura ispitanih uzoraka mineralne mješavine

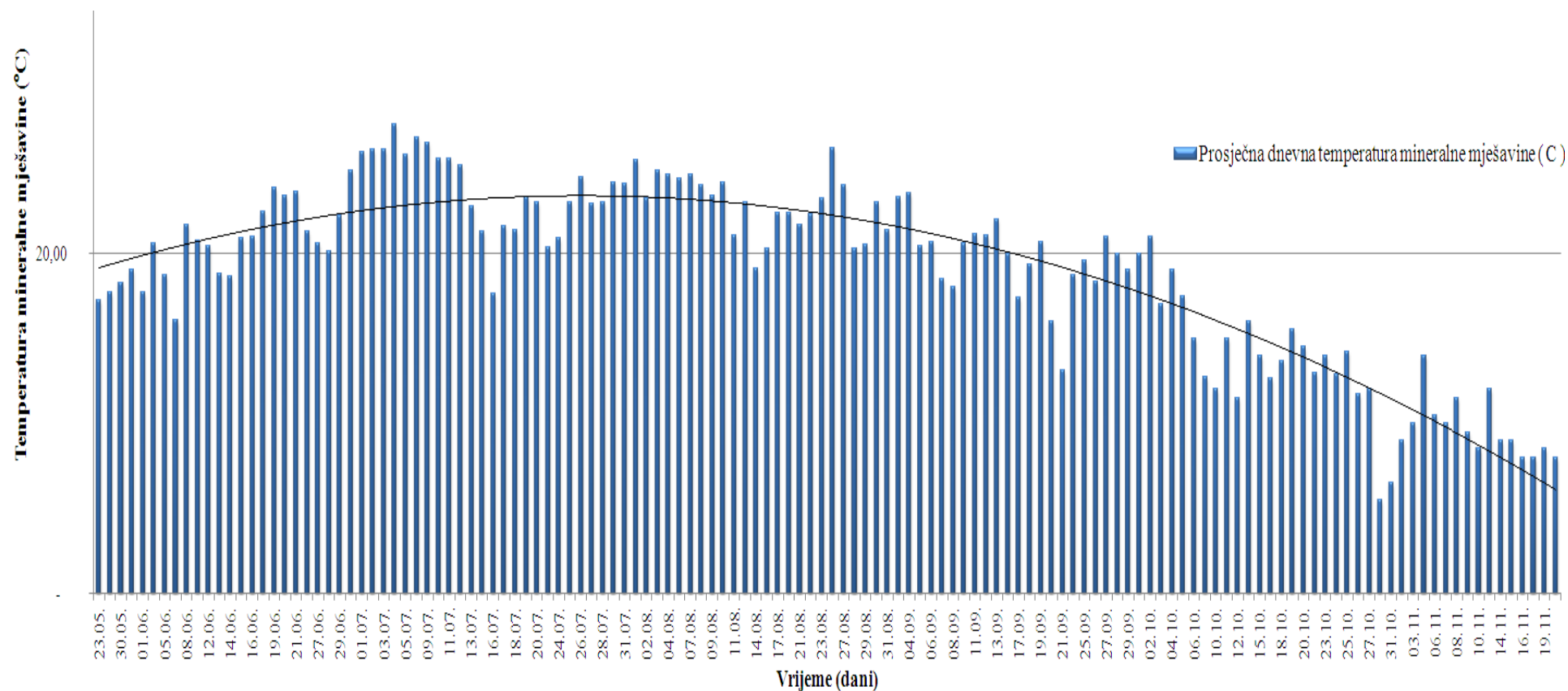
Temperatura mineralne mješavine koja se koristi u proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina predstavlja bitnu komponentu za utrošak energije u procesu zagrijavanja. Temperatura mineralne mješavine je fizikalna veličina kojom se mjeri odstupanje od toplinske ravnoteže.

Iskustvene pretpostavke su da je optimalni period rada asfaltnog postrojenja sa stajališta potrebe za energijom sljedeći:

- vremenski period godine sa temperaturama zraka preko 20 °C;
- sa vrlo malom količinom padalina (kiša, snijeg).

Asfaltno postrojenje ostvaruje najnižu potrebu za uloženom energijom po proizvedenoj toni asfaltna mješavine u ljetnom periodu, dok je najviša potreba za energijom u hladnom zimskom periodu.

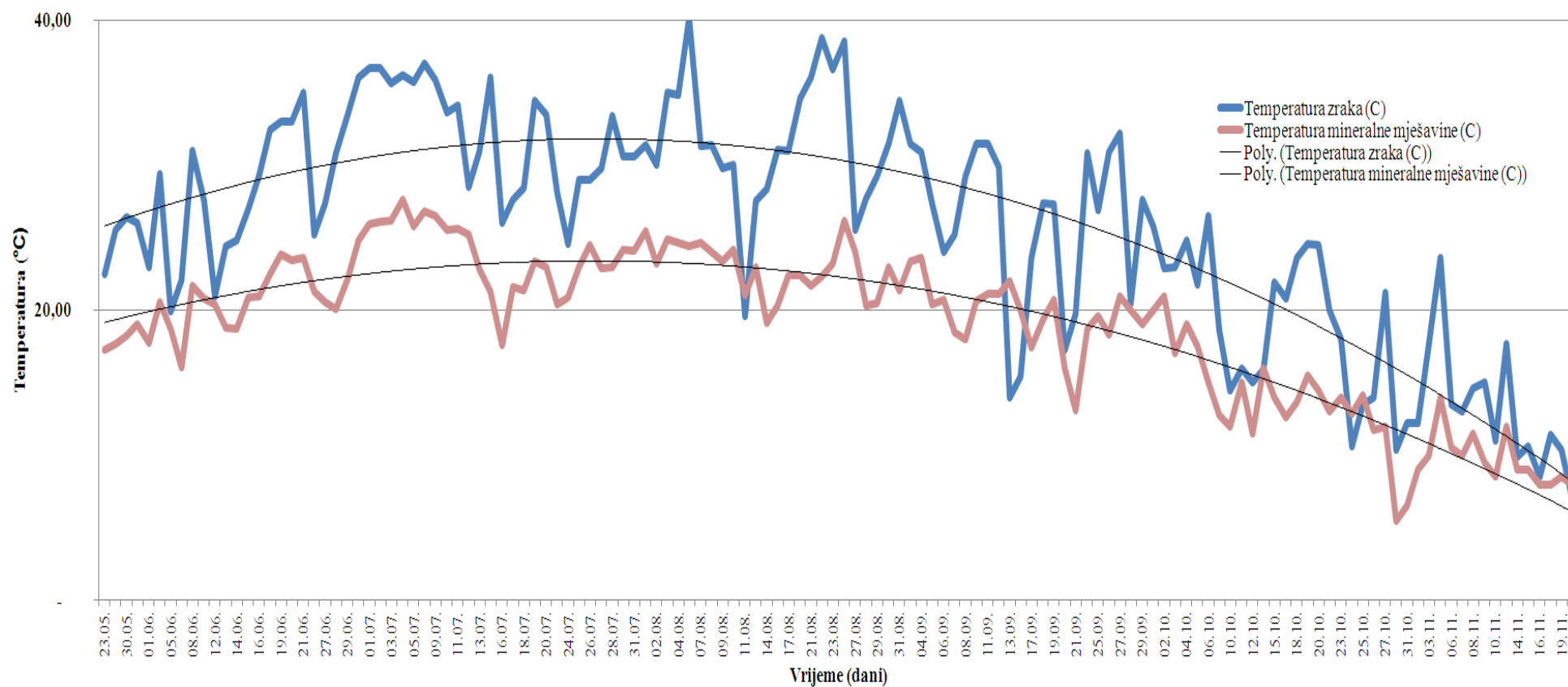
Na slici 200. iskazane su prosječne dnevne temperature mineralne mješavine u proizvodnji asfaltnih mješavina (uzorkovanje mješavine na kosoj traci – mjerenje temperature iste). Temperatura mineralne mješavine pretežito ovisi o vanjskoj temperaturi zraka i u direktnoj je zavisnosti sa načinom i vremenom deponiranja.



Slika 200. Prosječne temperature mineralne mješavine

Na slici 200. vidljivo je da prosječne dnevne temperature mineralne mješavine ostvaruju najveće vrijednosti u središnjem dijelu godine (ljetno razdoblje) i smanjuju se u početnom i završnom dijelu godine (zimsko razdoblje). Najviša prosječna dnevna vrijednost temperature mineralne mješavine ostvarena je dana 04.07.2012. godine u iznosu od 27,6°C, a najniža prosječna temperatura dana 31.10.2012. godine u iznosu od 6,50°C.

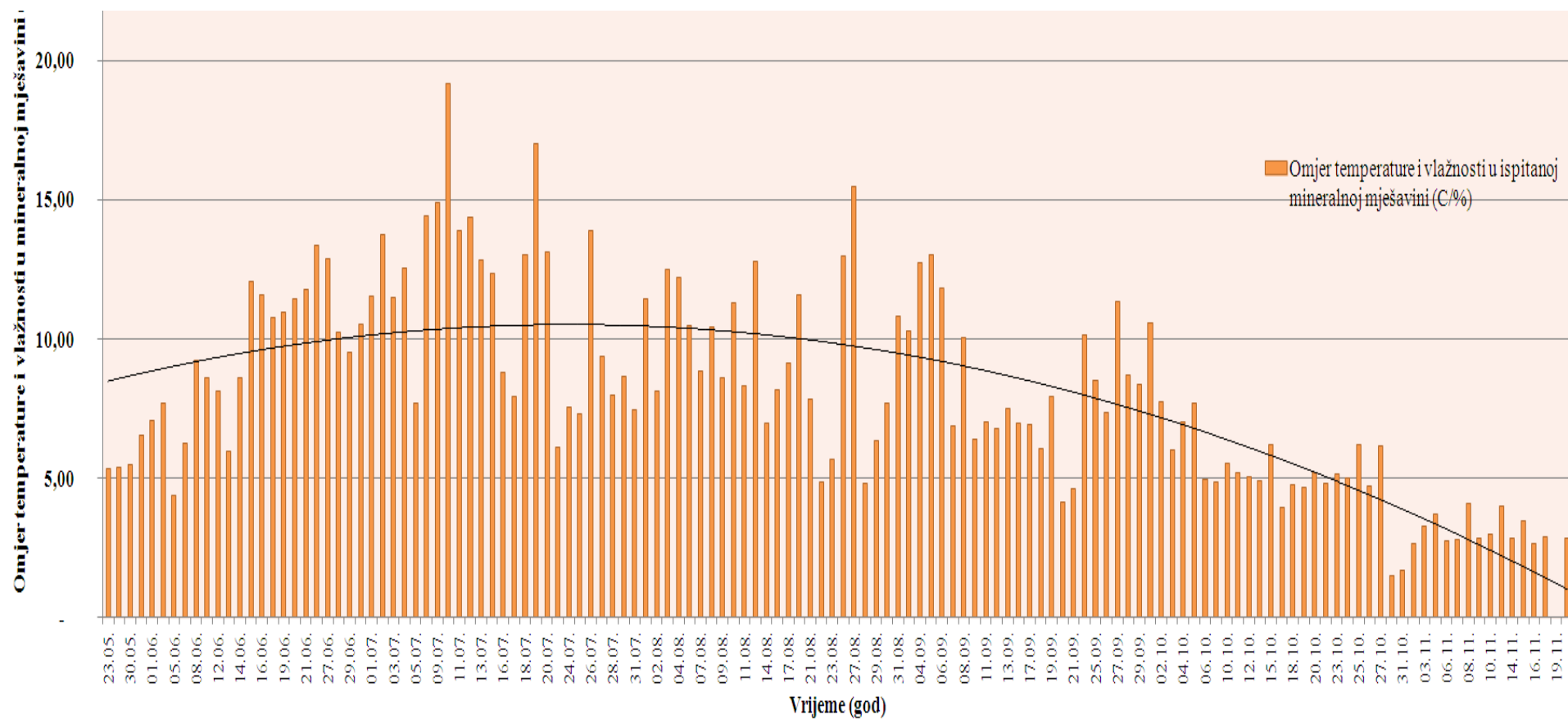
Na slici 201. iskazan je odnos vanjskih dnevnih maksimalnih vrijednosti temperatura zraka i korištene mineralne mješavine.



Slika 201. Odnos temperature zraka i mineralne mješavine

Do razlike između maksimalne temperature zraka i mineralne mješavine dolazi uslijed korištenja kamenih frakcija s površine i unutrašnjosti deponije. Površinska mineralna mješavina se tijekom ljeta brže zagrijava, a tijekom zimskog perioda se brže hladi. Mješavina iz unutrašnjosti deponije ljeti se sporije zagrijava, a preko zime zadržava nešto višu temperaturu u odnosu na vanjsku temperaturu zraka.

Na slici 202. prikazan je odnos prosječne dnevne temperature i udjela vlažnosti u ispitanim uzorcima mineralne mješavine (tablica 33., Prilozi).

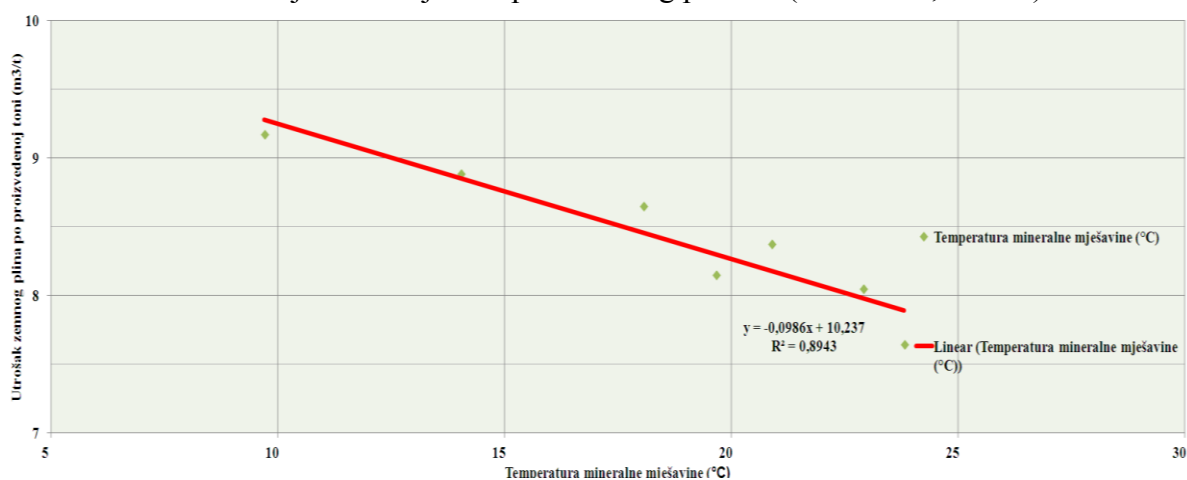


Slika 202. Omjer prosječne temperature i vlažnosti u ispitanoj mineralnoj mješavini

Na slici 202. vidljivo je da su najviše vrijednosti iskazanog odnosa temperature i udjela vlažnosti u središnjem dijelu godine. U početnim i završnim dijelovima godine dolazi do smanjenih vrijednosti iskazanog odnosa iz razloga što dolazi do pada temperature i povećanja udjela vlage u mineralnoj mješavini.

Najpogodnije razdoblje proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina, s obzirom na utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine, jest period u kojem su iskazani odnosi najviši. U iskazanom odnosu udio vlage značajnije utječe na potrošnju energije u odnosu na ulaznu temperaturu mineralne mješavine (Slika 199.).

Na slici 203. prikazan je odnos utroška zemnog plina i prosječnih ulaznih temperatura korištene mineralne mješavine tijekom promatranog perioda (tablica 30., Prilozi)⁴.



Slika 203. Odnos temperature mineralne mješavine i utroška zemnog plina

Linearna veza između vlažnosti mineralne mješavine i utroška energije po proizvedenoj toni je vrlo čvrsta, a koeficijent determinacije tijekom promatranog razdoblja je vrlo visok $R^2 = 0,8943$.

Na slici 203. vidljivo je da s porastom temperature mineralne mješavine dolazi do smanjenja utroška zemnog plina po proizvedenoj toni asfaltnje mješavine. Stoga se može zaključiti da temperatura mineralne mješavine prije proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina utječe na potrebu za uloženom energijom. Da bi se ostvarila optimalizacija utroška energije, potrebno je težiti korištenju mineralne mješavine viših temperatura. S obzirom da je to vrlo teško ostvariti normalnim režimom rada asfaltnog postrojenja tijekom cijele proizvodne godine, potrebno je vršiti predgrijavanje mineralne mješavine. Predgrijavanjem bi se ostvarilo:

- rad asfaltnog postrojenja tijekom cijele proizvodne godine u optimalnim uvjetima;
- viši proizvodni kapaciteti;
- smanjenje negativnog utjecaja na okoliš.

⁸¹ Za izradu predmetne zavisnosti korištene su sveukupne dnevne vrijednosti ispitanih uzoraka temperature mineralne mješavine i utroška zemnog plina tijekom promatranog perioda.

5.1.4. Potreba za energijom

U nastojanju da se odredi potreba za energijom, teoretski se odredila količina toplinske energije potrebna za zagrijavanje mineralne mješavine i uklanjanje vlage u rotacijskom bubnju. Za izračun su korištene sljedeće okvirne vrijednosti:

- prosječna dnevna temperatura zraka 15°C (288,15 K);
- temperatura zagrijavanja mineralne mješavine 190°C (463 K)⁸²;
- temperatura isparavanja vlage 100°C (373,15 K);
- latentna toplina isparavanja vode 2257 kJ/kg [89];
- specifični toplinski kapacitet vode $4,18 \text{ kJ/kg.K}$;
- specifični toplinski kapacitet agregata $0,92 \text{ kJ/kg.K}$ [98]⁸³.

Okvirna potreba energija za uklanjanje 1% vlage iz mineralne mješavine

$$Q = m \cdot h_{\text{fg}} + m \cdot c_p \cdot \Delta T = [1 \text{ kg} \cdot 2257 \text{ kJ/kg}] + [1 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg.K} \cdot (373 - 288,15)]$$

$$Q = [2257 \text{ kJ}] + [1 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg.K} \cdot (373 - 288,15)]$$

$$Q = 2,61 \text{ MJ} \rightarrow 0,725 \text{ kWh} \rightarrow (1\% \text{ vlage u mineralnoj mješavini iznosi cca } 10 \text{ kg vode})$$

$$Q = 0,725 \times 10 = 7,25 \text{ kWh}$$

Iz dobivene vrijednosti može se zaključiti da svako dodatno povećanje udjela vlage u kamenu od 1% rezultira dodatnim okvirnim utroškom energije u iznosu od 7,25 kWh.

Okvirna potrebna energija za zagrijavanje jedne tone mineralne mješavine

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \text{ kg} \cdot 0,92 \text{ kJ/kg.K} \cdot (463 - 288,15)$$

$$Q = 160,86 \text{ kJ} \rightarrow 0,04468 \text{ kWh} \rightarrow (\text{usvaja se okvirna vrijednost od } 1000 \text{ kg mineralne mješavine koju je potrebno zagrijati})$$

$$Q = 0,04468 \times 1000 = 44,68 \text{ kWh}$$

Dobivene teoretske vrijednosti ukazuju da udio vlage u mineralnoj mješavini značajno utječe na potrebu za toplinskom energijom. Ukoliko se u procesu sušenja i zagrijavanja koristi mineralna mješavina koja je nekonstantnijeg granulometrijskog sastava te sa većim udjelom količine zemljanih nečistoća doći će do rasta utroška u uloženoj toplinskoj energiji. Gubitci se pojavljuju kroz uklanjanje mineralne mješavine u procesu otprašivanja i gubitaka tijekom vrućeg rasijavanja (iberlauf). Veća količina ulazne mineralne mješavine koja se suši i

⁸² Temperatura zagrijavanja mineralne mješavine u rotacijskom bubnju je u rasponu od $180\text{--}190^{\circ}\text{C}$. Usvaja se veća vrijednost zbog zastoja u radu prilikom proizvodnje.

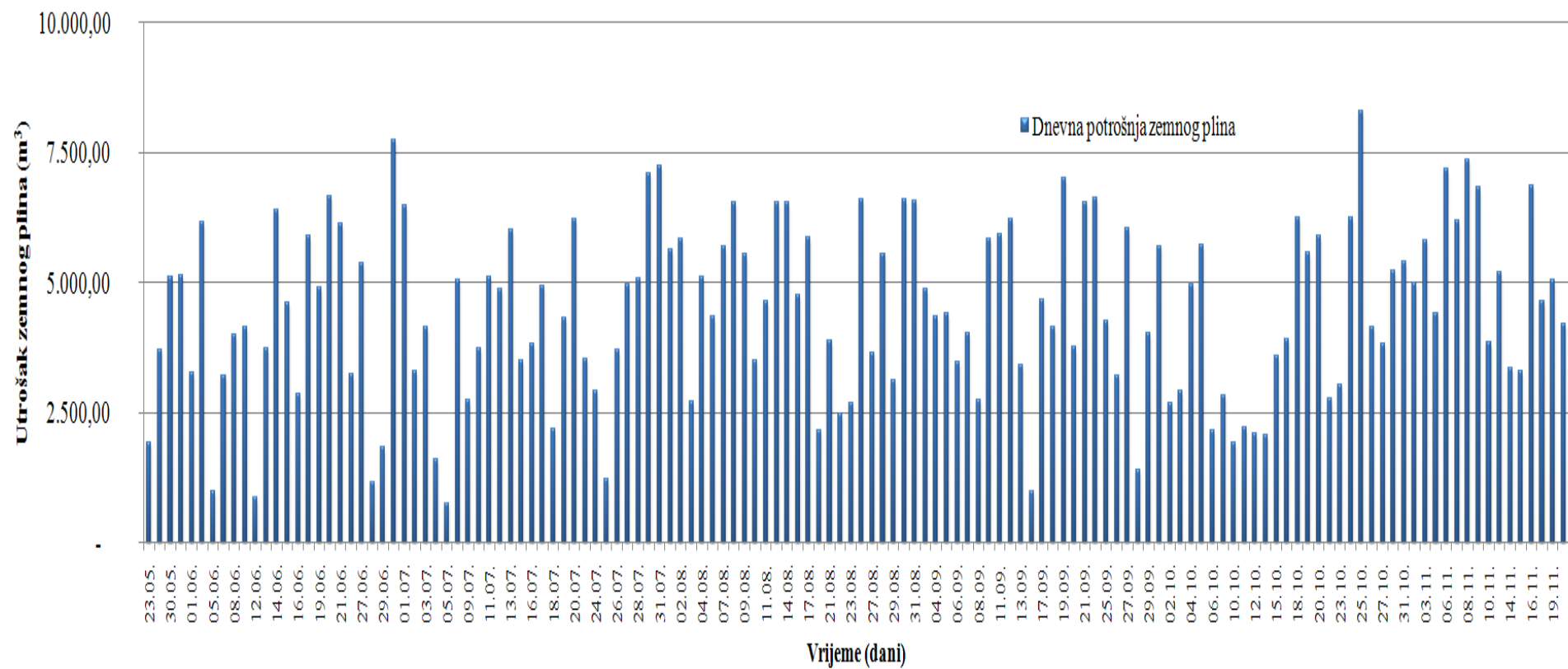
⁸³ Vrijednost specifičnog toplinskog kapaciteta mineralne mješavine varira s obzirom na granulometrijski sastav asfaltna mješavine i vrstu upotrijebljenog kamena (eruptivnog ili dolomitnog porijekla). Usvaja se okvirna vrijednost od $0,92 \text{ kJ/kg.K}$.

zagrijava u rotacijskom bubnju, a manja količina proizvedene vruće asfaltne mješavine dovodi do većih utrošaka toplinske energije.

U ovom radu nisu obrađeni gubici toplinske energije rotacijskog bubnja uslijed istrošenosti, višesatnih zastoja i nedostatne toplinske izoliranosti oplošja bubnja. Asfaltno postrojenje na kojem su izvedena sva ispitivanja je dotrajalo i uslijed toga dolazi do povećanog utroška energije u procesu zagrijavanja mineralne mješavine⁸⁴.

Na slici 204. prikazan je prosječan dnevni utrošak zemnog plina tijekom promatrane proizvodnje.

⁸⁴ U odnosu na teoretske vrijednosti dobivene proračunom potrebne energije.



Slika 204. Dnevni utrošak zemnog plina – A.P. Nemetin

Sveukupna potrošnja zemnog plina tijekom promatranog perioda iznosi 596 052,68 m³, što je prosječni utrošak od 8,24 m³ po proizvedenoj toni asfaltne mješavine. Prosječna temperatura mineralne mješavine je 19,03°C i udio vlage u iznosu od 2,57%. Za izračun ili pretvorbu prostornog metra zemnog plina m³ u kWh koristi se vrijednost od **9,923662 kWh/m³** (5.1.5.). Temeljem navedenog zaključuje se da je prosječna potrošnja energije u iznosu od 82 kWh po proizvedenoj toni asfaltne mješavine. Iz dobivene vrijednosti prosječne potrošnje može se zaključiti da je utrošak energije na promatranom asfaltnom postrojenju veći u odnosu na početne teoretske pretpostavke (5.1.4. Potreba za energijom). Do razlike u potrošnji energije dolazi zbog nedostatne toplinske izoliranosti oplošja rotacijskog bubnja, ranije navedene dotrajalosti postrojenja, gubitaka u zagrijanoj mineralnoj mješavini i niže proizvodne iskorištenosti postrojenja.

5.1.5. Model interakcije „Temperatura mineralne mješavine / Vlažnost mineralne mješavine / Utrošak energije“

Prilikom izvođenja ispitivanja, u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine koriste se frakcije kamenog agregata dolomitnog porijekla iz kamenoloma Veličanka i amfibolitni agregat iz kamenoloma Vetovo [170-171]. Asfaltne mješavine koje su se proizvodile tijekom ispitivanja sukladne su nizu normi HRN EN 13108 [172-180].

Utrošak energije u rotacijskom bubnju nastaje uslijed uklanjanja vlažnosti i zagrijavanja mineralne mješavine. Vlažnost u mineralnoj mješavini pri proizvodnji asfaltnih mješavina okvirno može biti od 1 do 7% (iskustvene vrijednosti dobivene prethodnim ispitivanjima tijekom višegodišnje proizvodnje).

Do pojave vlage u mineralnoj mješavini može doći uslijed:

- transporta vlažnih kamenih frakcija iz kamenoloma;
- izloženost deponiranih frakcija djelovanju padalina (nenatkrivene i neuređene deponije);
- visoke vlažnosti zraka.

Predgrijavanjem deponiranog materijala dolazi do:

- zagrijavanja vode u sastavu kamene mješavine (podizanje temperature);
- isparavanja dijela vode (hlapljenje) pri porastu temperature mineralne mješavine.

Uslijed zagrijavanja mineralne mješavine dolazi do povećanja njegove unutrašnje energije molekularnog gibanja te kao posljedica jest povećanje temperature materijala (zagrijavanje). Kamena mješavina mase m i specifičnog toplinskog kapaciteta C_pV , može spremi količinu topline Q , pri zagrijavanju od temperature T_1 do T_2 , prema sljedećoj jednadžbi:

$$Q = m \times C_pV \times \Delta T$$

Q – akumulirana količina topline (J),
 m – masa kamenog materijala (kg),
 C_{pv} – specifični toplinski kapacitet (J/kgK),
 ΔT – razlika u temperaturi (K).

Prilikom zagrijavanja mineralne mješavine u rotacijskom bubnju potrebno je:

- zagrijati mineralnu mješavinu na temperaturu dovoljnu za spravljanje vruće asfaltne mješavine ($> 185^{\circ}\text{C}$);
- zagrijati vlagu u sastavu mineralne mješavine do 100°C ;
- dodatnom uloženom toplinskom energijom uslijed izgaranja energenata ostvariti toplinu isparavanje vlage (prijelaz iz tekućeg u plinovito stanje).

Zbog visokog specifičnog toplinskog kapaciteta vode znatna toplinska energija koja se oslobađa uslijed izgaranja energenta, pri radu rotacijskog bubnja se koristi za razbijanje vodikovih veza. Uslijed toga dio uložene toplinske energije nastale izgaranjem ne povećava gibanje među molekulama vode tj. ne rezultira podizanjem temperature iste.

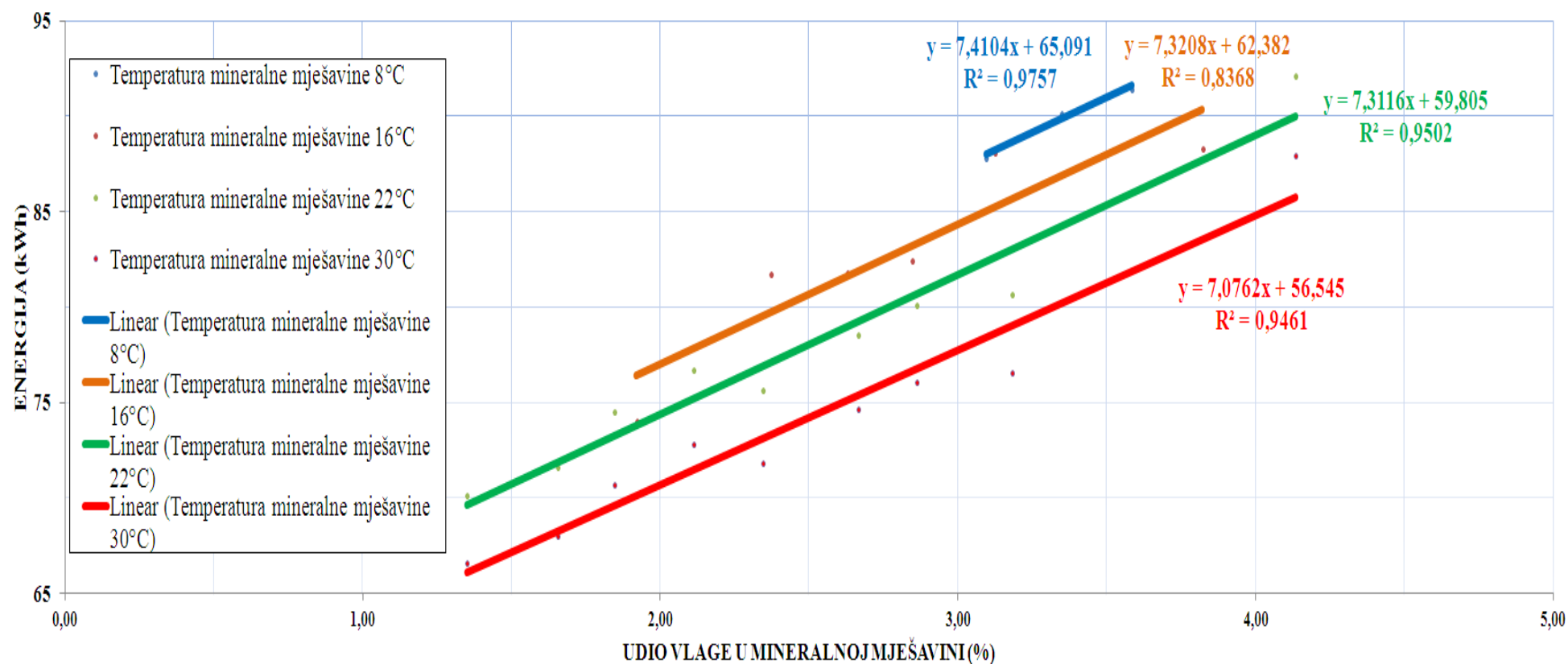
Prilikom svakodnevnog praćenja potrošnje energije, u zavisnosti sa promjenom vlažnosti i temperature mineralne mješavine, na asfaltnom postrojenju se koristi zemni plin za zagrijavanje i sušenje mineralne mješavine u rotacijskom bubnju. Zemni plin je smjesa ugljikovodika i manjim dijelom drugih kemijskih elemenata i spojeva. Temperatura zapaljenja zemnog plina je najniža temperatura pri kojoj se plin u stehiometrijskoj smjesi sa zrakom (kisikom) zapali. Temperatura zapaljenja zavisi o sastavu plina, tlaku i granicama eksplozivnosti, najniža temperatura je oko 6450°C .

Energija sadržana u obujmu prirodnog plina donje ogrijevne vrijednosti $33\,338,35\text{ kJ/m}^3$, pri standardnim uvjetima tlaka od $101\,325\text{ Pa}$ i temperature zraka od $288,15\text{ K}$, izračunava se množenjem istog obujma s pretvorbenim faktorom $9,2607$ i izražava u kWh. Izračun pretvorbe prostornog metra zemnog plina u kWh ostvaren je umnoškom propisanog pretvorbenog faktora ($9,2607\text{ kWh/m}^3$) [169] i odnosa isporučene i standardne ogrijevne vrijednosti zemnog plina ($1,0715887259$)⁸⁵. Za izračun ili pretvorbu prostornog metra zemnog plina m^3 u kWh, u daljnjem radu se koristi vrijednost od **$9,923662\text{ kWh/m}^3$** .

Proizvodnja asfaltnih mješavina u različitim godišnjim periodima iziskuje i varijabilne utroške energije prilikom sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine. Da bi se iskazala zavisnost utroška energije, temperature i vlažnosti korištene mineralne mješavine, na slici 205. prikazan je model potrebe za energijom u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine⁸⁶.

⁸⁵ Isporučena ogrijevna vrijednost očitana je iz interne evidencije troškova energije za promatrani radni nalog u promatranom periodu (srednja vrijednost između ekstremnih vrijednosti).

⁸⁶ Za izradu predmetnog modela nisu korištene određene dnevne vrijednosti pri kojima je došlo do većih odstupanja u proizvedenoj kvaliteti asfaltne mješavine kao i većih gubitaka u zagrijanoj mineralnoj mješavini prilikom vrućeg rasijavanja mineralne mješavine (Tablica 33., Prilozi).



Slika 205. Model optimalizacije utroška energije

Na slici 205. prikazani su matematički zapisi utroška energije u zavisnosti od temperature korištene mineralne mješavine i udjela vlažnosti tijekom ovog ispitivanja. Model se sastoji od sljedećih matematičkih zapisa:

- $y = 7,4104 X + 65,091$ (kWh) – temperatura mineralne mješavine 8°C;
- $y = 7,3208 X + 62,382$ (kWh) – temperatura mineralne mješavine 16°C;
- $y = 7,3116 X + 59,805$ (kWh) – temperatura mineralne mješavine 22°C;
- $y = 7,0762 X + 56,545$ (kWh) – temperatura mineralne mješavine 30°C.

Linearna veza između vlažnosti mineralne mješavine, utroška energije i temperature mješavine je vrlo čvrsta, a koeficijent determinacije je u rasponu $R^2 = 0,8368-0,9757$ što znači da se znatan dio podataka može opisati odabranim modelom. Iz matematičkih zapisa vidljivo je da se prikazane jednadžbe sastoje od dijela kojim se iskazuje potrebna energija za uklanjanje vlage (7,4104–7,0762 kWh) i potrebne energije za zagrijavanje mineralne mješavine (65,091–56,545 kWh). U rotacijskom bubnju proces sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine vrši se istovremeno. Sadašnjim režimom rada nije moguće vršiti sušenje a da ne dođe do rasta temperature mineralne mješavine. Iz iskazanih jednadžbi vidljivo je da se potrebna toplinska energija u rotacijskom bubnju smanjuje uslijed povećanja temperature ulazne mineralne mješavine. Povećanje ulazne temperature mineralne mješavine rezultira smanjenjem potrebe za zagrijavanjem kamena kao i manje potrebe za zagrijavanjem vlage u sastavu mješavine. Dobivene matematičke jednadžbe utroška energije specifične su za proizvodnju na promatranom asfaltnom postrojenju, za projektirane sastave asfaltnih mješavina, dinamiku i iskorištenost postrojenja u analiziranom razdoblju.

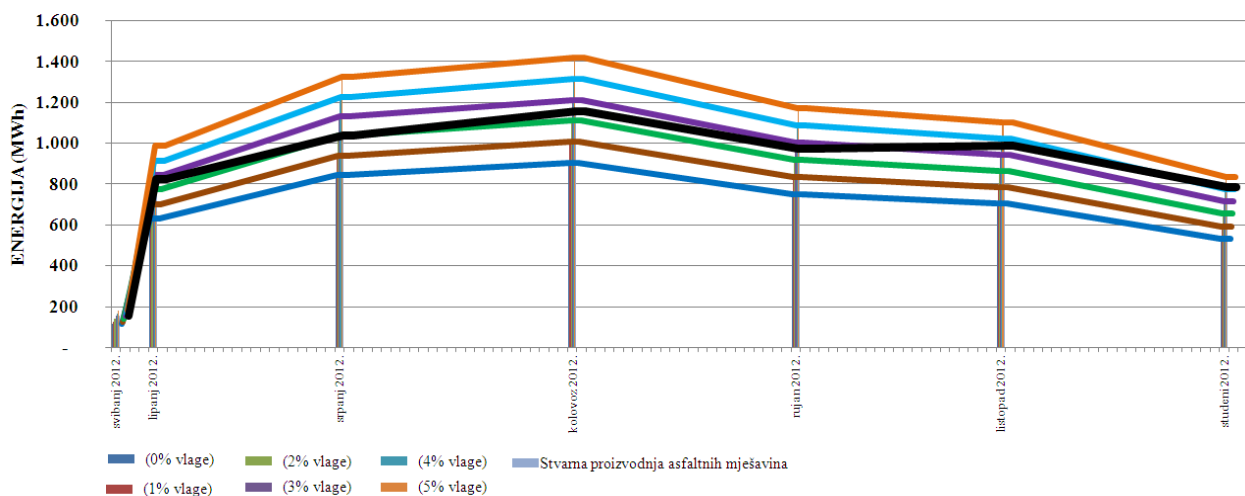
U tablici 31. prikazani su utrošci energije uslijed varijabilne ulazne temperature i vlage prilikom proizvodnje 1 t asfaltne mješavine tijekom ovog ispitivanja.

Tablica 31. Potreba za energijom

Temperatura mineralne mješavine	Matematički zapis	VLAŽNOST MINERALNE MJESAVINE					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
I - 8°C	$Y=7,4104x+65,091$	65,091 kWh	72,5014 kWh	79,9118 kWh	87,3222 kWh	94,7326 kWh	102,143 kWh
II - 16°C	$Y=7,3208x+62,382$	62,382 kWh	69,7028 kWh	77,0236 kWh	84,3444 kWh	91,6652 kWh	98,986 kWh
III - 22°C	$Y=7,3116x+59,805$	59,805 kWh	67,1166 kWh	74,4282 kWh	81,7398 kWh	89,0514 kWh	96,363 kWh
IV - 30°C	$Y=7,0762x+56,545$	56,545 kWh	63,6212 kWh	70,6974 kWh	77,7736 kWh	84,8498 kWh	91,926 kWh
I/IV (%)		15,11%	13,96%	13,03%	12,28%	11,65%	11,11%

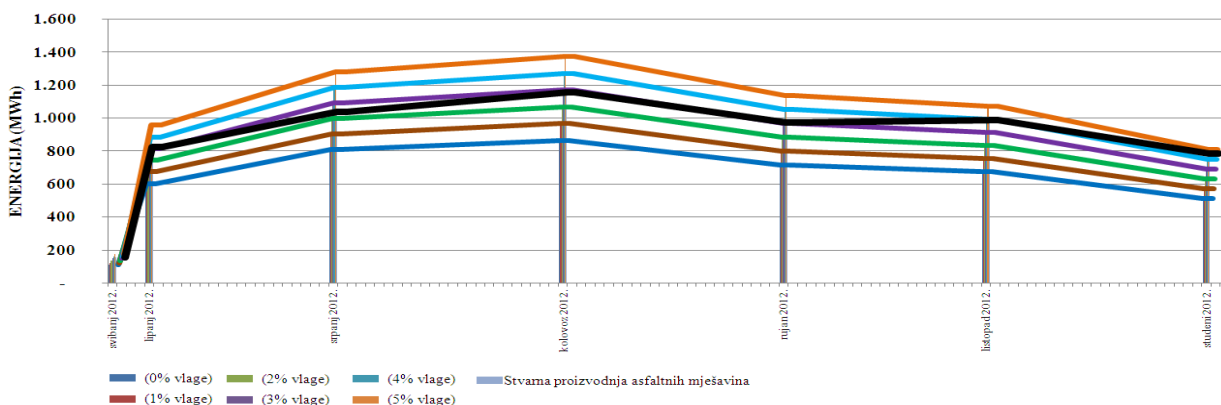
Iz tablice 31. vidljivo je da povećanje udjela vlage u mineralnoj mješavini rezultira povećanjem utroška energije. U zavisnosti od temperature mješavine svako povećanje udjela

vlage od 1% zahtijeva dodatni utrošak energije od 7,0762–7,4104 kWh tijekom ispitivanja. Također veća temperatura ulazne mineralne mješavine dovodi do smanjene potrebe za uloženom toplinskom energijom u iznosu od 15,11% u promatranom razdoblju. Temperatura ulazne mineralne mješavine svedena je na raspon od 8-30°C (Slika 205.). Na slikama 206.–209. grafički je prikazana potreba za energijom ukoliko se koriste temperaturne krivulje u rasponu od 8-30°C, u rasponu vlage od 0–5%, uslijed stvarne proizvodnje tijekom analiziranog razdoblja. Količine potrebne energije dobivene su umnoškom stvarne dnevne proizvodnje asfaltnih mješavina i potrebne energije za zagrijavanje mineralne mješavine (56,545–65,091 kWh, umanjeno za 5% masenog udjela bitumena što je usvojeno proizvoljno).



Slika 206. Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 8°C ($y = 7,4104X + 65,091$)

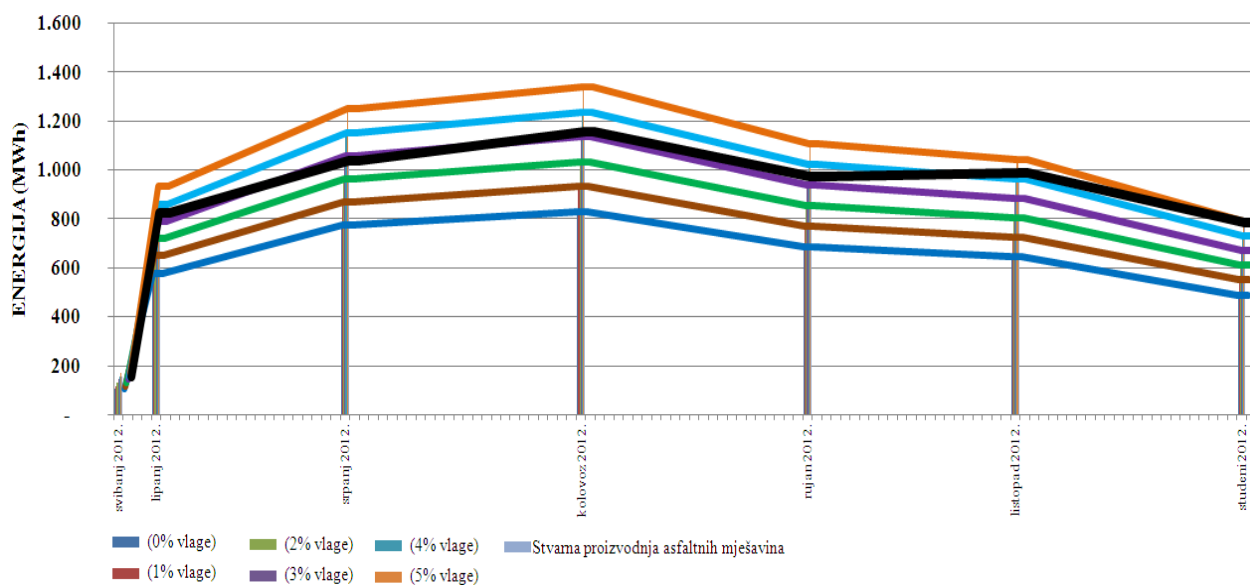
Na slici 206. vidljivo je da se stvarni utrošak energije do mjeseca rujna nalazi u području između 2 do 3% vlage nakon čega prelazi u područje od 3 do 4% vlage mineralne mješavine. U grafičkom prikazu, na slici 206., usvojena je ulazna temperatura mineralne mješavine od 8°C. Na slici 207. prikazan je utrošak energije tijekom stvarne proizvodnje asfaltnih mješavina ukoliko se koristi mineralne mješavine ulazne temperature od 16°C.



Slika 207. Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 16°C ($y = 7,3208X + 62,382$)

Na slici 207. vidljivo je da se stvarni mjesečni utrošak energije do mjeseca rujna kreće uz krivulju modela od 3% vlage. Nakon mjeseca rujna krivulja stvarne proizvodnje čak doseže vrijednost krivulje od 5% vlage u sastavu mineralne mješavine. Smanjenjem potrebe za energijom uslijed zagrijavanja mineralne mješavine rezultira nižim utroškom sveukupne energije.

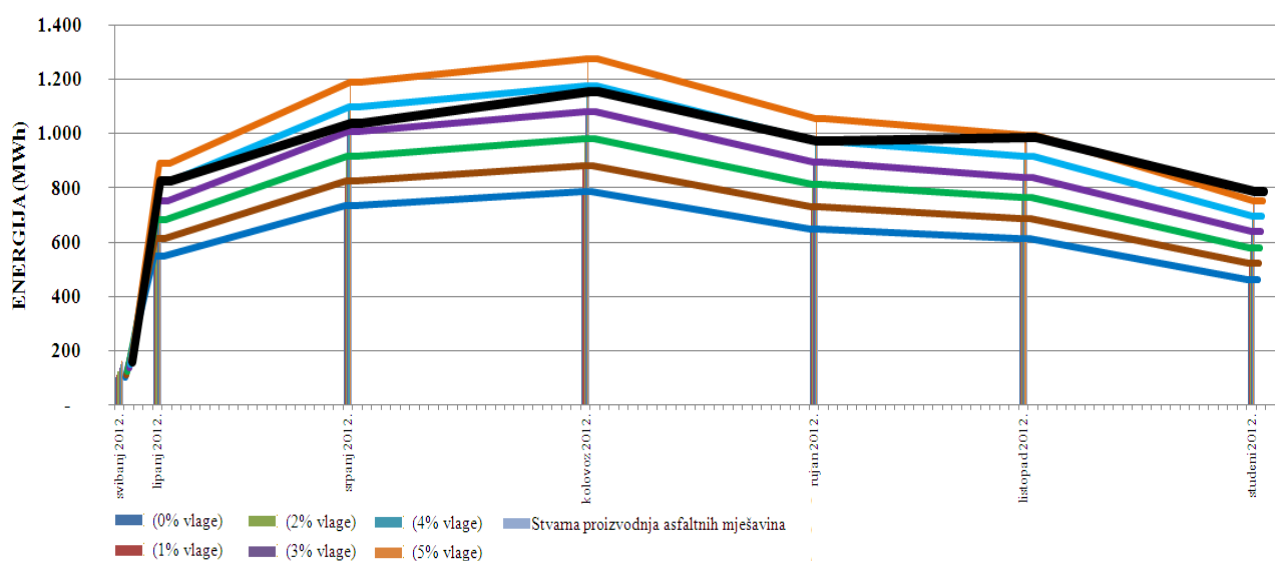
Na slici 208. prikazan je utrošak energije tijekom stvarne proizvodnje asfaltnih mješavina ukoliko se koristi mineralne mješavina ulazne temperature od 22°C.



Slika 208. Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 22°C ($y = 7,3116X + 59,805$)

Slikom 208. vidljivo je smanjenje utroška energije uslijed korištenja krivulja modela pri temperaturi mineralne mješavine od 22°C. Smanjenje potrebne energije za zagrijavanje mineralne mješavine na 59,805 kWh po toni mineralne mješavine dovodi do povećanog utjecaja energije potrebne za uklanjanje vlage iz sastava mješavine.

Na slici 209. prikazan je utrošak energije tijekom stvarne proizvodnje asfaltnih mješavina ukoliko se koristi mineralne mješavina ulazne temperature od 30°C.



Slika 209. Varijabilni udio vlage uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 30°C ($y = 7,0762X + 56,545$)

Slikom 209. vidljivo je da se stvarni utrošak energije do mjeseca rujna orijentacijski približio krivulji modela od 4% vlage. Nakon mjeseca rujna stvarni utrošak energije prelazi u krivulju modela od 5% vlage. Povećanjem ulazne temperature mineralne mješavine rezultira nižim utroškom energije potrebne za zagrijavanje mineralne mješavine i vlage u sastavu kamena. Daljnje povećavanje početne temperature mineralne mješavine rezultiralo bi značajnim smanjenjem utroška energije u rotacijskom bubnju. Na slikama od 206. do 209. vidljivo je da presudni utjecaj na potrebu za energijom ima udio vlage u mineralnoj mješavini. Svako daljnje povećanje vlage u iznosu od 1% rezultira dodatnim utroškom energije od 7,0762 do 7,4104 kWh, u zavisnosti od ulazne ulazne temperature mineralne mješavine od 8 do 30°C.

U tablici 32. prikazana je potreba za energijom primjenom prikazanih krivulja modela, uslijed stvarne proizvodnje asfaltnih mješavina (vrijednosti utroška energije umanjene su za 5% masenog udjela bitumena što je usvojeno proizvoljno).

Tablica 32. Potrebna energija primjenom krivulja modela (Nemetin)

Temperatura mineralne mješavine	Matematički zapis:	Energija – (MWh)							
		Svibanj 2012.	Lipanj 2012.	Srpanj 2012.	Kolovoz 2012.	Rujan 2012.	Listopad 2012.	Studeni 2012.	Σ
	Stvarni utrošak energije	157,05	824,04	1036,64	1155,33	970,88	985,77	785,32	5915,03
8°C	$F(y)=7,4104X+65,091$ (0% vlage)	114,77	629,19	843,26	903,49	747,73	703,42	533,03	4474,89
	$F(y)=7,4104X+65,091$ (1% vlage)	127,83	700,82	939,27	1006,35	832,85	783,50	593,71	4984,34
	$F(y)=7,4104X+65,091$ (2% vlage)	140,90	772,45	1035,27	1109,21	917,98	86,58	654,40	5493,79
	$F(y)=7,4104X+65,091$ (3% vlage)	153,97	844,08	1131,27	1212,07	1003,11	943,67	715,08	6003,24
	$F(y)=7,4104X+65,091$ (4% vlage)	167,03	915,71	1227,28	1314,93	1088,23	1023,75	775,77	6512,69
	$F(y)=7,4104X+65,091$ (5% vlage)	180,10	987,34	1323,28	1417,79	1173,36	1103,83	836,45	7022,14
16°C	$F(y)=7,3208X+62,382$ (0% vlage)	109,99	603,00	808,17	865,89	716,61	674,15	510,85	4288,65
	$F(y)=7,3208X+62,382$ (1% vlage)	122,90	673,76	903,01	967,51	800,70	753,26	570,80	4791,94
	$F(y)=7,3208X+62,382$ (2% vlage)	135,81	744,53	997,85	1069,12	884,80	832,37	630,75	5295,23
	$F(y)=7,3208X+62,382$ (3% vlage)	148,72	815,29	1092,69	1170,74	968,90	911,49	690,70	5798,52

	F(y)=7,3208X+62,382 (4% vlage)	161,62	886,06	1187,54	1272,35	1052,99	990,60	750,65	6301,82
	F(y)=7,3208X+62,382 (5% vlage)	174,53	956,82	1282,38	1373,97	1137,09	1069,71	810,60	6805,11
22°C	F(y)=7,3116X+59,805 (0% vlage)	105,45	578,09	774,78	830,12	687,00	646,30	489,74	4111,48
	F(y)=7,3116X+59,805 (1% vlage)	118,34	648,77	869,51	931,61	771,00	725,31	549,62	4614,14
	F(y)=7,3116X+59,805 (2% vlage)	131,23	719,44	964,23	1033,10	854,99	804,33	609,49	5116,80
	F(y)=7,3116X+59,805 (3% vlage)	144,12	790,12	1058,95	1134,59	938,98	883,34	669,37	5619,46
	F(y)=7,3116X+59,805 (4% vlage)	157,02	860,79	1153,67	1236,07	1022,97	962,35	729,24	6122,12
	F(y)=7,3116X+59,805 (5% vlage)	169,91	931,47	1248,40	1337,56	1106,96	1041,37	789,12	6624,78
30°C	F(y)=7,0762X+56,545 (0% vlage)	99,70	546,58	732,55	784,87	649,56	611,07	463,05	3887,37
	F(y)=7,0762X+56,545 (1% vlage)	112,18	614,98	824,22	883,09	730,84	687,54	520,99	4373,84
	F(y)=7,0762X+56,545 (2% vlage)	124,65	683,38	915,90	981,31	812,13	764,01	578,94	4860,32
	F(y)=7,0762X+56,545 (3% vlage)	137,13	751,78	1007,57	1079,53	893,42	840,48	636,89	5346,79
	F(y)=7,0762X+56,545 (4% vlage)	149,61	820,18	1099,24	1177,75	974,70	916,95	694,84	5833,27
	F(y)=7,0762X+56,545 (5% vlage)	162,08	888,58	1190,92	1275,97	1055,99	993,42	752,78	6319,74

U prilogu rada dan je tablični iskaz laboratorijskih ispitivanja tijekom promatranog perioda (tablice 33. i 34., Prilozi). U tablici 32. prikazani su utrošci energije za četiri krivulje modela. Krivulje modela dobivene su uslijed proizvodnje asfaltnih mješavina u različitim vremenskim uvjetima tijekom promatranog perioda. Iz tablice vidljivo je da povećanje udjela vlage i smanjenje ulazne temperature mineralne mješavine rezultira povećanim utroškom energije. Analizirani su utrošci energije uslijed korištenja mineralne mješavine temperature od 8 do 30°C i udjela vlage od 0 do 5%. U daljnjem radu analizirat će se svaka krivulja modela primijenjena na stvarnu proizvodnju.

$$y = 7,4104X + 65,091 \text{ (kWh)} - \text{temperatura mineralne mješavine } 8^{\circ}\text{C}$$

Primjenom temperaturne krivulje modela od 8°C vidljivo je da se sveukupni utrošak energije kreće u rasponu od 4474,89 do 7022,14 MWh. Do maksimalnog utroška energije dolazi uslijed vlažnosti mineralne mješavine od 5%. Ukoliko se analizira postojeća proizvodnju i stvarni utrošak energije od 5913,03 MWh vidljivo je da bi se stvarni utrošak energije nalazio u rasponu od 2 do 3% vlage. Krivulja maksimalnog utroška energije sa 5% vlage u svom sastavu sadrži 2547,25 MWh energije koja se koristi za uklanjanje vlage. Pri tome se dolazi do iznosa od 11,38% dodatnog utroška za svako povećanje vlage od 1%.

$$y = 7,3208X + 62,382 \text{ (kWh)} - \text{temperatura mineralne mješavine } 16^{\circ}\text{C}$$

Sveukupni utrošak energije za temperaturnu krivulju od 16°C kreće se u rasponu od 4288,65 – 6805,11 MWh. Povećanje temperature mineralne mješavine na 16°C rezultira smanjenom potrebom za energijom u iznosu od 4,34%, u odnosu na temperaturu mješavine od 8°C. Također se smanjuje uložena energija za uklanjanje vlage u iznosu od 1,22%. Analiza postojeće proizvodnje i stvarnog utroška energije od 5913,03 MWh ukazuje da bi se stvarni utrošak energije nalazio u rasponu od 3 do 4% vlage ukoliko je temperatura mineralne mješavine 16°C. Svako dodatno povećanje udjela vlage u iznosu od 1% iziskuje povećani utrošak energije od 11,74%.

$$y = 7,3116X + 59,805 \text{ (kWh)} - \text{temperatura mineralne mješavine } 22^{\circ}\text{C}$$

Primjenom temperaturne krivulje od 22°C utrošak energije nalazi se u rasponu od 4111,48 do 6624,78 MWh. Povećanjem ulazne temperature mineralne mješavine na 22°C dolazi do smanjene potrebe za zagrijavanjem mješavine u iznosu od 8,84%, u odnosu na temperaturnu krivulju od 8°C. Smanjuje se potrebna energija za uklanjanje vlage u iznosu od 1,35%, u odnosu na temperaturnu krivulju od 8°C.

$$y = 7,0762X + 56,545 \text{ (kWh)} - \text{temperatura mineralne mješavine } 30^{\circ}\text{C}$$

Utrošak energije primjenom temperaturne krivulje od 30°C ostvaruje se utrošak energije od 3887,37 do 6319,74 MWh. Povećanjem ulazne temperature mineralne mješavine na 30°C dolazi do smanjene potrebe za zagrijavanjem mješavine u iznosu od 15,11%, u odnosu na temperaturnu krivulju od 8°C . Smanjuje se potrebna energija za uklanjanje vlage u iznosu od 4,72%, u odnosu na temperaturnu krivulju od 8°C . Analiza postojeće proizvodnje i stvarnog utroška energije od 5913,03 MWh ukazuje da bi se stvarni utrošak energije nalazio u rasponu od 4 do 5% vlage ukoliko je temperatura mineralne mješavine 30°C . Svako dodatno povećanje udjela vlage u iznosu od 1% iziskuje povećani utrošak energije od 12,51%.

Iz dobivenih vrijednosti vidljivo je da se uslijed porasta temperature mineralne mješavine i smanjenja udjela vlage smanjuje utrošak energije u procesu sušenja i zagrijavanja mješavine. Prilikom izvođenja ispitivanja najniža potreba za energijom ostvaruje se korištenjem temperature mješavine od 30°C i udjela vlage ispod 2%. Dobiveni podatci između ekstremnih vrijednosti krivulja modela (8 i 30°C) ukazuju na ostvarivanje uštede u zagrijavanju materijala od 15,11% tijekom ovog ispitivanja. Također se pojavljuje ušteda prilikom nižeg potrebnog zagrijavanja vlage u sastavu mineralne mješavine u iznosu od 4,72%.

Da bi se ostvario kontinuitet temperature potrebno je vršiti predgrijavanje kamenih frakcija. Prilikom predgrijavanja dolazi do uklanjanja dijela vlage postupkom isparavanja (hlapljenje). Iz tablice 31. vidljivo je da se podizanjem temperature mineralne mješavine od 22°C ostvaruje ušteda energije od 15,11% u zagrijavanju.

Ukoliko bi se ostvarilo predgrijavanje kamenih frakcija postavlja se pitanje o gubitku toplinske energije uskladištene mineralne mješavine.

U daljnjem dijelu rada prikazat će se rezultati laboratorijskih ispitivanja zagrijanih uzoraka kamenih frakcija i gubitka topline tijekom vremena.

5.1.6. Gubitak temperature zagrijanih kamenih frakcija

Zagrijavanje mineralne mješavine predstavlja povećanje kinetičke energije čestice tvari. Uslijed predgrijavanja deponiranih kamenih frakcija postavlja se pitanje o gubitku ostvarene temperature mješavine uslijed negrijanja ili perioda kada asfaltno postrojenje ne radi. Osim toga do gubitka temperature dolazi i u periodu između doziranja zagrijane kamene mješavine u negrijane preddozatore i upotrebe u rotacijskom bubnju.

Laboratorijska ispitivanja određivanja okvirnog gubitka temperature zagrijanih kamenih frakcija vršena su s ciljem određivanja vremenskog perioda pada temperature uslijed

negrijanja mineralne mješavine. Metoda i postupak ispitivanja gubitka temperature određeno je proizvoljno na način da se u laboratorijskim uvjetima simuliraju uvjeti na grijanoj deponiji. Ispitivanja su vršena upotrebom kamenih frakcija granulacije 0/4, 4/8, 8/16 i 16/31,5 mm. Zagrijavanje kamenih frakcija vršeno je na temperature preko 70°C. Ispitani uzorci kamenih frakcija su 3, 6 i 12 kg mase, za svaku pojedinu frakciju. Mjerenje pada temperature mineralne mješavine ostvareno je primjenom digitalnog termometra. Temperatura podloge na koju se odlagala kamena mješavina je 20°C.

Ispitivanjem se nastojalo utvrditi sljedeće:

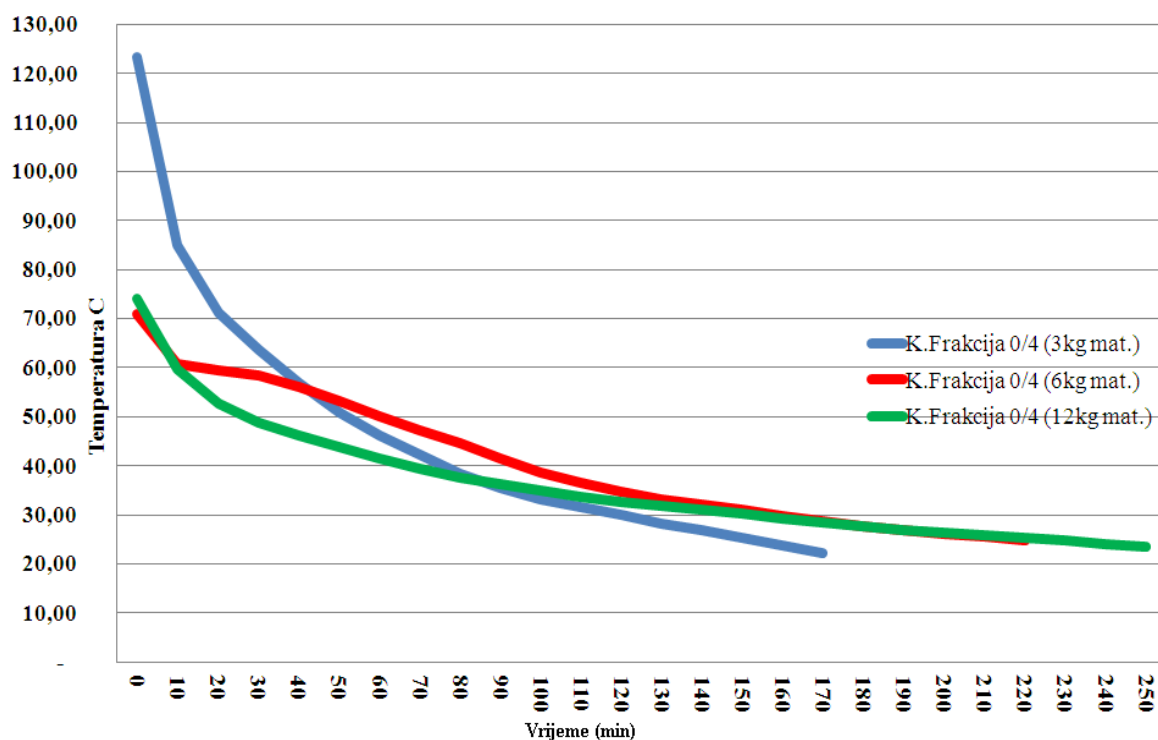
- ponašanje zagrijanih kamenih frakcija s obzirom na granulometrijski sastav/sposobnost zadržavanja povišene temperature u odnosu na vanjsku okolnu temperaturu zraka i podloge od 20°C, pri standardnom tlaku zraka;
- utjecaj promjene mase ispitanih uzoraka jednake granulacije na gubitak temperature mješavine;
- potrebno vrijeme gubitka temperature zagrijanih kamenih frakcija od 20 do 30°C višu, u odnosu na vanjsku okolnu temperaturu od 20°C.



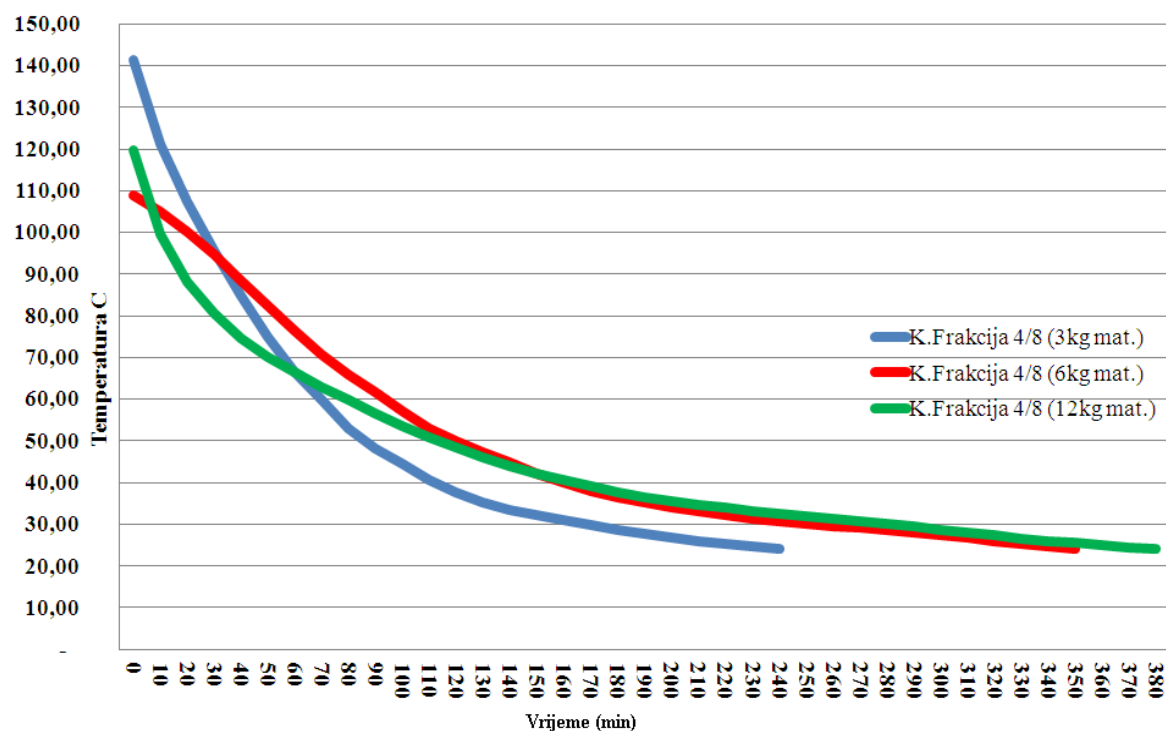
Slika 210. Ispitani uzorak kamene frakcije granulacije 4/8 mm

Mjerenje temperature zagrijane kamene frakcije vršeno je u središnjem dijelu kamenog uzorka.

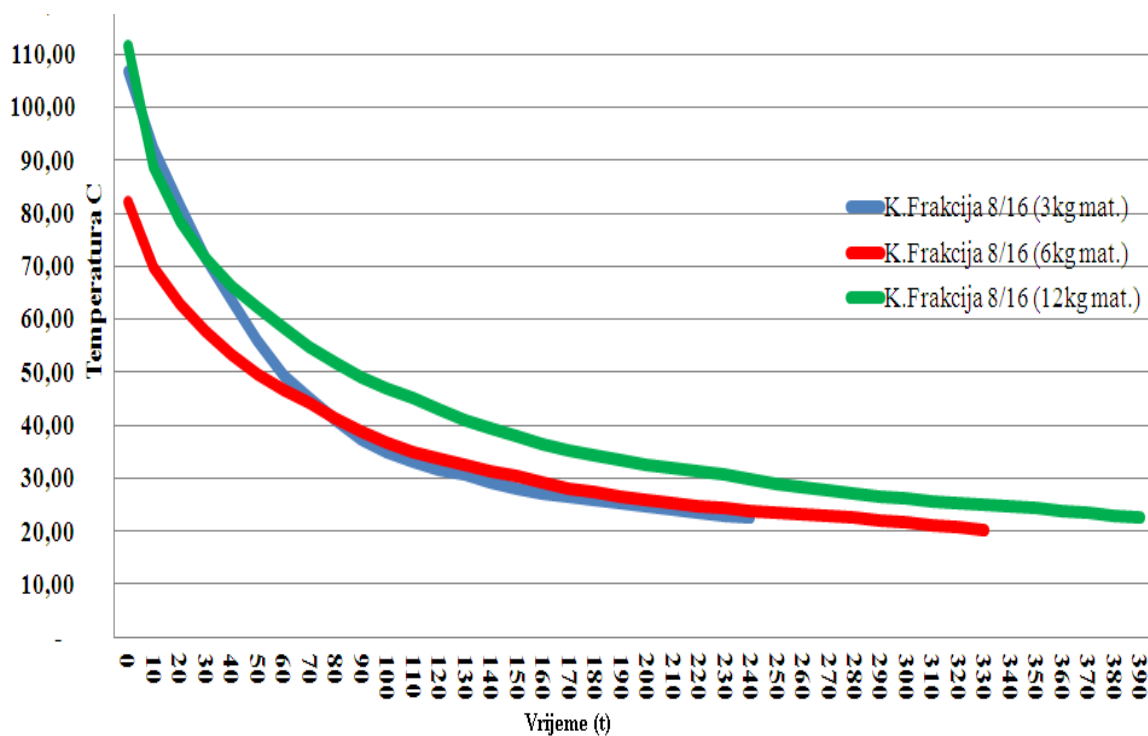
Na slikama 211.–214. prikazan je gubitak temperature zagrijanih kamenih frakcija granulacije 0/4, 4/8, 8/16 i 16/31,5 mm. Uzorci kamenih agregata su uzorkovani na asfaltnom postrojenju u Nemetinu.



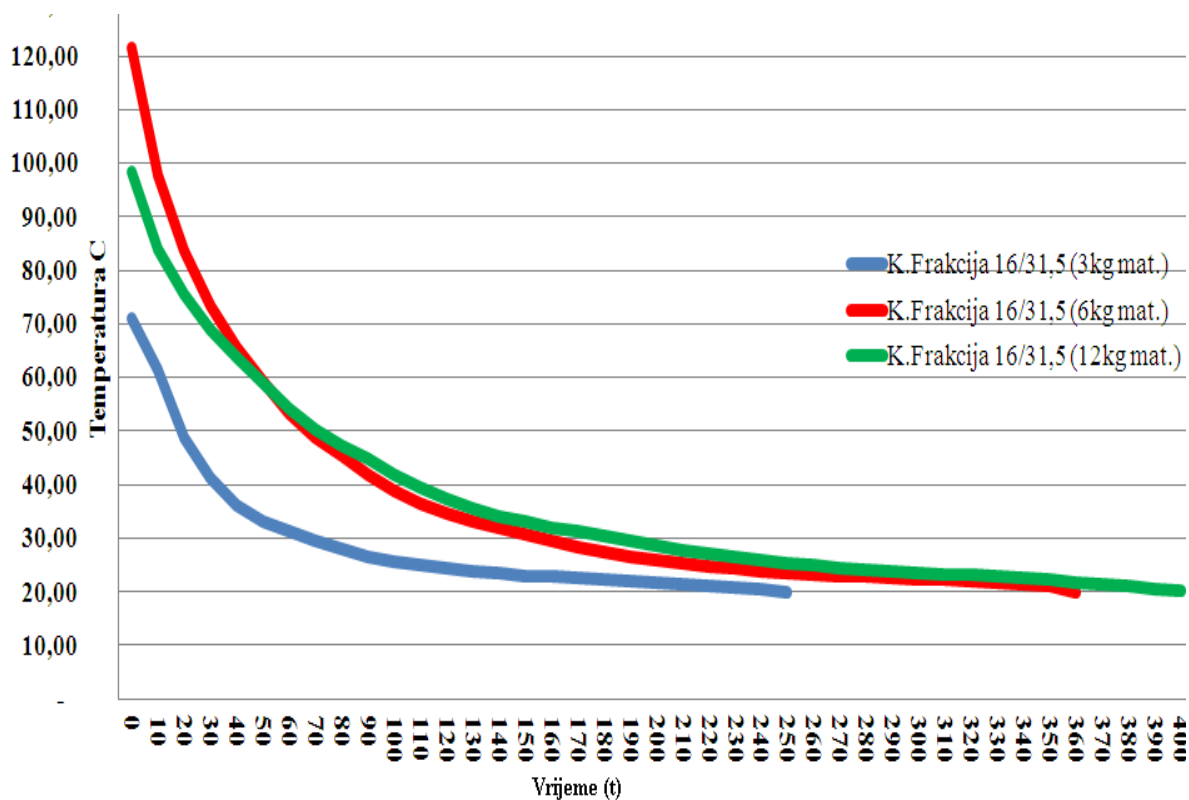
Slika 211. Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 0/4 mm, riječnog porijekla



Slika 212. Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 4/8 mm, dolomitnog porijekla



Slika 213. Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 8/16 mm, dolomitnog porijekla



Slika 214. Hlađenje zagrijane kamene frakcije granulacije 16/31,5 mm, dolomitnog porijekla

Na slikama od 211. do 214. vidljivo je:

- krupnije zagrijane frakcije kamenog agregata (8/16 i 16/31,5 mm) duže zadržavaju temperaturu u odnosu na sitnije kamene frakcije (0/4 i 4/8 mm);
- povećanjem mase ispitanih zagrijanih uzorka produžuje se vrijeme akumuliranja topline, u odnosu na okolnu vanjsku temperaturu;
- zagrijane frakcije kamenog agregata najsporije gube temperaturu u vremenskim intervalima koji uključuju višu temperaturu od 20 do 30°C, u odnosu na temperaturu okoline.

Interesantno područje zagrijavanja deponiranih kamenih frakcija je temperaturno područje od 20 do 30°C više u odnosu na okolnu temperaturu. Razlog tome je što se u tom području ostvaruju određene uštede prilikom sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine u utrošku energije⁸⁷.

Iz izvedenih ispitivanja vidljivo je da ispitani uzorci kamenog agregata mogu zadržati temperaturu i do 6,7 sati (slika 214.). Taj period podrazumijeva vrijeme uslijed kojeg ne radi asfaltno postrojenje. Vrijeme gubitka temperature deponiranih kamenih frakcija ovisi o:

- granulometrijskom sastavu deponirane kamene frakcije;
- količini deponiranog materijala.

Vidljivo je također da se s povećanjem deponirane mase kamenog agregata smanjuje gubitak akumulirane temperature u kamenom agregatu. To je vidljivo uslijed povećanja mase ispitanih uzoraka sa 3 kg na 6 i 12 kg. Uslijed povećanja mase ispitanih uzoraka dolazi do produžavanja vremena gubitka temperature.

Prilikom izvođenja ispitivanja utjecaj djelovanja vjetra na ispitani uzorak nije uzet u obzir.

Ispitivanja u laboratoriju koja uključuju određivanje gubitka temperature zagrijanih kamenih frakcija vršena su s ciljem određivanja:

- potrebnog vremena zadržavanja temperature mješavine u odnosu na vanjske temperaturu zraka;
- ponašanje zagrijanih frakcija s obzirom na granulometrijski sastav mješavine;
- utjecaj deponirane količine mineralne mješavine.

Iz dobivenih podataka zaključuje se da povećanje nazivnog zrna kamene frakcije i deponirane količine mineralne mješavine rezultira većim zadržavanjem topline u mješavini.

⁸⁷ U rotacijskom bubnju.

Proizvodnja vrućih asfaltnih mješavina pretežito se odvija kontinuirano tijekom godine pri čemu je utrošak energije u direktnoj zavisnosti sa količinom padalina i vanjskim temperaturama zraka⁸⁸. Najveći utrošak energije u radu asfaltnog postrojenja koristi se u procesu sušenja i zagrijavanja mineralne mješavine, preko 90% od sveukupne potrebe⁸⁹. Potreba za toplinskom energijom u rotacijskom bubnju zavisi od kvalitete korištene mineralne mješavine. Pod kvalitetom mineralne mješavine podrazumijeva se:

- vlažnost mješavine;
- temperatura mješavine.

Do pojave vlage u kamenim frakcijama dolazi uslijed izloženosti deponija padalinama i tijekom ispiranja frakcija u kamenolomu. Temperatura korištene mineralne mješavine direktno zavisi od vanjske temperature zraka i uvjeta deponiranja. Da bi se odredila zavisnost utroška energije i kvalitete korištene mineralne mješavine vršena su svakodnevna ispitivanja ulaznih parametara kvalitete mineralne mješavine i dnevnih utrošaka energije. Ispitivanja su vršena na asfaltnom postrojenju u Nemetinu na uzorcima iz tekuće proizvodnje asfaltnih mješavina, u vremenskom razdoblju od 23.05.2012. do 20.11.2012. godine. Uzorkovanje i ispitivanje mineralne mješavine vršeno je za preko 90% dnevne proizvodnje asfaltnih mješavina. Uzorci mineralne mješavine uzorkovani su prije ulaska u rotacijski bubanj, uzeti sa pokretne kose trake. Tijekom ispitivanja proizvedeno je sveukupno 72 366,50 t asfaltne mješavine.

Iskoristivost proizvodnih kapaciteta u promatranom periodu je u rasponu od 42,4 do 61,57%. Proizvedeno je 40,29 % asfaltnih mješavina za nosive slojeve, 15,36 % za vezne i 44,34 % za habajuće slojeve.

Udio vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine nije se značajnije mijenjao (1,5-5%) tijekom promatranog perioda. U početnim i završnim dijelovima godine dolazi do povećanja udjela vlage u mineralnoj mješavini.

Najviša prosječna dnevna vrijednost temperature mineralne mješavine ostvarena je dana 04.07.2012. godine u iznosu od 27,6°C, a najniža temperatura dana 31.10.2012. godine u iznosu od 6,50°C. Uslijed povećanja temperature mineralne mješavine dolazi do smanjenja utroška zemnog plina po proizvedenoj toni asfaltne mješavine.

⁸⁸ Period proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina tijekom kalendarske godine pretežito zavisi o rokovima završetka gradilišta a manjim dijelom o vremenskim prilikama.

⁸⁹ U rotacijskom bubnju.

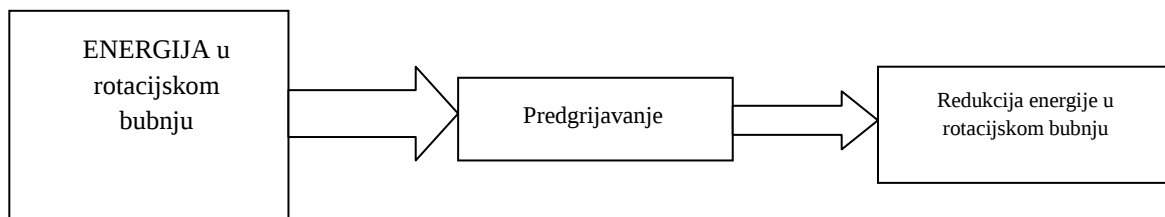
Sveukupna potrošnja zemnog plina tijekom promatranog perioda iznosi 596 052,68 m³ što je prosječni utrošak od 8,24 m³ po proizvedenoj toni asfaltne mješavine. Prosječna temperatura mineralne mješavine je 19,03°C i udio vlage u iznosu od 2,57%.

Obradom ispitanih uzoraka kamene mješavine dobivene su matematičke funkcije utroška energije u različitim vremenskim periodima proizvodnje za promatrane uvjete rada. Iz matematičkih zapisa vidljivo je da se prikazane jednadžbe sastoje od dijela kojim se iskazuje potrebna energija za uklanjanje vlage (7,4104-7,0762 kWh) i potrebne energije za zagrijavanje mineralne mješavine (65,091-56,545 kWh). Iz jednadžbi vidljivo je da se potrebna toplinska energija u rotacijskom bubnju smanjuje uslijed povećanja temperature ulazne mineralne mješavine.

Dobiveni podatci između ekstremnih vrijednosti krivulja modela (8 i 30°C) ukazuju na ostvarivanje uštede u zagrijavanju materijala od 15,11% za promatrane uvjete rada. Također se pojavljuje ušteda prilikom nižeg potrebnog zagrijavanja vlage u sastavu mineralne mješavine u iznosu od 4,72%.

Najniža potreba za energijom ostvaruje se korištenjem temperature mineralne mješavine od 30°C i udjela vlage ispod 2%, u ovom ispitivanju. Uslijed analize stvarnog utroška energije i energije krivulje modela sa 1% vlage, ulazne temperature od 30°, vidljiva je ušteda od 35,24%. Ušteda u utrošku energije ostvaruje se uklanjanjem dijela vlage i smanjenom potrebom za zagrijavanje. Dobiveni rezultati utroška energije ovise o mineralnim frakcijama koje se koriste tijekom proizvodnje. Ukoliko frakcije mineralne mješavine znatno odstupaju u svom sastavu kao rezultat se pojavljuje veći utrošak energije. Gubitci se pojavljuju uslijed vrućeg rasijavanja pri čemu dolazi do uklanjanja dijela zagrijane mineralne mješavine (iberlauf) i propuštanja određenog broja šarži uslijed zastoja u radu. Količina uklonjene zagrijane mineralne mješavine utječe na utrošak energije prilikom proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina.

Ostvarivanje optimalne temperature i niski udio vlage u mineralnoj mješavini nije moguće ostvariti standardnim režimom skladištenja kamenih frakcija. Ukoliko su frakcije kamenoga agregata izložene djelovanju varijabilnih vremenskih uvjeta dolazit će do povećanog utroška energije. Iz dobivenih podataka tijekom ispitivanja vidljivo je da presudni utjecaj na potrebu za energijom ima vlažnost u mješavini. Cjelokupno uklanjanje vlage iz sastava kamena nije moguće ostvariti natkrivanjem deponiranog materijala. Na slici 215. shematski je prikazana potreba za energijom u rotacijskom bubnju koja se može smanjiti na način da se dio potrebne energije uloži u predgrijavanje.



Slika 215. Shematski prikaz raspodjele potrebne energije u rotacijskom bubnju

Na slici 215. shematski je prikazana potreba za energijom u rotacijskom bubnju. Utrošak energije u bubnju zavisi o vlažnosti i ulaznoj temperaturi mineralne mješavine. Postupkom predgrijavanja ostvarila bi se redukcija utrošene energije u rotacijskom bubnju na način da se dio potrebne energije uloži u smanjenje vlage i podizanje temperature mješavine. Kao potencijalni izvor energije za postupak predgrijavanja može se koristiti energija ispušnih plinova kao i drugi obnovljivi izvori. Energetski potencijal ispušnih plinova zavisi od kvalitete mineralne mješavine. Uslijed postojanja zavisnosti između kvalitete mineralne mješavine i izlazne komponente u obliku ispušnih plinova pojavljuje se energetski potencijal koji se u ovom trenutku ne iskorištava.

6. Zaključak istraživanja

Istraživanja i laboratorijska ispitivanja proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina na asfaltnim postrojenjima cikličnog tipa provodila su se s ciljem pronalaženja rješenja racionalne uporabe energije i bolje iskoristivosti proizvodnih kapaciteta. Zahtjevi za ostvarivanje što manjeg negativnog utjecaja na okoliš, ali i spoznaja o ograničenim izvorima energije i njezinom neprestanom povećanju cijene, utjecali su na autorovo promišljanje o mogućim tehnološkim i proizvodnim poboljšanjima u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina koja bi rezultirala smanjenim utroškom energije i iskoristivošću energije ispušnih plinova. Tijekom provedenih istražnih radova vrlo se brzo zaključilo da vlaga sadržana u mineralnoj mješavini nepovoljno utječe na utrošak energije za proizvodnju vrućih asfaltnih mješavina, ali i da se tehnološkim procesom proizvodnje asfaltnih mješavina oslobađaju ispušni plinovi, koji se emitiraju u atmosferu iako sadrže određenu toplinsku energiju.

Analiza proizvodnih troškova na trima asfaltnim postrojenjima - Kovinarska VKM – 130 (Licenca WIBAU 1979. god., proizvodnog kapaciteta 130 t/h) u Nemetinu, zatim Marini M-150 E 205 (1971. god., proizvodnog kapaciteta 150 t/h) u Lužanima i Marini M-40 57A (1987. god., proizvodnog kapaciteta 40 t/h) u Orahovici pokazala je zavisnosti varijabilne proizvodnje asfaltnih mješavina, utroška energije i postojećeg režima rada.

Analiziran je utjecaj troškovno značajnih grupa troškova na proizvodnju asfaltnih mješavina i utrošak energije za predmetna asfaltna postrojenja kroz vremenski period od 2007. do 2009. godine, te su dobiveni rezultati koji ukazuju da je varijabilna proizvodnja asfaltnih mješavina zavisna sa sveukupnim utroškom energenata. Također je vidljivo da proizvodnja asfaltnih mješavina na analiziranim postrojenjima znatno varira te ostvaruje najniže vrijednosti u početnim i završnim dijelovima godine. Diskontinuirana proizvodnja asfaltnih mješavina uvjetuje zavisnu raspodjelu utroška energije, materijala i utroška sitnih kamenih frakcija te uslijed rasta proizvodnje asfaltnih mješavina dolazi do pada sveukupnih troškova.

Daljnjom analizom obrađena su kritična mjesta određena s obzirom na utjecaj:

- korištene mineralne mješavine na proces sušenja;
- diskontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina;
- iskoristivosti asfaltnih postrojenja.

Kritična mjesta u procesu proizvodnje vrućih asfaltnih mješavina definirana su kao mjesta čiji rad uvjetuje potrebu za uloženom energijom te su utjecaji potrebe za energijom podijeljeni na diskontinuirani rad asfaltnih postrojenja i utjecaj korištene mineralne mješavine.

Povećanje udjela vlage i zemljanih čestica u mineralnoj mješavini značajno uvjetuje potrebu za toplinskom energijom u rotacijskom bubnju. Poboljšanjem kvalitete ulazne mineralne mješavine i ostvarivanjem kontinuiteta proizvodnje asfaltnih mješavina rezultira smanjenom

potrebom za uloženom energijom. Gubitci energije koji se pojavljuju u obliku ispušnih plinova predstavljaju energetske potencijal koji se može iskoristiti u daljnjoj proizvodnji vrućih asfaltnih mješavina.

Svakodnevna ispitivanja ulaznih parametara kvalitete mineralne mješavine i dnevnih troškova energije u vremenskom razdoblju od 23.05.2012. do 20.11.2012. godine izvedena su s tendencijom određivanja zavisnosti troška energije i kvalitete korištene mineralne mješavine. Udio vlage u ispitanim uzorcima mineralne mješavine kretao se u okvirnom rasponu od 1,5 do 5% tijekom promatranog perioda. Minimalno povećane količine padalina u početnim i završnim dijelovima godine utjecalo je na povećanje udjela vlage u frakcijama kamenoga agregata (manjim dijelom). Prosječne dnevne temperature ispitanih uzoraka mineralne mješavine su u rasponu od 6,50–27,6°C tijekom ispitnog perioda.

Povećanje temperature mineralne mješavine rezultira smanjenjem troškom zemnog plina po proizvedenoj toni asfaltna mješavine, dok povećanje udjela vlage rezultira većim troškom energije po proizvedenoj asfaltnoj mješavini.

Analizom obrađenih uzoraka korištene mineralne mješavine dobiveni su matematički zapisi koji uzimaju u obzir zavisnost udjela vlage i temperature mješavine sa troškom toplinske energije. Iz matematičkih zapisa vidljivo je da je predmetni odnos linearan te sadrži dio koji ukazuje na veličinu potrebne energije za uklanjanje vlage i zagrijavanje mješavine. Izrađene su temperaturne krivulje modela koje obuhvaćaju korištenje mineralne mješavine ulaznih temperatura od 8, 16, 22 i 30°C. Potrebna energija za uklanjanje vlage iz sastava mineralne mješavine je u rasponu od 7,0762 do 7,4104 kWh za svako dodatno povećanje od 1%. Energija potrebna za zagrijavanje korištene mineralne mješavine je u rasponu od 56,545 do 65,091 kWh. Viša ulazna temperatura mineralne mješavine znači smanjenje troška toplinske energije u rotacijskom bubnju. Dobiveni podatci između krivulja modela (8 i 30°C) ukazuju na ostvarivanje uštede u zagrijavanju materijala od 15,11% ukoliko se koristi mineralna mješavina ulazne temperature od 30°C, u odnosu mineralnu mješavinu ulazne temperature 8°C. Također se pojavljuje ušteda energije od 4,72% uslijed manje potrebnog zagrijavanja vlage u sastavu mineralne mješavine. Analizom stvarnog troška energije (tijekom promatrane proizvodnje asfaltnih mješavina) i energije krivulje modela sa 1% vlage i ulazne temperature od 30°, dobiven je podatak o uštedi energije od 35,24%. Dobivene matematičke jednadžbe troška energije specifične su za postrojenje na kojem se proizvodnja odvijala, proizvedene asfaltna mješavine, dinamiku rada i iskorištenost postrojenja.

Iz dobivenih matematičkih zapisa troška energije vidljivo je da vlažnost u mineralnoj mješavini ima vrlo značajan utjecaj na trošak energije u procesu sušenja.

Niži utrošak energije na asfaltnom postrojenju ostvaruje se:

- smanjenjem udjela vlage u korištenoj mineralnoj mješavini;
- proizvodnjom u vremenskom razdoblju sa višim vanjskim temperaturama zraka kao i manjom količinom oborina;
- povećanjem proizvodne iskoristivosti asfaltnog postrojenja;
- korištenjem modernijih sustava proizvodnje koji omogućuju manje gubitke topline i veću proizvodnu učinkovitost;
- projektiranjem sastava asfaltnih mješavina sa minimalnim gubitcima mineralne mješavine u postupku proizvodnje (otprašivanje, iberlauf).

Smjernice za daljnja istraživanja:

- analiza utjecaja gubitka zagrijane mineralne mješavine na utrošak energije u postupku otprašivanja;
- utjecaj gubitka dijela mineralnih frakcija u postupku vrućeg rasijavanja na utrošak energije (zavisnost projektiranja sastava mineralne mješavine i gubitka u uloženoj energiji i mineralnoj mješavini);
- ostvarivanje smanjenja izloženosti deponirane mineralne mješavine vremenskim uvjetima;
- analiza zavisnosti diskontinuiteta u proizvodnji i sveukupnog utroška energije u procesu proizvodnje;
- istraživanje iskorištavanja energetskeg potencijala ispušnih plinova u postupku proizvodnje;
- optimalizacija sveukupnih troškova uslijed povećanja iskorištenosti proizvodnih kapaciteta proizvodnje;
- pronalaženje alternativnih načina uklanjanja vlage iz mineralne mješavine kao i ostvarivanje predgrijavanja mineralne mješavine.

Mogućnosti uklanjanja ili smanjenja udjela vlage u mineralnoj mješavini ogledaju se u jednostavnijim i manje jednostavnijim rješenjima. Jednostavnija su rješenja zaštita deponija od atmosferskih utjecaja izgradnjom nadstrešnica te odležavanje deponiranog kamenog materijala sa svrhom procjeđivanja vlage. Ne tako jednostavno rješenje je zagrijavanje/predgrijavanje deponiranog kamenog materijala. Na ovaj bi se način toplinska energija ispušnih plinova i eventualno drugih izvora (obnovljivi) koristila u sustavu grijanja, čime bi se osvarila višestruka korist – smanjena emisija ispušnih plinova u atmosferu, smanjeni udio vlage u mineralnoj mješavini i manji utrošak energije za njezino zagrijavanje u rotacionom bubnju. U ovom radu nije rađena analiza ekonomske isplativosti predloženog rješenja, ali nesumnjiva je korist s ekološkog aspekta, kao i činjenica da se dva korisna oblika energije koriste iz jednog izvora. Jedan od izvora energije je zemni plin koji asfaltno

postrojenje koristi za proces rada u rotacijskom bubnju, a oblici energije su toplinska energija ispušnih plinova iskorištena za grijanje mineralne mješavine i proizvodnju asfaltne mješavine. Još jedan od razloga neracionalne potrošnje energije na asfaltnim postrojenjima je i diskontinuirana proizvodnja. Razlog leži u činjenici da se troši energija za održavanje temperature uskladištenog bitumena u spremnicima kao i naknadno zagrijavanje – dogrijavanje elemenata postrojenja tijekom višednevnih prekida u proizvodnji. Diskontinuirana proizvodnja otvara i pitanja iskoristivosti proizvodnih kapaciteta postrojenja, ali ista se nisu u ovom radu istraživala.

LITERATURA

- [1] Akcijski plan za implementaciju Europske direktive o energetske svojstvima zgrada u hrvatsko zakonodavstvo, Vlada Republike Hrvatske, Zagreb, ožujak 2008. godine,
- [2] Strategija energetske razvoja Republike Hrvatske, Hrvatski Sabor, 16. listopada 2009. godine,
- [3] Boraso, A; Minoli, L; Priručnik za izobrazbu – Energetska politika, PHARE Program Europske Unije za pomoć poduzećima III za Bugarsku, Hrvatsku, Rumunjsku, Tursku,
- [4] Nacionalni program energetske učinkovitosti 2008.–2016. godine, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, rujan 2008. godina,
- [5] Prvi nacionalni akcijski plan za energetske učinkovitost za razdoblje od 2008.–2010. godine, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, 15. ožujak 2010. godine,
- [6] U.S. Energy Information Administration, Official Energy statistics from the U.S. Government, Energy Information Administration, <http://www.eia.gov/analysis/> (Pristup 18.11.09),
- [7] Environmental Guidelines on Best Available Techniques (BAT) for the Production of Asphalt Paving Mixes, European Asphalt Pavement Association, Rue du Commerce 77, 1040 Brussels, Belgium, 2007.,
- [8] Chappat, M, Bilal, J; (2003) The Environmental Road of the Future: Life Cycle Analysis, Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions, Colas Group, <http://www.colas.co.uk/about-colas-detail.asp?pageld=14> (Pristup 09.03.2011.),
- [9] European Asphalt Pavement Association, Asphalt in figures, EAPA, <http://www.eapa.org/asphalt.php> (Pristup 18.11.09),
- [10] Peinado, D; de Vega, M; Garcia-Hernando, N; Marugan-Cruz, C; Energy and exergy analysis in an asphalt plant's rotary dryer, Intrame SA, Research and Development,
- [11] Muench, S.T; (2010) Roadway construction sustainability impact reviews of life-cycle assessments, Transportation Research Record 2151 36 45.,
- [12] Young, T. J; (2008) Energy Analysis for Hot Mix Plants. Technical training & advisory services company. Dostupno na web stranicama <http://www.hotmixproduction.com>. (Pristup 12.04.2011.),
- [13] Jullien, A; Gaudefroy, V. A; Ventura, C. de la Roche, Paranhos, R. Moneron, P; (2010) Airborne emissions assessment of hot asphalt mixing methods and limitations, Road Material and Pavement Design 1, 149-169.,

- [14] Thijssen, J, Geert; Dingena, L, Schott; Ernst, W, Demmink; Lodewijks, G; Reducing drying energy and costs by process alterations at aggregate stockpiles, *Energy Efficiency*, 2011., 4:223–233,
- [15] Industrial Energy Efficiency Accelerator, Guide to the asphalt sector, Carbon Trust, (Pristup 15.05.2012.) <http://www.carbontrust.com/media/206468/ctg020-asphalt-industrial-energy-efficiency.pdf>,
- [16] Measurement of Moisture in Aggregate Stockpiles, Final Report, 2001–21, Department of transportation Minnesota,
- [17] Simmons, G, H; Stockpiles, Technical Paper T-129, Astec,
- [18] Aggregate moisture control, *Hot-Mix Magazine* 18, Volume 3, Number 2,
- [19] Ang, B.W; Fwa, T.F; Ng, T.T; (1993) Analysis of process energy use of asphalt-mixing plants, *Energy* 18 (7) ,769-777,
- [20] Dincer, I; Sahin, A.Z; (2004) A new model for thermodynamics analysis of a drying process, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 47 645–652,
- [21] Trubenbenbach, J. T; (2000) Willkommen, The IAPWS industrial formulation 1997 for the thermodynamic properties of water and steam, *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power* 122, 150–182,
- [22] Som, S.K; Datta, A; (2008) Thermodynamic irreversibilities and exergy balance in combustion processes, *Progress in Energy and Combustion Science* 34, 351–376,
- [23] Proizvodnja asfalta u Hrvatskoj u 2008. godini, www.h-a-d.hr, (Pristup 20.03.11),
- [24] US Department of transportation, www.dot.gov. (Pristup 20.03.11.),
- [25] Peoria Ready Mix Producer http://www.astecinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=920&Itemid=645, (Pristup 20.03.11.),
- [26] Martin, J, St; Production and construction issues for moisture sensitivity of Hot-Mix asphalt pavements, Asphalt Pavement Association, Topic 6,
- [27] Reclaimed Asphalt Pavement in asphalt mixtures: state of the practise; Chapter 3. Best practise for increasing RAP use, FHWA-HRT-11-021, travanj 2011.,
- [28] Recycling Hot Mix Asphalt Pavements (2007.), Information Series 123., National Asphalt Pavement Association, NAPA: Lanham, MD,
- [29] Voller, V; McGannon, T; Rindal, D, T; Newcomb, D; Measurement of moisture in Aggregate Stockpiles, Report: Mn/DOT 2001 – 21. ožujak 2001. g.,
- [30] West, C, R; Reclaimed asphalt pavement management: best practise, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Auburn Alabama,

- [31] West, R; Key to Managing RAP Variability, Better Roads, listopad 2009.,
- [32] HRN EN 1097-5 Određivanje sadržaja vode u agregatu sušenjem u ventilirajućem sušioniku,
- [33] HRN EN 12697-2 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 2. dio: Određivanje granulometrijskog sastava (EN 12697-2:2002+A1:2007),
- [34] HRN EN 12697-3 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 3. dio: Izdvajanje bitumena: rotacijski otparivač (EN 12697-3:2005),
- [35] HRN EN 12697-6 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 6. dio: Određivanje gustoće asfaltnih uzoraka (EN 12697-6:2003+A1:2007),
- [36] HRN EN 12697-9 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 9. dio: Određivanje referencijske gustoće (EN 12697-9:2002),
- [37] HRN EN 12697-12 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 12. dio: Određivanje osjetljivosti asfaltnih uzoraka na vodu (EN 12697-12:2008),
- [38] HRN EN 12697-13 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 13. dio: Mjerenje temperature (EN 12697-13:2000+AC 2001),
- [39] HRN EN 12697-27 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 27. dio: Uzorkovanje (EN 12697-27:2000),
- [40] HRN EN 12697-28 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 28. dio: Priprema uzoraka za određivanje udjela veziva, udjela vode i granulometrijskog sastava (EN 12697-28:2000),
- [41] HRN EN 12697-29 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 29. dio: Određivanje dimenzija asfaltnog uzorka (EN 12697-29:2002),
- [42] HRN EN 12697-34 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 34. dio: Marshallovo ispitivanje (EN 12697-34:2004+A1:2007),
- [43] HRN EN 12697-35 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 35. dio: Laboratorijsko miješanje (EN 12697-35:2004+A1:2007),
- [44] History of asphalt, National Asphalt Pavement Association (Online) https://www.asphalt-pavement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=41, (pristup 30.05.11.),
- [45] HRN EN 13108-1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 1. dio: Asfaltbeton (EN 13108-1:2006),

- [46] HRN EN 13108-1:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 1. dio: Asfaltbeton (EN 13108-1:2006/AC:2008),
- [47] HRN EN 13108-2 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 2. dio: Asfaltbeton za vrlo tanke slojeve (EN 13108-2:2006),
- [48] HRN EN 13108-2:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 2. dio: Asfaltbeton za vrlo tanke slojeve (EN 13108-2:2006/AC:2008),
- [49] HRN EN 13108-3 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 3. dio: Meki asfalt (EN 13108-3:2006),
- [50] HRN EN 13108-3:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 3. dio: Meki asfalt (EN 13108-3:2006/AC:2008),
- [51] HRN EN 13108-4 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 4. dio: HRA (Hot Rolled Asphalt) (EN 13108-4:2006),
- [52] HRN EN 13108-4:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 4. dio: HRA (Hot rolled asphalt) (EN 13108-4:2006/AC:2008),
- [53] HRN EN 13108-5 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 5. dio: SMA (Stone Mastic Asphalt) (EN 13108-5:2006),
- [54] HRN EN 13108-5:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 5. dio: SMA (Stone mastic asphalt) (EN 13108-5:2006/AC:2008),
- [55] HRN EN 13108-6 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 6. dio: Lijevani asfalt (EN 13108-6:2006),
- [56] HRN EN 13108-6:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 6. dio: Lijevani asfalt (EN 13108-6:2006/AC:2008),
- [57] HRN EN 13108-7 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 7. dio: Porozni asfalt (EN 13108-7:2006),
- [58] HRN EN 13108-7:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 7. dio: Porozni asfalt (EN 13108-7:2006/AC:2008),
- [59] HRN EN 13108-8 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 8. dio: Reciklažni asfaltni agregat (EN 13108-8:2005),
- [60] HRN EN 13108-20 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 20. dio: Ispitivanje tipa (EN 13108-20:2006),
- [61] HRN EN 13108-20:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 20. dio: Ispitivanje tipa (EN 13108-20:2006/AC:2008),

- [62] HRN EN 13108-21 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 21. dio: Tvornička kontrola proizvodnje (EN 13108-21:2006),
- [63] HRN EN 13108-21:2007/Ispr.1 Bitumenske mješavine – Specifikacije materijala – 21. dio: Tvornička kontrola proizvodnje (EN 13108-21:2006/AC:2008),
- [64] Zaumanis, M; Jansen, J; Smirnovs, J; Calculation model of energy comparasion of warm mix asphalt and hot mix asphalt, Environmental Engineering, The 8TH International Conference, svibanj 19-20. 2011., Vilnius Litva,
- [65] Miller, T, D; Hussein, U, B; Sustainable Asphalt Pavements: Technologies, Knowledge, Gaps and Opportunities; Prepared for the Modified Asphalt Research Center (MARC), (Pristup 2/20/2009.),
- [66] Mosil, J; Possibilities for Improving the Energy Efficiency of Asphalt Plants,
- [67] Aditya, Y; Batch Hot Mixture Asphalt Plant (Part 1) <http://www.transportengineer.net/2011/11/batch-hot-mixture-asphalt-plant-part-1.html>, (Pristup 10.10.2012.),
- [68] Princip rada asfaltnog postrojenja u Nemetinu, radna uputa, Osijek-Koteks d.d., veljača 2008.,
- [69] History Hot Mix. (Pristup 2008/09/23.),
- [70] Gillespie, Hugh. A Century of progress: The history of Hot mix asphalt, National Asphalt Pavement Association, 1992.,
- [71] Razrada tehničkih svojstava i zahtjeva za građevne proizvode za proizvodnju asfaltnih mješavina i za asfaltne slojeve kolnika, Hrvatske Ceste d.o.o., Zagreb, ožujak 2012.,
- [72] HRN EN 933-1 Granulometrijski sastav (nadzrnje i podzrnje),
- [73] HRN EN 933-9 Najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica,
- [74] HRN EN 933-4 Najveći dopušteni indeks oblika,
- [75] HRN EN 933-3 Najveći dopušteni indeks plosnatosti,
- [76] HRN EN 933-5 Najveći dopušteni razred udjela drobljenih zrna i udjela i lomljene površine zrna,
- [77] HRN EN 933-6 Najveći dopušteni razred uglatosti zrna (koeficijent protoka),
- [78] HRN EN 1097-2 Najveći dopušteni razred otpornosti na predrobljavanje metodom „Los Angeles“,
- [79] HRN EN 1097-8 Najveći dopušteni razred otpornosti agregata na polirnost i na površinsku abraziju,
- [80] HRN EN 1097-1 Najveći dopušteni razred otpornosti agregata na trošenje,
- [81] HRN EN 1097-9 Otpornost agregata na abraziju gumama s čavlima,

- [82] HRN EN 1097-6 Gustoća agregata, upijanje vode i najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje - odmrzavanje,
- [83] HRN EN 1367-1 Najveći dopušteni razred otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje,
- [84] HRN EN 1367-5 Otpornost na toplinski šok,
- [85] HRN EN 12697-11, Metoda A, Prionjivost bitumenskog veziva,
- [86] HRN EN 1367-3 Bazalti sa znakovima „Sonnenbran“,
- [87] HRN EN 932-3 Petrografska odredba agregata,
- [88] HRN EN 1744-1 Najmanji dopušteni razred onečišćenja lakim česticama, stabilnost zrakom hladene zgre i najveći dopušteni razred stabilnosti volumena čelične zgre,
- [89] Grabowski, W; Janowski, L; (2010) Issues of energy consumption during hot mix asphalt (HMA) production, Proceeding of the 10th International Conference, Modern building materials, structures and techniques, str. 89-92.,
- [90] Jenny, R; (2009) CO2 Reduction on Asphalt Mixing Plants Potential and Practical Solutions. Amman- Group, Switzerland,
- [91] Sivilevicius, H; (2011) Application of Expert Evaluation Method to Determine the Importance of Operating Asphalt Mixing Plant Quality Criteria and Rank Correlation, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 6(1): 48-58.,
- [92] Bunz, W; Solbach, E; (1981) Der Energieaufwand Fuer die Herstellung von Verschiedenartiger. Strassenbau-Mischgutarten. Thesis at the Rheinisch-Westphalian Technical University of Aachen.
- [93] Moisture in Asphalt production, Hydronix Limited 7, AND003 v1 0.0.,
- [94] Measurements of Moisture Content of Asphalt Concrete, Transportation research boards of the National Academies, (Pristup 01/11/2009.),
- [95] Astec Industries, Inc , http://www.bitumequebec.ca/assets/application/events/files/4e65e2b1084a440_file.pdf, (Pristup 18.06.2012.),
- [96] Serra, D; (2010) Moisture in Asphalt Production <http://www.aggnet.com/resources/articles/moisture-in-asphalt-production> (Pristup 23.04.2012),
- [97] Pavement Interactive Moisture Content [Online] Dostupno: <http://www.pavementinteractive.org/article/moisture-content/> (Pristup 10.05.2012.),
- [98] ET_a; Solids – Specific Heats, (Online) http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-solids-d_154.html , (Pristup 20.09.2012.),
- [99] Pavement recycling guidelines for state and local governments participants reference book, (Online). <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/98042/> (Pristup.10.10.2012.),

- [100] Black gold – Use of Recycled Asphalt Shingles (RAS) in Asphalt Pavements, (Online) <http://www.pavementinteractive.org/2011/03/15/black-gold-use-of-recycled-asphalt-shingles-ras-in-asphalt-pavements/> (Pristup 10.10.2012.),
- [101] Cervarich, M. B; Cooled and ready to serve? Roads and Bridges, volume 41, number 9, 2003, pages 38-39.,
- [102] Davidson JK; Warm asphalt mix technology, an overview of the process in Canada. In Proceedings of 2008 Annual Conference of the Transportation Association of Canada. Polyscience Publications Inc., Laval, Quebec, Canada,
- [103] Romier, A; Audeon, M; David, J; Martineau, Y; Olard, F; Low-energy asphalt with performance of hot-mix asphalt. Transportation Research Record 1962: (2006) 101–112.,
- [104] Anderson, R, M; May, R; (2008) Engineering Properties, Emissions, and Field Performances of Warm Mix Asphalt Technologies. Interim report prepared for National Cooperative Highway Research Program NCHRP 9-47, Asphalt Institute, Lexington, KY, USA,
- [105] Self, A, D; (2006) Overseas developments in low temperature asphalt. Proceedings of 5th International Conference on Research and Practical Applications using Wastes and Secondary Materials in Pavement Engineering. Liverpool John Moores University, Liverpool, UK,
- [106] Harder, G, Le; Goff, Y; Loustau, A; Martineau, Y; Heritier, B; Romier, A; (2008) Energy and environmental gains of warm and half-warm asphalt mix: quantitative approach. In Proceedings of Transportation Research Board 87th Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington, DC, USA,
- [107] Hassan, M,M; (2009) Life-cycle assessment of warm-mix asphalt: an environmental and economic perspective. In Proceedings of Transportation Research Board 88th Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington, DC, USA,
- [108] Croteau, J-M; Tessier, B; (2008) Warm mix asphalt paving technologies: a roadbuilder's perspective. In Proceedings of 2008 Annual Conference of the Transportation Association of Canada. Polyscience Publications Inc., Laval, Quebec, Canada,
- [109] D'Angelo, J; Harm, E; Bartoszek, J; et al. (2008) Warm-Mix Asphalt: European Practice. Technical Report No. FHWA-PL-08-007. Office of International Programs, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA Dostupno http://www.warmmixasphalt.com/submissions/68_20080223_FHWA-PL-08-007.pdf (Pristup 10/04/2012).

- [110] Nicholls, JC; Shell Thiopave TM sulphur extended asphalt modifier. In Proceedings of 5th International Conference Bituminous Mixtures and Pavements. University of Thessaloniki, Thessaloniki, (2011) Greece.
- [111] Rukavina, T; Dragčević, V; Ožbolt, M; (2008) Posebne asfaltne mješavine i postupci, Dani prometnica,
- [112] Middleton, B; An evaluation of warm mix asphalt produced with double barrel green process, 7TH International Conference on Managing Pavement Assets (2008.), Middleton and Farfytlow,
- [113] The Future of Asphalt, Building better communities through sustainable practices, pave Green, (Pristup 15.05.2012.),
- [114] Zeumanis, M; Warm Mix Asphalt Investigation, Lyngby, Denmark, 2010.,
- [115] Anre, L; Broadsword, P; Leed, A; Introducing Warm Mix Asphalt, travanj 2011.,
- [116] The history of low Emission Asphalt, (Online) <http://www.suit-kote.com/low-emission-asphalt-history.php>, (Pristup 08.11.2012.),
- [117] Saving Energy through plant efficiency, Flexible Pavements of Ohio (Online) <http://www.flexiblepavements.org/sites/www.flexiblepavements.org/files/events/conferences/Garrett.pdf>, (Pristup 12.10.2012.),
- [118] Rogers Group, Inc (Online) http://www.clearspan.com/fabric/structures/ext;Customer_Success_Stories/rogers_group.html, (Pristup 10.10.2012.),
- [119] Fabric structures provide range of solutions, (Online) <http://rpn.baumpub.com/news/1961/fabric-structures-provide-range-of-solutions>, (Pristup 20.10.2012.),
- [120] Moorhouse Construction Ltd, (Online) <http://www.moorhouseconstruction.co.uk/projects.php>, (Pristup 05.10.2012.),
- [121] Cleaver, L; A look at Tomorrow's Asphalt Plant, (Online) <http://www.forconstructionpros.com/article/10449626/a-look-at-tomorrows-asphalt-plant>, (Pristup 07.10.2012.),
- [122] D&G Machinery, (Online) <http://www.dgmachinery.com/>, (Pristup 18.03.2012.),
- [123] HMA Transport, (Online) <http://www.pavementinteractive.org/article/hma-transport/>, Pavement Interactive, (Pristup 10.07.2012.),
- [124] Hubbard Construction Company, (Online) http://www.hotmixmag.com/index.php?option=com_content&view=article&id=90&Itemid=123, (Pristup 10.11.2012.),
- [125] Chapter 6: General Observations and Findings, (Online) http://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/wma_08_06.cfm, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, (Pristup 10.08.2012.),

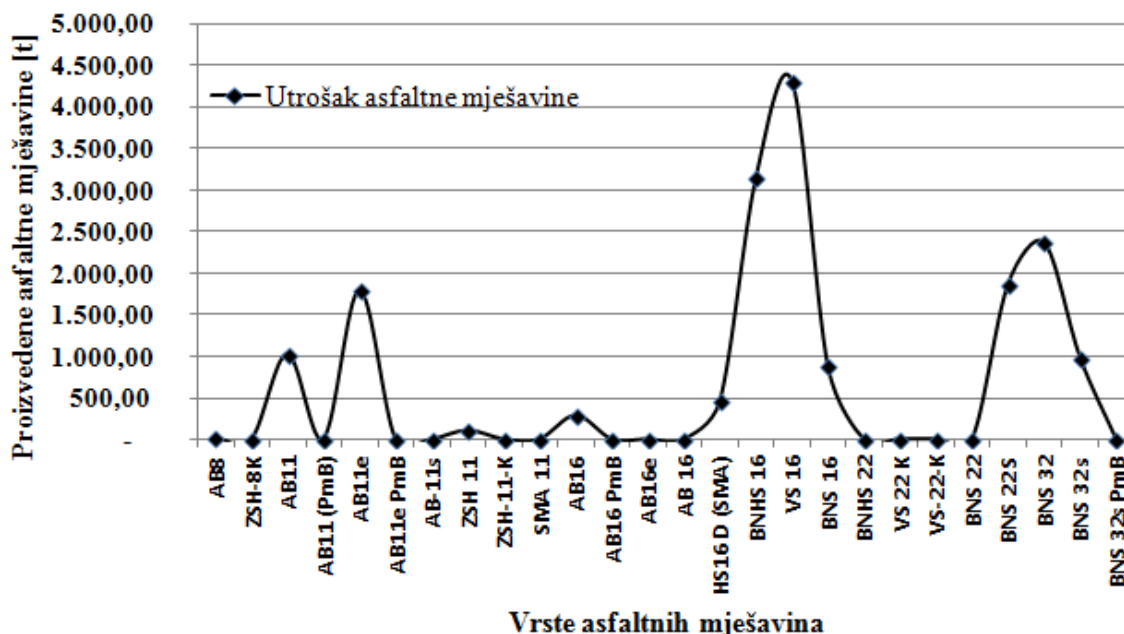
- [126] Storage silos for hot mix asphalt facilities, (Online) http://www.astecinc.com/images/file/literature/HMA_Storage_Silos.pdf, (Pristup 08.07.2012.),
- [127] Technical Paper T-140 – Heating and Storing Asphalt at HMA Plants, (Online) http://www.heatec.com/literature/Tech_Papers/T-140/T-140p1.htm, Heatec, 1999.,
- [128] Priručnik za građenje, održavanje i rekonstrukciju cesta, Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb 1976.,
- [129] Xiamen XDE M&E Equipment Co, Ltd, (Online) <http://www.machsources.com/productimages/21922/bitumen-tank.jpg>, (Pristup 03.11.2012.),
- [130] Phoenix Transworld Ltd, (Online) <http://www.phoenixtransworld.com/ancillary/bitumen>, (Pristup 03.11.2012.),
- [131] Quality that you can rely upon Vishvakarma, (Online) <http://vishvakarma.com/asphaltddrummix60.htm>, (Pristup 07.11.2012.),
- [132] Asfaltno postrojenje – A.B. Nemetin, Osijek – Koteks d.d., (Interni dokument), 15.09.2008. g.,
- [133] Asfaltno postrojenje – A.B. Lužani, Osijek – Koteks d.d., (Interni dokument), 17.05.2008. g.,
- [134] Asfaltno postrojenje – A.B. Orahovica, Osijek – Koteks d.d., (Interni dokument), 13.06.2008. g.,
- [135] Usporedba cijena energenata za kućanstva u 2011. g., (Online) <http://www.gpz-opskrba.hr/default.aspx?id=151>, (Pristup 05.04.2012.),
- [136] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:184-1-lab-09 za BNS 22S, Asfaltna baza u Nemetinu, 14.04.2009., Osijek-Koteks d.d.,
- [137] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:184-1-lab-09 za AB 11E, Asfaltna baza u Nemetinu, 16.07.2009., Osijek-Koteks d.d.,
- [138] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:104-1-lab-08 za BNHS 22, Asfaltna baza u Nemetinu, ožujak 2008., Osijek-Koteks d.d.,
- [139] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:110-lab-1-09 za VS 22K, Asfaltna baza u Lužanima, 05.05.2009., Osijek-Koteks d.d.,
- [140] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:037-1-lab-09 za AB 11, Asfaltna baza u Lužanima, ožujak 2009., Osijek-Koteks d.d.,
- [141] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:211-lab-09 za VS 16, Asfaltna baza u Nemetinu, 14.09.2008., Osijek-Koteks d.d.,
- [142] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:117-1-lab-09 za BNS 32s, Asfaltna baza u Orahovici, 06.05.2009., Osijek-Koteks d.d.,
- [143] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:027-lab-1-09 za HS 16D (SMA), Asfaltna baza u Lužanima, 04.03.2009., Osijek-Koteks d.d.,

- [144] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:091-1-lab-2010 za AB 16, Asfaltna baza u Nemetinu, 28.07.2010., Osijek-Koteks d.d.,
- [145] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:080-1-lab-08 za HS 11D (SMA), Asfaltna baza u Lužanima, 21.06.2010., Osijek-Koteks d.d.,
- [146] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:030-1-lab-2010 za BNHS 22, Asfaltna baza u Nemetinu, 10.04.2010., Osijek-Koteks d.d.,
- [147] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:016-1-lab-2010 za AB 8, Asfaltna baza u Nemetinu, 25.03.2010., Osijek-Koteks d.d.,
- [148] Izvještaj o izradi projekta sastava asfalta broj:PS (OSIJEK-KOTEKS)-2/2008 za ZSH 11K, Asfaltna baza u Lužanima, travanj 2008., Viadukt d.d.,
- [149] Amortizacija, (Online) <http://limun.hr/main.aspx?id=10327>, (Pristup 10.08.2012.),
- [150] Vujević, K; (2005) Amortizacija s troškovnog, poreznog i računovodstvenog aspekta, Pomorstvo, god.19. str. 159-169,
- [151] IGH, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga III., Kolnička konstrukcija, 2001.
- [152] HRN B B0.001:1984 – Uzimanje uzoraka kamena i agregata,
- [153] HRN EN 932-2 - Metoda smanjivanja laboratorijskih uzoraka,
- [154] Eđed, A; Sortna specifičnost akumulacije kadmija, cinka i željeza u zrnju ozime pšenice, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek 2011. godine,
- [155] HMA Production Facilities, (Online) <https://doc1094docsviewer.googleusercontent.com>, (Pristup 10.08.2012.),
- [156] Plan aktivnosti sa mjerama i rokovima za postupno smanjenje emisija/zagađenja i usuglašavanje sa najboljom raspoloživom praksom, Asfaltna baza Rajlovac, KJKP RAD Sarajevo, kolovoz 2009.,
- [157] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:104-lab-11 za BNS 32s, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [158] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:043-1-lab-11 za AB 8, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [159] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:036-lab-11 za AB 11, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [160] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:040-1-lab-11 za BNS 22s, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [161] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:037-1-lab-11 za AB 16, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,

- [162] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:106-lab-11 za BNHS 22, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [163] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:086-1-lab-11 za BNS 16, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [164] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:075-lab-11 za AB 11e, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [165] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:038-1-lab-11 za BNHS 16, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [166] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:009-1-lab-11 za VS 22K, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [167] Izvještaj o izradi radnog sastava broj:025-1-lab-11 za ZSH 11K, Asfaltna baza u Nemetinu, siječanj 2011., Osijek-Koteks d.d.,
- [168] www.meteo.hr, Online, (Pristup 20.11.2012.),
- [169] www.hep.hr, Online, (Pristup 16.11.2012.),
- [170] Potvrda o tvorničkoj kontroli proizvodnje broj:1/05-ZGP-1239, Kamenolom Veličanka, IGH d.d., Zagreb, 8.studeni 2011.godine,
- [171] Potvrda o tvorničkoj kontroli proizvodnje broj:1/05-ZGP-1240, Kamenolom Vetovo, IGH d.d., Zagreb, 8.studeni 2011. godine,
- [172] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/043 za AC 32 base 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [173] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/034 za AC 8 surf 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [174] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/036 za AC 11 surf 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [175] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/041 za AC 22 base 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [176] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/038 za AC 16 base 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [177] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/040 za AC 22 base 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [178] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/039 za AC 16 base 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [179] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/035 za AC 11 surf 45/80-65, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine,
- [180] Izjava o sukladnosti broj:44610694500 – ZGP – 12/037 za AC 16 surf 50/70, Asfaltna baza „KOVINARSKA“, Nemetin, Osijek, 21.05.2012. godine.

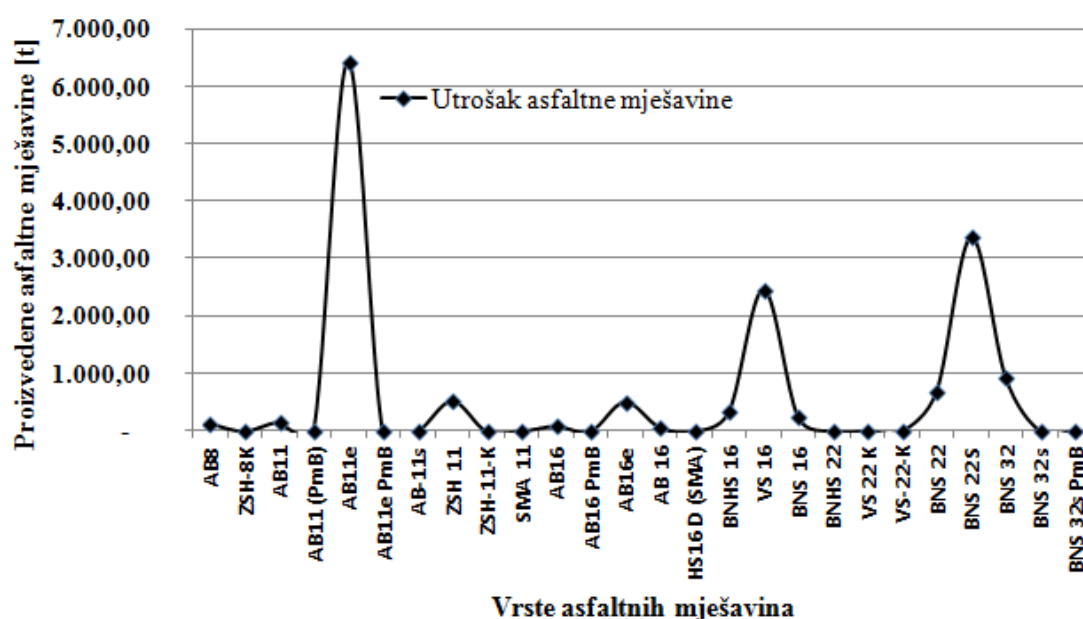
PRILOZI

Iz slike 99. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 10 625,38 t asfaltne mješavine pri čemu je 3274,64 t asfaltne mješavine HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 44,3% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



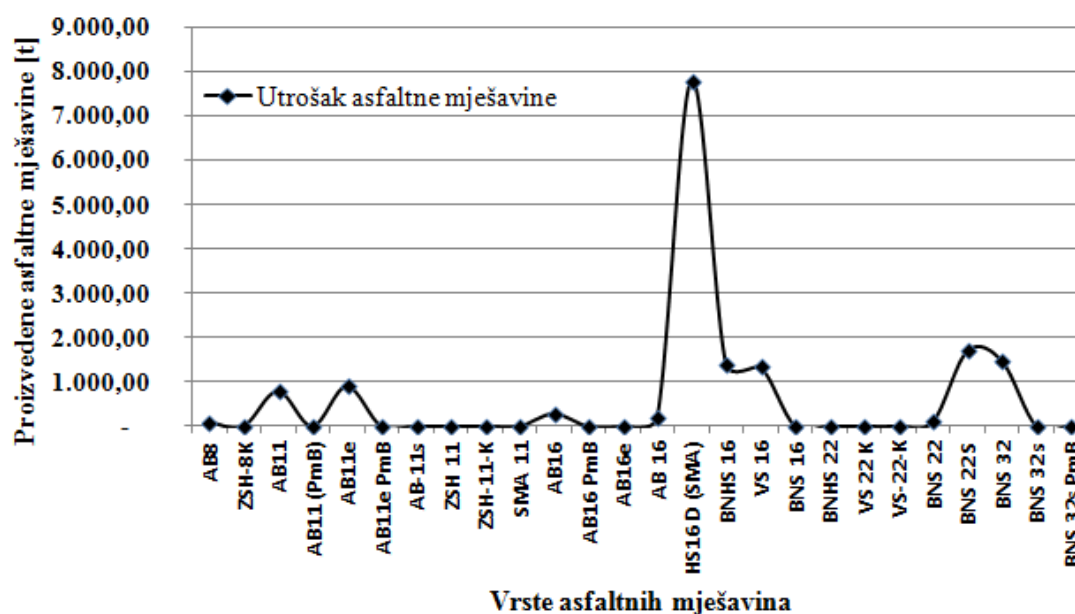
Slika 100. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, srpanj 2007. godine

Iz slike 100. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 17 218,04 t asfaltne mješavine pri čemu je 4311,18 t asfaltne mješavine VS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 71,7% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



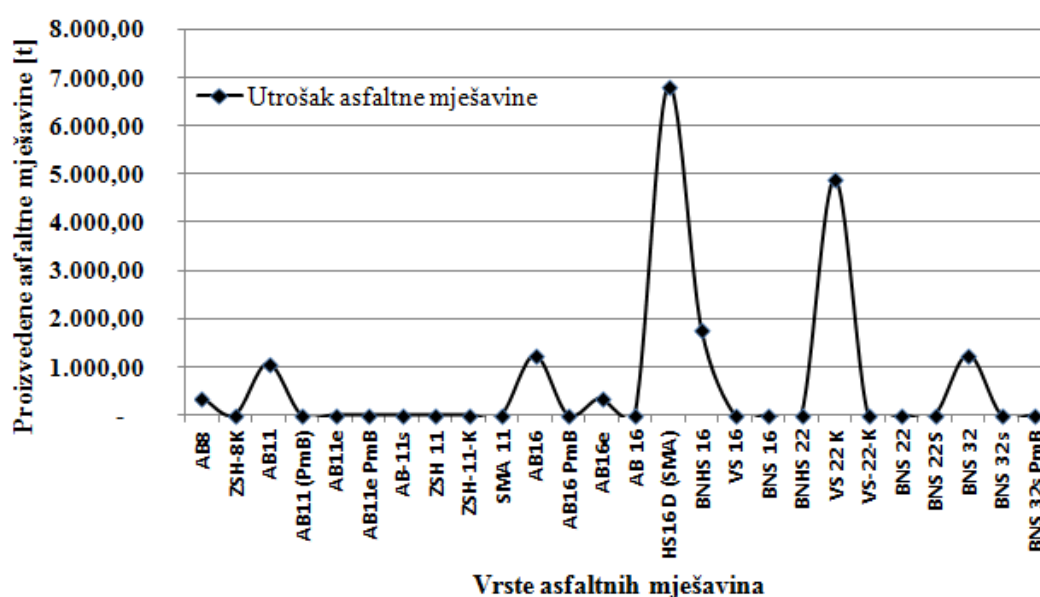
Slika 101. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, kolovoz 2007. godine

Iz slike 101. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 15 977,20 t asfaltne mješavine pri čemu je 6444,7 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 66,57% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



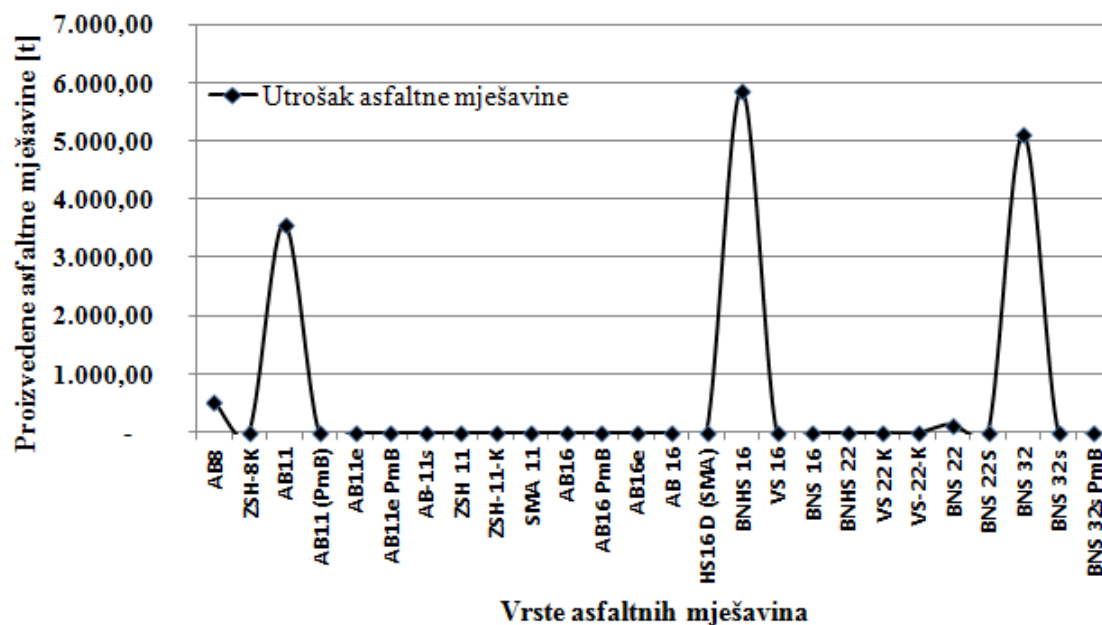
Slika 102. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, rujan 2007. godine

Iz slike 102. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 16 064,26 t asfaltne mješavine pri čemu je 7796.84 t asfaltne mješavine HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 66,57% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



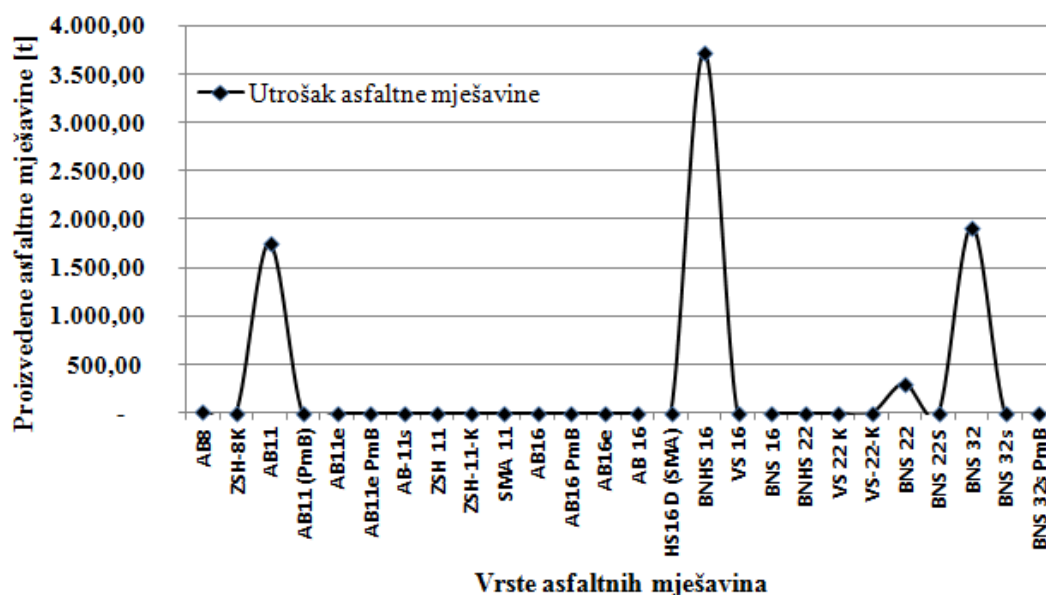
Slika 103. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, listopad 2007. godine

Iz slike 103. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 17 785,76 t asfaltne mješavine pri čemu je 6831,82 t asfaltne mješavine HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 74,11% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



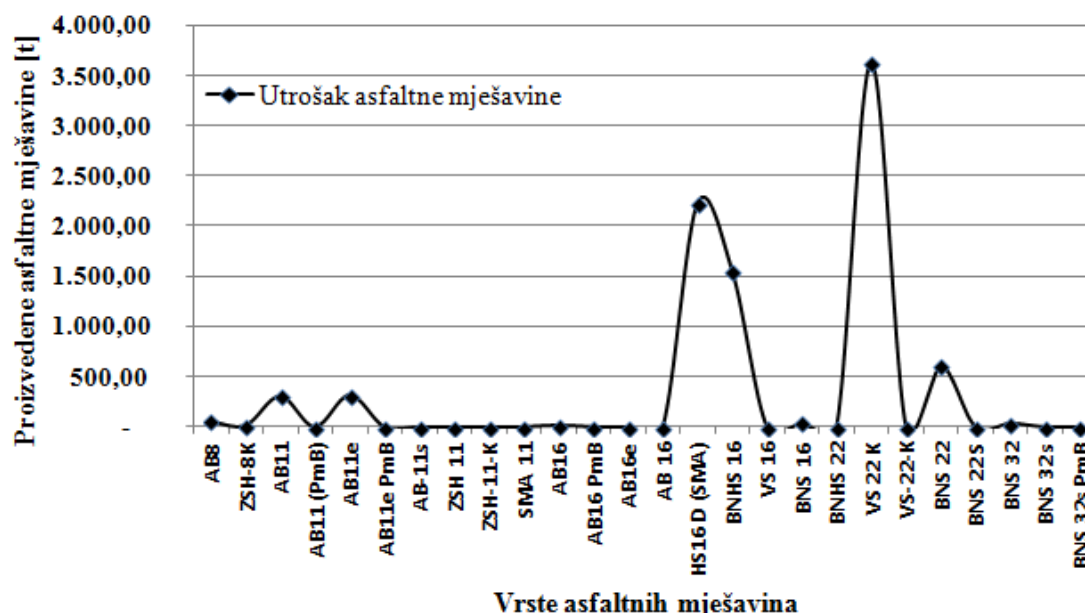
Slika 104. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, studeni 2007. godine

Iz slike 104. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 15 318,08 t asfaltne mješavine pri čemu je 5895,28 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 63,83% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



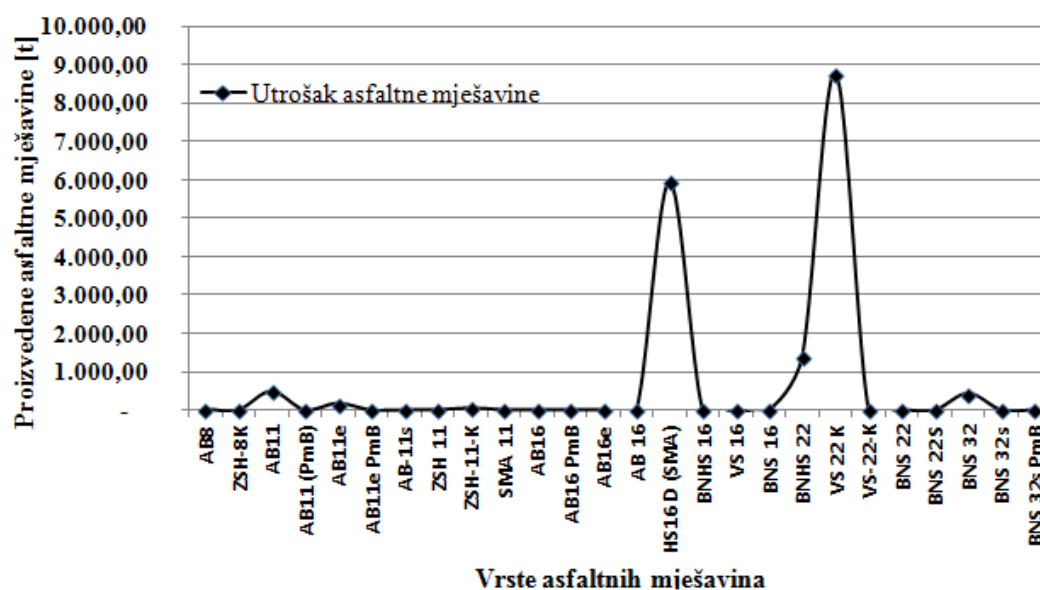
Slika 105. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, prosinac 2007. godine

Iz slike 105. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2007) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 7757,92 t asfaltne mješavine pri čemu je 3740,58 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 32,32% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



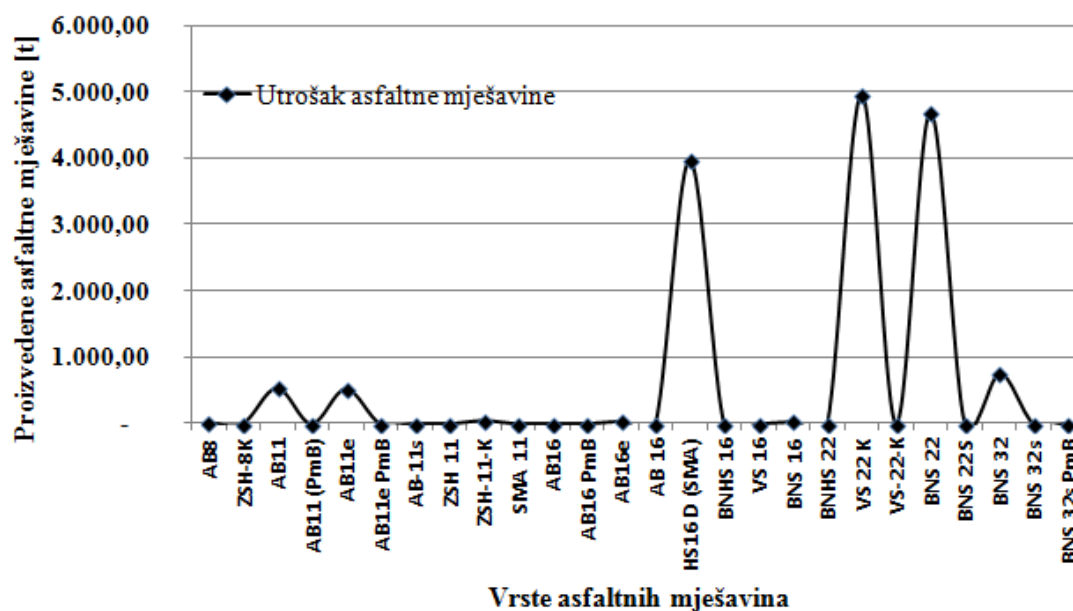
Slika 106. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, ožujak 2008. godine

Iz slike 106. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 8815,1 t asfaltne mješavine pri čemu je 3636,6 t asfaltne mješavine VS 22 K. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 36,73% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



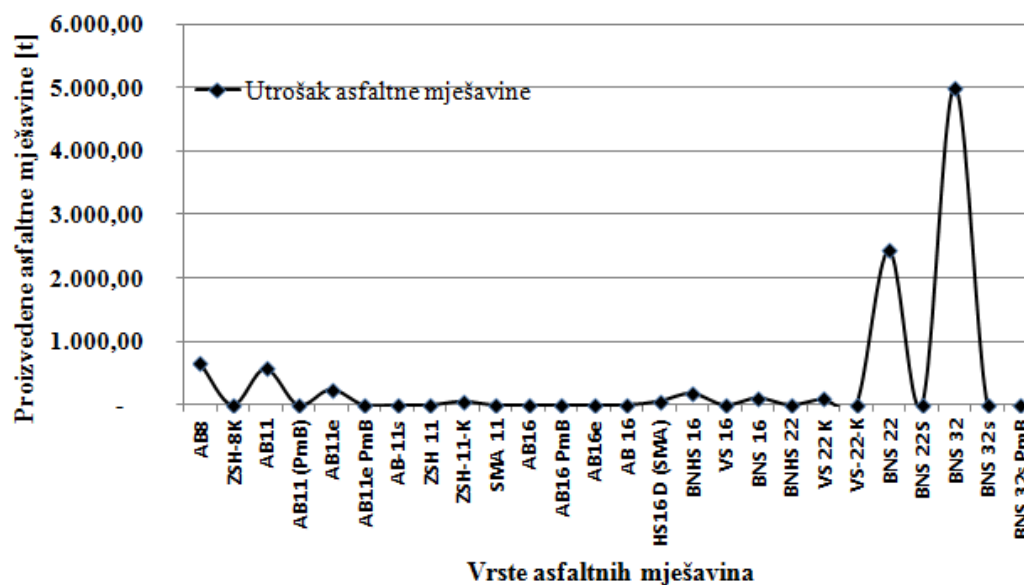
Slika 107. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, travanj 2008. godine

Iz slike 107. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 17 293,72 t asfaltne mješavine pri čemu je 8777,78 t asfaltne mješavine VS 22 K. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 72,06% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



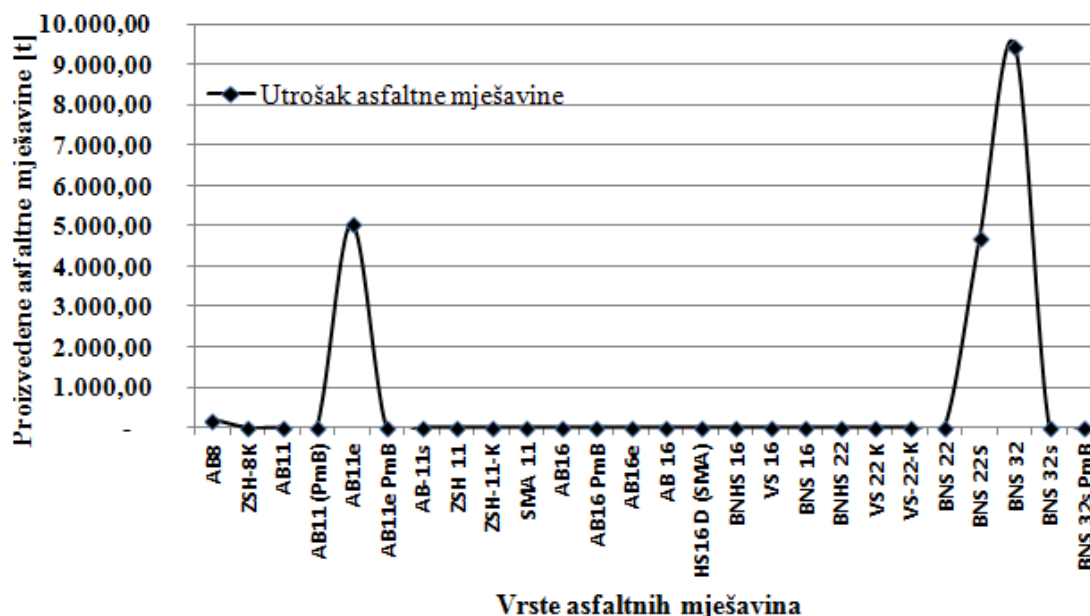
Slika 108. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, svibanj 2008. godine

Iz slike 108. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 15 640,09 t asfaltne mješavine pri čemu je 4976,96 t asfaltne mješavine VS 22 K. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 65,17% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



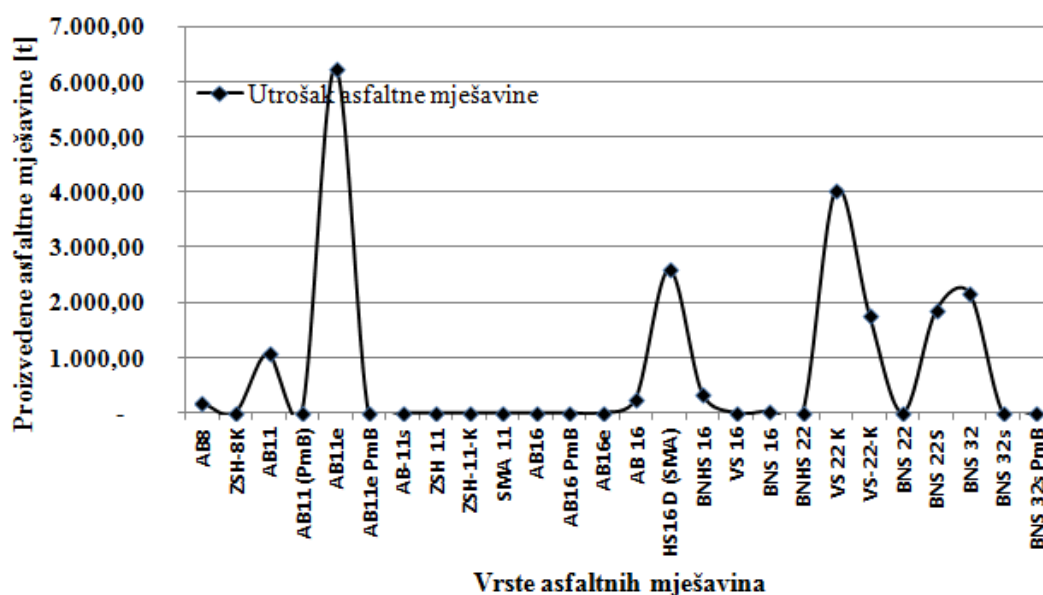
Slika 109. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, lipanj 2008. godine

Iz slike 109. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 9421,97 t asfaltne mješavine pri čemu je 5009,69 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 39,26% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



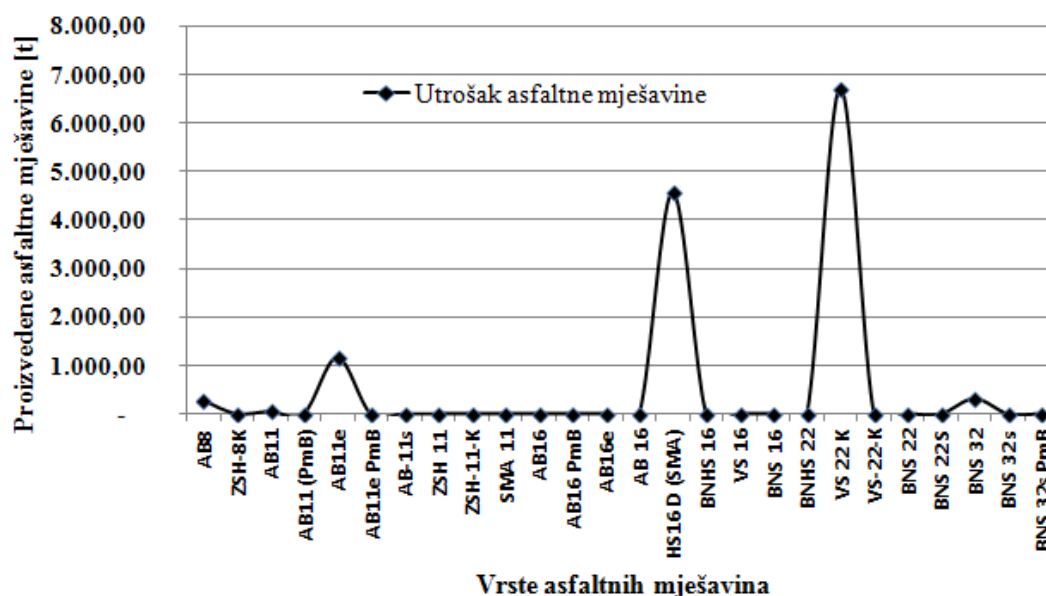
Slika 110. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, srpanj 2008. godine

Iz slike 110. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 19 439,34 t asfaltne mješavine pri čemu je 9471,91 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 81% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



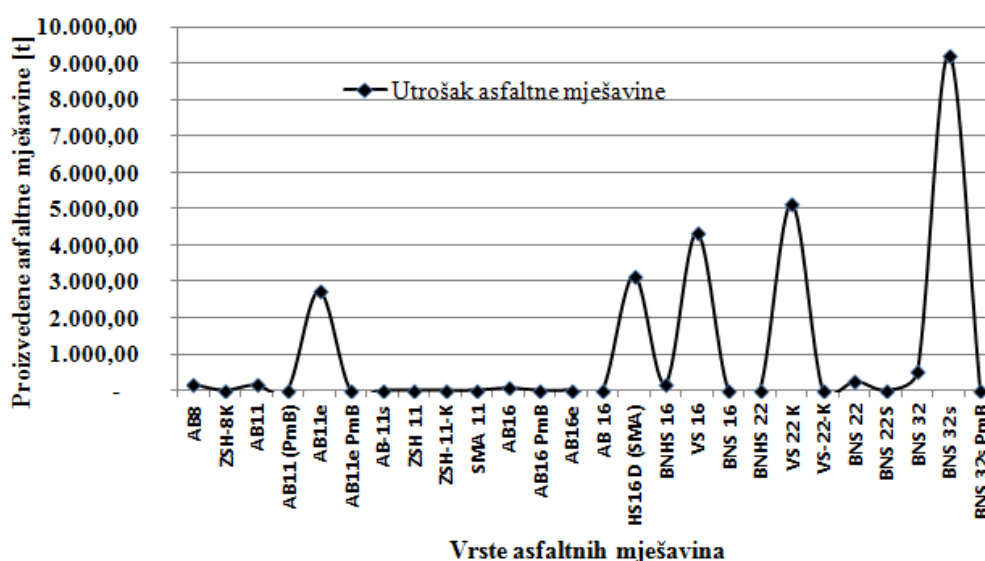
Slika 111. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, kolovoz 2008. godine

Iz slike 111. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 20 552,5 t asfaltne mješavine pri čemu je 6247 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 85,64% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



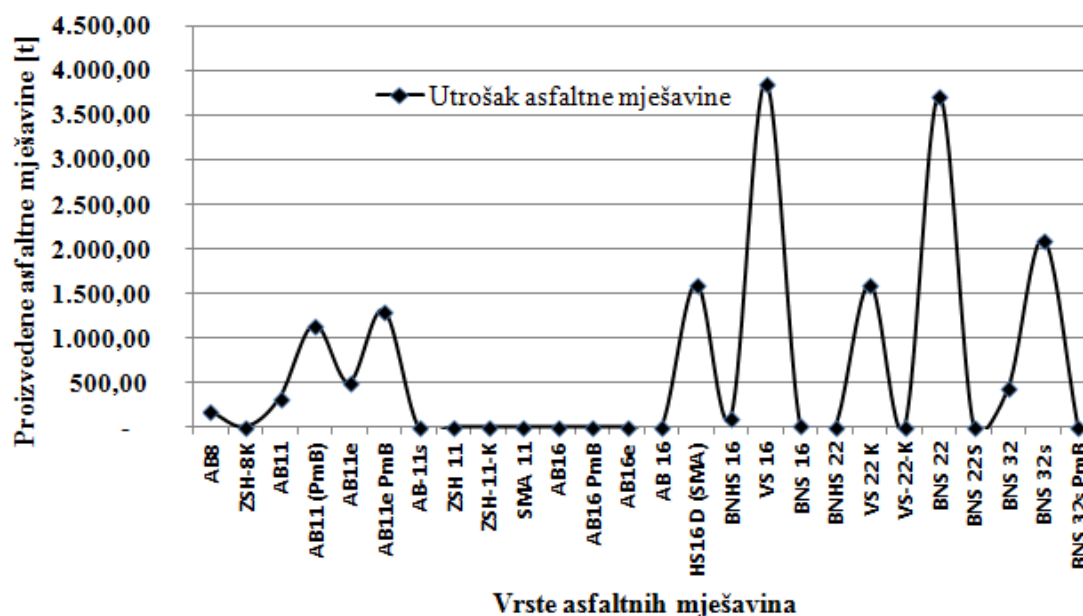
Slika 112. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, rujna 2008. godine

Iz slike 112. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 13 067,76 t asfaltne mješavine pri čemu je 6715,02 t asfaltne mješavine VS 22 K. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 54,45% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



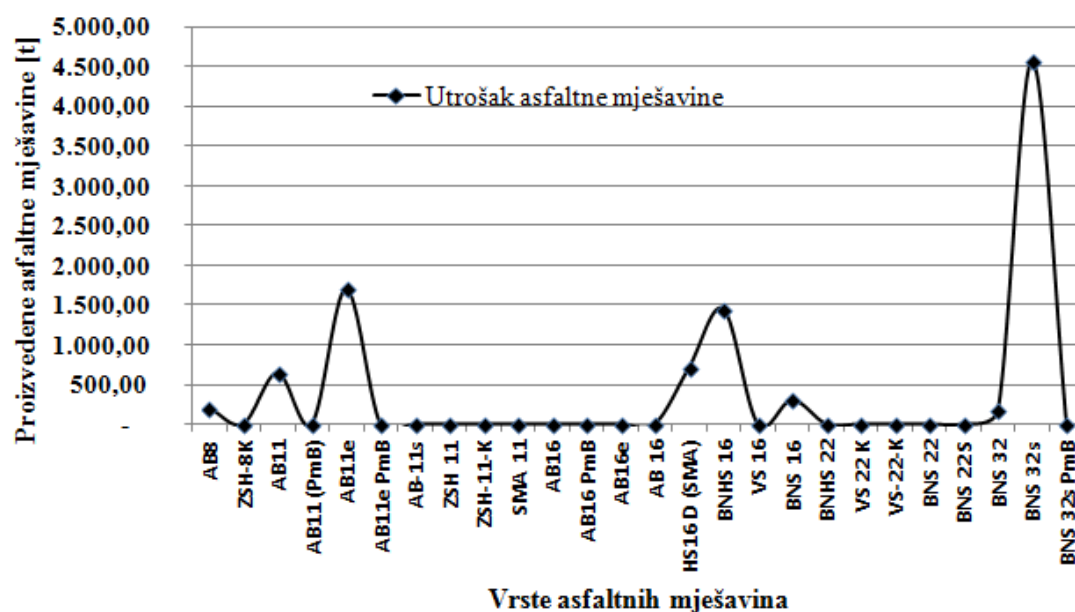
Slika 113. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, listopada 2008. godine

Iz slike 113. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 25 870,9 t asfaltne mješavine pri čemu je 9239,18 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 107,8% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



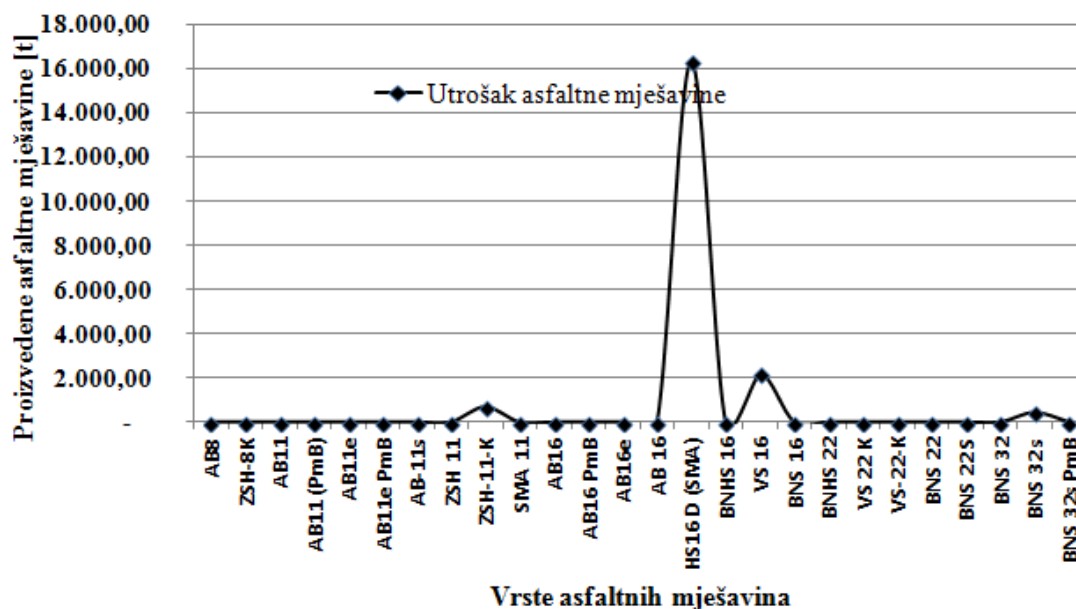
Slika 114. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, studeni 2008. godine

Iz slike 114. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 16 921,26 t asfaltne mješavine pri čemu je 3861,8 t asfaltne mješavine VS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 70,5% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



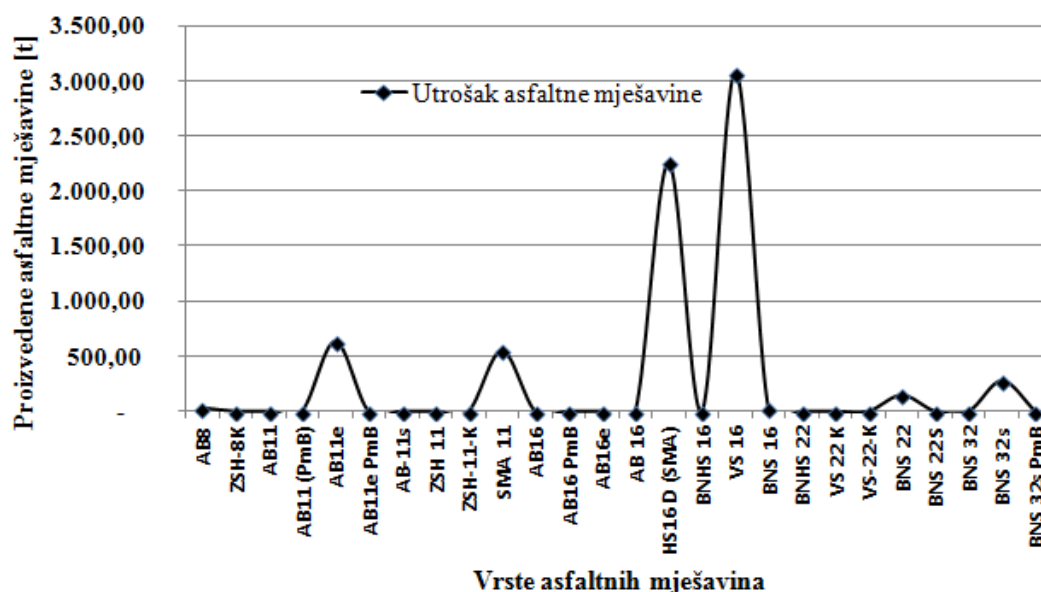
Slika 115. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, prosinac 2008. godine

Iz slike 115. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2008) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 9778,26 t asfaltne mješavine pri čemu je 4581,46 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 40,74% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



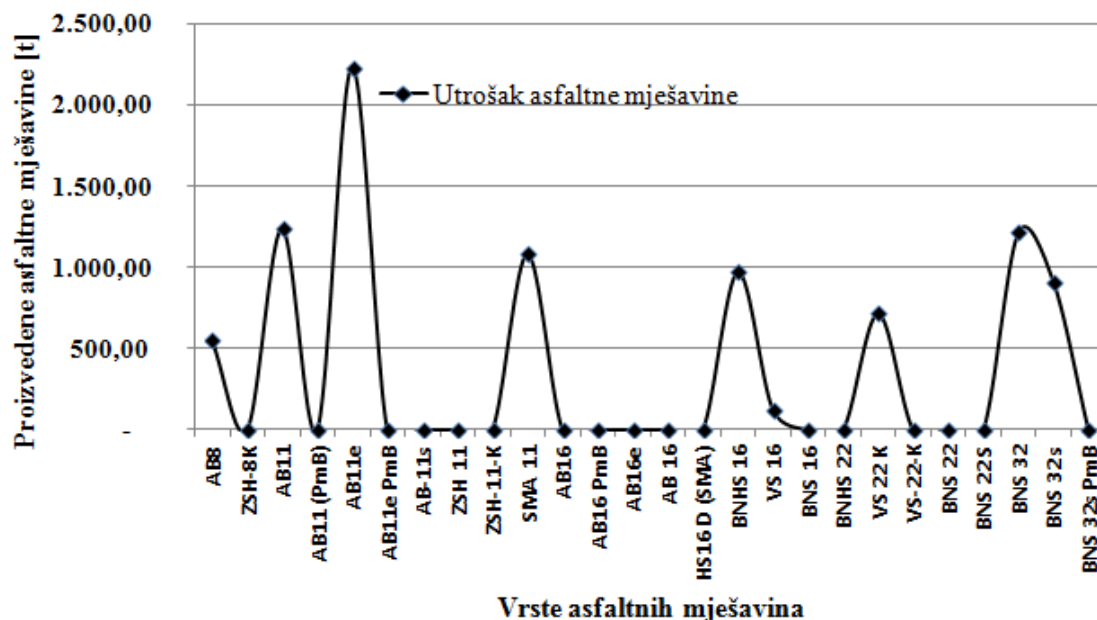
Slika 116. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, veljača 2009. godine

Iz slike 116. vidljivo je da je u mjesecu veljači (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 19 650,76 t asfaltne mješavine pri čemu je 16 362,9 t asfaltne mješavine HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 81,88% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



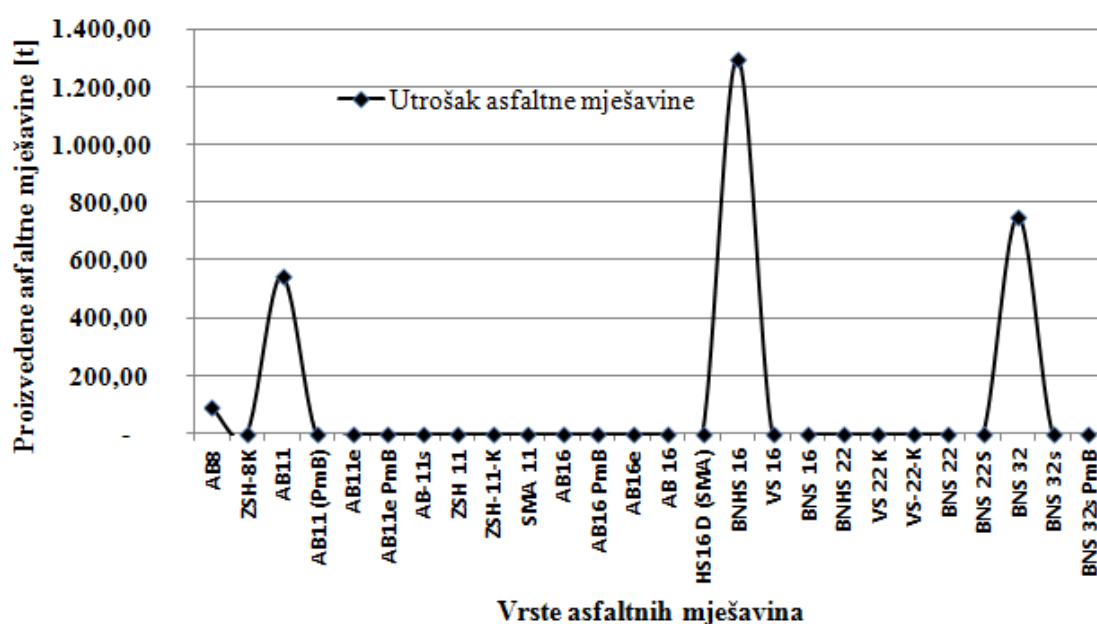
Slika 117. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, ožujak 2009. godine

Iz slike 117. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 6972,68 t asfaltne mješavine pri čemu je 3073,4 t asfaltne mješavine VS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 29,05% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



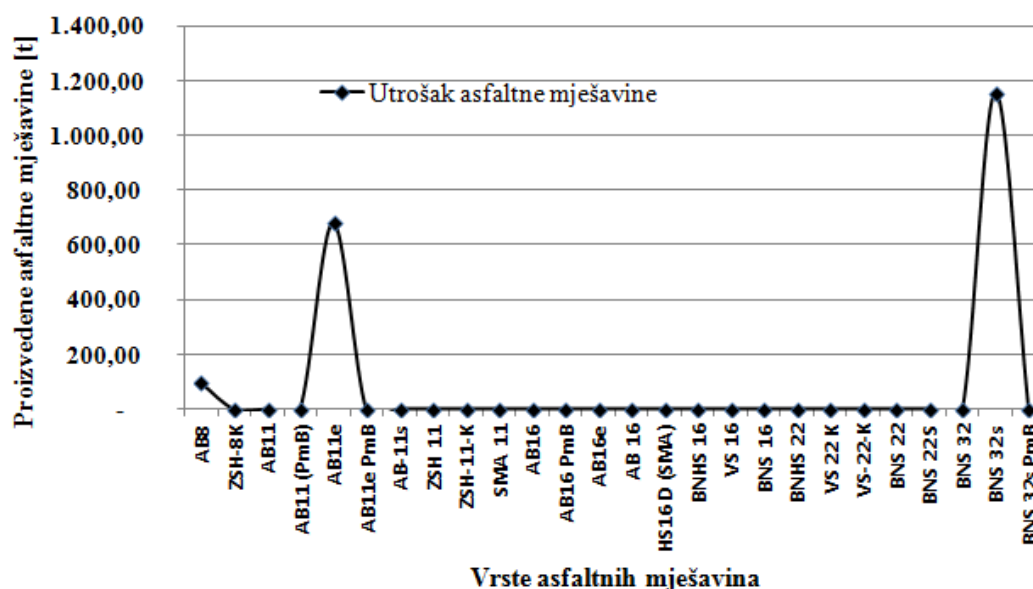
Slika 118. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, travanj 2009. godine

Iz slike 118. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 9023,66 t asfaltne mješavine pri čemu je 2230,14 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 37,60% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



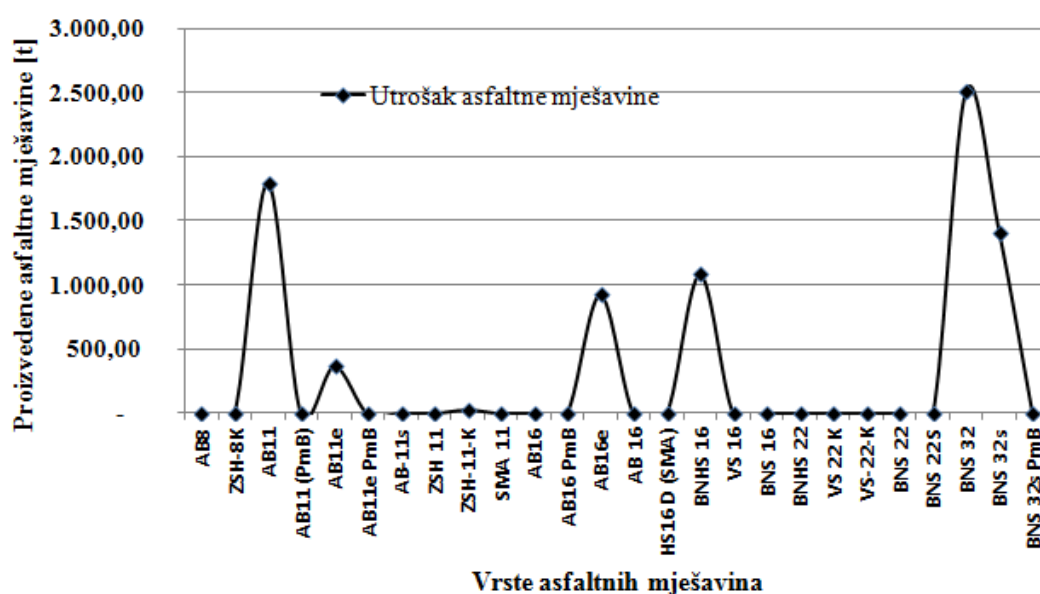
Slika 119. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, svibanj 2009. godine

Iz slike 119. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 2694,48 t asfaltne mješavine pri čemu je 1300,88 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 11,23% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



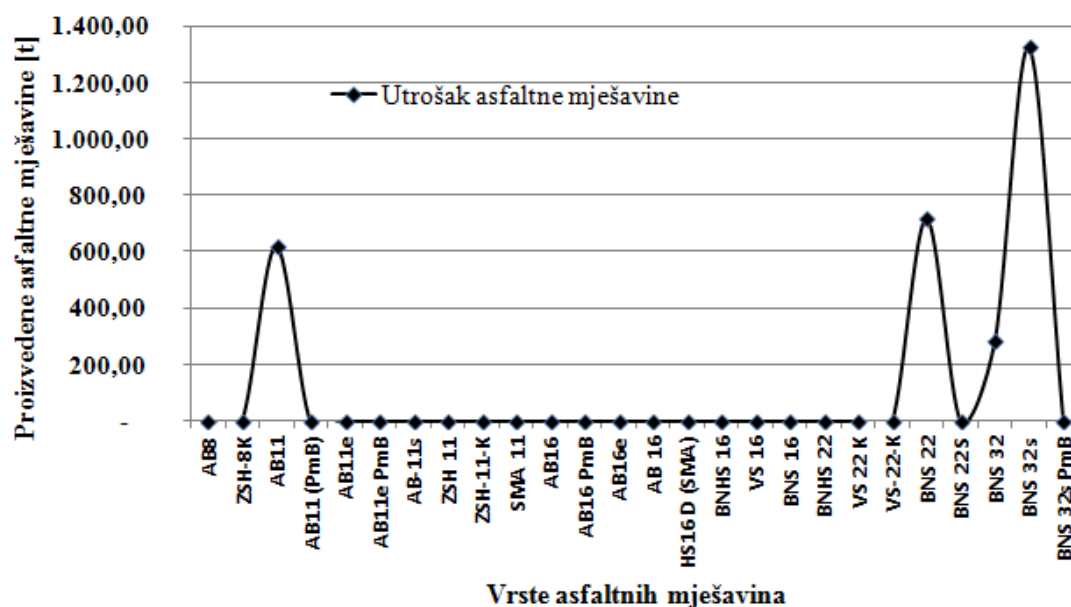
Slika 120. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, lipanj 2009. godine

Iz slike 120. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 1929,74 t asfaltne mješavine pri čemu je 1155,5 t asfaltne mješavine BNS 32 s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 8,04% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



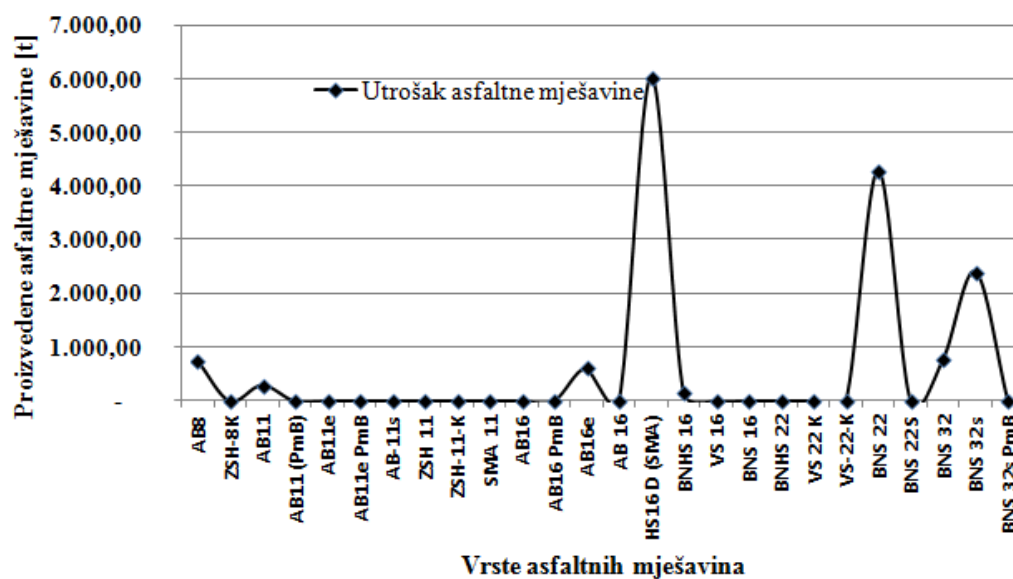
Slika 121. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, srpanj 2009. godine

Iz slike 121. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 8126,89 t asfaltne mješavine pri čemu je 2516,46 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 33,86% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



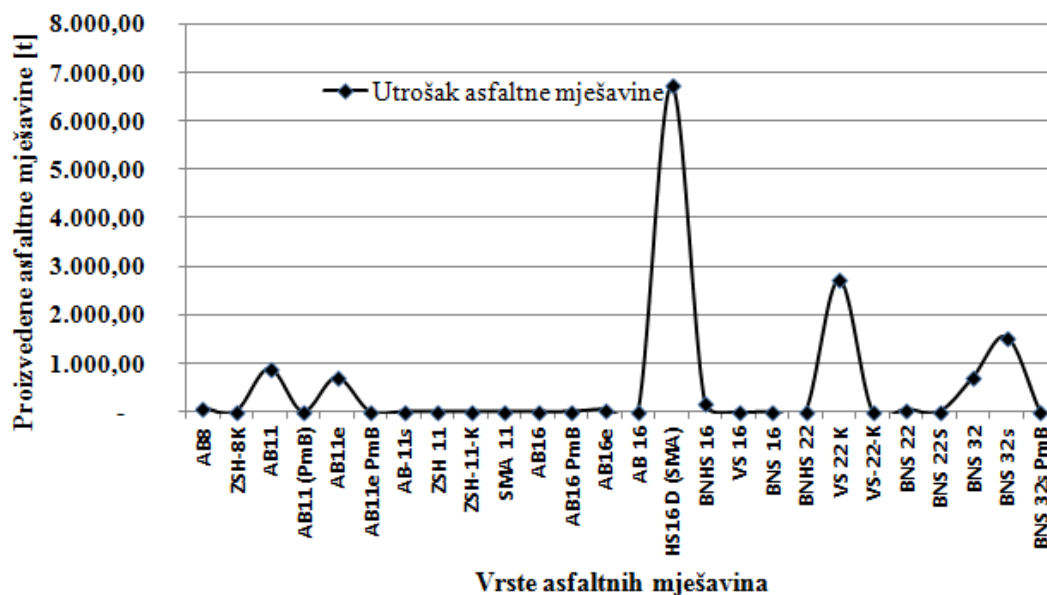
Slika 122. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, kolovoz 2009. godine

Iz slike 122. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 2947,4 t asfaltne mješavine pri čemu je 1325,04 t asfaltne mješavine BNS 32 s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 12,28% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



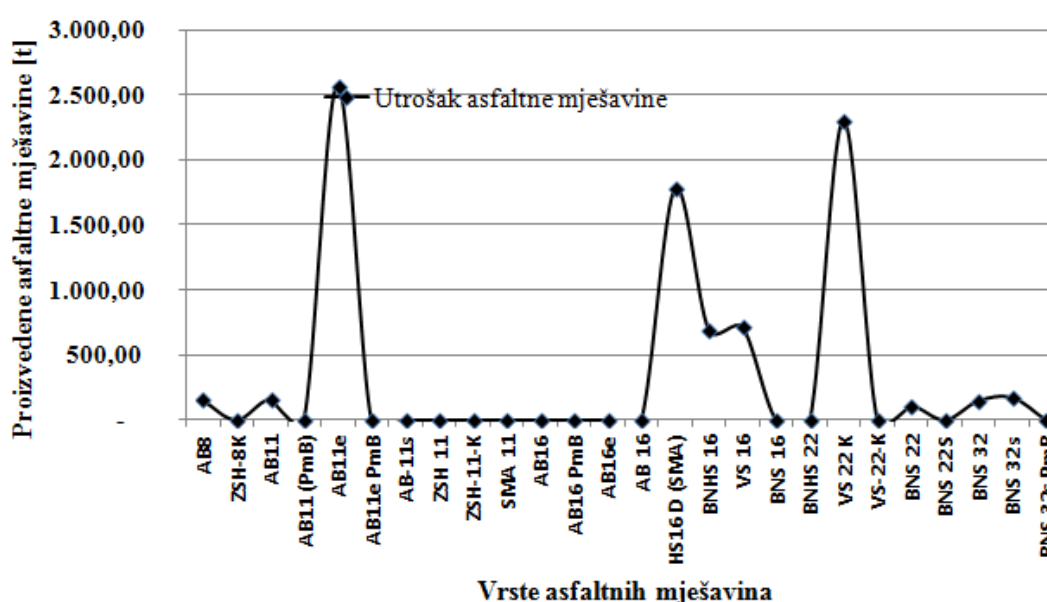
Slika 123. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, rujan 2009. godine

Iz slike 123. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 15 331,58 t asfaltne mješavine pri čemu je 6039,74 t asfaltne mješavine HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 63,88% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



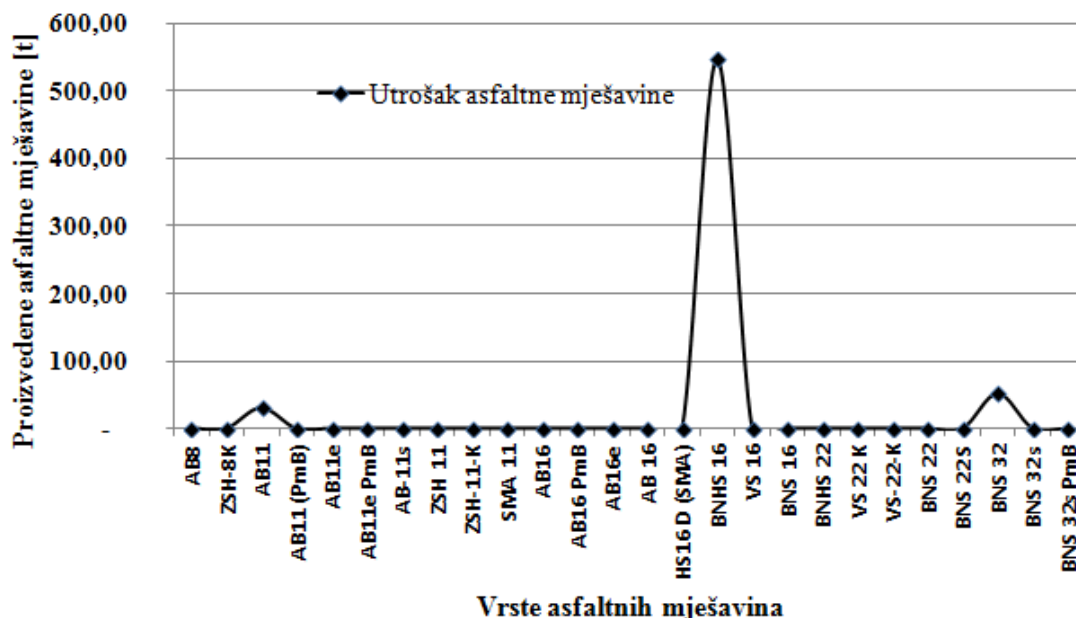
Slika 124. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, listopad 2009. godine

Iz slike 124. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 13 653,88 t asfaltne mješavine pri čemu je 6726,94 t asfaltne mješavine HS 16 D (SMA). Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 56,89% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



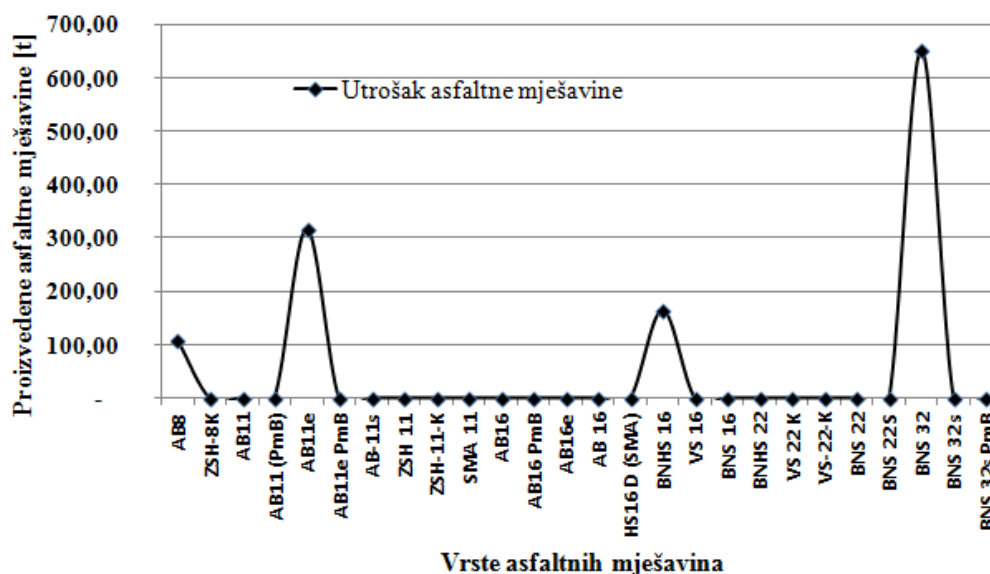
Slika 125. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, studeni 2009. godine

Iz slike 125. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 8779,22 t asfaltne mješavine pri čemu je 2569,98 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 36,58% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



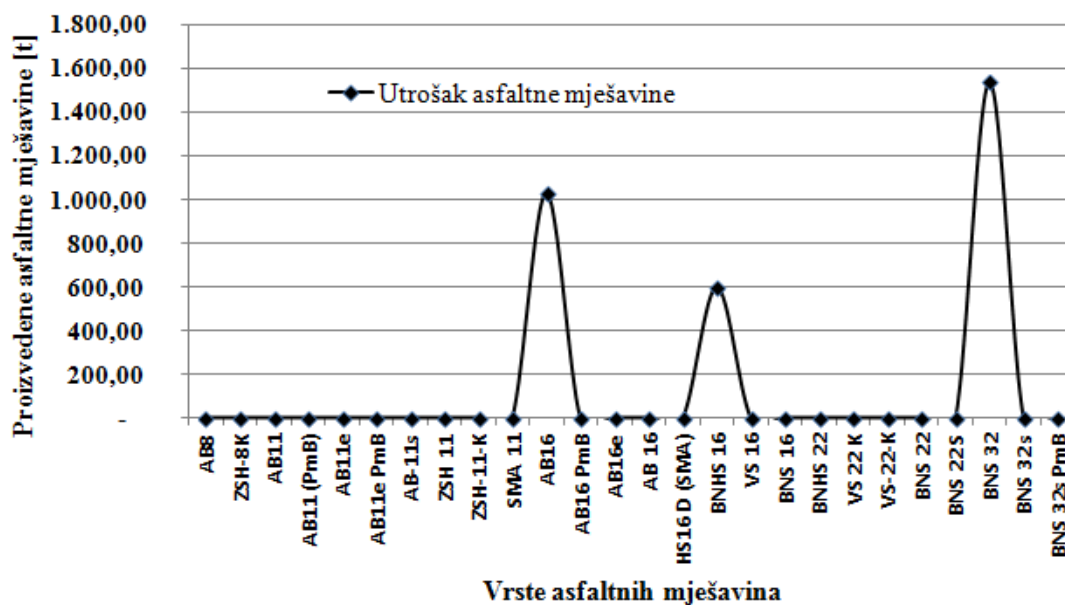
Slika 126. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Lužani, prosinac 2009. godine

Iz slike 126. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2009) na postrojenju u Lužanima proizvedeno sveukupno 628,4 t asfaltne mješavine pri čemu je 546,4 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 2,62% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



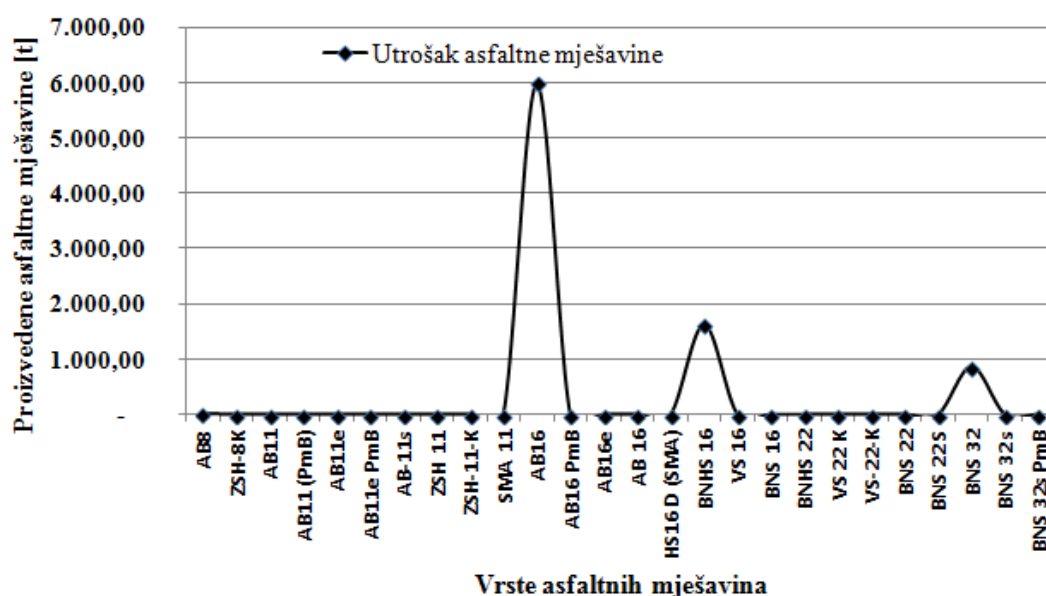
Slika 127. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, travanj 2007. godine

Iz slike 127. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2007) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 1246 t asfaltne mješavine pri čemu je 654 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 12,98% (u odnosu na idealni kapacitet $10 \text{ sati} \times 40 \text{ t/h} \times 24 \text{ dana} = 9600 \text{ t}$).



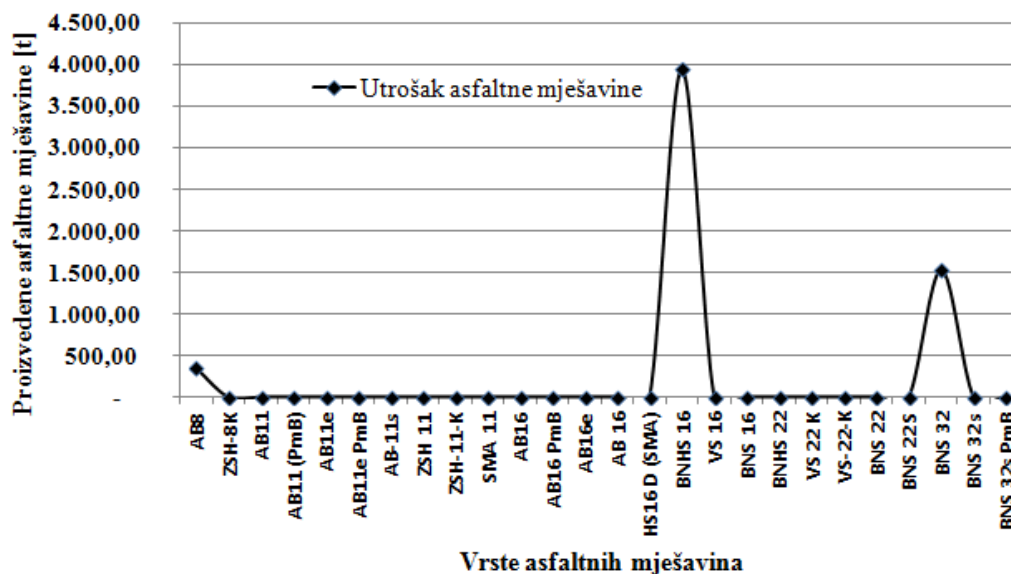
Slika 128. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, rujna 2007. godine

Iz slike 128. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2007) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 3170 t asfaltne mješavine pri čemu je 1540 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 33,02% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



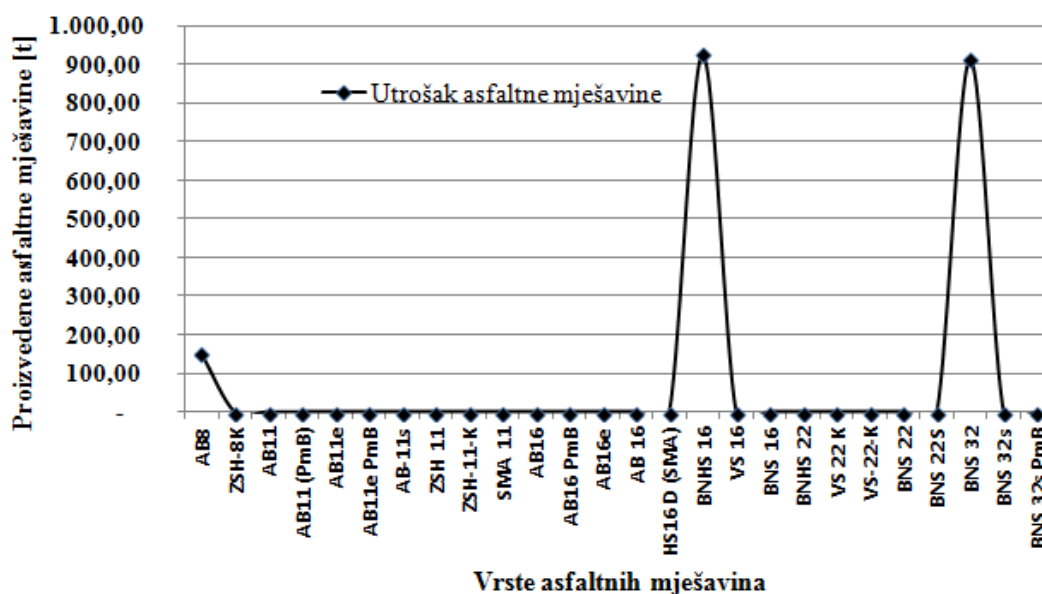
Slika 129. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, listopad 2007. godine

Iz slike 129. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2007) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 8503 t asfaltne mješavine pri čemu je 5994 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 88,57% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



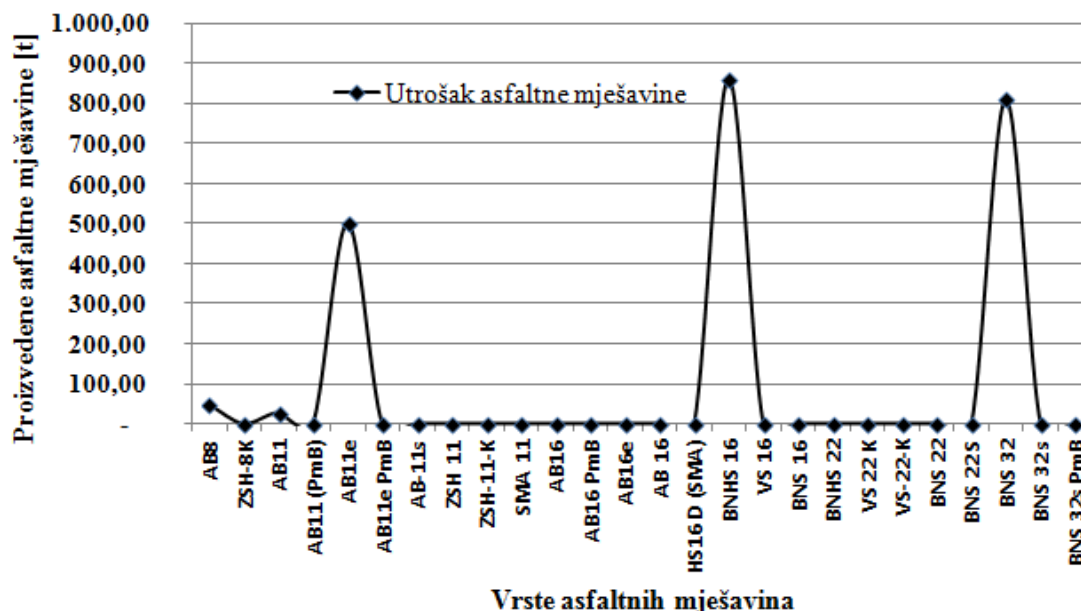
Slika 130. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, studeni 2007. godine

Iz slike 130. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2007) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 5808 t asfaltne mješavine pri čemu je 3934 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 60,50% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



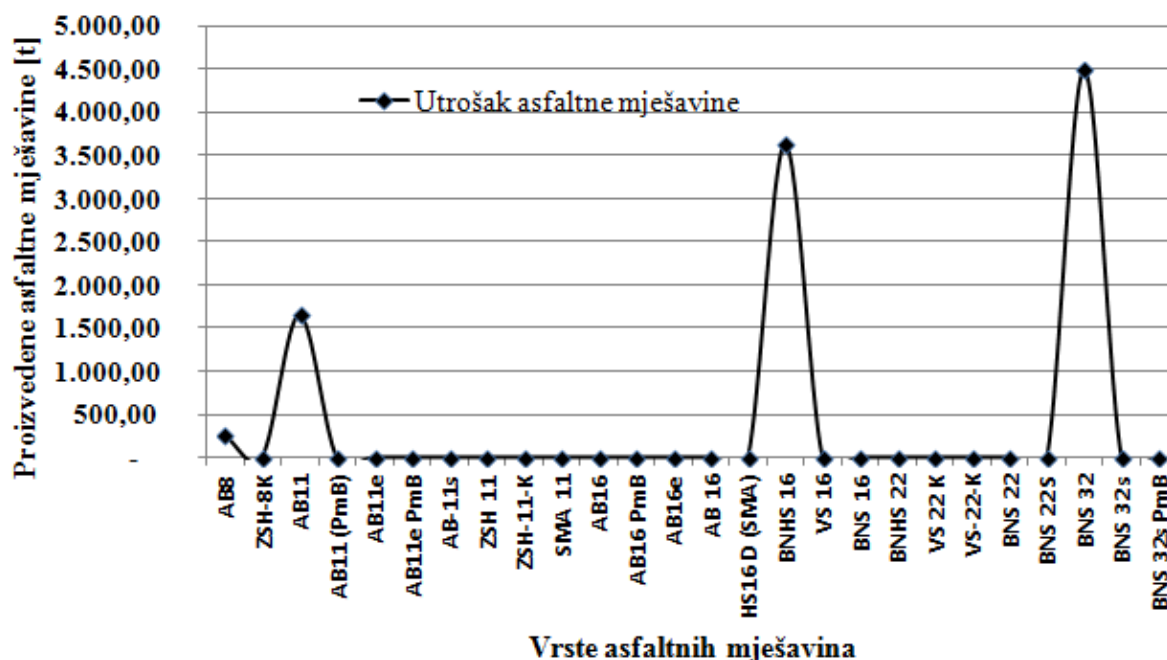
Slika 131. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, prosinac 2007. godine

Iz slike 131. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2007) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 1994 t asfaltne mješavine pri čemu je 927 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 20,77% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



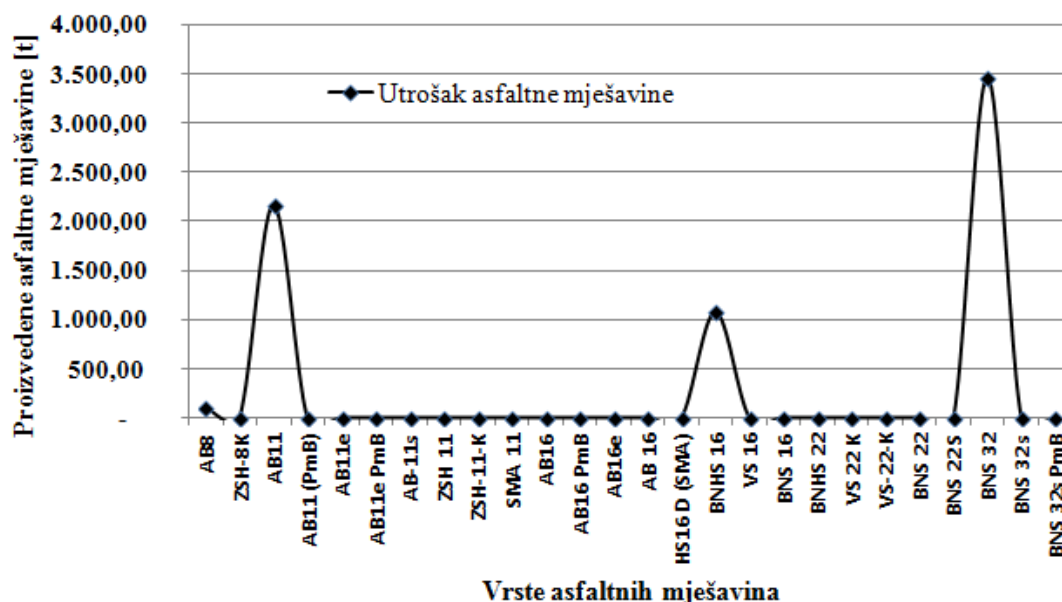
Slika 132. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, siječanj 2008. godine

Iz slike 132. vidljivo je da je u mjesecu siječnju (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 2250 t asfaltne mješavine pri čemu je 863 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 23,44% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



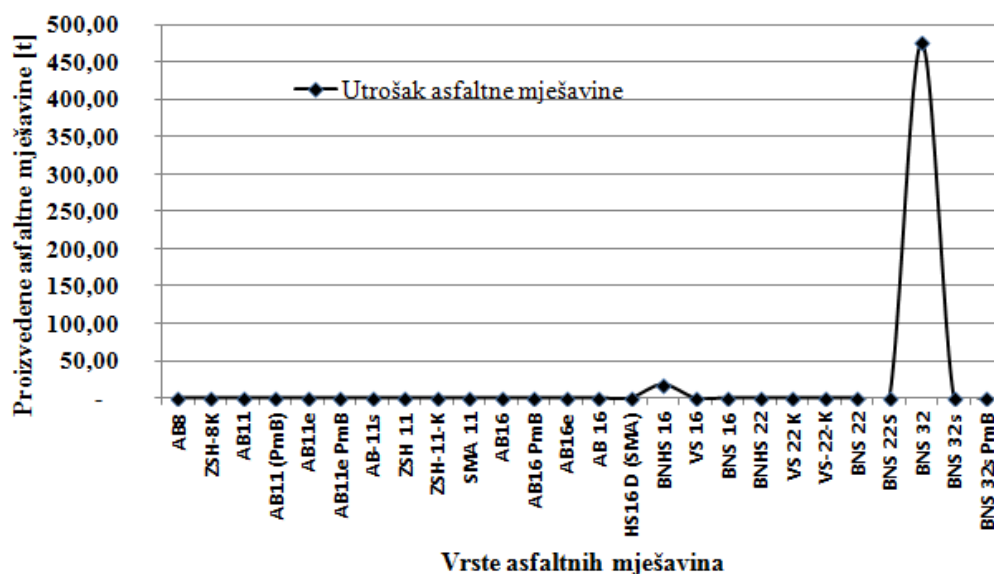
Slika 133. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, veljača 2008. godine

Iz slike 133. vidljivo je da je u mjesecu veljači (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 10 010,5 t asfaltne mješavine pri čemu je 4482,0 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 104,28% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



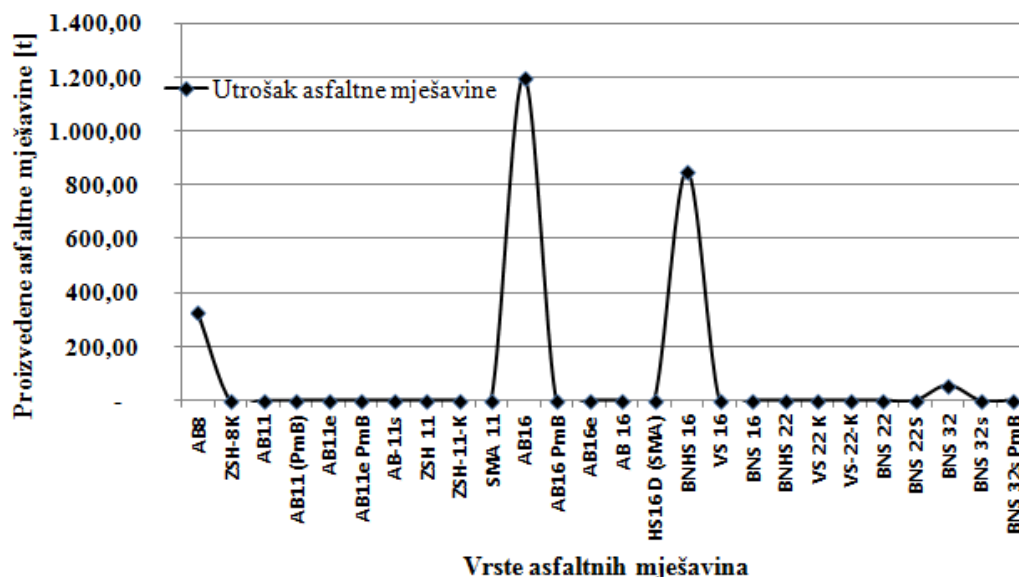
Slika 134. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, ožujak 2008. godine

Iz slike 134. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 6799,5 t asfaltne mješavine pri čemu je 3461,0 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 70,83% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



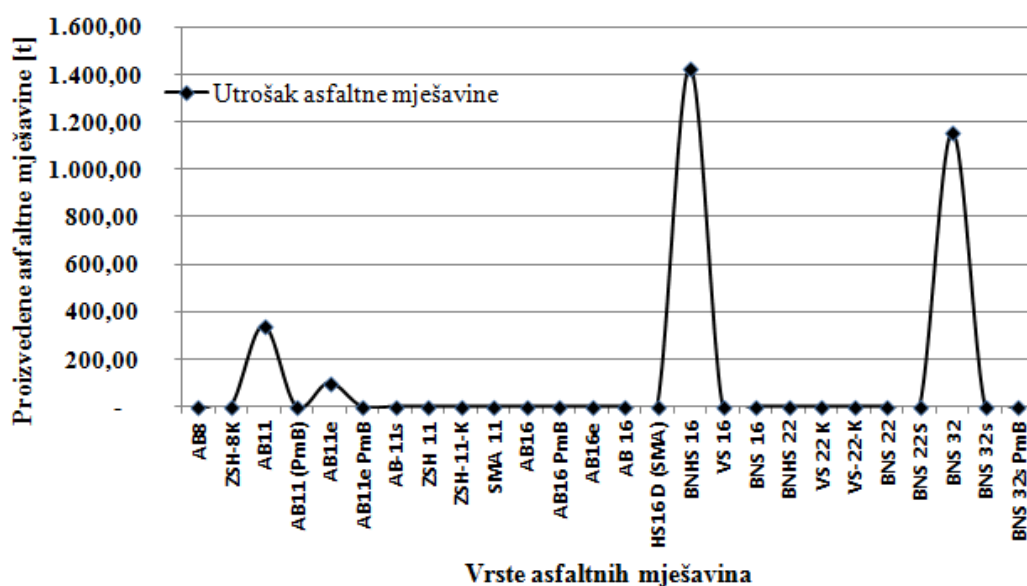
Slika 135. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, travanj 2008. godine

Iz slike 135. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 493 t asfaltne mješavine pri čemu je 475 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 5,14% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



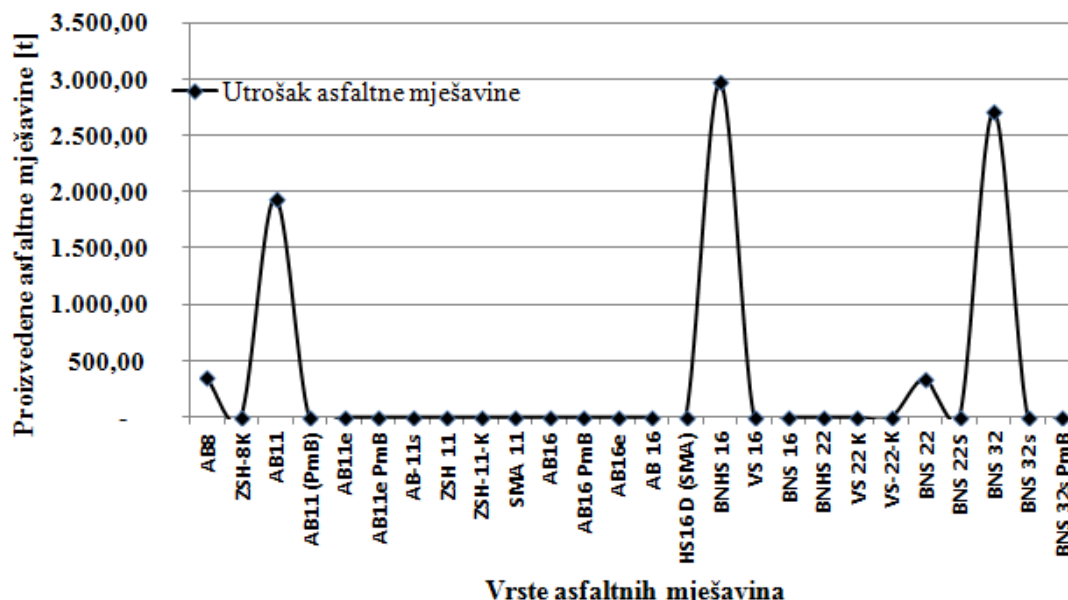
Slika 136. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, kolovoz 2008. godine

Iz slike 136. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 2439,85 t asfaltne mješavine pri čemu je 1202 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 25,42% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



Slika 137. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, rujan 2008. godine

Iz slike 137. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 3031,65 t asfaltne mješavine pri čemu je 1431 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 31,58% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



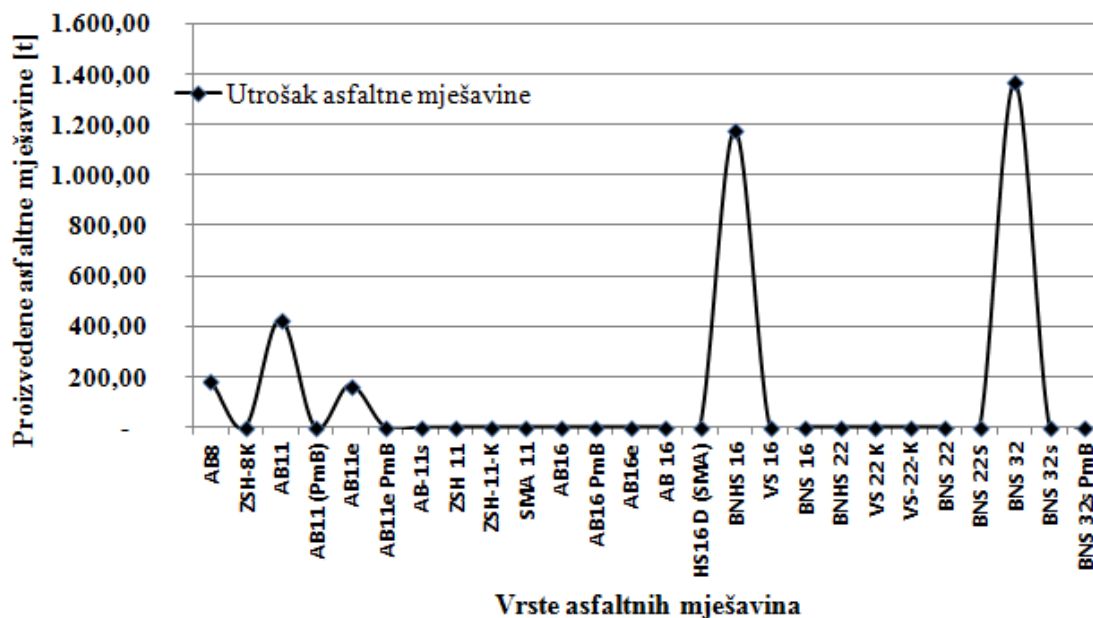
Slika 138. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, listopad 2008. godine

Iz slike 138. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 8325 t asfaltne mješavine pri čemu je 2971 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 86,72% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



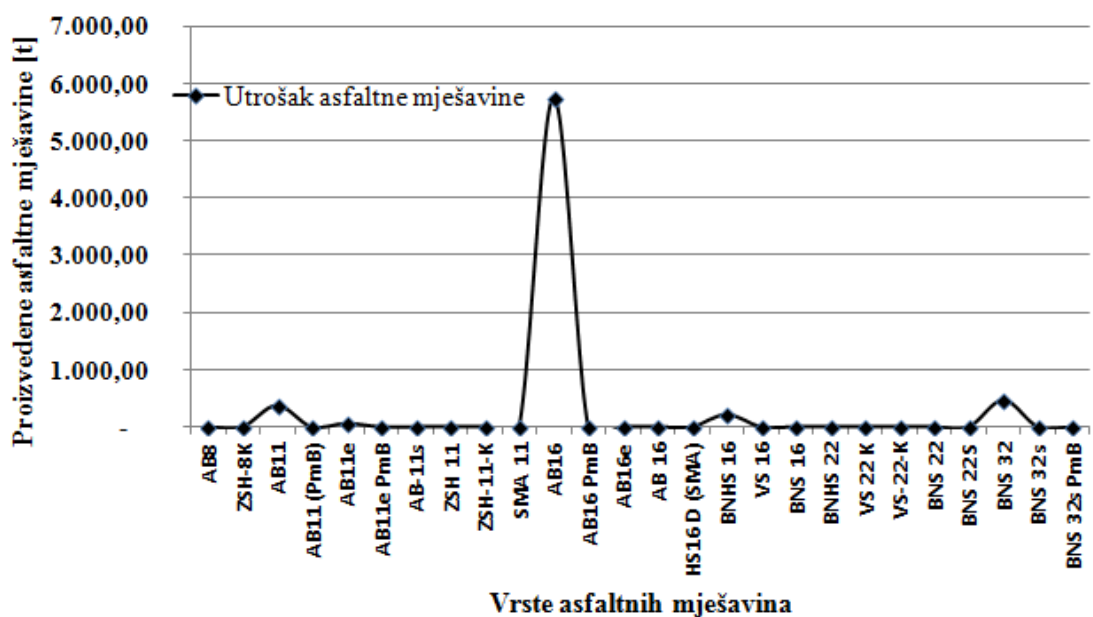
Slika 139. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, studeni 2008. godine

Iz slike 139. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 4231 t asfaltne mješavine pri čemu je 1660 t asfaltne mješavine AB 8. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 44,07% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



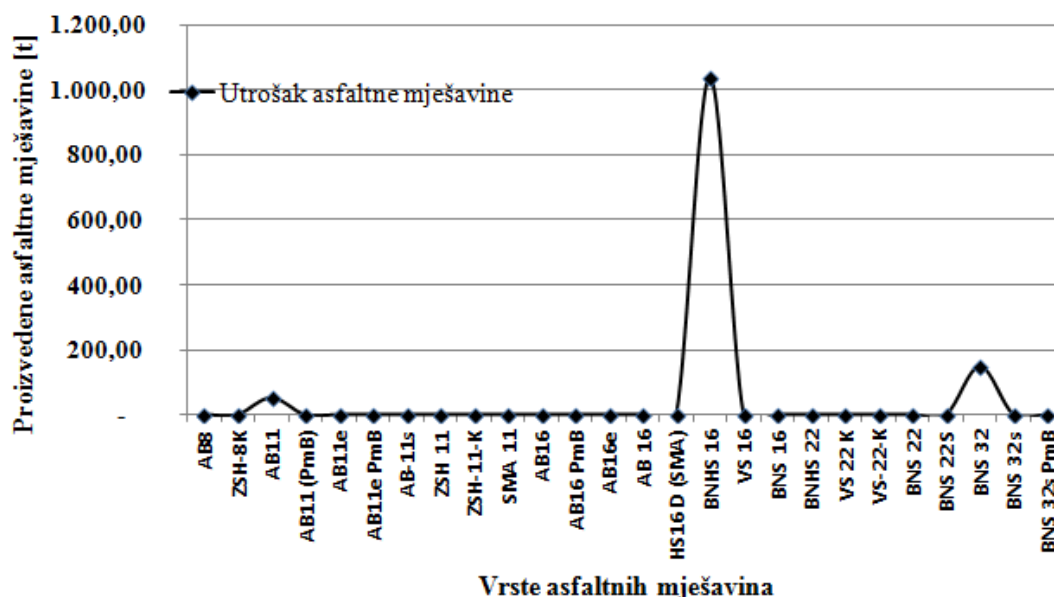
Slika 140. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, prosinac 2008. godine

Iz slike 140. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2008) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 3332 t asfaltne mješavine pri čemu je 1368 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 34,71% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



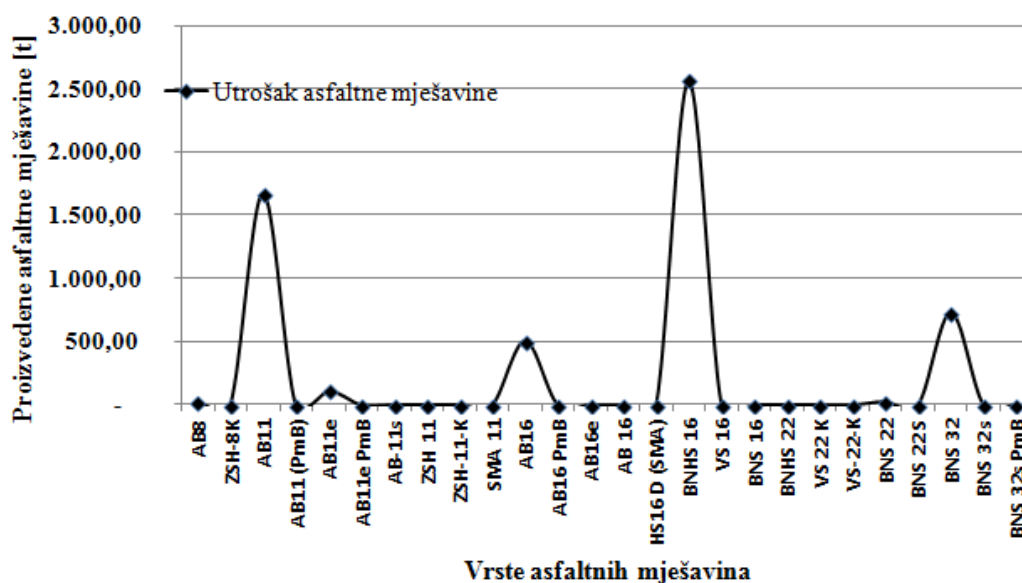
Slika 141. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, ožujak 2009. godine

Iz slike 141. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 6866,5 t asfaltne mješavine pri čemu je 5753 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 71,53% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



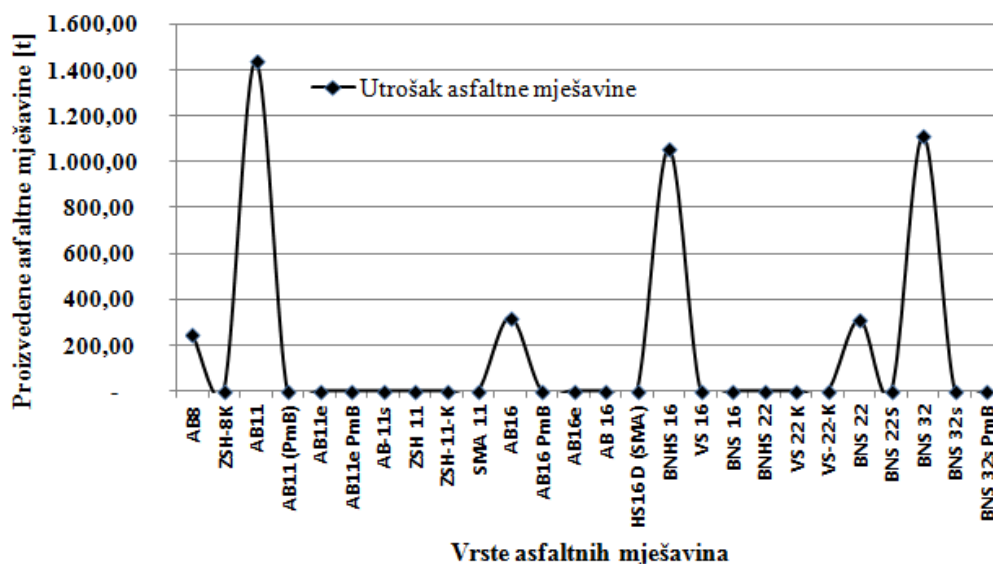
Slika 142. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, travanj 2009. godine

Iz slike 142. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 1240 t asfaltne mješavine pri čemu je 1040 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 12,92% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



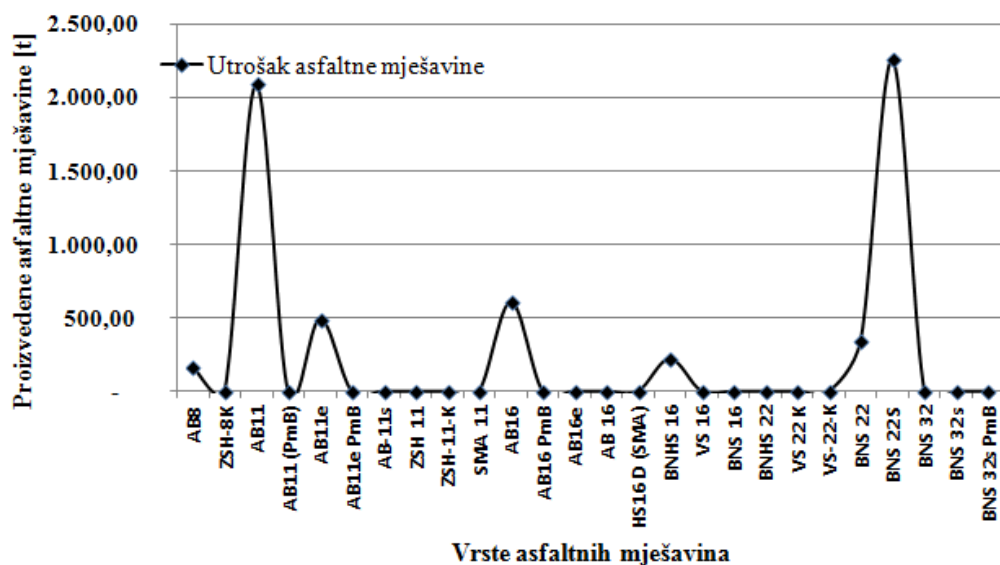
Slika 143. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, svibanj 2009. godine

Iz slike 143. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 5643 t asfaltne mješavine pri čemu je 2569 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 58,78% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



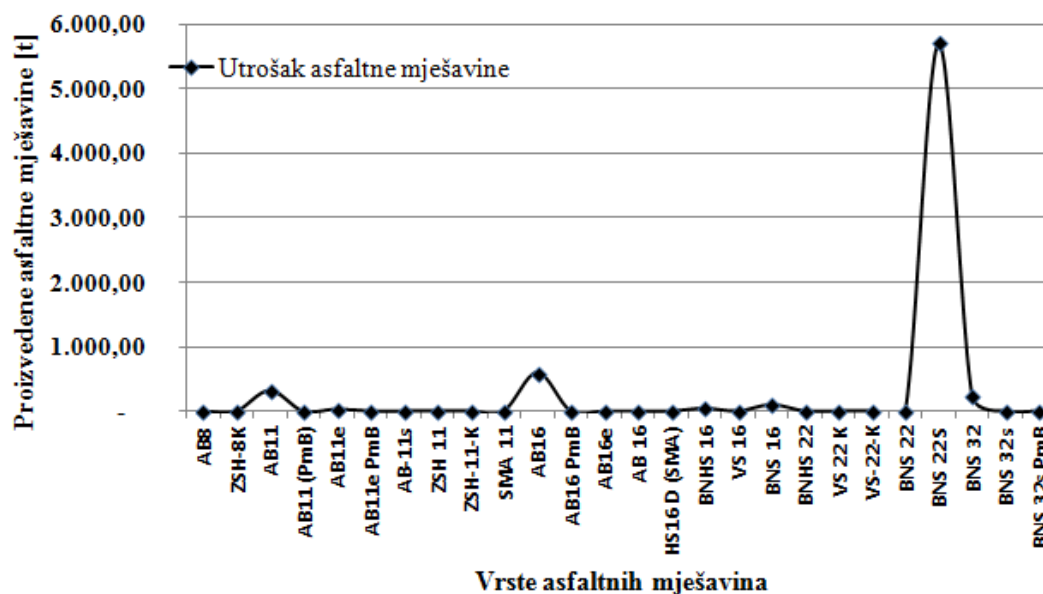
Slika 144. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, lipanj 2009. godine

Iz slike 144. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 4487,5 t asfaltne mješavine pri čemu je 1437,5 t asfaltne mješavine AB 11. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 46,74% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



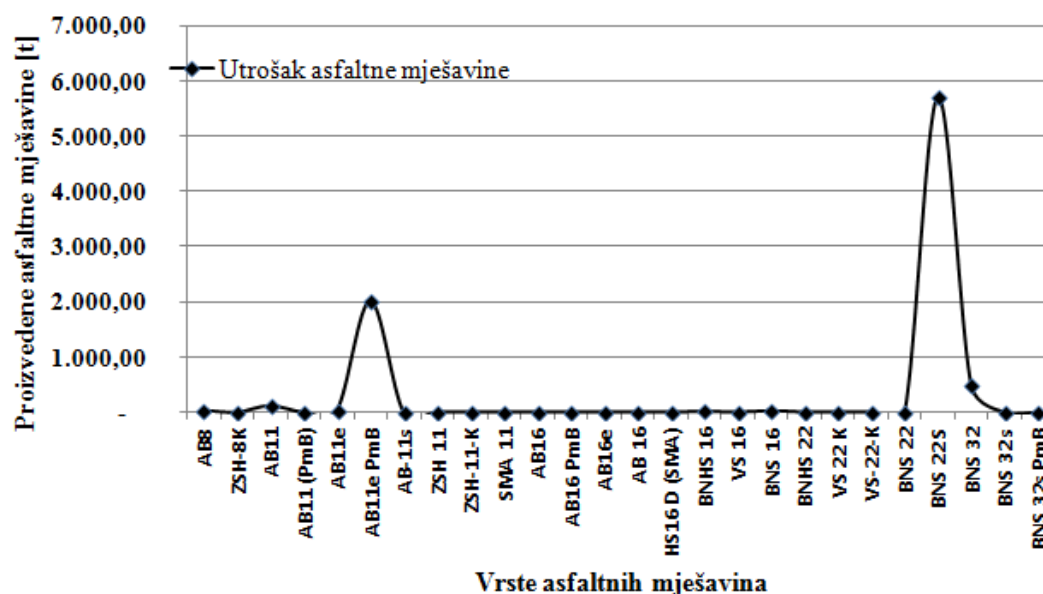
Slika 145. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, srpanj 2009. godine

Iz slike 145. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 6200 t asfaltne mješavine pri čemu je 2258 t asfaltne mješavine BNS 22s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 64,58% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



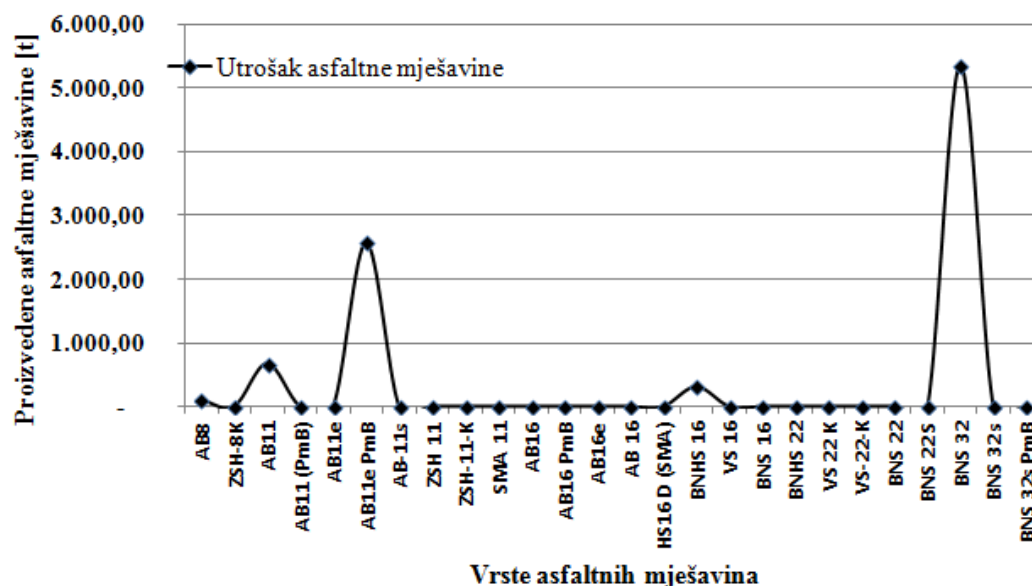
Slika 146. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, kolovoz 2009. godine

Iz slike 146. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 7039 t asfaltne mješavine pri čemu je 5709 t asfaltne mješavine BNS 22s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 73,32% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



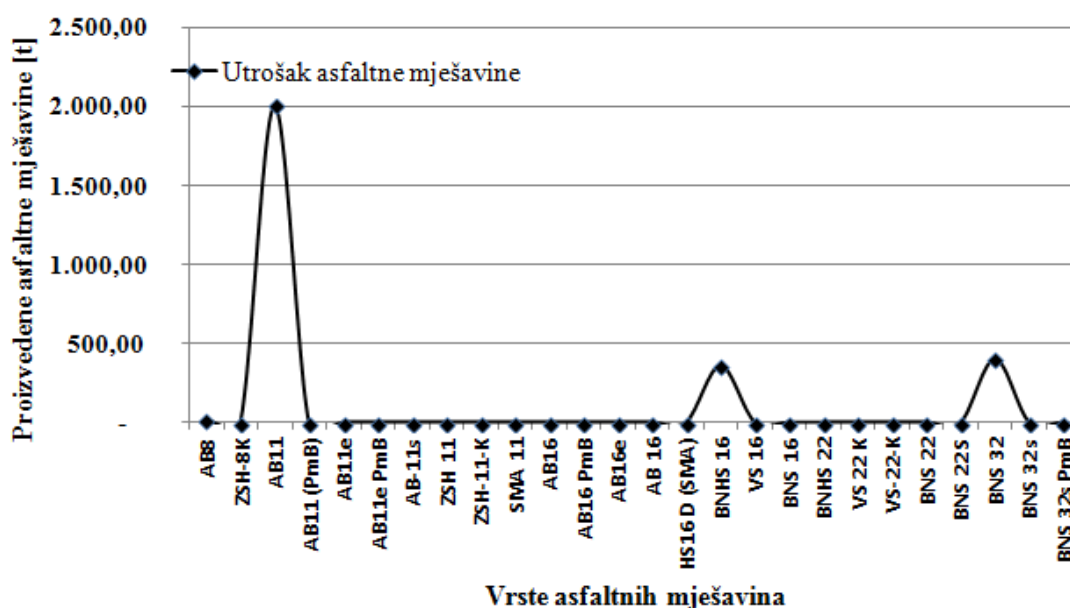
Slika 147. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, rujan 2009. godine

Iz slike 147. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 8443 t asfaltne mješavine pri čemu je 5719 t asfaltne mješavine BNS 22s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 87,95% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



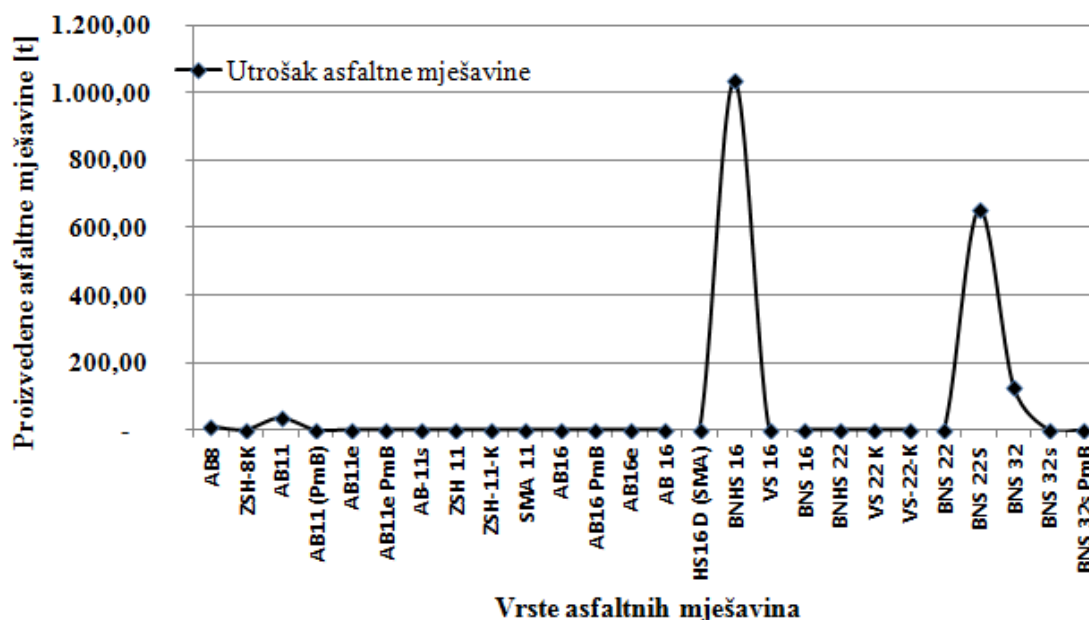
Slika 148. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, listopad 2009. godine

Iz slike 148. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 9013 t asfaltne mješavine pri čemu je 5358 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 93,89% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



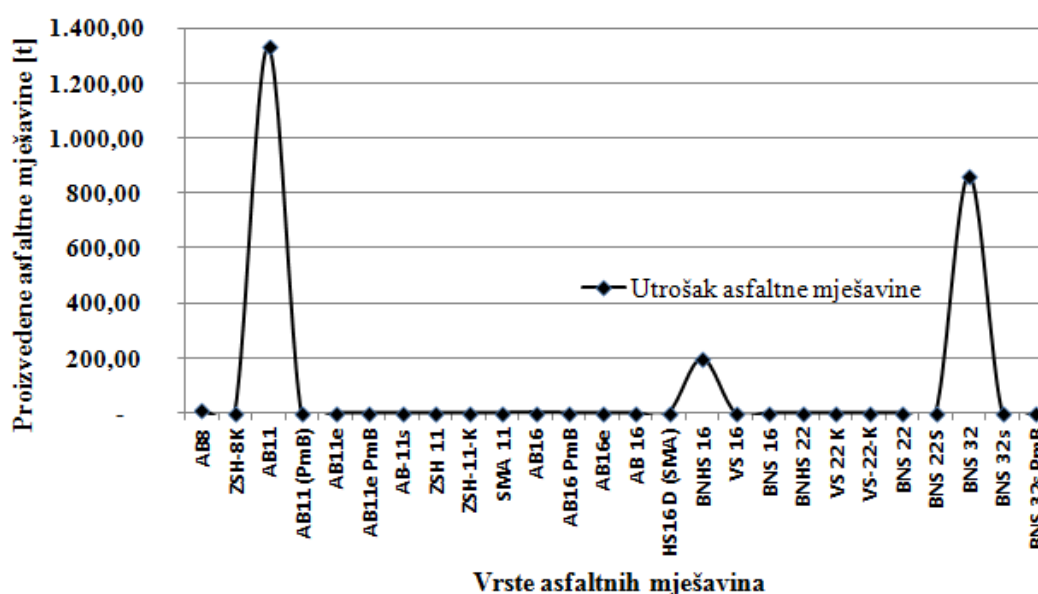
Slika 149. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, studeni 2009. godine

Iz slike 149. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 2788,5 t asfaltne mješavine pri čemu je 2007,5 t asfaltne mješavine AB 11. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 29,05% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



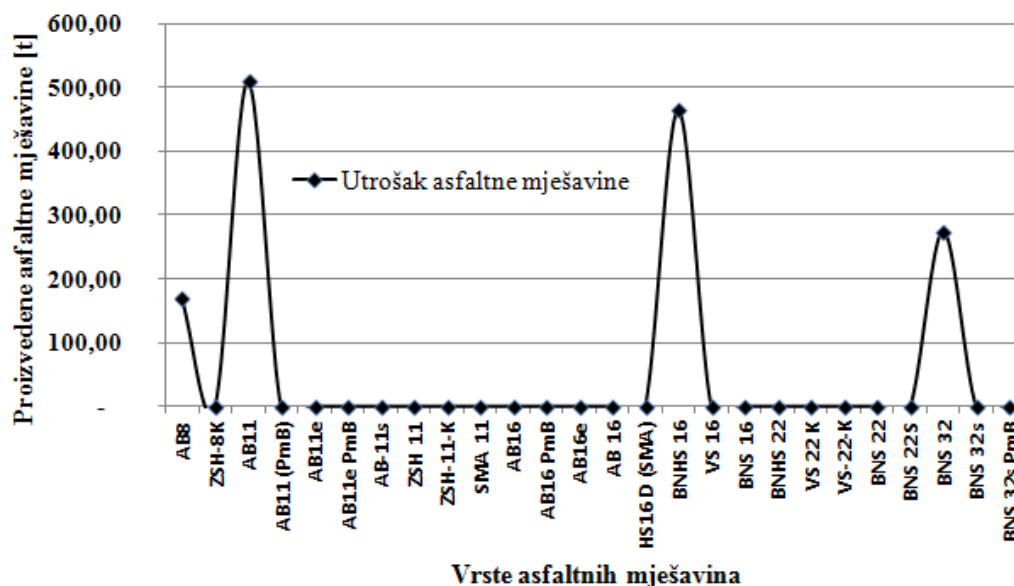
Slika 150. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Orahovica, prosinac 2009. godine

Iz slike 150. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2009) na postrojenju u Orahovici proizvedeno sveukupno 1854,0 t asfaltne mješavine pri čemu je 1033 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 19,31% (u odnosu na idealni kapacitet 9600 t).



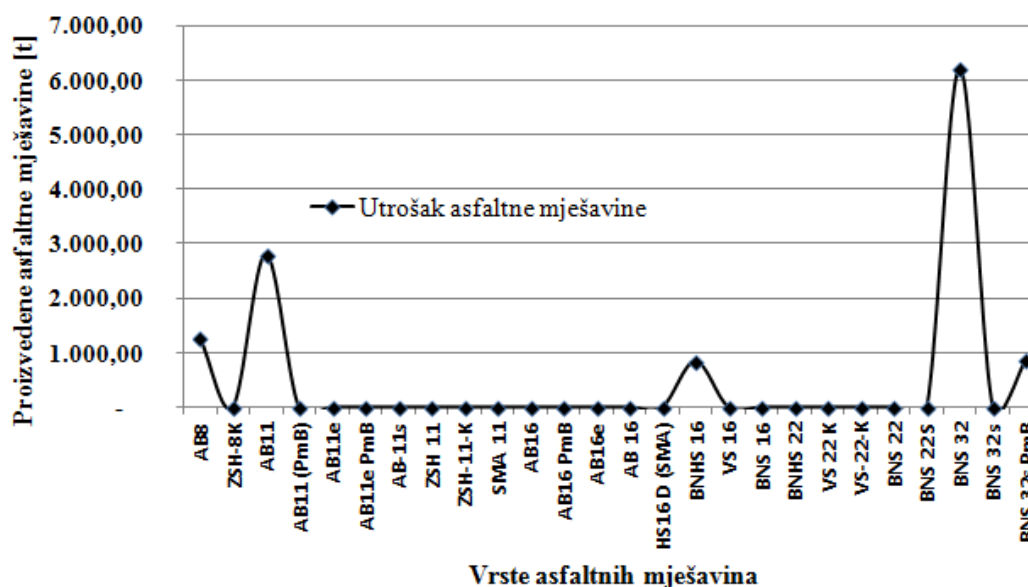
Slika 151. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, siječanj 2007. godine

Iz slike 151. vidljivo je da je u mjesecu siječnju (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 2410,41 t asfaltne mješavine pri čemu je 1332,96 t asfaltne mješavine AB 11. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 10,04% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



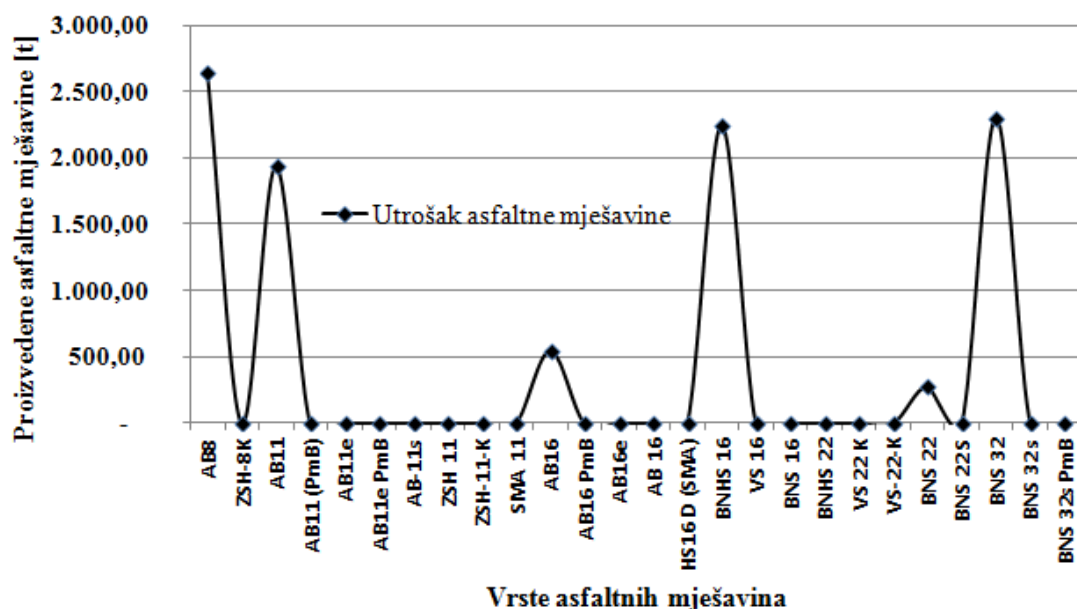
Slika 152. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, veljača 2007. godine

Iz slike 152. vidljivo je da je u mjesecu veljači (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 1419,96 t asfaltne mješavine pri čemu je 509,82 t asfaltne mješavine AB 11. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 5,92% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



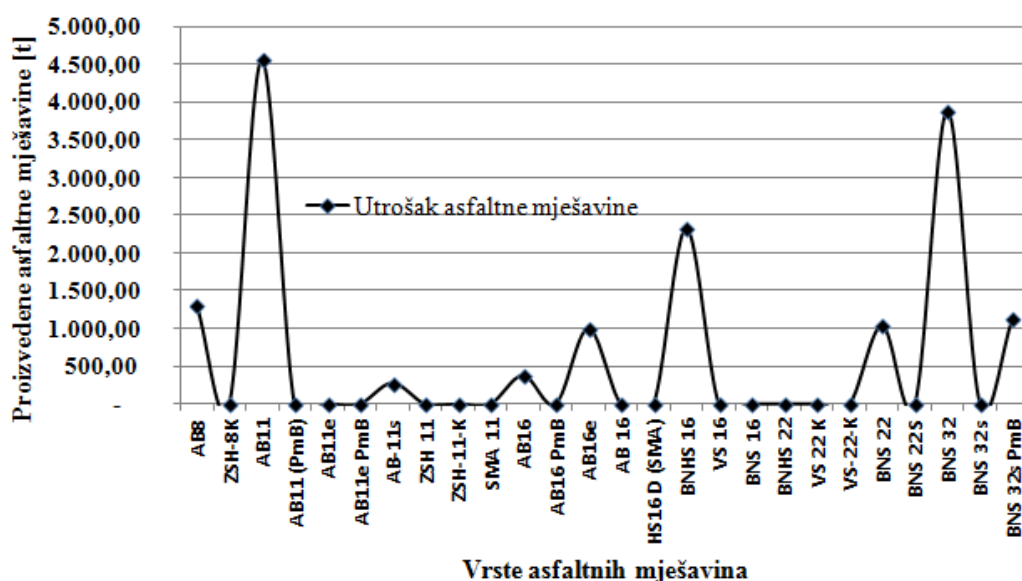
Slika 153. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, ožujak 2007. godine

Iz slike 153. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 12 057,33 t asfaltne mješavine pri čemu je 6233,17 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 50,24% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



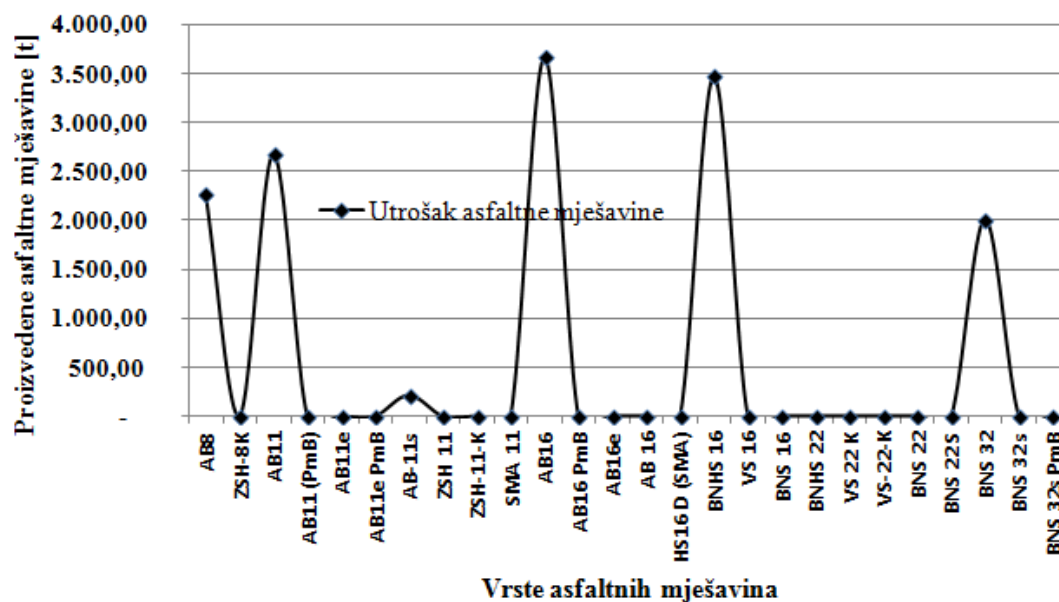
Slika 154. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, travanj 2007. godine

Iz slike 154. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 9957,58 t asfaltne mješavine pri čemu je 2650,82 t asfaltne mješavine AB 8. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 41,49% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



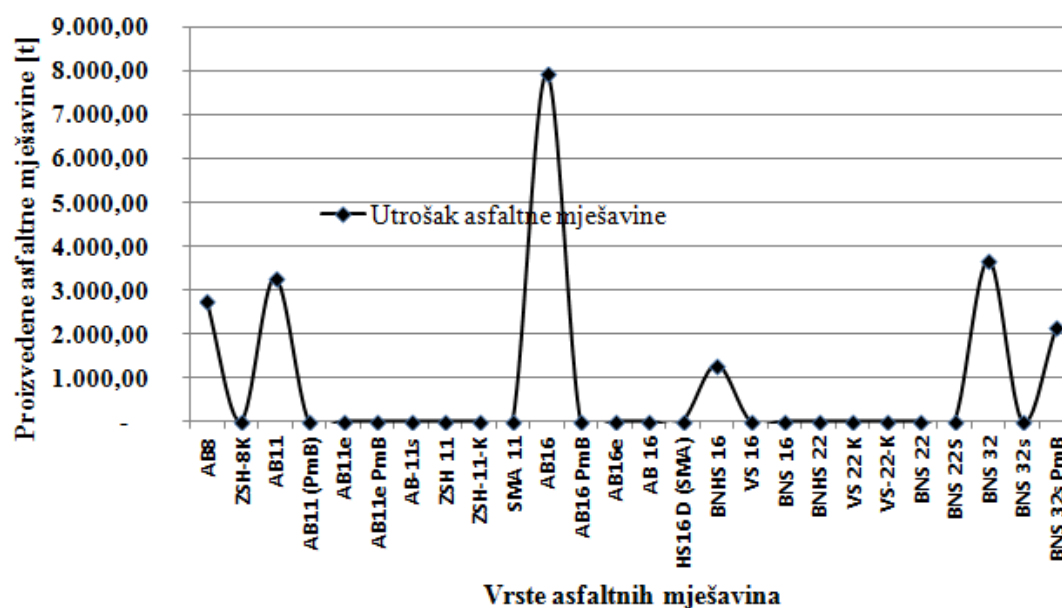
Slika 155. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, svibanj 2007. godine

Iz slike 155. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 15 929,19 t asfaltne mješavine pri čemu je 4560,77 t asfaltne mješavine AB 11. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 66,37% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



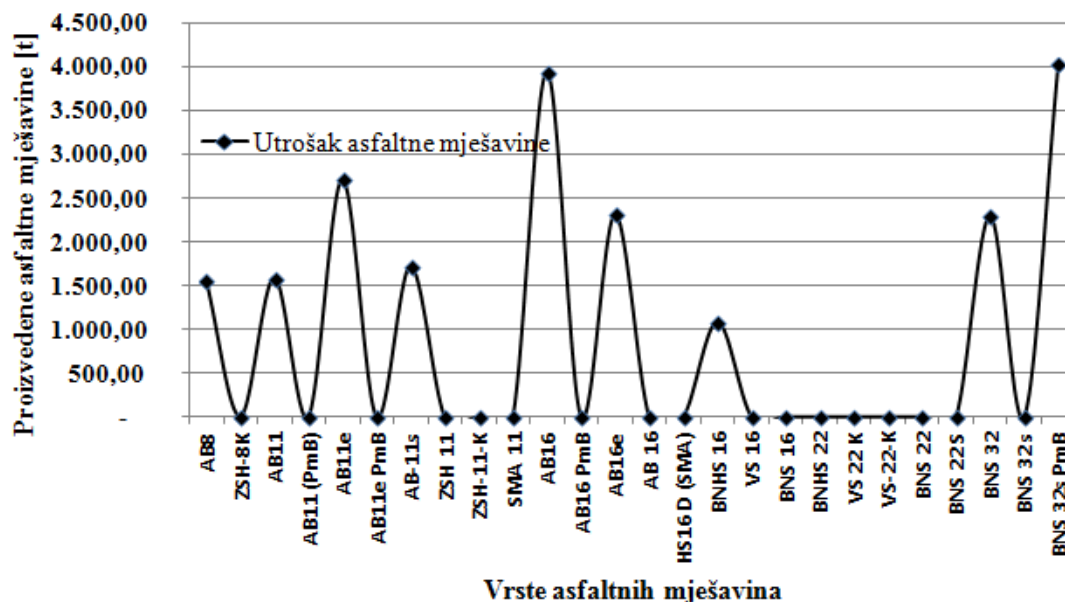
Slika 156. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, lipanj 2007. godine

Iz slike 156. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 14 286,42 t asfaltne mješavine pri čemu je 3660,6 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 59,53% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



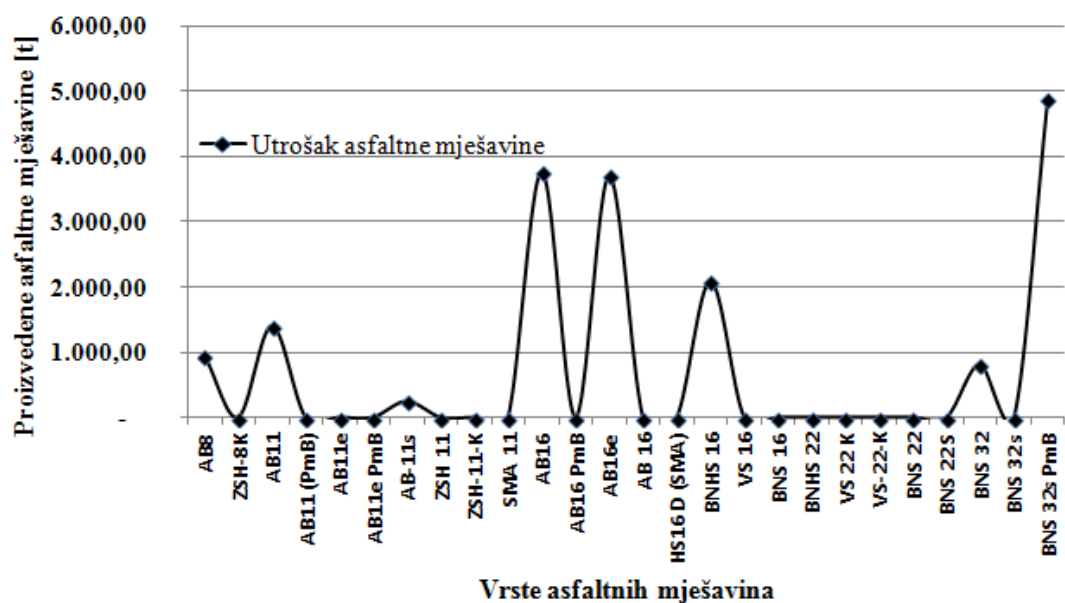
Slika 157. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, srpanj 2007. g.

Iz slike 157. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 21 025,08 t asfaltne mješavine pri čemu je 7914,96 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 87,60% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



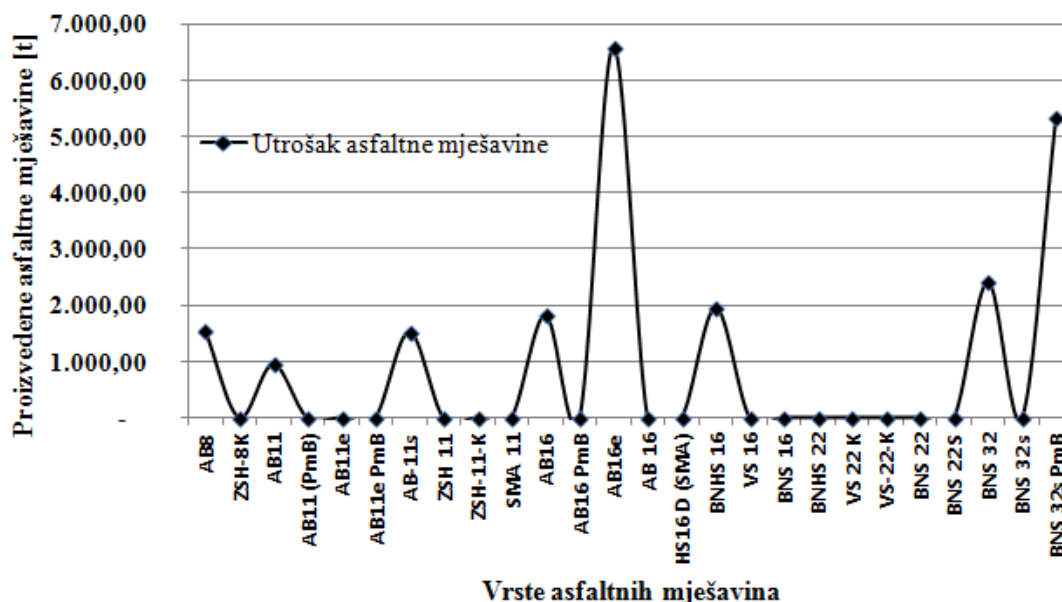
Slika 158. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, kolovoz 2007. godine

Iz slike 158. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 21 621,84 t asfaltne mješavine pri čemu je 4026,06 t asfaltne mješavine BNS 32s PmB. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 90,09% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



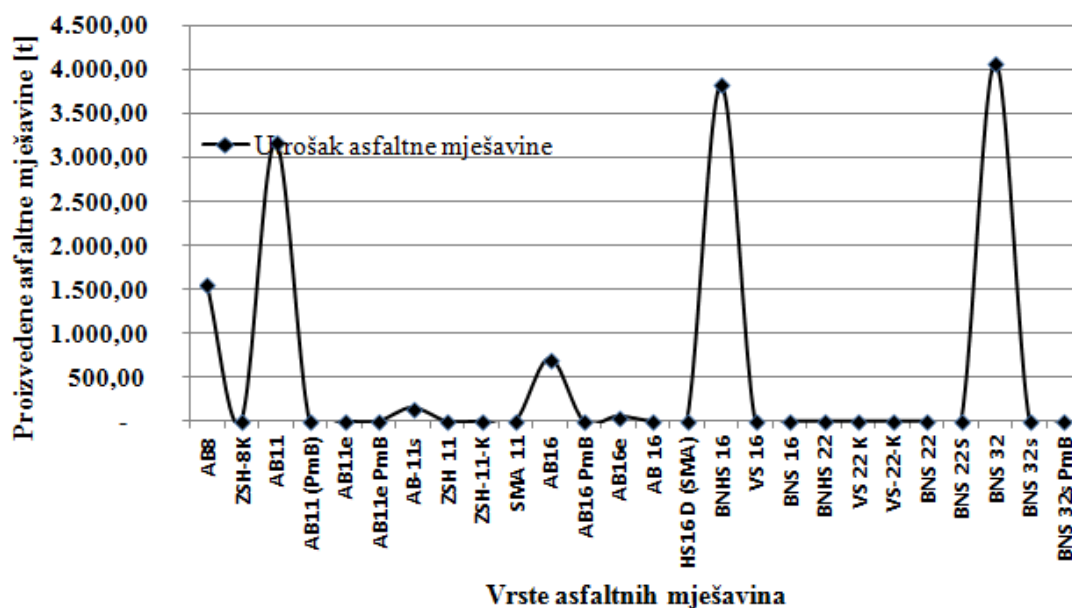
Slika 159. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, rujan 2007. godine

Iz slike 159. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 17 894,02 t asfaltne mješavine pri čemu je 4895,32 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 74,56% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



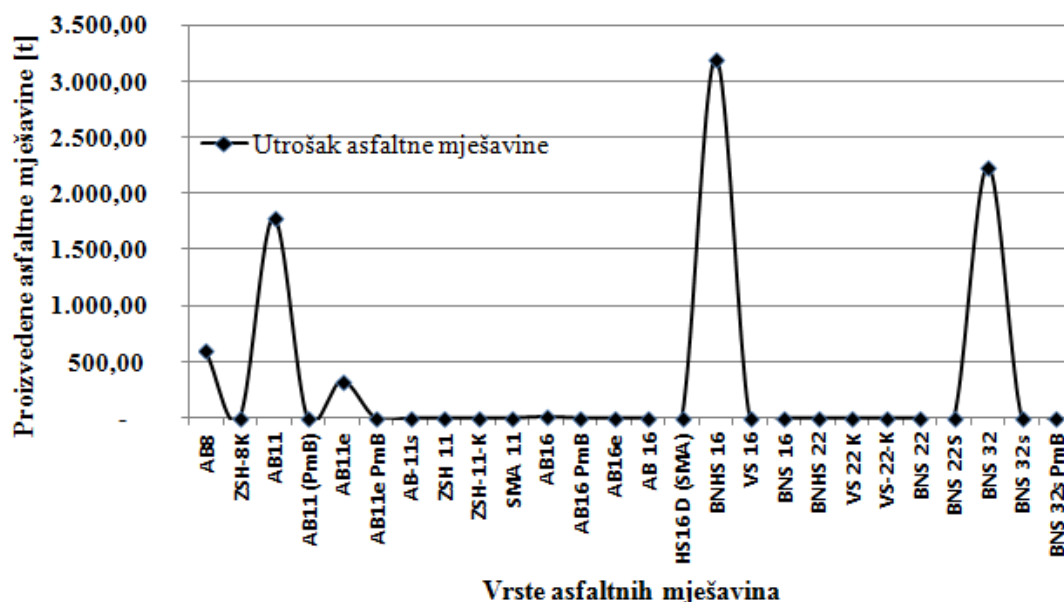
Slika 160. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, listopad 2007. godine

Iz slike 160. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 22 163,31 t asfaltne mješavine pri čemu je 6597,22 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 92,35% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



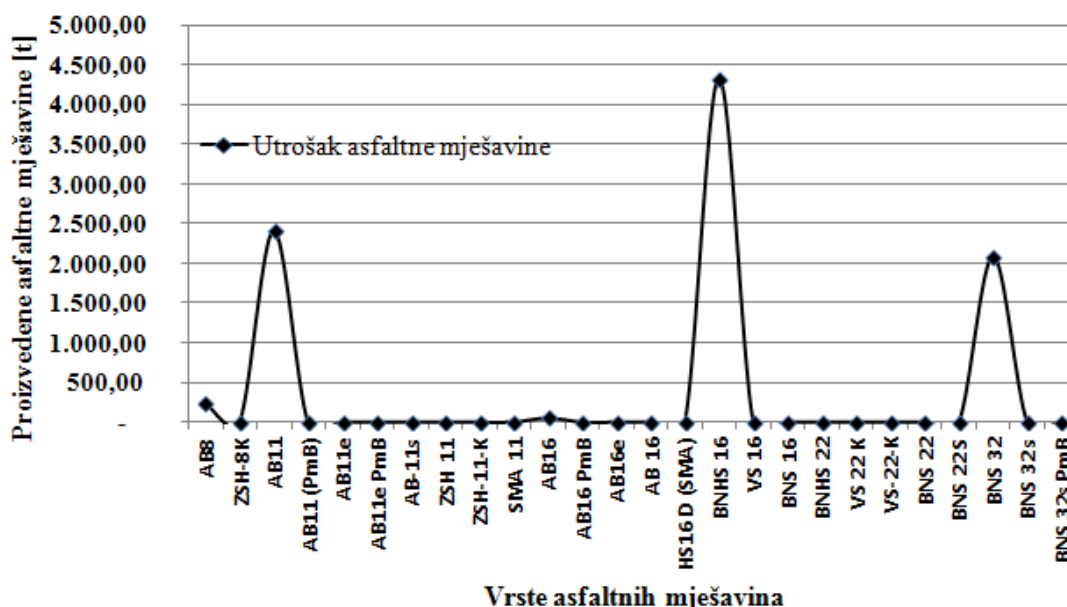
Slika 161. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, studeni 2007. godine

Iz slike 161. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 13 589,1 t asfaltne mješavine pri čemu je 4089,74 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 56,62% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



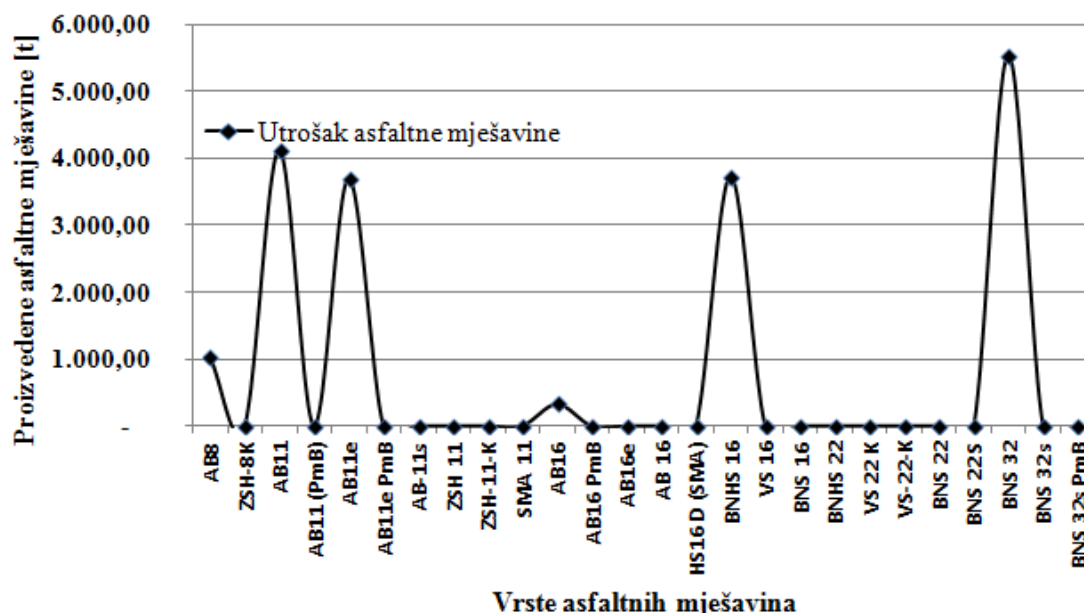
Slika 162. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, prosinac 2007. godine

Iz slike 162. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2007) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 8190,88 t asfaltne mješavine pri čemu je 3209,62 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 34,13% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



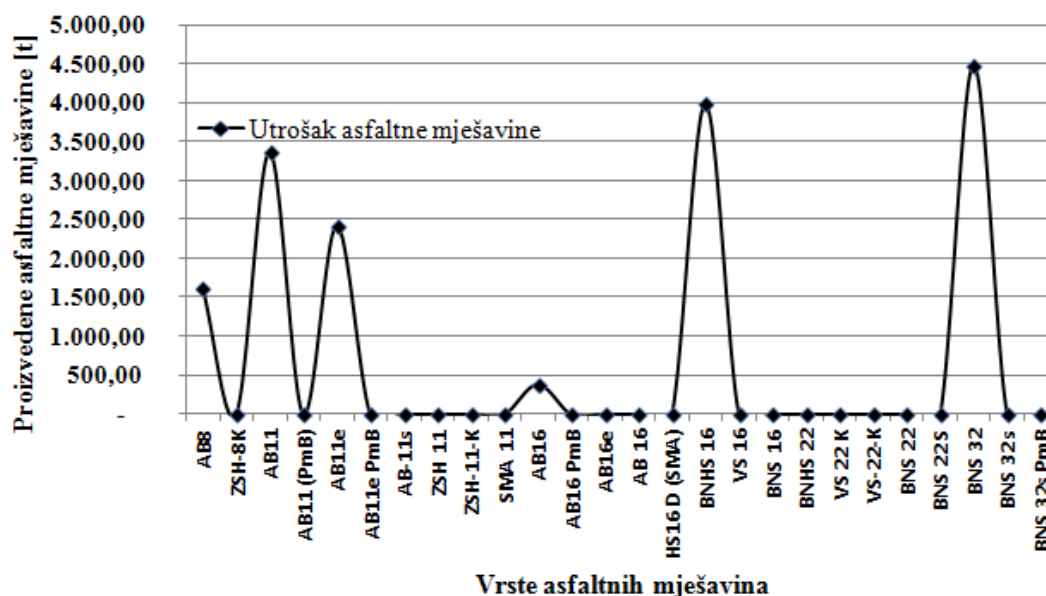
Slika 163. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, ožujak 2008. godine

Iz slike 163. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 9114,4 t asfaltne mješavine pri čemu je 4329,76 t asfaltne mješavine BNHS 16. Usljed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 37,98% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



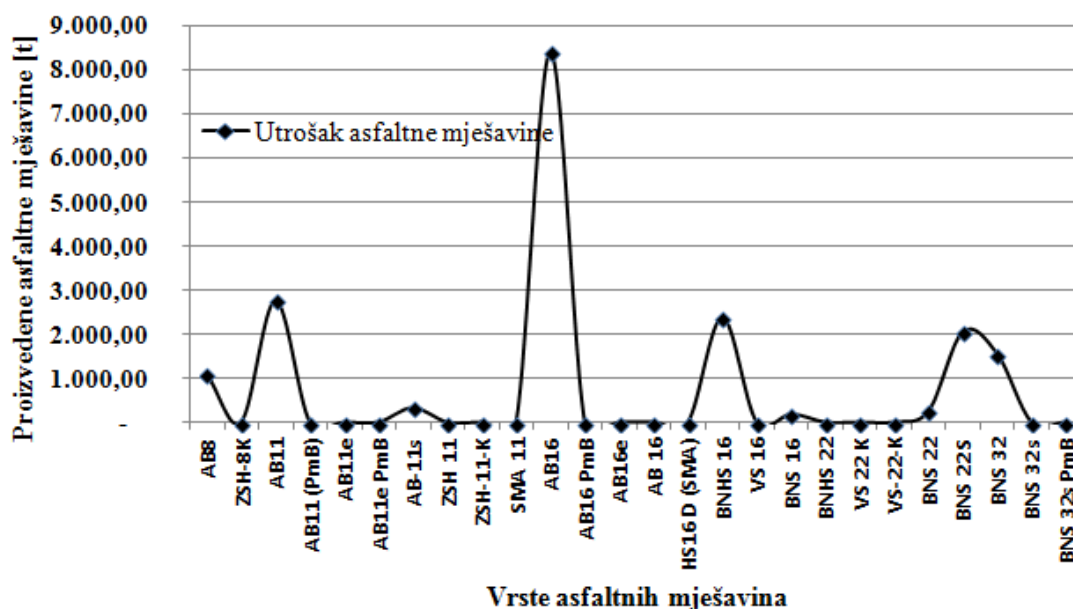
Slika 164. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, travanj 2008. godine

Iz slike 164. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 18 444,63 t asfaltne mješavine pri čemu je 5537,74 t asfaltne mješavine BNS 32. Usljed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 76,85% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



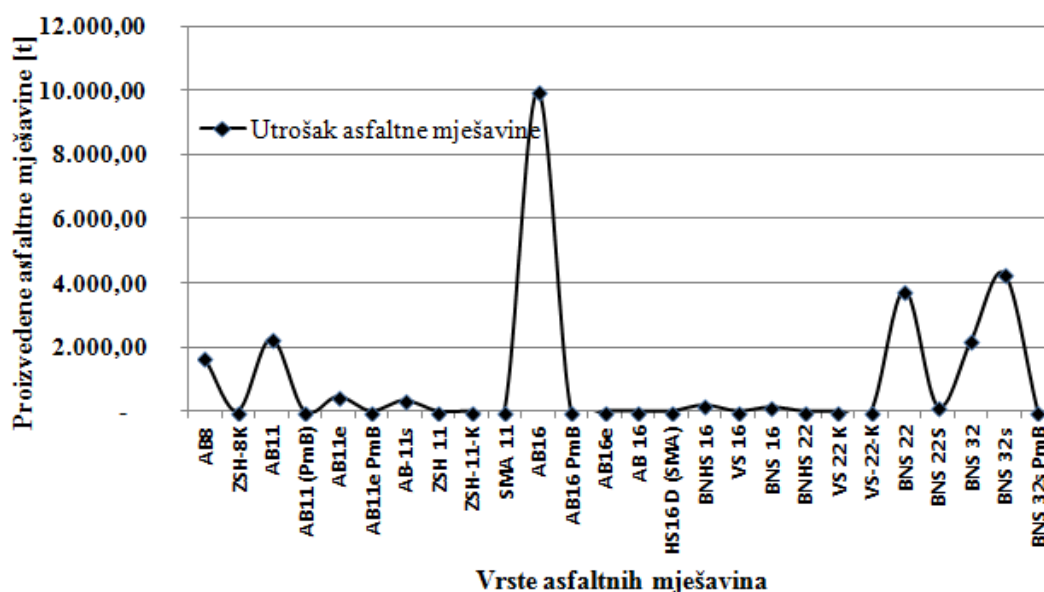
Slika 165. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, svibanj 2008. godine

Iz slike 165. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 16 298,20 t asfaltne mješavine pri čemu je 4493,94 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 67,91% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



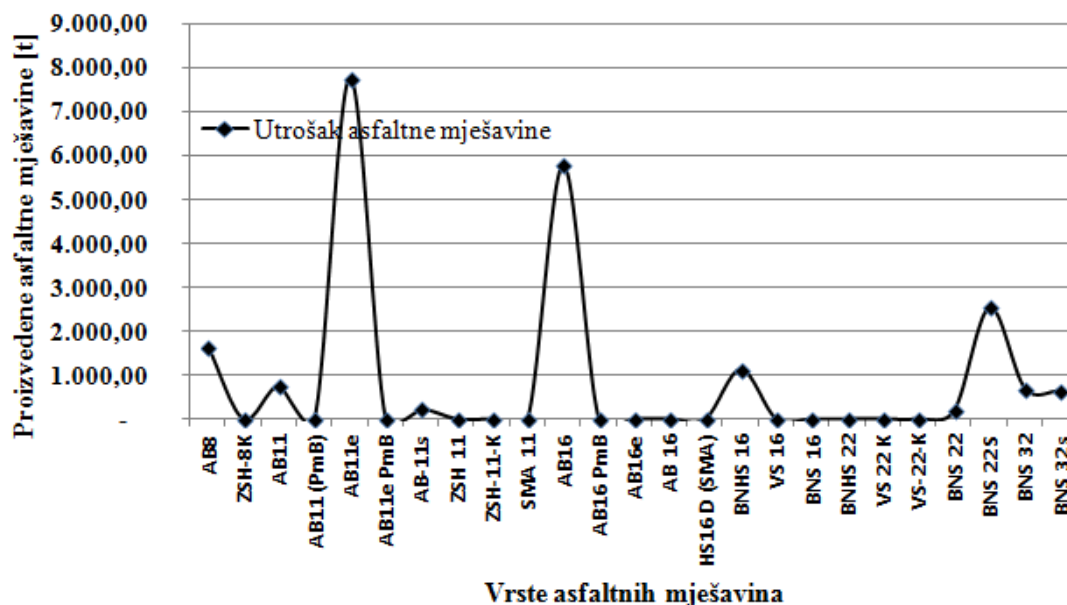
Slika 166. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, lipanj 2008. godine

Iz slike 166. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 19 034,36 t asfaltne mješavine pri čemu je 8422,5 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 79,31% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



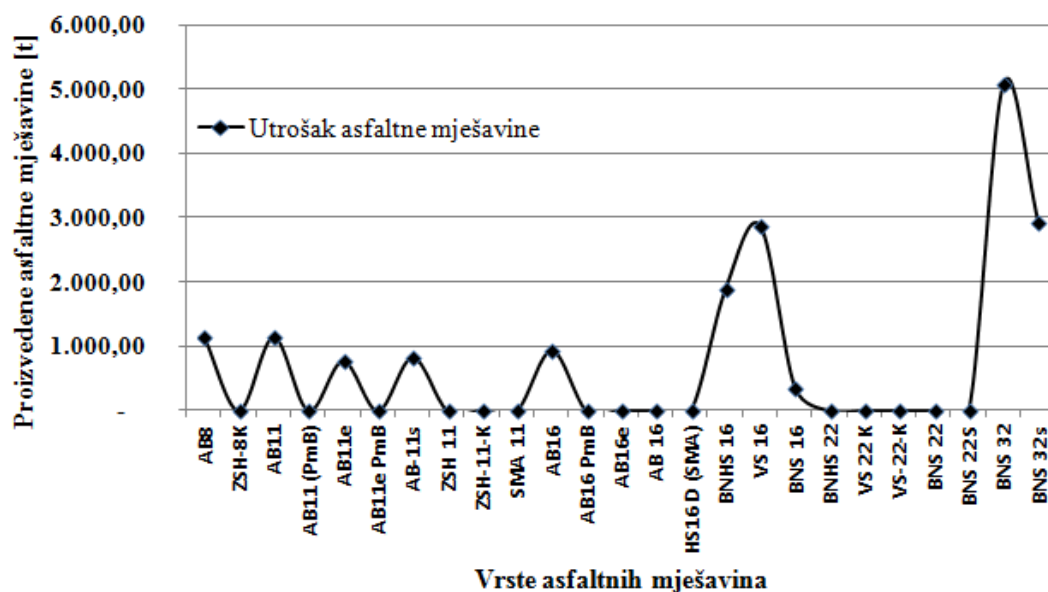
Slika 167. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, srpanj 2008. godine

Iz slike 167. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 25 421,88 t asfaltne mješavine pri čemu je 10 007,42 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 105,92% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



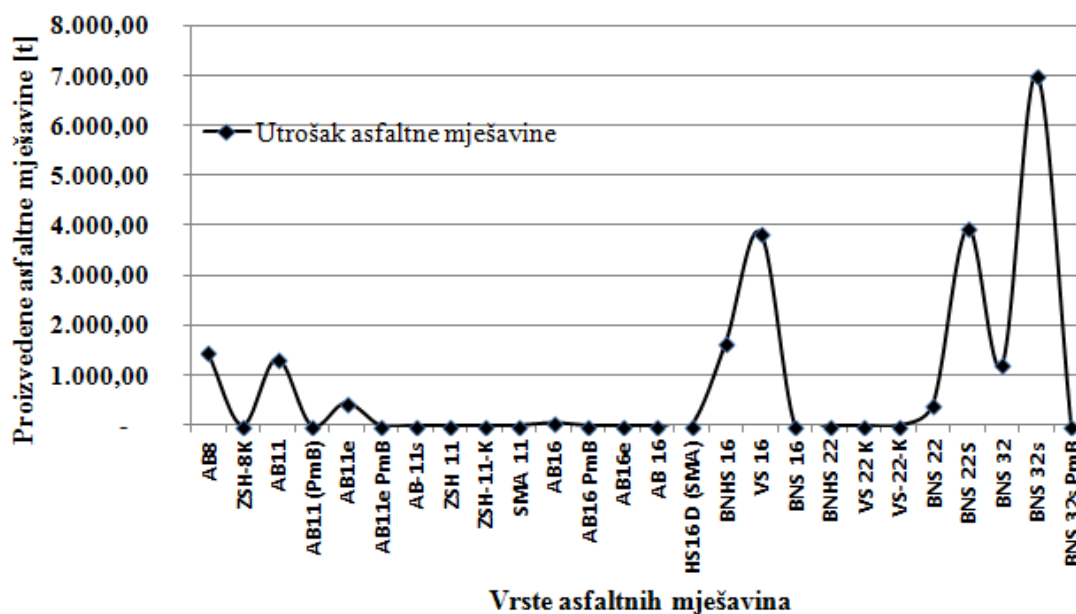
Slika 168. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, kolovoz 2008. godine

Iz slike 168. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 21 297,3 t asfaltne mješavine pri čemu je 7752,66 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 88,74% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



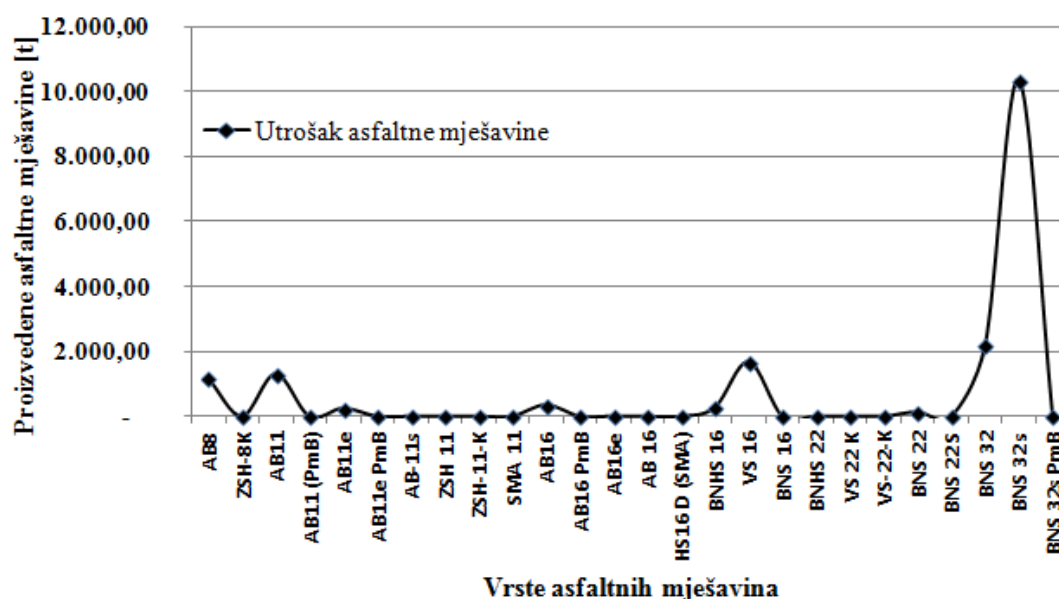
Slika 169. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, rujan 2008. godine

Iz slike 169. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 18 007,66 t asfaltne mješavine pri čemu je 5096,6 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 75,03% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



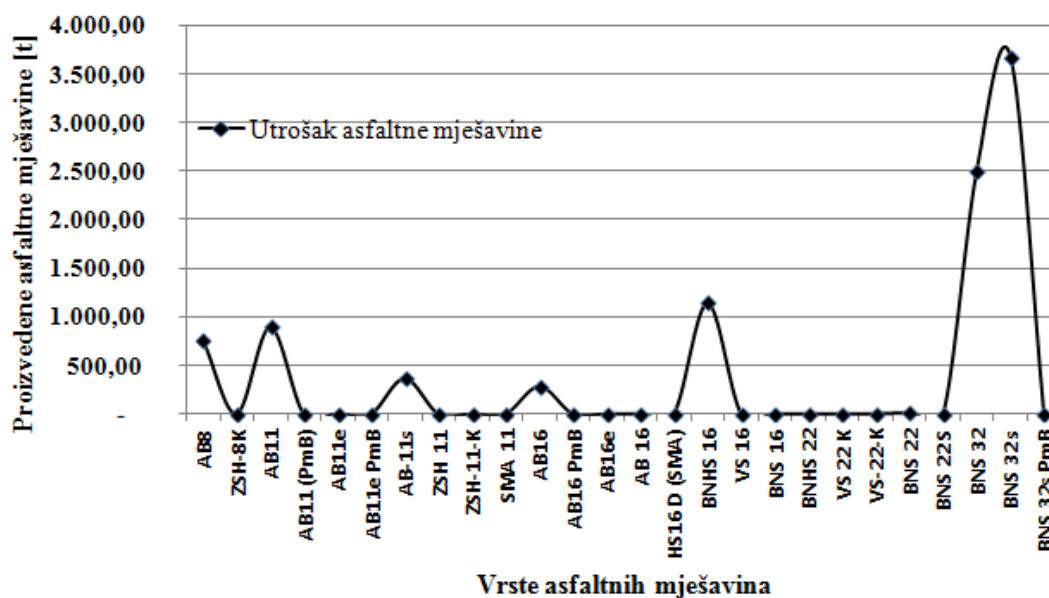
Slika 170. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, listopad 2008. godine

Iz slike 170. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 21 419,13 t asfaltne mješavine pri čemu je 7023,28 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 89,25% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



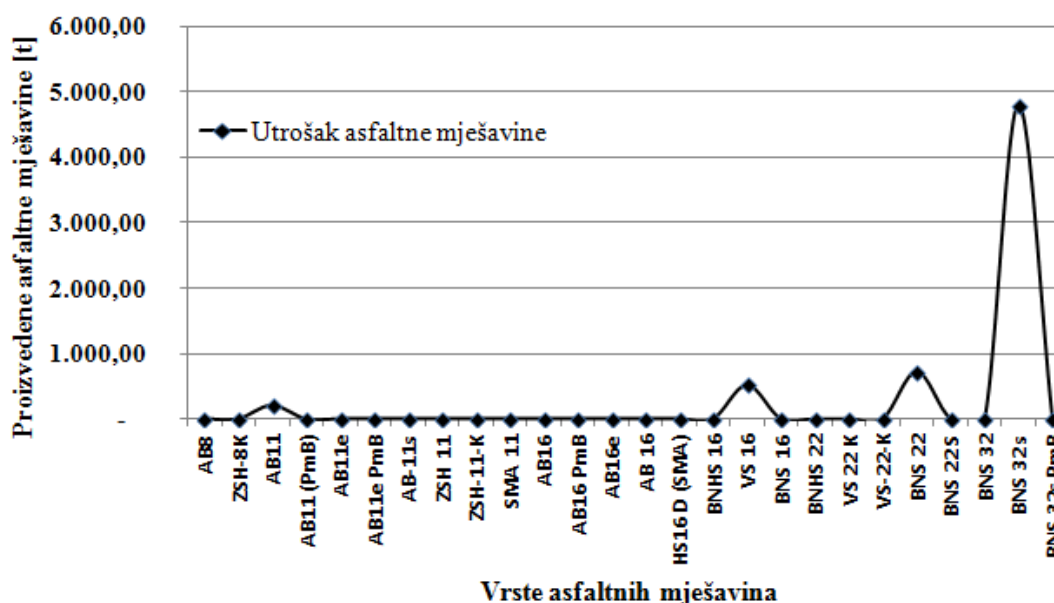
Slika 171. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, studeni 2008. godine

Iz slike 171. vidljivo je da je u mjesecu studenom (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 17 707,8 t asfaltne mješavine pri čemu je 10 369,82 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 73,78% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



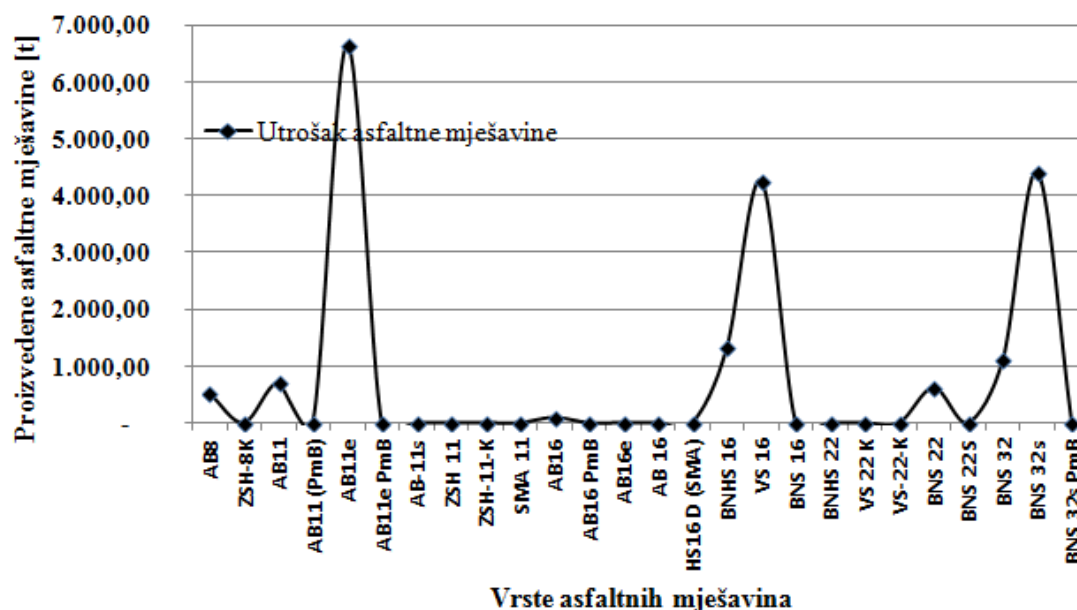
Slika 172. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, prosinac 2008. godine

Iz slike 172. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2008) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 9624 t asfaltne mješavine pri čemu je 3674,1 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 40,1% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



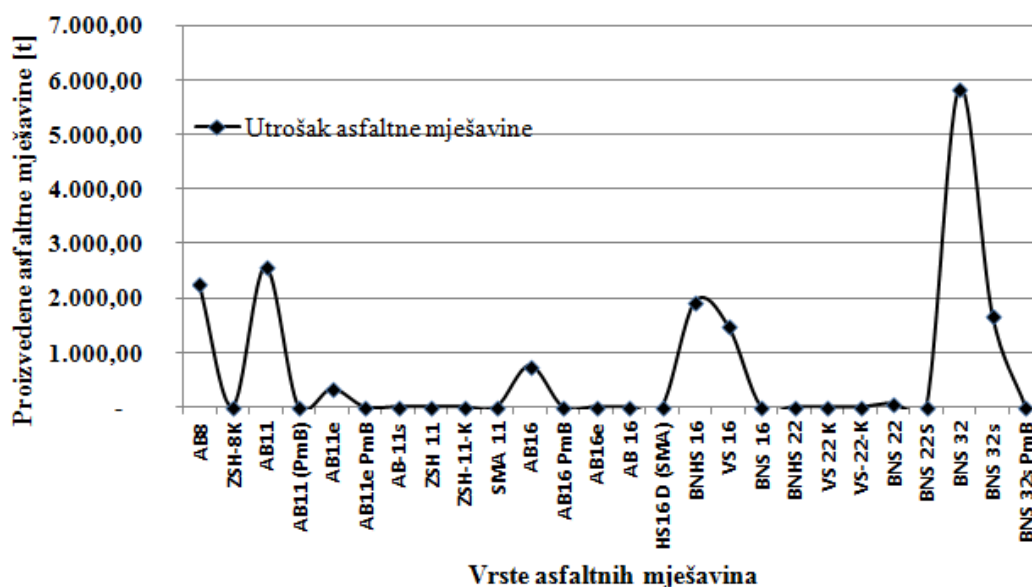
Slika 173. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, veljača 2009. godine

Iz slike 173. vidljivo je da je u mjesecu veljači (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 6243,88 t asfaltne mješavine pri čemu je 4797,76 t asfaltne mješavine BNS 32s. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 26,01% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



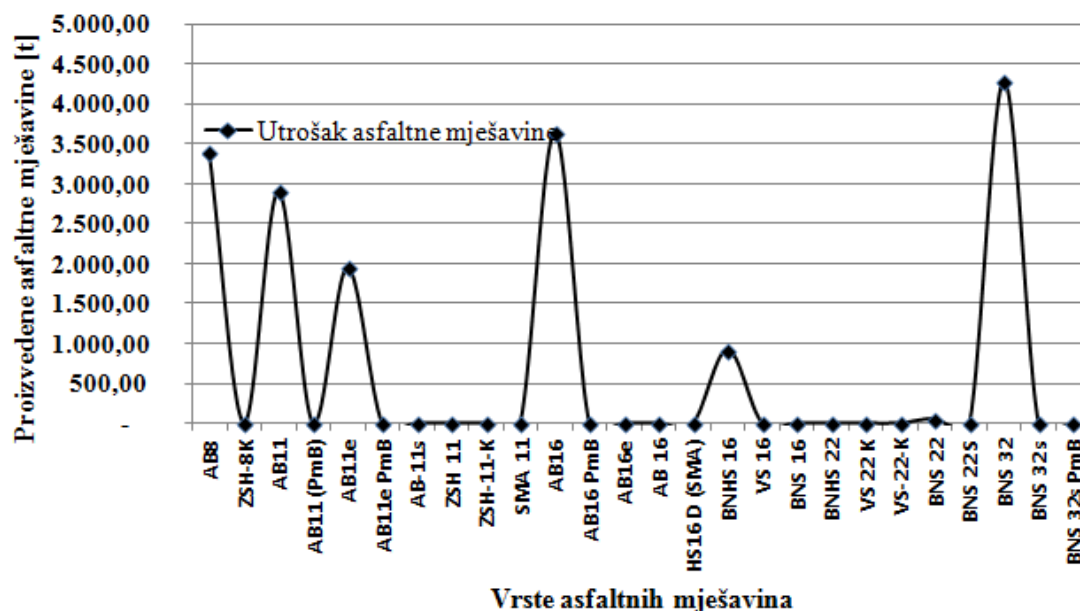
Slika 174. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, ožujak 2009. godine

Iz slike 174. vidljivo je da je u mjesecu ožujku (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 19 648,11 t asfaltne mješavine pri čemu je 6649 t asfaltne mješavine AB 11e. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 81,87% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



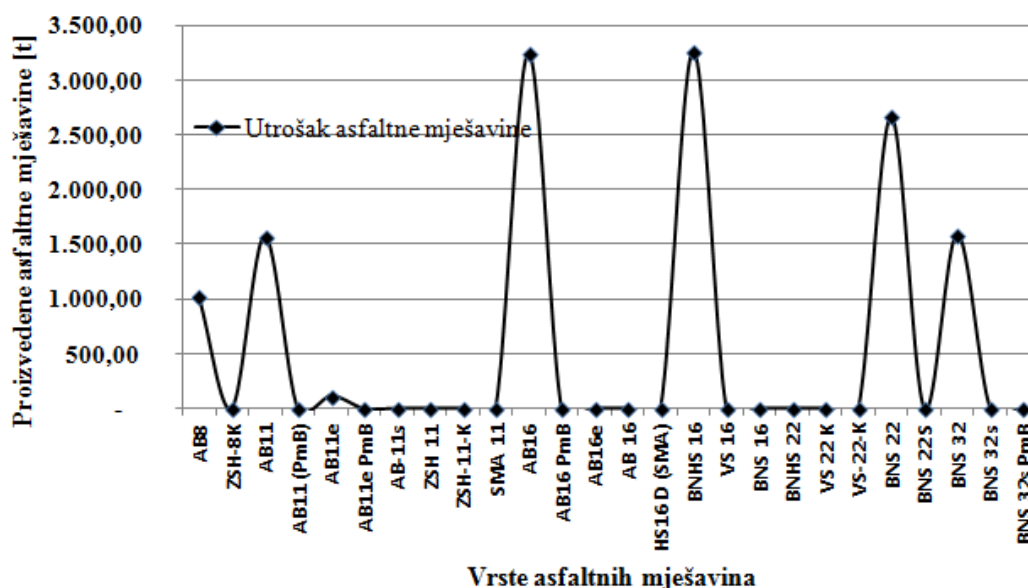
Slika 175. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, travanj 2009. godine

Iz slike 175. vidljivo je da je u mjesecu travnju (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 16 920,57 t asfaltne mješavine pri čemu je 5852,14 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 70,5% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



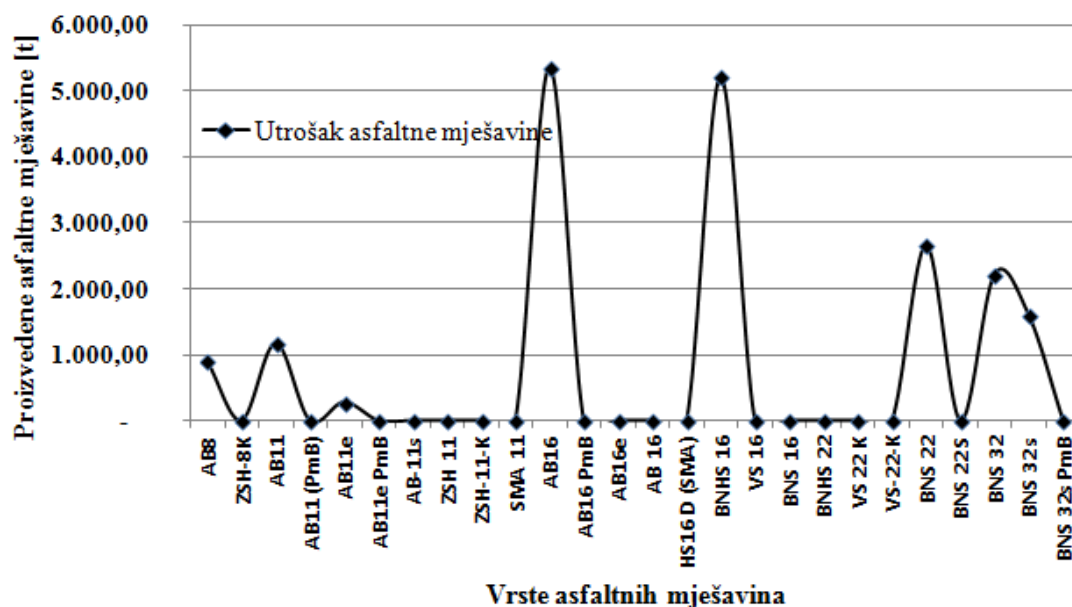
Slika 176. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, svibanj 2009. godine

Iz slike 176. vidljivo je da je u mjesecu svibnju (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 17 170,22 t asfaltne mješavine pri čemu je 4295,7 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 71,54% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



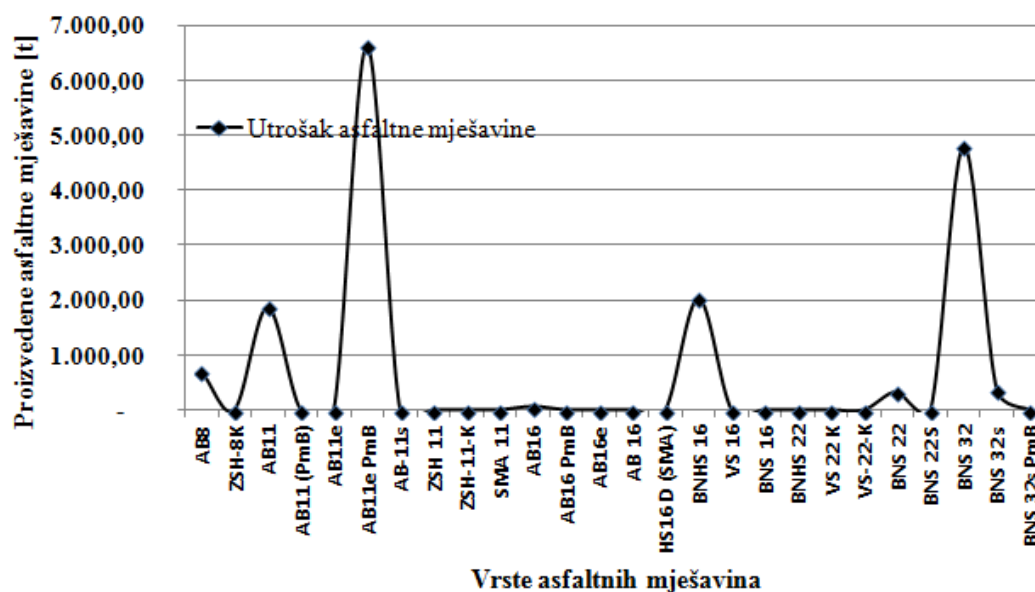
Slika 177. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, lipanj 2009. godine

Iz slike 177. vidljivo je da je u mjesecu lipnju (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 13 517,24 t asfaltne mješavine pri čemu je 3273,64 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 56,32% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



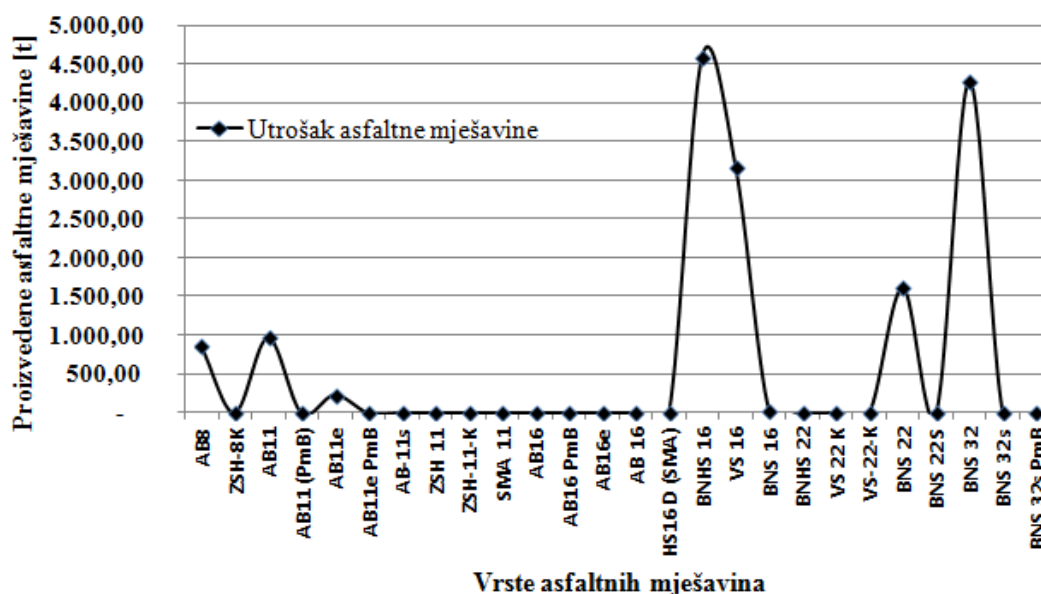
Slika 178. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, srpanj 2009. godine

Iz slike 178. vidljivo je da je u mjesecu srpnju (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 19 419,29 t asfaltne mješavine pri čemu je 5366,76 t asfaltne mješavine AB 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 80,91% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



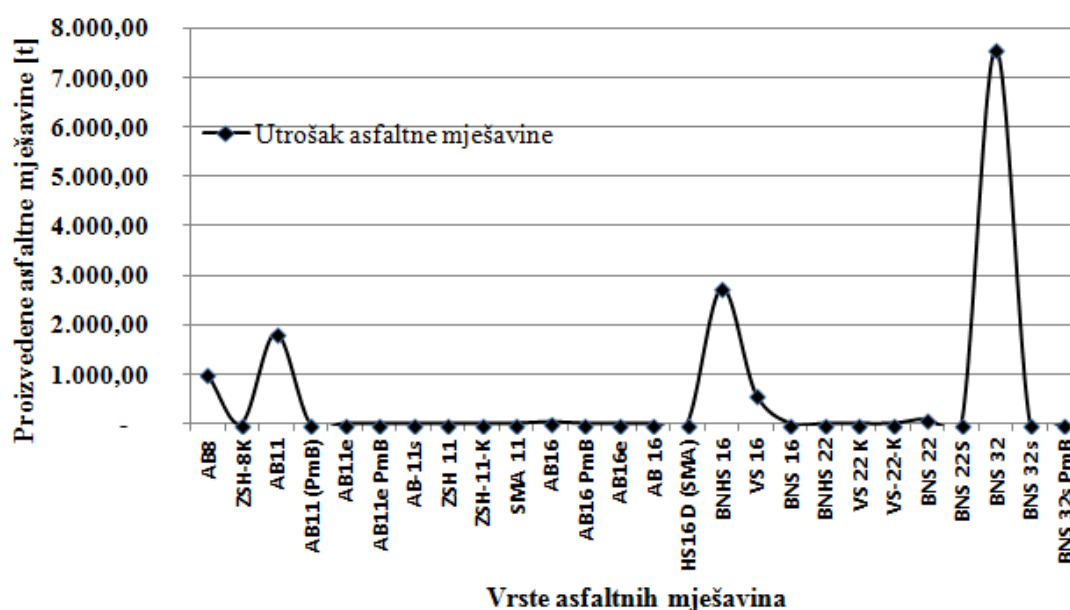
Slika 179. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, kolovoz 2009. godine

Iz slike 179. vidljivo je da je u mjesecu kolovozu (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 16 815,76 t asfaltne mješavine pri čemu je 6644,32 t asfaltne mješavine AB 11e PmB. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 70,07% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



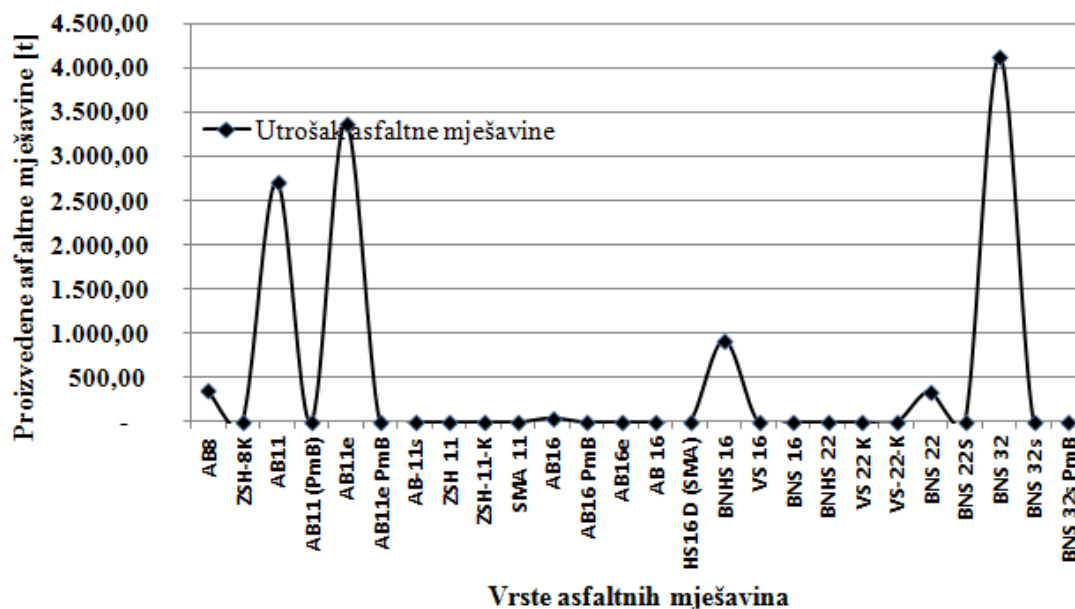
Slika 180. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, rujan 2009. godine

Iz slike 180. vidljivo je da je u mjesecu rujnu (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 15 756,1 t asfaltne mješavine pri čemu je 4599,24 t asfaltne mješavine BNHS 16. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 65,65% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



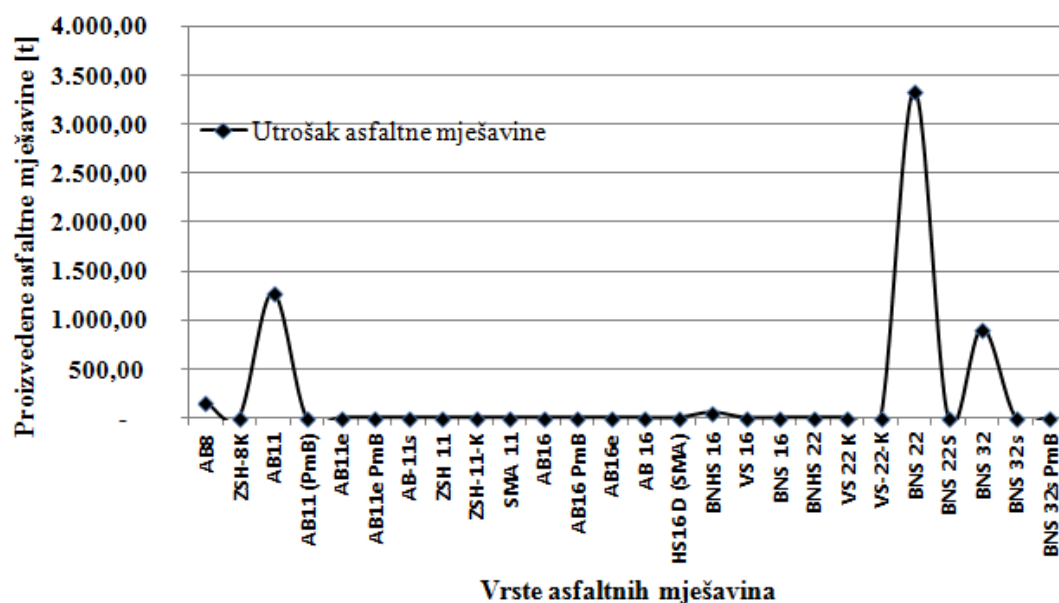
Slika 181. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, listopad 2009. godine

Iz slike 181. vidljivo je da je u mjesecu listopadu (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 13 896,6 t asfaltne mješavine pri čemu je 7595,1 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 57,9% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



Slika 182. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, studeni 2009. godine

Iz slike 182. vidljivo je da je u mjesecu studeni (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 11 935,14 t asfaltne mješavine pri čemu je 4145,44 t asfaltne mješavine BNS 32. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 49,73% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).



Slika 183. Proizvedene asfaltne mješavine po vrstama – Nemetin, prosinac 2009. godine

Iz slike 183. vidljivo je da je u mjesecu prosincu (2009) na postrojenju u Nemetinu proizvedeno sveukupno 5750,7 t asfaltne mješavine pri čemu je 3343,82 t asfaltne mješavine BNS 22. Uslijed toga iskorištenost proizvodnog kapaciteta iznosi 23,96% (u odnosu na idealni kapacitet 24 000 t).

Tablica 11. Zavisnost sveukupnih troškova grupe TG1, energenata i proizvedenih asfaltnih mješavina u periodu od 2007. – 2009.godine

Period (2007. –09.) mjesec	TG1 (2007.–09.)		Proizvedene asfaltne mješavine		Energenti	
	kn	%	t	%	kn	%
I.	383 409,66	6,15	4660,41	0,48	362 090,87	1,00
II.	422 043,10	6,77	37 325,10	3,85	954 913,53	2,63
III.	565 049,91	9,07	70 273,62	7,25	3 027 466,70	8,32
IV.	518 871,63	8,33	78 076,64	8,05	2 904 955,82	7,99
V.	528 803,22	8,49	83 270,44	8,59	2 946 601,87	8,10
VI.	502 101,06	8,06	73 302,61	7,56	2 388 546,75	6,57
VII.	524 084,32	8,41	116 850,52	12,05	4 074 848,52	11,20
VIII.	546 663,10	8,77	108 330,85	11,17	3 994 547,59	10,98
IX.	553 289,17	8,88	110 766,03	11,43	4 325 041,21	11,89
X.	642 455,32	10,31	140 630,58	14,51	5 198 401,94	14,29
XI.	576 397,87	9,25	97 078,10	10,01	3 847 116,58	10,58
XII.	468 703,71	7,52	48 910,16	5,05	2 345 935,06	6,45
Sveukupno Σ	6 231 872,07	100	969 475,06	100	36 370 466,44	100

Tablica 13. Zavisnost troškovne grupe TG2 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. -2009.godine

Period (2007.-09.) mjesec	Proizvedene asfaltne mješavine		Energenti	
	t	%	kn	%
I.	4660,41	0,48	362 090,87	1,00
II.	37 325,10	3,85	954 913,53	2,63
III.	70 273,62	7,25	3 027 466,70	8,32
IV.	78 076,64	8,05	2 904 955,82	7,99
V.	83 270,44	8,59	2 946 601,87	8,10
VI.	73 302,61	7,56	2 388 546,75	6,57
VII.	116 850,52	12,05	4 074 848,52	11,20
VIII.	108 330,85	11,17	3 994 547,59	10,98
IX.	110 766,03	11,43	4 325 041,21	11,89
X.	140 630,58	14,51	5 198 401,94	14,29
XI.	97 078,10	10,01	3 847 116,58	10,58
XII.	48 910,16	5,05	2 345 935,06	6,45
Sveukupno Σ	969 475,06	100	36 370 466,44	100

Tablica 14. Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2007. godina

Period mjesec	Zemni plin		Proizvedene asfaltne mješavine		Utrošak frakcija kamenog agregata granulacije 0/4mm i 0/2mm	
	m ³	%	t	%	t	%
I./07.	28 373,00	1,86	2410,41	1,50	1159,63	1,47
II./07.	18 441,00	1,21	1419,96	0,89	691,06	0,88
III./07.	105 530,00	6,91	12 057,33	7,53	5184,32	6,58
IV./07.	106 777,00	6,99	9957,58	6,22	4758,35	6,04
V./07.	164 349,00	10,76	15 929,19	9,94	7240,15	9,19

VI./07.	128 269,00	8,39	14 286,42	8,92	14286,42	18,13
VII./07.	215 600,00	14,11	21 025,08	13,13	9211,27	11,69
VIII./07.	183 861,00	12,03	21 261,84	13,27	9362,18	11,88
IX./07.	154 993,00	10,14	17 893,92	11,17	7517,02	9,54
X./07.	182 242,00	11,93	22 163,31	13,84	9438,76	11,98
XI./07.	144 308,00	9,44	13 589,10	8,48	6223,49	7,90
XII./07.	95 333,00	6,24	8190,88	5,11	3734,93	4,74
Sveukupno Σ	1 528 076,0	100	160 185,02	100	78 807,57	100

Tablica 15. Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2008. godina

Period mjesec	Zemni plin		Proizvedene asfaltne mješavine		Utrošak frakcija kamenog agregata granulacije 0/4mm i 0/2mm	
	m ³	%	t	%	t	%
I./08.	-	-	-	-	-	-
II./08.	-	-	-	-	-	-
III./08.	78 580,00	4,91	9114,4	5,17	3964,03	5,32
IV./08.	175 834,00	11,00	18 444,63	10,46	6904,37	9,27
V./08.	153 712,00	9,61	16 298,2	9,24	9439,70	12,67
VI./08.	153 213,00	9,58	19 034,36	10,79	8241,02	11,06
VII./08.	239 377,00	14,97	25 421,88	14,41	10 132,21	13,60
VIII./08.	165 903,00	10,38	21 297,3	12,08	9744,91	13,08
IX./08.	160 647,00	10,05	18 007,66	10,21	6820,97	9,15
X./08.	200 955,00	12,57	21 419,13	12,14	8724,34	11,71
XI./08.	153 155,00	9,58	17 707,8	10,04	6707,04	9,00
XII./08.	117 495,00	7,35	9624,00	5,46	3836,27	5,15
Sveukupno Σ	1 598 871,00	100	176 369,36	100	74 514,86	100

Tablica 16. Zavisnost utroška zemnog plina, proizvedenih asfaltnih mješavina i utroška frakcija kamenog agregata granulacije 0/4 mm i 0/2 mm za asfaltno postrojenje u Nemetinu - 2009. godina

Period mjesec	Zemni plin		Proizvedene asfaltne mješavine		Utrošak frakcija kamenog agregata granulacije 0/4mm i 0/2mm	
	m ³	%	t	%	t	%
I./09.	-	-	-	-	-	-
II./09.	42 037,00	3,02	6243,88	3,98	2135,05	3,18
III./09.	161 077,00	11,56	19 648,11	12,51	8305,54	12,37
IV./09.	174 450,00	12,52	16 920,57	10,77	7238,91	10,78
V./09.	140 906,00	10,11	17 170,22	10,93	8038,73	11,98
VI./09.	114 895,00	8,25	13 517,24	8,61	5782,15	8,61
VII./09.	144 713,00	10,39	19 419,29	12,36	8000,66	11,92
VIII./09.	158 407,00	11,37	16 815,76	10,71	7722,96	11,51
IX./09.	132 186,00	9,49	15 756,10	10,03	6374,87	9,50
X./09.	110 115,00	7,90	13 896,6	8,85	5724,57	8,53
XI./09.	125 432,00	9,00	11 935,14	7,6	5477,24	8,16
XII./09.	89 217,00	6,40	5750,70	3,66	2321,74	3,46
Sveukupno Σ	1 393 435,00	100		100		100

Tablica 19. Zavisnost troškova grupe TG4 i proizvedenih asfaltnih mješavina za sva tri asfaltna postrojenja u periodu od 2007. -2009.godine

Period (2007. – 09.) mjesec	TG4 (2007. – 09.)		Proizvedene asfaltne mješavine		Energenti	
	kn	%	t	%	Kn	%
I.	1 364 569,68	0,55	4660,41	0,48	362 090,87	1,00
II.	6 562 922,45	2,67	37 325,10	3,85	954 913,53	2,63
III.	22 252 381,65	9,05	70 273,62	7,25	3 027 466,70	8,32
IV.	20 420 370,12	8,30	78 076,64	8,05	2 904 955,82	7,99
V.	19 267 035,71	7,83	83 270,44	8,59	2 946 601,87	8,10
VI.	16 859 677,92	6,85	73 302,61	7,56	2 388 546,75	6,57
VII.	26 179 476,09	10,64	116 850,52	12,05	4 074 848,52	11,20
VIII.	30 297 309,59	12,32	108 330,85	11,17	3 994 547,59	10,98
IX.	29 956 374,83	12,18	110 766,03	11,43	4 325 041,21	11,89
X.	36 697 671,71	14,92	140 630,58	14,51	5 198 401,94	14,29
XI.	25 347 490,58	10,30	97 078,10	10,01	3 847 116,58	10,58
XII.	10 798 736,96	4,39	48 910,16	5,05	2 345 935,06	6,45
Sveukupno Σ	246 004 017,23	100	969 475,06	100	36 370 466,44	100

Tablica 25. Odnos proizvedenih asfaltnih mješavina i vlažnosti mineralne mješavine

Stavke	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12
1.Nosivi asfaltni slojevi (t)	559	5622	6345	6199	5090	4342	1002
(%) od (1+2)	68,59	64,21	57,38	55,06	53,47	38,59	11,66

2.Habajući asfaltni slojevi (t)	256	3134	4713	5060	4429	6909,5	7589
(%) od (1+2)	31,41	35,79	42,62	44,94	46,53	61,41	88,04
Prosječan udio vlage u sveukupnoj m.m. (uvećan za 10 puta)	31,8	23,12	22,25	26,08	25,01	27,2	31,02

Tablica 26. Iskoristivost asfaltnog postrojenja

Stavke	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12
Proizvedene asfaltnje mješavine (t)	10 175	13 637	14 611	12 092	11 375,5	8620
Optimalni mjesečni kapacitet (24 × 1000)	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	14 000
% iskorištenja asfaltnog postrojenja	42,40	56,82	60,88	50,38	47,40	61,57

Tablica 27. Utjecaj prekida proizvodnje na utrošak energije

Stavke	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12
Prosječan mjesečni broj prekida u proizvodnji (Dnevni broj asf.mješavina/Broj radnih dana)	2,75	2,10	2,64	2,50	3,23	3,25	3,67
Prosječan utrošak zemnog plina po proizvedenoj toni asf.mješavine (m ³ /t)	8,65	8,37	7,64	8,05	8,15	8,89	9,17

Tablica 28. Odnos kontinuiteta proizvodnje i utroška energije

Stavke	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12
Prosječna vrijednost odnosa dnevne proizvodnje i broja proizvedenih asfaltnih mješavina u promatranom segmentu vremena (t)	176,23	270,88	251,62	297,65	200,93	167,71	179,47
Prosječni utrošak zemnog plina po proizvedenoj toni asf.mješavine (m ³ /t)	8,65	8,37	7,64	8,05	8,15	8,89	9,17

Tablica 29. Zavisnost udjela vlage i utroška zemnog plina

Vlažnost mineralne mješavine (%)	1,0 – 1,50	1,5 – 1,75	1,75 - 2,00	2,0 - 2,25	2,25 - 2,50	2,5 - 2,75	2,75 - 3,00	3,0 - 3,25	3,25 - 3,5	3,5 - 3,75	3,75 - 4,0	4,0 - 4,25	4,25 – 4,50	4,50 – 4,75
Ispitane prosječne vrijednosti vlažnosti (%)	1,35	1,66	1,88	2,15	2,35	2,64	2,85	3,14	3,33	3,59	3,81	4,14	4,26	4,56
Utrošak zemnog plina po proizvedenoj toni (m ³ /t)	7,42	7,79	7,91	8,42	8,17	8,57	8,61	8,78	7,93	9,60	9,05	9,38	9,92	9,16

Tablica 30. Odnos temperature mineralne mješavine i utroška zemnog plina

Stavke	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12
Prosječna temperatura mineralne mješavine (°C)	18,06	20,88	23,81	22,90	19,66	14,04	9,70
Utrošak zemnog plina po proizvedenoj toni asf.mješavine (m ³ /t)	8,65	8,37	7,64	8,05	8,15	8,89	9,17

Tablica 33. Laboratorijska ispitivanja modela utroška energije

1.		Svakodnevno ispitivanje			Proizvedene asfaltne mješavine (t)											Σ (t)
R.br.	Datum 2012.god.	Temperaturna krivulja i položaj točke (s lijeve strane prema desno)	Vlažnost mineralne mješavine (%)	Temperatura mineralne mješavine (°C)	BNS32s	AB 8	AB 11	BNS 22s	AB 16	BNHS 22A	BNS 16	AB 11e	BNHS 16	Vs 16/22k	ZSH 11K	Sveukupna dnevna proizvodnja asfaltne mješavine
1.	23.05.	16°C (5)	3,23	17,25	207	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	217
2.	24.05.	16°C (3)	2,63 (3,27)	16,04 (17,69)	10	1	-	244	-	-	-	-	140	-	-	395
3.	30.05.	16°C (4)	2,85 (3,32)	16,84 (18,27)	-	-	-	-	-	-	-	-	33	582	-	615
4.	31.05.	16°C (4)	2,9	19,03	98	9	-	-	-	-	-	-	63	459	-	629
5.	01.06.	16°C (3)	2,5	17,74	343	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	423
6.	04.06.	22°C (6)	2,67	20,57	315	-	-	209	129	-	-	-	95	-	-	748
7.	05.06.		4,26	18,7	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	100
8.	06.06.	16°C (3)	2,57	16,04	212	-	-	111	30	-	-	-	-	-	-	353
9.	08.06.	22°C (2)	1,65 (2,34)	20 (21,67)	251	-	-	-	-	-	-	-	-	245	-	496
10.	11.06.	22°C (5)	2,35 (2,42)	20 (20,78)	-	-	-	-	-	-	-	-	110	346	-	456
11.	12.06.	22°C (6) (AB11)	2,67 (2,50)	20,2 (20,40)	-	-	30	-	-	-	-	-	63	-	-	93
12.	13.06.	16°C (5)	3,15	18,77	-	-	-	-	-	-	-	-	58	341	-	399
13.	14.06.	22°C (9)	4,21 (2,17)	20,32 (18,68)	252	-	-	-	-	-	-	-	-	487	-	739
14.	15.06.		1,73	20,9	455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	455
15.	16.06.	22°C (3)	1,81	21	387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	387
16.	18.06.	22°C (4)	2,08	22,45	582	-	-	-	-	-	-	-	206	-	-	788
17.	19.06.	22°C (4)	2,17	23,85	582	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	582
18.	20.06.	22°C (4)	2,05	23,43	267	-	-	-	-	-	-	584	-	-	-	851
19.	21.06.	22°C (4)	2	23,6	215	5	9	-	-	-	-	436	112	-	-	777
20.	26.06.	22°C (2)	1,59	21,29	271	-	71	-	-	-	-	-	75	-	-	417
21.	27.06.	22°C (2)	1,6	20,58	621	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	721
22.	28.06.	22°C (3)	1,96	20,1	106	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	136
23.	29.06.	22°C (5)	2,33	22,2	-	-	-	-	-	-	-	233	-	-	-	233

2.		Svakodnevno ispitivanje			Proizvedene asfaltne mješavine (t)											Σ (t)
R.br.	Datum 2012.god.	Temperaturna krivulja i položaj točke (s lijeve strane prema desno)	Vlažnost mineralne mješavine (%)	Temperatura mineralne mješavine (°C)	BNS32s	AB 8	AB 11	BNS 22s	AB 16	BNHS 22A	BNS 16	AB 11e	BNHS 16	Vs 16/22k	ZSH 11K	Svukupna dnevna proizvodnja
24.	30.06.	22°C (5)	2,35	24,84	333	-	-	-	-	-	-	688	-	-	-	1021
25.	01.07.	22°C (5)	2,25	25,95	-	-	-	-	-	2	-	840	-	-	-	842
26.	02.07.	22°C (3)	1,9	26,1	432	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	432
27.	03.07.	22°C (5)	2,27	26,15	509	-	10	-	-	-	-	-	24	-	-	543
28.	04.07.	22°C (4)	2	27,6	136	-	53	-	-	-	-	-	35	-	-	224
29.	05.07.		3,34	25,8	-	67	13	-	-	-	-	-	18	-	-	98
30.	06.07.	22°C (3)	1,86	26,8	330	-	-	332	-	-	-	-	-	-	-	662
31.	09.07.	22°C (3)	1,78	26,49	-	-	-	106	-	-	-	-	282	-	-	388
32.	10.07.	22°C (1)	1,33	25,57	-	-	-	189	-	-	-	-	333	-	-	522
33.	11.07.	22°C (3)	1,84	25,59	269	-	30	75	-	-	-	-	120	207	-	701
34.	12.07.	22°C (2)	1,75	25,19	285	-	8	142	-	-	-	-	-	176	-	611
35.	13.07.	22°C (3)	1,77	22,81	462	-	-	330	-	-	-	-	-	-	-	792
36.	14.07.	22°C (2)	1,72	21,3	295	-	-	-	-	-	-	-	166	-	-	461
37.	16.07.	16°C (1)	2	17,61	27	-	-	188	-	-	-	-	285	-	-	500
38.	17.07.	22°C (6)	2,73	21,62	-	-	-	407	-	-	-	221	16	-	-	644
39.	18.07.	22°C (2)	1,64	21,4	276	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	286
40.	19.07.	22°C (1)	1,37	23,35	562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	562
41.	20.07.	22°C (2)	1,75	23,01	212	-	25	-	-	-	-	-	-	581	-	818
42.	23.07.	22°C (5) (AB11)	2,34 (3,32)	21,67 (20,4)	-	25	147	-	-	-	-	-	-	281	-	453
43.	24.07.	22°C (7)	2,76	20,87	-	-	-	-	-	-	144	-	-	-	219	363
44.	25.07.	22°C (8)	3,14	23	-	-	31	27	-	-	-	-	26	70	-	154
45.	26.07.	22°C (3)	1,76	24,5	452	-	-	-	3	-	-	-	-	18	-	473
46.	27.07.	22°C (5)	2,45	22,92	101	-	-	-	-	-	-	-	111	427	-	639
47.	28.07.	22°C (7)	2,88	23	30	-	56	-	197	-	-	-	361	-	-	644
48.	30.07.	22°C (7)	2,8	24,21	27	-	-	-	-	-	-	461	-	421	-	909
49.	31.07.	22°C (8)	3,22	24,11	-	-	-	-	-	-	-	517	-	399	-	916
50.	01.08.	22°C (4)	2,23	25,48	-	-	-	-	-	-	-	303	-	418	-	721
51.	02.08.	22°C (7)	2,85	23,2	32	28	-	-	-	-	-	678	-	-	-	738
52.	03.08.	22°C (3)	1,99	24,9	-	25	-	-	-	-	-	355	-	-	-	380
53.	04.08.	22°C (4)	2,02	24,66	350,5	-	-	-	-	-	-	305,5	-	-	-	656
54.	06.08.	22°C (5)	2,32	24,38	479	26	111	-	-	-	-	-	-	-	-	616

3.		Svakodnevno ispitivanje			Proizvedene asfaltne mješavine (t)											Σ (t)
R.br.	Datum 2012.god.	Temperaturna krivulja i položaj točke (s lijeve strane prema desno)	Vlažnost mineralne mješavine (%)	Temperatura mineralne mješavine (°C)	BNS32s	AB 8	AB 11	BNS 22s	AB 16	BNHS 22A	BNS 16	AB 11e	BNHS 16	Vs 16/22k	ZSH 11K	Sveukupna dnevna proizvodnja
55.	07.08.	22°C (7)	2,78	24,65	13	-	77	-	-	-	142	-	-	499	-	731
56.	08.08.	22°C (5)	2,3	24	114	2	-	-	-	-	87	-	-	656	-	859
57.	09.08.	22°C (6)	2,7	23,36	-	-	191	-	-	-	-	-	-	468	-	659
58.	10.08.	22°C (4)	2,14	24,2	-	-	-	-	-	-	-	460	-	-	-	460
59.	11.08.	22°C (6)	2,53	21,05	-	-	-	679	-	-	-	-	-	-	-	679
60.	13.08.	22°C (3)	1,8	23	-	26	-	65	-	-	-	444	10	315	-	860
61.	14.08.	16°C (3)	2,73	19,1	-	8	-	-	15	-	-	-	18	740	-	781
62.	16.08.	22°C (5)	2,48	20,3	298	-	27	27	-	-	-	-	10	284	-	646
63.	17.08.	22°C (5)	2,45	22,41	458	-	53	-	-	-	-	196	30	-	-	737
64.	20.08.	22°C (3)	1,93	22,4	191	-	49	-	-	-	-	-	-	-	-	240
65.	21.08.	22°C (7)	2,76	21,7	448	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	456
66.	22.08.		4,56	22,3	271	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	271
67.	23.08.	22°C (9)	4,07	23,2	302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	302
68.	25.08.	22°C (4)	2,02	26,2	700	-	46	-	-	-	-	-	-	-	-	746
69.	27.08.	22°C (2)	1,55	24	-	-	497	-	-	-	-	-	-	-	-	497
70.	28.08.	22°C (2) (BNS32s)	1,66 (4,2)	21,9 (20,32)	177	-	-	-	382	-	-	-	-	-	-	559
71.	29.08.	22°C (8)	3,23	20,48	-	-	88	-	281	-	-	-	-	-	-	369
72.	30.08.	22°C (7)	2,99	23	-	-	-	800	-	-	-	-	-	-	-	800
73.	31.08.	22°C (3)	1,97	21,4	693	-	21	-	-	-	-	125	9	-	-	848
74.	03.09.	22°C (5)	2,26	23,35	366	-	-	47	-	-	-	-	-	251	-	664
75.	04.09.	22°C (3)	1,85	23,58	77	-	-	82	-	-	-	-	-	408	-	567
76.	05.09.	22°C (2)	1,56	20,4	104	-	9	39	-	-	-	-	10	416	-	578
77.	06.09.	22°C (2)	1,75	20,7	354	-	31	-	-	-	-	-	-	122	-	507
78.	07.09.	16°C (3)	2,68	18,49	8	-	260	-	-	-	-	-	-	245	-	513
79.	08.09.	16°C (1) (VS16)	1,9 (1,79)	17,1 (18)	-	8	-	-	-	-	-	-	-	288	-	296
80.	10.09.	22°C (8)	3,22	20,62	-	27	3	493	10	-	-	-	180	-	-	713
81.	11.09.	22°C (7)	3	21,11	-	16	35	439	-	-	-	-	206	-	-	696
82.	12.09.	22°C (8)	3,1	21,09	-	36	336	343	10	-	-	-	33	-	-	758
83.	13.09.	22°C (7)	2,93	22	-	27	-	396	-	-	-	-	-	-	-	423
84.	14.09.	16°C (4)	2,86	20	-	-	-	-	-	-	-	121	-	-	-	121

4.		Svakodnevno ispitivanje			Proizvedene asfaltne mješavine (t)											Σ (t)
R.br.	Datum 2012.god.	Temperaturna krivulja i položaj točke (s lijeve strane prema desno)	Vlažnost mineralne mješavine (%)	Temperatura mineralne mješavine (°C)	BNS32s	AB 8	AB 11	BNS 22s	AB 16	BNHS 22A	BNS 16	AB 11e	BNHS 16	Vs 16/22k	ZSH 11K	Sveukupna dnevna proizvodnja asfaltne mješavine
85.	17.09.	16°C (3)	2,51	17,42	319	27	8	-	-	-	32	283	-	-	-	669
86.	18.09.	16°C (1) (BNHS16)	1,89 (3,19)	17,08 (19,34)	157	35	112	77	-	-	-	-	286	-	-	667
87.	19.09.	22°C (1) (BNS32)	1,35 (2,6)	24,46 (20,69)	378	48	195	18	-	-	-	-	-	-	-	639
88.	20.09.	16°C (6)	3,86	16	393	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	393
89.	21.09.	16°C (5) (Vs16k)	3,12 (2,83)	15,8 (13,14)	-	32	6	-	95	-	-	-	-	557	-	690
90.	24.09.	16°C (1)	1,84	18,72	-	27	21	587	-	-	183	-	-	-	-	818
91.	25.09.	16°C (2)	2,31	19,61	-	-	30	-	-	-	198	-	-	286	-	514
92.	26.09.	16°C (2)	2,49	18,3	-	7	50	-	321	-	-	-	-	-	-	378
93.	27.09.	22°C (3)	1,85	21	-	-	-	-	-	-	-	789	-	-	-	789
94.	28.09.	16°C (2)	2,29	20	-	4	53	-	-	-	-	105	-	-	-	162
95.	29.09.	16°C (2)	2,27	19	-	-	26	-	-	-	-	511	-	-	-	537
96.	01.10.	16°C (1)	1,89	20	-	-	55	-	-	-	-	713	-	-	-	768
97.	02.10.	22°C (6)	2,7	21	-	64	53	-	-	-	-	218	-	-	-	335
98.	03.10.	16°C (4)	2,83	17	-	-	-	328	-	-	-	-	-	-	-	328
99.	04.10.	16°C (3)	2,7	19	-	27	-	519	-	-	-	-	4,5	-	-	550,5
100.	05.10.	16°C (2)	2,27	17,5	656	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	684
101.	06.10.	16°C (5)	3,03	15	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250
102.	09.10.	16°C (3)	2,63	12,77	-	-	28	-	-	-	-	-	30	124	120	302
103.	10.10.	16°C (6) (AB16)	3,82 (2,17)	15 (12)	-	3	12	-	161	-	-	-	-	-	27	203
104.	11.10.		2,89	15	76	16	26	-	-	-	-	75	43	-	-	236
105.	12.10.	16°C (2)	2,28	11,5	76	-	62	-	-	-	-	28	53	-	-	219
106.	13.10.	16°C (5) (BNS32s)	3,21 (3,24)	16 (16)	171	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	189
107.	15.10.		2,25	14	319	2	31	-	-	-	-	-	53	-	-	405
108.	17.10.		3,21	12,66	115	10	240	-	-	-	-	-	39	-	-	404
109.	18.10.	16°C (4)	2,85	13,67	-	20	199	-	456	-	-	-	39	-	-	714
110.	19.10.	16°C (2) (AB16)	2,37 (3,33)	17,14 (15,5)	-	-	39	-	85	-	-	489	35	-	-	648

5.		Svakodnevno ispitivanje			Proizvedene asfaltne mješavine (t)											Σ (t)
R.br.	Datum 2012.god.	Temperaturna krivulja i položaj točke (s lijeve strane prema desno)	Vlažnost mineralne mješavine (%)	Temperatura mineralne mješavine (°C)	BNS32s	AB 8	AB 11	BNS 22s	AB 16	BNHS 22A	BNS 16	AB 11e	BNHS 16	Vs 16/22k	ZSH 11K	Sveukupna dnevna proizvodnja asfaltne mješavine
111.	20.10.	16°C (4)	2,79	14,15	583	23	74	-	-	-	-	-	-	-	-	680
112.	22.10.	16°C (3)	2,69	13	-	-	31	-	12	-	-	280	-	-	-	323
113.	23.10.	16°C (3)	2,7	14	25	-	26	-	-	-	-	296	-	-	-	347
114.	24.10.	16°C (3)	2,57	12,88	91	56	53	-	378	-	-	-	-	-	110	688
115.	25.10.	16°C (2)	2,48	14,18	137	44	116	-	686	-	-	-	-	-	-	983
116.	26.10.	16°C (2)	2,48	11,74	201	-	26	-	253	-	-	-	-	-	-	480
117.	27.10.	16°C (1)	1,95	12	461	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	461
118.	30.10.	8°C (3)	3,58	5,49	251	18	174	55	66	-	-	-	-	-	-	564
119.	31.10.		3,8	6,5	-	36	45	28	-	-	-	505	-	-	-	614
120.	02.11.	8°C (2)	3,4	9	-	36	-	78	412	-	-	-	-	-	-	526
121.	03.11.	8°C (1)	3,06	10	-	18	1	50	559	-	-	-	-	-	-	628
122.	05.11.	16°C (6)	3,78	14	34	36	-	41	396	-	-	-	-	-	-	507
123.	06.11.		3,8	10,5	44	54	25	-	620	-	-	-	-	-	-	743
124.	07.11.	8°C (3)	3,59	10	22	44	-	-	556	-	-	-	-	-	-	622
125.	08.11.		2,8	11,5	31	36	91	28	515	-	-	-	74	-	-	775
126.	09.11.	8°C (2)	3,3	9,5	-	36	42	51	553	-	-	-	39	-	-	721
127.	10.11.		2,85	8,5	-	26	60	-	314	-	-	-	-	-	-	400
128.	12.11.	16°C (5)	3	12	85	88	50	-	-	-	-	-	349	-	-	572
129.	14.11.	8°C (1)	3,13	9	-	36	26	38	-	-	-	-	262	-	-	362
130.	15.11.	8°C (2) (BNS22s)	3,35 (2,57)	9,1 (9)	-	28	32	52	233	-	-	-	-	-	-	345
131.	16.11.	8°C (1) (AB11)	3,1 (3)	8,0 (8)	-	15	50	-	701	-	-	-	10	-	-	776
132.	17.11.		2,76	8	-	22	-	-	513	-	-	-	-	-	-	535
133.	19.11.	8°C (3) (AB16)	3,59 (2,7)	8,79 (8,5)	-	-	28	56	499	-	-	-	25	-	-	608
134.	20.11.		2,8	8	-	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-	500

6.		Svakodnevno ispitivanje			Proizvedene asfaltne mješavine (t)											Σ (t)
R.br.	Datum 2012.god.	Temperaturna krivulja i položaj točke (s lijeve strane prema desno)	Vlažnost mineralne mješavine (%)	Temperatura mineralne mješavine (°C)	BNS32s	AB 8	AB 11	BNS 22s	AB 16	BNHS 22A	BNS 16	AB 11e	BNHS 16	Vs 16/22k	ZSH 11K	Sveukupna dnevna proizvodnja asfaltne mješavine
Ispitivanja korištena za izradu modela bazirana na promatranom dijelu dnevne proizvodnje.																
41.	20.07.	22°C (3) (BNS32s)	1,85 (1,75)	23 (23,01)	212	-	25	-	-	-	-	-	-	581	-	818
91.	25.09.	22°C (3) (BNS6)	1,8 (2,31)	22 (19,61)	-	-	30	-	-	-	198	-	-	286	-	514
97.	02.10.	22°C () (AB11e)	2,11 (2,7)	23 (21)	-	64	53	-	-	-	-	218	-	-	-	335
24.	30.06.	30°C (1) (BNS32s)	1,3 (2,35)	28 (24,84)	333	-	-	-	-	-	-	688	-	-	-	1021
28.	04.07.	30°C (1) (BNS32s)	1,5 (2)	31,5 (27,6)	136	-	53	-	-	-	-	-	35	-	-	224
29.	05.07.	30°C (2) (AB8)	1,6 (3,34)	33 (25,8)	-	67	13	-	-	-	-	-	18	-	-	98
30.	06.07.	30°C (2) (BNS32s)	1,8 (1,86)	28 (26,8)	330	-	-	332	-	-	-	-	-	-	-	662
33.	11.07.	30°C (3) (BNS32s)	1,6 (1,84)	29,5 (25,59)	269	-	30	75	-	-	-	-	120	207	-	701
53.	04.08.	30°C (3) (BNS32s)	2 (2,02)	30,5 (24,66)	350,5	-	-	-	-	-	-	305,5	-	-	-	656
34.	12.07.	30°C (4) (VS16k)	2,1 (1,75)	31 (25,19)	285	-	8	142	-	-	-	-	-	176	-	611
31.	09.07.	30°C (5) (BNS22s)	2,3 (1,78)	29 (26,49)	-	-	-	106	-	-	-	-	282	-	-	388
48.	30.07.	30°C (6) (AB11e)	2,7 (2,80)	31 (24,21)	27	-	-	-	-	-	-	461	-	421	-	909
55.	07.08.	30°C (7) (BNS16)	2,9 (2,78)	29,5 (24,65)	13	-	77	-	-	-	142	-	-	499	-	731
32.	10.07.	30°C (8) (BNS22s)	3,2 (1,33)	30,5 (25,57)	-	-	-	189	-	-	-	-	333	-	-	522
50.	01.08.	30°C (9) (AB11e)	4,1 (2,23)	30 (25,48)	-	-	-	-	-	-	-	303	-	418	-	721
Napomena: Određeni prosječni dnevni rezultati ispitivanja nisu uzeti u obzir prilikom izrade modela optimalizacije utroška energije jer je korištena mineralna mješavina sadržavala znatne količine nečistih čestica (pretežito zemljanog porijekla) kao i iberlaufa (višak prilikom vrućeg sijanja) pri čemu je došlo do većeg utroška energije u procesu sušenja i zagrijavanja kamena. Također nisu uzeti rezultati utroška energije pri čemu je došlo do znatnijeg odstupanja proizvedene mješavine u odnosu na projektirane uvjete.																

Tablica 34. Model optimalizacije utroška energije

Vlažnost mineralne mešavine (%)/Izmjerene vrijednosti	1,00 - 1,50%	1,50 - 1,75%	1,75 - 2,00%	2,00 - 2,25%	2,25 - 2,50%	2,50% - 2,75%	2,75% - 3,00%	3,00-3,25%	3,25 - 3,50%	3,50% - 3,75%	3,75-4,00%	4,00 - 4,25%
8°C (kWh)								87,87	90,25	91,49		
Vlaga (%)								3,1	3,35	3,59		
16°C (kWh)			74,11		81,75	81,83	82,46	88,11			88,35	
Vlaga (%)			1,92		2,37	2,63	2,85	3,12			3,82	
22°C (kWh)	70,15	71,64	74,51	76,71	75,65	78,61	80,14	80,68				92,14
Vlaga (%)	1,35	1,66	1,85	2,11	2,35	2,67	2,86	3,18				4,14
30°C (kWh)	66,6	68,1	70,8	72,9	71,9	74,7	76,1	76,6				88
Vlaga (%)	1,4	1,7	1,8	2,1	2,3	2,7	2,9	3,2				4,1

ŽIVOTOPIS

Životopis

Rođen sam 19. lipnja 1982. godine u Osijeku, Republika Hrvatska. Po nacionalnosti sam Hrvat. Osnovnu školu pohađao sam i završio u Osijeku 1997. godine, a 2000. godine završio sam srednjoškolsko obrazovanje obranom maturalnog rada u Poljoprivrednoj i veterinarskoj školi u Osijeku. Fakultetsko obrazovanje nastavio sam na Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku upisom stručnog studija Građevinskog fakulteta, na kojem sam i diplomirao 25. 11. 2004. godine s temom «*Proračun čelične konstrukcije skladišta*» pod mentorstvom prof. dr. sc. Damira Markulaka, dipl. ing. građ. te stekao zvanje inženjera građevinarstva. Razlikovnu godinu za stjecanje uvjeta upisa na sveučilišni diplomski studij Građevinskog fakulteta pohađao sam i završio školske 2005/2006. godine. Diplomski sveučilišni studij Građevinskog fakulteta završio sam 28. 11. 2009. godine obranom diplomskog rada s temom «*Strateške i operativne odluke kod pripreme građenja*» pod mentorstvom prof. dr. sc. Petra Brane, dipl. ing. građ., a čime sam stekao zvanje magistar inženjer građevinarstva. Sveučilišni poslijediplomski doktorski studij građevinarstva Građevinskog fakulteta Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, smjer Organizacija, tehnologija i menadžment građenja, upisao sam 2009. godine, odslušao sve upisane predmete i položio propisane ispite. Zaposlen sam u tvrtki Osijek-Koteks d.d. od 15. veljače 2005. godine na poslovima voditelja građenja i vođenja odjela Kontrole kvalitete.

Biography

I was born on 19 June 1982 in Osijek, the Republic of Croatia. I am a Croat by nationality. I finished elementary school in Osijek in 1997, and, in 2000, I received my secondary school diploma from the Agricultural and Veterinary school in Osijek. Afterwards, I continued my academic education at the University of Josip Juraj Strossmayer, having enrolled into the undergraduate course of study at the Faculty of Civil Engineering, from where I graduated on 25 November 2004, with the thesis entitled *"The budget of the steel structure of the warehouse"*, under the mentorship of Professor Damir Markulak, B.Sc, and earned the title of Civil Engineer. From 2005 to 2006, I attended and completed the differential year for the acquisition of requirements for admission into the graduate course of study at the Faculty of Civil Engineering. On 28 November 2009, I completed the graduate study at the Faculty of Civil Engineering, with the thesis *"Strategic and operational decisions in the preparation of construction"*, under the supervision of Ph. D. Petar Brana, and, thus, obtained the academic title of Master of Civil Engineering. In 2009, I enrolled into a PhD program study in civil engineering at the Faculty of Civil Engineering of the University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, the course study in the Organisation, Technology and Construction Management, and so far I have attended all the studies and passed all the prescribed examinations. I have been employed by the stock company Koteks-Osijek d.d. since 15 February 2005 as Construction Manager and the Head of Quality Control Department.