

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Pezdirc, A., 2016. Uporaba izrabljenih gum kot sekundarnega energenta v cementarni. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Bokan-Bosiljkov, V., somentor Ipavec, A.): 79 str.

Datum arhiviranja: 13-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Pezdirc, A., 2016. Uporaba izrabljenih gum kot sekundarnega energenta v cementarni. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bokan-Bosiljkov, V., co-supervisor Ipavec, A.): 79 pp.

Archiving Date: 13-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

ANDREJ PEZDIRC

**UPORABA IZRABLJENIH GUM KOT
SEKUNDARNEGA ENERGENTA V CEMENTARNI**

Diplomska naloga št.: 309/VKI

**UTILIZATION OF WASTE TIRES AS ALTERNATIVE
FUEL IN CEMENT PLANT**

Graduation thesis No.: 309/VKI

Mentorica:

prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov

Somentor:

dr. Andrej Ipavec

Ljubljana, 06. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent Andrej Pezdir, vpisna številka 26105699, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Uporaba izrabljenih gum kot sekundarnega energenta v cementarni

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Podpis študenta:

Datum: _____

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	666.9:691(497.4)(043.2)
Avtor:	Andrej Pezdirc
Mentorica:	prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov
Somentor:	dr. Andrej Ipavec
Naslov:	Uporaba izrabljenih gum kot sekundarnega energenta v cementarni
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	79 str., 18 pregl., 48 sl.
Ključne besede:	cementarna, BAT, soprocesiranje, izrabljene gume, HOTDISC, emisije, imisije

Izvleček

Cementno industrijo obravnava zakonodaja, v kateri so določeni razni ukrepi za preprečevanje in zmanjševanje onesnaženosti zraka ter varovanja zdravja ljudi zaradi emisij snovi v zrak, ki nastanejo med procesom proizvodnje cementa. V zakonodaji so določene tudi mejne vrednosti emisij pri sosežigu odpadkov oz. alternativnih goriv. Izrabljene gume se lahko, kot alternativno gorivo, sosežigajo oz. soprocesirajo v cementarnah, saj energijska vrednost nadomesti fosilna goriva, mineralni del pa naravne surovine. Ob zgorevanju izrabljenih gum pa nastajajo dimni plini, ki predstavljajo vir emisij snovi v zrak. Pri tem se pojavi vprašanje, ali uporaba izrabljenih gum vpliva na večje emisije in s tem predstavlja tudi večjo nevarnost za zdravje ljudi. V ta namen je opisan celoten proces proizvodnje cementa, podrobneje pa je povzet proces žganja klinkerja, ki zajema tudi zgorevanje izrabljenih gum v napravi HOTDISC. Prav tako je predstavljena sestava izrabljenih gum in energijska vrednost v primerjavi s fosilnimi gorivi, kot sta premog in petrolkoks. Podane so vrednosti posameznih emisij v določenem obdobju, ki so pridobljene s trajnimi in občasnimi meritvami ter rezultati nekaterih LCA-analiz izrabljenih gum. Glede na proces proizvodnje, mesto doziranja izrabljenih gum, pogoje v HOTDISC-u ter zbrane podatke, so podane različne primerjave in zaključki o vplivu soprocesiranja izrabljenih gum v cementarni na emisije snovi v zrak ter na zdravje ljudi.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 666.9:691(497.4)(043.2)
Author: Andrej Pezdir
Supervisor: Prof. Violeta Bokan-Bosiljkov, Ph.D.
Cosupervisor: Andrej Ipavec, Ph.D.
Title: Utilization of waste tires as alternative fuel in cement plant
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 79 p., 18 tab., 48 fig.
Keywords: cement plant, BAT, co-processing, waste tires, HOTDISC, emissions, immissions

Abstract

Cement industry is regulated by legislation in which various measures are specified for prevention and reduction of air pollution as well as protection of human health, due to atmospheric emissions, which occur during cement production. Legislation also holds emission limit values for co-incineration of wastes i.e. alternative fuels. Waste tires as an alternative fuel can be co-incinerated i.e. co-processed in cement plants, where the high calorific value of the rubber is used to substitute fossil fuels and the mineral part to substitute the raw materials. By combustion of waste tires flue gases occur, which leads to atmospheric emissions. The question is, if use of waste tires leads to higher emissions to air and with that higher risk to human health. For this purpose the entire cement production process is described as well as the clinker burning process, which covers the burning of waste tires in the HOTDISC combustion device. Furthermore, the composition of waste tires and calorific values are presented comparing to fossil fuels, such as coal and petcoke. Also values for emissions during a certain period are given, which were obtained with permanent and occasional measurements. Based on production process, feed point of waste tires, conditions in HOTDISC combustion device and gathered data, various examples and conclusions are given about the impact of co-processing waste tires in cement plant on the emissions to air and to human health.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici prof. dr. Violeti Bokan-Bosiljkov in somentorju dr. Andreju Ipavcu.

Zahvaljujem se podjetju Salonit Anhovo, d. d., za sodelovanje ter zaposlenim, ki so mi pomagali.

Posebna zahvala je namenjena mojim staršem, ki so mi omogočili študij.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO SLIK.....	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XII
1 UVOD	1
2 PREGLED ZAKONODAJE.....	2
2.1 Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja.....	2
2.2 Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega.	4
2.3 Uredba o emisiji snovi v zrak iz naprav za proizvodnjo cementa	4
2.4 Uredba o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov	5
2.5 Uredba o toplogrednih plinih, dejavnostih in napravah, za katere je treba pridobiti dovoljenje za izpuščanje toplogrednih plinov oz. izvajati monitoring emisij toplogrednih plinov	8
2.6 Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju	8
2.7 Uredba o odpadkih	11
2.8 Uredba o ravnanju z izrabljenimi gumami	11
2.9 Pravilnik o skladiščenju izrabljenih gum.....	13
3 SOSEŽIG.....	15
3.1 Cementarne.....	17
4 ALTERNATIVNA GORIVA	18
4.1 Izrabljene gume	21
4.1.1 Zgradba.....	21
4.1.2 Sestava.....	22
4.1.3 Energijska vrednost	26

4.1.4 Emisije.....	27
4.1.5 Trg izrabljenih gum.....	27
5 CEMENTARNA SALONIT ANHOVO.....	29
5.1 Zgodovina	29
5.2 Opis tehnološkega procesa.....	30
5.2.1 Priprava in skladiščenje surovin.....	30
5.2.2 Žganje klinkerja.....	31
5.2.3 Mletje in skladiščenje cementov	33
5.2.4 Pakiranje in odprema cementov	34
5.3 Zagon peči.....	34
5.4 Uporaba alternativnih goriv	35
5.4.1 Uporaba izrabljenih gum.....	37
5.4.1.1 Dobava, skladiščenje in doziranje	37
5.4.1.2 HOTDISC.....	39
5.4.1.3 Količina soprocesiranih izrabljenih gum.....	43
5.5 Emisije snovi v zrak	43
5.5.1 Vrste emisij	44
5.5.1.1 NO _x	44
5.5.1.2 SO ₂	44
5.5.1.3 Prah	45
5.5.1.4 TOC.....	45
5.5.1.5 Kovine.....	45
5.5.1.6 CO	46
5.5.1.7 CO ₂	46
5.5.1.8 PCDD in PCDF	47
5.5.1.9 HF in HCl.....	47
5.5.1.10 NH ₃	48
5.5.2 Potek dimnih plinov	48

5.5.3 Mesto izpusta dimnih plinov	49
5.5.4 Meritve emisij snovi v zrak	50
5.5.5 Podatki o emisijah snovi v zrak	52
5.5.6 Vpliv izrabljenih gum na emisije.....	55
5.5.7 Ukrepi za zmanjševanje emisij	58
5.6 Imisije	61
5.6.1 Kakovost zunanjega zraka	61
5.6.2 Hrup	66
6 ZAKLJUČEK	69
VIRI	71

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne vrednosti skupnih emisij C za podana onesnaževala (mg/m^3 , razen za dioksine in furane) [11].....	7
Preglednica 2: Mejne vrednosti kazalcev hrupa $L_{\text{noč}}$ in L_{dvn} za posamezna območja [13].....	10
Preglednica 3: Kritične vrednosti kazalcev hrupa $L_{\text{noč}}$ in L_{dvn} za posamezna območja [13].....	10
Preglednica 4: Mejne vrednosti kazalcev hrupa L_{dan} , $L_{\text{noč}}$, $L_{\text{večer}}$ in L_{dvn} , ki ga povzroča naprava, obrat [13].....	10
Preglednica 5: Mejne vrednosti konične ravni hrupa L_1 , ki jo povzroča obratovanje naprave in obrata [13].....	10
Preglednica 6: Deleži porabe posameznih goriv v EU 28 [37].....	19
Preglednica 7: Masa plašča glede na tip vozila [15].....	22
Preglednica 8: Masni deleži v pnevmatiki [41].....	23
Preglednica 9: Masni deleži elementov v pnevmatiki [41].....	23
Preglednica 10: Masni deleži elementov v pnevmatiki [29].....	23
Preglednica 11: Analiza sledi kovin v gumah, premogu in petrolkoku [41].....	24
Preglednica 12: Kemijska analiza kovin v surovinski moki in premogu [32].....	24
Preglednica 13: Primer sprejemljivih vrednosti parametrov v odpadkih [32].....	25
Preglednica 14: Neto kalorične vrednosti posameznih goriv [44].....	26
Preglednica 15: Emisijski faktorji za posamezna goriva [44].....	27
Preglednica 16: Povprečne letne koncentracije emisij snovi v zrak v SA [7, 76].....	53
Preglednica 17: Mejne vrednosti onesnaževal zraka [82].....	63
Preglednica 18: Primerjava koncentracij nekaterih onesnaževal z letnimi mejnimi vrednostmi EU in WHO [23].....	65

KAZALO SLIK

Slika 1: Hierarhija ravnanja z odpadki [19].....	15
Slika 2: Soprosesanje na lestvici hierarhije ravnanja z odpadki [21].....	16
Slika 3: Poraba posameznih vrst goriv v EU 27 v letu 2010 (%) [38]	20
Slika 4: Poraba posameznih vrst alternativnih goriv v EU 27 v letu 2010 (%) [38]	20
Slika 5: Načini ravnanja z IG v EU med leti 1992–2012 [15].....	21
Slika 6: Zgradba plašča pnevmatike [15]	22
Slika 7: Sestava klinkerja in pepelov goriv ter odpadkov [32].....	25
Slika 8: Primerjava sestave premoga in gume [42]	26
Slika 9: Količina zbranih in v predelavo oddanih IG [15].....	28
Slika 10: Cementarna Salanit Anhovo [50].....	29
Slika 11: Tehnološka shema proizvodnje cementa v SA [23].....	30
Slika 12: Rotacijska peč v SA [Vir: lasten].....	32
Slika 13: Primer gorilnika v rotacijski peči [57]	32
Slika 14: Silosa za kostno moko in mulj iz čistilnih naprav [7]	35
Slika 15: Dobava 2D-goriva [7]	36
Slika 16: Poraba goriv v Salonitu Anhovo [23]	37
Slika 17: Prehodno skladišče izrabljenih gum [Vir: lasten]	38
Slika 18: Strojno nalaganje IG na transportni trak [Vir: lasten].....	38
Slika 19: Mesto tehtanja in doziranja gum [65]	39
Slika 20: HOTDISC – zgradba [67]	39
Slika 21: Izmenjevalnik toplote v SA [7]	40
Slika 22: Shema izmenjevalnika toplote [67].....	41
Slika 23: Krožni disk [67]	42
Slika 24: Notranjost HOTDISC-a med izgorevanjem izrabljenih gum [67]	42
Slika 25: Količina soprosesiranih izrabljenih gum v SA [29].....	43
Slika 26: Potek dimnih plinov v cementarni Salanit Anhovo [56].....	49
Slika 27: Mesto izpusta dimnih plinov [Vir: lasten].....	49
Slika 28: Dimnik peči in merilno mesto dimnih plinov [23].....	51
Slika 29: Merilno mesto [74].....	51
Slika 30: Merilniki emisij dimnih plinov [74].....	52
Slika 31: Kontrolna soba [Vir: lasten]	52
Slika 32: Povprečne letne emisije prahu [23].....	54
Slika 33: Povprečne letne emisije NO _x [23]	54
Slika 34: Povprečne letne emisije TOC [23]	55
Slika 35: Emisije CO ₂ na tono proizvedenega klinkerja med leti 2005 in 2014 [23].....	55

Slika 36: Energijski delež alternativnih goriv v SA med leti 1981 in 2014 [23]	56
Slika 37: Primerjava emisij ob uporabi izrabljenih gum ali fosilnih goriv [78].....	57
Slika 38: Uradni merilni mesti Gorenje Polje in Morsko [23]	62
Slika 39: Avtomatska merilna postaja za meritve PM ₁₀ [23]	62
Slika 40: Meritve trdnih delcev PM ₁₀ med leti 2006 in 2014 [23]	63
Slika 41: Meritve NO ₂ v obdobju enega leta [23]	64
Slika 42: Meritve benzena [23]	64
Slika 43: Vpliv na onesnaževala zraka pri različnih uporabah izrabljenih gum [39].....	65
Slika 44: Merilna mesta za merjenje hrupa [23]	66
Slika 45: Izmerjene vrednosti hrupa na merilnem mestu Gorenje Polje [83]	67
Slika 46: Izmerjene vrednosti hrupa na merilnem mestu Morsko - zgoraj [23].....	67
Slika 47: Izmerjene vrednosti hrupa na merilnem mestu Krstenica - spodaj [83]	68
Slika 48: Izmerjene vrednosti hrupa v Anhovem [83]	68

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AG	alternativna goriva
Al ₂ O ₃	aluminijev oksid
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
BAT	najboljše razpoložljive tehnologije
C ₃ A	trikalcijev aluminat
CaCO ₃	kalcijev karbonat
CaF ₂	kalcijev fluorid
C ₄ AF	tetrakalcijev aluminat ferit
CaO	kalcijev oksid
CaSO ₄	kalcijev sulfat
CEMBUREAU	evropsko združenje cementne industrije
CH ₄	metan
CO	ogljikov monoksid
CO ₂	ogljikov dioksid
C ₂ S	dikalcijev silikat
C ₃ S	trikalcijev silikat
DMKZ	državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanega zraka
ESP	elektrostatični filtri
EU	Evropska unija
Fe ₂ O ₃	železov oksid
HCl	vodikov klorid
HF	vodikov fluorid
HFC	fluorirani ogljikovodiki
IED	Direktiva o industrijskih emisijah
IG	izrabljene gume
IPPC	Direktiva o celovitem preprečevanju in nadzoru onesnaževanja
LCA	analiza življenjskega cikla
MgO	magnezijev oksid
NH ₃	amoniak
NLZOH	nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano
NO _x	dušikovi oksidi
N ₂ O	dušikov oksid
PCDD	poliklorirani dibenzodioksini
PCDF	poliklorirani dibenzofurani
PFC	perfluorirani ogljikovodiki

RS	Republika Slovenija
SA	Salonit Anhovo
SCR	selektivna katalitska redukcija
SF ₆	žveplov heksafluorid
SiO ₂	silicijev dioksid
SNCR	selektivna nekatalitska redukcija
SO ₂	žveplov dioksid
SRF	trdno alternativno gorivo
TOC	celotni organski ogljik
VOC	hlapljive organske snovi
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija
ZDA	Združene države Amerike

»Ta stran je namenoma prazna«.

1 UVOD

Cement je nujna sestavina betona, ki je zaradi edinstvenih lastnosti v svežem in strjenem stanju najbolj široko uporabljen material na svetu [1]. Težko si predstavljamo viadukte, mostove, hidroelektrarne, predore, šole, bolnice, stolpnice itd., ki bi bile zgrajene brez uporabe betona [2]. Vendar pa spada proizvodnja cementa med panoge, kjer je poraba energentov zelo visoka. Proces žganja klinkerja je del proizvodnega procesa, ki potrebuje največ energije, saj so za proizvodnjo klinkerja potrebne zelo visoke temperature, kar pa vodi do velike porabe goriv [3]. Za pridobivanje toplote, ki je potrebna za proces žganja klinkerja, so se v preteklosti uporabljala predvsem fosilna goriva, kot so petrolkoks, premog in zemeljski plin. Zaradi narave proizvodnje klinkerja pa lahko fosilna goriva v cementarni učinkovito zamenjajo alternativna goriva, to je odpadki z visoko kalorično vrednostjo. To omogoča ohranjanje neobnovljivih naravnih virov (fosilnih goriv) [4]. Cementna industrija spada torej med dejavnosti, ki lahko v svojo proizvodnjo učinkovito umestijo energetske izdelke odpadkov, poleg snovne predelave določenih vrst odpadkov drugih industrij. Zato lahko igra pomembno vlogo na področju ravnanja z odpadki [3]. Med alternativna goriva, ki se soprocesirajo v cementarnah, spadajo tudi izrabljene gume, ki bi jih sicer lahko reciklirali, vendar v Sloveniji trenutno ni ustreznih naprav za reciklažo, medtem ko se lahko v cementarni Salanit Anhovo (SA) uporabljajo kot visokokakovostno gorivo in s tem zapirajo krog odpadkov iz avtomobilske industrije [4].

Pri proizvodnji cementa pa prihaja tudi do emisij snovi v zrak. Del emisij nastane ob zgorevanju fosilnih in alternativnih goriv. Ljudje so v splošnem prepričani, da prihaja pri uporabi odpadkov kot alternativnih goriv do večjih emisij, ker naj bi bili odpadki neprimerni in škodljivi. Zato se tukaj pojavi vprašanje, ki je prisotno že veliko časa, in sicer kakšen vpliv ima sosežig odpadkov na emisije in zdravje ljudi.

V diplomski nalogi bom poskušal s pomočjo razpoložljive dokumentacije in ogleda cementarne SA ter pregledom relevantne domače in tuje literature ugotoviti, kako vpliva uporaba izrabljenih gum kot sekundarnega energenta v cementarni SA na emisije snovi v zrak ter na zdravje ljudi.

2 PREGLED ZAKONODAJE

Za proizvodnjo cementa je zelo pomembna Direktiva o industrijskih emisijah (IED), ki je leta 2010 skupaj še z nekaterimi drugimi direktivami zamenjala Direktivo o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja (IPPC) [5]. Direktiva IED daje večjo težo emisijskim vrednostim, ki jih je možno doseči z uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT) [6]. Referenčni dokumenti, v katerih so opisane tehnologije za posamezno panogo, se imenujejo BREF dokumenti [5]. Tako je za cementno industrijo podan referenčni dokument BAT za proizvodnjo cementa, apna in magnezijevega oksida. V njem so podrobneje opredeljene tehnologije za uporabo alternativnih goriv (AG), ki se nanašajo na zagotavljanje kakovosti goriv (nadzor fizikalnih in kemijskih parametrov sestave, zagotavljanje konstantne kakovosti, nadzor nad količinami škodljivih snovi), načine doziranja goriv v peč (mesta doziranja, nadzor nad hlapnimi komponentami, ustavitev doziranja ob zaustavitvah) ter varnostne ukrepe pri skladiščenju in doziranju AG na osnovi ocene tveganja za posamezna goriva [7]. Direktiva IED je bila prenesena tudi v slovenski pravni red. V nadaljevanju je podan kratek pregled slovenske zakonodaje s področja varstva okolja, ki ureja področje proizvodnje cementa ter ravnanje z izrabljenimi gumami. Gre predvsem za kratko predstavitev vsebine posameznega dokumenta ter definicij in/ali določil, ki so pomembne za vsebino tega diplomskega dela.

2.1 Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja [8]

V uredbi so določeni ukrepi in postopki za preprečevanje ali zmanjševanje onesnaženosti zraka iz naprav, ukrepi varovanja zdravja ljudi v okolici naprav, ki zaradi svojega obratovanja povzročajo onesnaževanje zunanjega zraka, in ukrepi za zagotavljanje varstva ljudi in okolja zaradi emisije snovi v zrak iz teh naprav. V nadaljevanju navajam definicije nekaterih izrazov:

- **»nepremični vir onesnaževanja** je nepremična tehnološka enota, za katero je določeno, da lahko povzroča onesnaževanje zunanjega zraka, ker v njej poteka eden ali več določenih tehnoloških procesov in na istem kraju drugi z njimi neposredno tehnološko povezani procesi, ki lahko povzročajo emisijo snovi v zrak,
- **emisija snovi** je izpuščanje ali oddajanje snovi iz posamezne naprave v zrak in se izraža kot:
 - koncentracija snovi v odpadnih plinih,
 - masni pretok snovi v odpadnih plinih,
 - količina vlaken v odpadnih plinih,
 - emisijski delež,
 - emisijski faktor,
- **mejna vrednost emisije snovi** je vrednost, na podlagi katere se določa čezmerna obremenitev pri oddajanju snovi v zrak iz naprave,

- **kakovost zunanjega zraka** je koncentracija snovi v zunanjem zraku, ki je nastala zaradi emisije snovi v zrak in se izraža kot koncentracija snovi, ki je izračunana iz mase snovi v prostornini zunanjega zraka pri 293,15 K in 101,3 kPa, ali kot masna usedlina snovi, ki se v predpisanem času usede na enoto površine«.

Določbe te uredbe se uporabljajo za emisijo snovi iz naprav, v prilogi 4, če zaradi njihovega obratovanja pride do onesnaženosti zunanjega zraka zaradi emisije snovi, ki so podane v prilogi 2 iste uredbe. V prilogi 4 so navedene naprave, za katere je treba pridobiti okoljevarstveno dovoljenje. Mednje sodijo tudi naprave za proizvodnjo cementnega klinkerja v rotacijskih pečeh ali cementa. V prilogi 2 so podane snovi, ki onesnažujejo zunanji zrak, navajam:

- »žveplov dioksid in druge žveplove spojine,
- dušikovi oksidi in druge dušikove spojine,
- ogljikov monoksid,
- organske spojine, še zlasti ogljikovodiki, razen metana,
- težke kovine in njihove spojine,
- prah, azbest (delci in vlakna v suspenziji), steklo in mineralna vlakna,
- klor in njegove spojine,
- fluor in njegove spojine«.

Uredba zajema tudi določila glede obratovanja naprave, pridobitve okoljevarstvenega dovoljenja, zahtev v zvezi s kakovostjo zunanjega zraka in ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka ter zahtev v zvezi z emisijo snovi. Glede na 8. člen uredbe se, navajam: »za naprave, ki povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, za njeno obratovanje izda okoljevarstveno dovoljenje v skladu s predpisom, ki ureja vrste dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega«.

Podane so tudi mejne vrednosti emisije snovi, vrednotenje emisije snovi, ukrepi za preprečevanje in zmanjševanje emisije snovi ter določila obratovalnega monitoringa emisije snovi. V 30. členu uredbe je opredeljeno, da veljajo za posamezno napravo mejne vrednosti emisije snovi v zrak, ki so kot izjeme določene v prilogi 10, kamor spadajo tudi naprave za proizvodnjo cementnega klinkerja ali cementov. Tako so posebne mejne vrednosti določene v predpisu, ki ureja emisijo snovi v zrak iz naprav za proizvodnjo cementa [8].

2.2 Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega [9]

Uredba [9] določa, navajam:

- »vrsto dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega in za katere morajo njihovi upravljavci pridobiti okoljevarstveno dovoljenje,
- ukrepe za preprečevanje onesnaževanja tal in podzemne vode,
- merila za določitev nevarnih snovi, ki lahko povzročajo onesnaženje tal in podzemne vode,
- podrobnejšo vsebino izhodiščnega poročila,
- uporabo zaključkov o najboljših razpoložljivih tehnologijah (BAT),
- merila za določanje najboljših razpoložljivih tehnologij,
- zavezanca za zagotavljanje izvajanja obratovalnega monitoringa in njegov obseg,
- podrobnejšo vsebino in sestavine vloge za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja«.

Glede na uredbo mora upravljavec, navajam: »pri načrtovanju naprave ali načrtovanju njene večje spremembe izbrati najboljšo razpoložljivo tehnologijo iz zaključkov o BAT ali tehnologijo za preprečevanje in zmanjševanje emisij, ki je njej enakovredna. Za napravo se izda okoljevarstveno dovoljenje, če naprava obratuje v skladu s splošnimi zahtevami za obratovanje naprave iz zakona, ki ureja varstvo okolja, s to uredbo, zaključki o BAT in drugimi predpisi, ki urejajo okoljevarstvene zahteve za obratovanje naprave«. V prilogi 5 te uredbe pa je podan seznam onesnaževal, ki se upoštevajo pri določanju mejnih vrednosti emisij v okoljevarstvenem dovoljenju [9].

2.3 Uredba o emisiji snovi v zrak iz naprav za proizvodnjo cementa [10]

Uredba [10] določa za te naprave v zvezi z emisijo snovi v zrak naslednje, navajam:

- »določitev naprav za proizvodnjo cementa,
- posebne mejne vrednosti emisije za nekatere snovi v odpadnih plinih,
- ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije snovi v zrak,
- prilagoditev obstoječih naprav za proizvodnjo cementa določbam te uredbe«.

Določbe te uredbe se uporabljajo za naprave, v katerih poteka eden ali več tehnoloških procesov, navedenih v nadaljevanju:

- »skladiščenje in priprava surovin,
- skladiščenje in priprava goriv,
- žganje cementnega klinkerja v pečeh, vključno z napravami za doziranje surovin in goriv,
- priprava in skladiščenje produktov,
- pakiranje in odprema produktov«.

Pri sosežiganju odpadkov v pečeh za žganje cementnega klinkerja se za emisije snovi v zrak uporabljajo mejne vrednosti emisije snovi, ki so določene v Uredbi o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov. Upravljalavec naprave mora zagotoviti, navajam: »izločanje prahu iz odpadnih plinov z uporabo vrečastih filtrov, filtrov z nasuto plastjo, elektrostatskih filtrov ali aerociklonov. Prav tako mora pri načrtovanju in obratovanju naprav zagotoviti naslednje ukrepe za zmanjševanje emisije snovi v zrak:

- pazljivo ravnanje z materiali pri prevozu surovin in izdelkov za zmanjšanje prašenja,
- čiščenje odpadnih plinov, ki ustrezajo najboljšim razpoložljivim tehnologijam,
- pri pečeh z napravami za hlajenje klinkerja, sušilnikih, napravah za mletje, silosih in prekladalnih napravah njihovo obratovanje pri podtlaku ter zajemanje in odpraševanje zraka, ki pri tem nastaja,
- vračanje prahu surovin in surove moke, prahu peči za žganje klinkerja, prahu klinkerja, premogovega in cementnega prahu, ki nastaja pri posameznih postopkih proizvodnje, v celoti v postopek proizvodnje na ustreznih mestih naprave,
- izločanje alkalijskih, žveplovih, klorovih, fluorovih in drugih spojin, ki se pojavljajo v napravah za izločanje teh snovi iz procesa, z odpraševalnimi napravami in njihovo ponovno dodajanje zmesi surovin, če to ne vpliva na kakovost končnega proizvoda«. [10]

2.4 Uredba o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov [11]

Za naprave za sosežig odpadkov uredba [11] določa, navajam:

- »pogoje za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja za obratovanje,
- mejne vrednosti emisije snovi v zrak in ukrepe za nadzor emisije snovi v zrak,
- mejne vrednosti emisije snovi pri odvajanju odpadne vode in ukrepe za nadzor emisije snovi pri odvajanju odpadne vode iz naprav za čiščenje odpadnih plinov,
- pravila ravnanja z odpadki in ostanki,
- pogoje obratovanja,
- zahteve za obratovalni monitoring emisije snovi v zrak in emisije snovi pri odvajanju odpadne vode«.

Uredba se uporablja za vse naprave za sosežig odpadkov, v katerih se sosežiga trdne ali tekoče odpadke, razen za posebej določene odpadke. V nadaljevanju navajam nekatere izraze iz uredbe [11]:

- »**naprava za sosežig** je kakršna koli naprava, ki je nepremična ali premična tehnološka enota, katere glavni namen je proizvodnja energije ali materialnih izdelkov, in ki uporablja odpadke kot običajno ali dodatno gorivo ali v kateri se odpadki termično obdelajo z namenom odstranitve s sežigom z oksidacijo odpadkov in drugimi postopki toplotne obdelave, kot so

piroliza, uplinjanje ali obdelava v plazmi, če se snovi, ki nastanejo pri obdelavi, naknadno sežejo. Naprava za sosežig vključuje vse linije za sosežiganje, sprejem odpadkov, skladiščenje, naprave za predobdelavo na kraju samem, sisteme za oskrbo z odpadki, gorivom in zrakom, kotle, naprave za čiščenje odpadnih plinov, naprave za obdelavo ostankov in odpadne vode na kraju samem, rezervoarje za odpadno vodo, odvodnike, naprave in sisteme za nadziranje postopkov sosežiganja, zapisovanje in spremljanje pogojev sosežiganja. Če se za toplotno obdelavo odpadkov uporabijo postopki, različni od oksidacije, kot so piroliza, uplinjanje ali obdelava v plazmi, so v sklop naprave za sosežig vključeni tudi postopki in sistemi toplotne obdelave in naknadnega sežiga,

- **mejna vrednost skupnih emisij C** je mejna vrednost skupnih emisij, nastalih pri zgorevanju goriva in sežigu odpadkov v napravi za sosežig,
- **ostanek** je kakršen koli tekoči ali trdni odpadek, ki nastane v napravi za sosežig in je lahko pepel in žindra, elektrofiltrski pepel in kotlovni prah, trdni ostanek čiščenja odpadnih plinov, blato čistilnih naprav odpadne vode, nastale pri čiščenju odpadnih plinov, izrabljeni katalizatorji in izrabljeno aktivno oglje ali druge snovi, ki nastanejo pri sosežiganju odpadkov, čiščenju odpadnih plinov ali odpadne vode ali drugih postopkih v napravi za sosežig«.

Za obratovanje naprave za sosežig mora upravljavec pridobiti okoljevarstveno dovoljenje, ki ga izda ministrstvo, pristojno za okolje, v skladu z zakonom, ki ureja varstvo okolja, in so za obratovanje izpolnjeni naslednji pogoji, navajam:

- »je naprava za sosežig načrtovana in opremljena tako, da so glede na vrsto odpadkov, ki se sosežigajo, izpolnjene zahteve iz te uredbe,
- postopki in metode sosežiganja odpadkov ne povzročajo čezmernih obremenitev okolja in negativnih vplivov na krajino,
- se pri sosežigu pridobljena toplota izrabi za proizvodnjo toplote, pare ali energije, kolikor je to izvedljivo,
- sta količina in škodljivost ostankov čim manjša, ostanki pa se reciklirajo, če to omogoča uporaba najboljših razpoložljivih tehnologij,
- se ostanke, ki jih ni mogoče preprečiti, zmanjšati ali reciklirati, odstrani v skladu s predpisi, ki urejajo ravnanje z odpadki,
- so zagotovljeni ukrepi varstva za primer okoljske nesreče ter omejitev njihovih posledic«.

V prilogi 1 te uredbe so določene mejne vrednosti emisij snovi v zrak za sosežig odpadkov. Mejne vrednosti so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Mejne vrednosti skupnih emisij C za podana onesnaževala (mg/m^3 , razen za dioksine in furane) [11]

Celotni prah	30
HCl	10
HF	1
SO ₂	50
NO _x	500
TOC	10
Hg	0,05
Cd + Tl	0,05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5
Dioksini in furani (ng/m^3)	0,1

Za peči v cementarnah, navajam: »v katerih se sosežigajo odpadki, so lahko mejne vrednosti emisij v zrak višje za žveplov dioksid (SO₂) ter plinaste in hlapne organske snovi, izražene kot celotni organski ogljik (TOC), če emisije SO₂ in TOC ne nastanejo pri sežiganju odpadkov«.

Obratovalni monitoring emisij snovi v zrak se izvaja skladno s programom obratovalnega monitoringa, ki se pripravi na podlagi Uredbe o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja [8] z upoštevanjem določb te uredbe. Pri izvajanju prvih meritev emisije snovi v zrak iz naprave za sosežig je treba, navajam: »preveriti tudi zadrževalni čas in temperaturo plina ter vsebnost kisika v zgorevalnih plinih, in sicer pri obratovanju naprave v najbolj neugodnih možnih razmerah. Za izvajanje trajnih meritev emisij snovi mora upravljavec namestiti merilno opremo in opremo za zapisovanje ter vrednotenje podatkov«.

Na vhodnem delu naprave za sosežig mora biti nameščena tehtnica odpadkov ali pa se tehtanje odpadkov zagotovi na vozilih za prevoz odpadkov. Upravljavec določi osebo in namestnika te osebe, ki je odgovorna za izvajanje predpisanih postopkov preverjanja dostavljenih odpadkov in mora biti navzoča med prevzemanjem odpadkov. Pred sosežigom odpadkov je treba zagotoviti, navajam:

- »preverjanje odpadkov, ki vključuje pregled dokumentacije, ki mora skladno s predpisom, ki ureja odpadke, in skladno s to uredbo spremljati odpadke,
- ugotavljanje istovetnosti dostavljenih odpadkov glede na vrsto, količino in njihove lastnosti, navedene v dokumentaciji.

Istovetnost odpadkov se ugotavlja z vizualnim pregledom in tehtanjem, za nevarne odpadke pa je potrebna še kontrolna kemična analiza reprezentativnih vzorcev odpadkov«.

Glede na uredbo se naprava za sosežig, navajam: »projektira, opremi, zgradi in upravlja tako, da se plin, ki nastane pri sosežigu odpadkov, na nadzorovan in homogen način ter tudi v najbolj neugodnih pogojih za vsaj 2 sekundi segreje na temperaturo vsaj 850 °C, merjeno blizu notranje stene sežigalne

komore. Naprave za sosežig morajo imeti samodejni sistem za preprečevanje doziranja odpadkov, ki se uporablja:

- ob zagonu, dokler se ne doseže temperatura vsaj 850 °C,
- če se ta temperatura ne vzdržuje,
- če trajne meritve kažejo, da je zaradi motenj ali okvar naprav za čiščenje odpadnih plinov presežena katerakoli mejna vrednost emisij iz priloge 1 in 2 te uredbe«.

Upravljevec določi odgovorno osebo in njenega namestnika za izvajanje predpisanih postopkov obratovanja naprave za sosežig ter mora imeti poslovnik za obratovanje naprave za sosežig. V primeru okvare, ki ima za posledico preseganje mejnih vrednosti, mora takoj obvestiti pristojnega inšpektorja [11].

2.5 Uredba o toplogrednih plinih, dejavnostih in napravah, za katere je treba pridobiti dovoljenje za izpuščanje toplogrednih plinov oz. izvajati monitoring emisij toplogrednih plinov [12]

Uredba določa, navajam: »toplogredne pline, dejavnosti in vrste naprav, za katere je treba pridobiti dovoljenje za izpuščanje toplogrednih plinov v skladu z zakonom, ki ureja varstvo okolja«. V nadaljevanju navajam definicije izrazov, uporabljenih v uredbi:

- **»zgorovanje** je oksidacija goriv, ne glede na to, kako se toplota, električna ali mehanska energija, proizvedena s tem postopkom, uporablja, in vse druge neposredno povezane dejavnosti, vključno s čiščenjem odpadnih plinov,
- **toplogredni plini** so ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), dušikov oksid (N₂O), fluorirani ogljikovodiki (HFC), perfluorirani ogljikovodiki (PFC) in žveplov heksafluorid (SF₆) ter druge naravne in antropogene plinske sestavine ozračja, ki absorbirajo in ponovno oddajajo infrardeče sevanje«.

V prilogi 1 uredbe so zajete dejavnosti, toplogredni plini in vrste naprav, za katere je treba pridobiti dovoljenje za izpuščanje toplogrednih plinov, kamor spada tudi proizvodnja cementnega klinkerja v rotacijskih pečeh s proizvodno zmogljivostjo nad 500 ton na dan ali v drugih pečeh s proizvodno zmogljivostjo nad 50 ton na dan [12].

2.6 Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju [13]

Uredba se uporablja za hrup v okolju, navajam: »ki ga na posameznem območju osnovne namenske rabe prostora povzročajo stalne ali občasne emisije hrupa enega ali več virov obremenjevanja okolja s hrupom. Vir onesnaževanja okolja s hrupom je tudi naprava, katere obratovanje povzroča v okolju stalen ali občasen hrup, zaradi industrijske, obrtne, proizvodne, storitvene in podobnih dejavnosti ali

proizvodne dejavnosti v kmetijstvu ali gozdarstvu. Takšna naprava je tudi objekt za izkoriščanje ali predelavo mineralnih surovin«. Ukrepi varstva pred hrupom za zmanjšanje emisije hrupa iz vira in širjenja hrupa v okolje ter ukrepi za zmanjšanje izpostavljenosti hrupu so, navajam:

- »tehnični in konstrukcijski ukrepi ter ukrepi, povezani z načinom obratovanja ali uporabe vira hrupa,
- ukrepi usmerjanja, porazdelitve ali omejevanja pretoka vozil, blaga in ljudi ali zmogljivosti proizvodnih ali drugih oblik dejavnosti, povezanih z virom hrupa,
- ukrepi prostorskega in konstrukcijskega preprečevanja širjenja hrupa,
- ukrepi načrtovanja primerne namenske rabe prostora glede na obremenjenost okolja zaradi hrupa,
- ukrepi konstrukcijskega varstva pred hrupom na stavbah z varovanimi prostori«.

V uredbi so podane štiri stopnje zmanjševanja onesnaževanja okolja s hrupom oz. območja varstva pred hrupom, ki so določena za posamezne površine glede na občutljivost za škodljive učinke hrupa. V nadaljevanju navajam izveček iz uredbe glede teh sklopov.

»V prvo stopnjo varstva pred hrupom spadajo površine na mirnem območju na prostem, ki potrebujejo povečano varstvo pred hrupom. V drugo stopnjo varstva pred hrupom spadajo površine podrobnejše namenske rabe prostora, na katerih ni dopusten noben poseg v okolje, ki je moteč zaradi povzročanja hrupa. Tretja stopnja varstva pred hrupom velja za naslednje površine podrobnejše namenske rabe prostora, na katerih je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa:

- na območju stanovanj: površine podeželskega naselja,
- na območju centralnih dejavnosti: osrednja in druga območja centralnih dejavnosti,
- na posebnem območju: športni centri,
- na območju zelenih površin: za vse površine,
- na površinah razpršene poselitve,
- na območju voda: vse površine, razen površin vodne infrastrukture in površin na mirnem območju na prostem.

Četrta stopnja varstva pred hrupom velja za naslednje površine podrobnejše namenske rabe prostora, na katerih ni stavb z varovanimi prostori in je dopusten poseg v okolje, ki je lahko bolj moteč zaradi povzročanja hrupa:

- na območju proizvodnih dejavnosti: vse površine,
- na posebnem območju: površine drugih območij,
- na območju prometne, komunikacijske, energetske in okoljske infrastrukture: vse površine,
- na območju voda: površine vodne infrastrukture,
- na območju mineralnih surovin: vse površine,

- na območju kmetijskih in gozdnih zemljišč: vse površine, razen na mirnem območju na prostem itd.«

V prilogi 1 te uredbe so podane mejne in kritične vrednosti kazalcev hrupa za posamezna območja varstva pred hrupom. Za tretje in četrto območje prikazujem mejne vrednosti v preglednicah Preglednica 2 do Preglednica 5.

Preglednica 2: Mejne vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dvn} za posamezna območja [13]

Območje varstva pred hrupom	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV. območje	65	75
III. območje	50	60

Preglednica 3: Kritične vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dvn} za posamezna območja [13]

Območje varstva pred hrupom	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV. območje	80	80
III. območje	59	69

Preglednica 4: Mejne vrednosti kazalcev hrupa L_{dan} , $L_{noč}$, $L_{večer}$ in L_{dvn} , ki ga povzroča naprava, obrat [13]

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} (dBA)	$L_{večer}$ (dBA)	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV. območje	73	68	63	73
III. območje	58	53	48	58

Preglednica 5: Mejne vrednosti konične ravni hrupa L_1 , ki jo povzroča obratovanje naprave in obrata [13]

Območje varstva pred hrupom	L_1 -obdobje večera in noči (dBA)	L_1 -obdobje dneva (dBA)
IV. območje	90	90
III. območje	70	85

Hrup v okolju se, navajam: »na posameznem območju ocenjuje iz rezultatov meritev ali modelnih izračunov na podlagi začasnih metod ocenjevanja kazalcev hrupa iz priloge 2«. Mesta ocenjevanja kazalcev hrupa so določena v predpisu, ki ureja ocenjevanje in urejanje hrupa v okolju. Če je hrup posledica obratovanja naprave ali obrata, navajam: »je obremenitev okolja zaradi hrupa čezmerna, če:

- vrednost kazalca hrupa L_{dan} , $L_{noč}$, $L_{večer}$ ali L_{dvn} presega mejno vrednost iz preglednice 4,
- vrednost konične ravni hrupa L_1 presega mejno vrednost iz preglednice 5«.

Če je vir hrupa naprava ali obrat, navajam: »mora upravljavec vira hrupa zagotoviti izvedbo ukrepov za zmanjšanje emisije hrupa v okolje in prilagoditve zmogljivosti vira hrupa na stopnjo, ki ne povzroča čezmerne obremenitve okolja s hrupom«. Upravljavec vira hrupa mora zagotoviti obratovalni monitoring zaradi obremenitve območja s hrupom iz vira hrupa. Prav tako mora za obratovanje vira hrupa pridobiti okoljevarstveno dovoljenje, ki se izda pod naslednjimi pogoji, navajam:

- »vir hrupa mora v zvezi z emisijo hrupa v okolje zagotavljati obratovanje v skladu z zahtevami iz te uredbe,
- upravljavec vira hrupa mora izvajati ukrepe varstva pred hrupom,
- upravljavec naprave mora zagotavljati obratovalni monitoring v skladu s programom, ki je podrobneje določen v okoljevarstvenem dovoljenju«. [13]

2.7 Uredba o odpadkih [14]

Uredba o odpadkih določa pravila ravnanja z odpadki ter druge pogoje za preprečevanje ali zmanjševanje škodljivih vplivov zaradi nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi. Določa tudi pravila za zmanjševanje celotnega vpliva uporabe naravnih virov in učinkovitejšo porabo le-teh. Pri nastajanju odpadkov in ravnanju z njimi se upošteva hierarhija ravnanja v naslednjem vrstnem redu, navajam:

- »preprečevanje odpadkov,
- priprava za ponovno uporabo,
- recikliranje,
- drugi postopki predelave (npr. energetska predelava),
- odstranjevanje«. [14]

Uredba podaja tudi definicije načinov ravnanja z odpadki. V nadaljevanju podajam le definicijo predelave, navajam: »predelava je postopek, katerega glavni rezultat je, da se odpadki koristno uporabijo v obratu, v katerem so bili predelani, ali v drugih gospodarskih dejavnostih, tako da nadomestijo druge materiale, ki bi se sicer uporabili za izpolnitev določene funkcije ali so pripravljeni za izpolnitev te funkcije«. Postopki predelave so navedeni v prilogi 2 te uredbe.

V uredbi so določene tudi obveznosti in dolžnosti povzročiteljev, zbiralcev, izvajalcev obdelave, prevoznikov, trgovcev in posrednikov odpadkov. Izvajalec obdelave lahko obdeluje odpadke le, če ima okoljevarstveno dovoljenje za predelavo ali odstranjevanje odpadkov. Pogoj za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja pa je tudi izdelan načrt ravnanja z odpadki [14].

2.8 Uredba o ravnanju z izrabljenimi gumami [15, 16]

Izdana je bila na podlagi Zakona o varstvu okolja. Za zagotavljanje okolju prijaznega ravnanja z izrabljenimi gumami (IG) določa uredba pravila zbiranja in predelave IG, obveznosti glede dajanja gum v promet ter druge obveznosti, povezane z ravnanjem z gumami in IG. Določbe veljajo za vse vrste gum, ne glede na njihovo velikost ali maso [15]. V nadaljevanju navajam definicije nekaterih izrazov iz uredbe [16]:

- »**guma** je pnevmatika za osebne avtomobile, avtobuse, tovornjake in priklopna vozila, motorna kolesa, dvokolesa, kmetijska in gozdarska vozila ter stroje; za gume se ne štejejo plašči za kolesa brez motorja in ščitniki za avtomobile ter zračnice za gume vseh vrst,
- **izrabljena guma** je guma, ki jo imetnik zaradi poškodb, izrabe, izteka življenjske dobe ali drugih vzrokov ne more ali ne želi uporabljati in jo zato zavrže ali namerava zavreči; guma, ki nastane kot odpadke pri proizvodnji gum ali pri obnovi IG, po tej uredbi ni IG,
- **oddajanje** je ravnanje z IG, pri katerem imetnik IG odda v nadaljnje ravnanje s potrditvijo evidenčnega lista, prevzemnik pa jo s potrditvijo evidenčnega lista prevzame«.

Proizvajalci morajo zagotoviti, da se zberejo vse IG, ki nastanejo v Republiki Sloveniji (RS) v posameznem letu, ter se oddajo v predelavo [15]. To pa ne velja, navajam: »za gume, ki:

- se iznosijo v Evropsko unijo (EU) ali izvozijo v tretje države,
- so vgrajene v vozila, ki so prvič dana v promet v RS,
- so vgrajene v vozila, ki se iznosijo v EU ali izvozijo v tretje države«. [16]

V skladu s predpisom, ki ureja okoljsko dajatev zaradi onesnaževanja okolja zaradi nastajanja IG, mora biti proizvajalec vpisan v evidenco proizvajalcev in pridobiteljev gum ter proizvajalcev obnovljenih gum. Proizvajalec lahko daje gume v promet, če na svoje stroške zagotavlja zbiranje IG od povzročiteljev odpadkov ter izvajalcev občinske javne službe in predelavo vseh prevzetih IG. Lahko jih zbira samostojno ali skupaj z drugimi proizvajalci kot reprezentativna skupina. Skupina je reprezentativna, če daje v promet najmanj 65 % vseh gum, ki so dane v promet v RS. Proizvajalci morajo za skupno izpolnjevanje obveznosti skleniti dogovor, s katerim pristopijo k izvajanju skupnega načrta ravnanja z IG in določijo nosilca skupnega načrta. Proizvajalec ima možnost prenesti obveznost zbiranja IG s pogodbo na zbiralca. Zbiralec mora zbirati IG od povzročiteljev odpadkov in izvajalcev javne službe ter jih oddati v predelavo v skladu z načrtom ali skupnim načrtom, v katerega je vključen. Za vsako pošiljko, ki jo zbiralec odda predelovalcu, mora biti izpolnjen evidenčni list [15].

Predelovalec mora IG predelati tako, da se, navajam:

- »reciklirajo do proizvodov, ki v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, prenehajo biti odpadke,
- uporabijo kot gorivo ali za drugo pridobivanje energije«. [16]

Ministrstvo predelovalcu podrobneje določi pogoje recikliranja IG v proizvode, ki prenehajo biti odpadke, v okoljevarstvenem dovoljenju za predelavo IG [15].

2.9 Pravilnik o skladiščenju izrabljenih gum [17]

Pravilnik je izdan na podlagi Zakona o varstvu okolja in Uredbe o ravnanju z izrabljenimi gumami. Pravilnik določa, navajam: »način ločenega shranjevanja in skladiščenja IG pri povzročitelju, zbiralcu in predelovalcu IG. Pravilnik se uporablja za skladišča, namenjena za začasno skladiščenje, prehodno skladiščenje ali skladiščenje IG, kjer se lahko skladišči najmanj 50 kilogramov IG«. V nadaljevanju navajam nekatere izraze iz pravilnika:

- **»zunanje skladišče** je nepokrito ali pokrito skladišče IG, ki ima manj kot polovico površine stranic zaprtih z nepremičnimi ali premičnimi stenami,
- **notranje skladišče** je pokrito skladišče IG, ki ima najmanj polovico površine stranic zaprtih z nepremičnimi ali premičnimi stenami,
- **prehodno skladišče** je zunanje skladišče IG pri predelovalcu, v neposredni bližini naprave za predelavo IG,
- **zabojnik** je ognjevarna kovinska posoda s pokrovom ali brez njega za skladiščenje IG, katere stranice morajo biti vodoneprepustne v primeru gašenja požara,
- **koridor** je prazen prostor okoli vsakega stojala ali kupa IG, ki je namenjen za potrebe intervencije ob požaru«.

V skladišču se morajo IG shranjevati ločeno od drugih odpadkov. Prostornina zabojnika je omejena na največ 80 m³. IG se lahko začasno skladiščijo v kupih v zunanjem ali notranjem skladišču, katerega kapaciteta je lahko največ 10 ton IG.

Površina zunanjega skladišča je omejena na največ 20.000 m², vključno s površino koridorjev. Pri skladiščenju celih IG je treba upoštevati naslednje zahteve, navajam:

- »tlorisna površina posameznega kupa lahko meri največ 460 m²,
- višina posameznega kupa je lahko največ 4,6 m,
- širina koridorja mora biti najmanj 15 m«.

Pri skladiščenju razrezanih ali zmletih IG v kupih pa mora biti širina koridorja najmanj 10 m, poleg tega mora biti katerakoli točka znotraj kupa oddaljena od roba koridorja največ 7,6 m. Zgradba zunanjega skladišča mora preprečevati izliv tekočin v površinske in podzemne vode ter kanalizacijo v primeru gašenja IG. Zbiralec in predelovalec morata zagotoviti, da se v obdobju toplega vremena ne pojavi večje število komarjev. Ustrezni ukrepi so namestitev nepremočljivih pregrinjal preko kupov IG, razprševanje kemičnih sredstev za zatiranje komarjev ali drugi po učinku primerljivi ukrepi.

Prehodno skladišče se polni in prazni skladno z utečenim tehnološkim procesom predelave IG. Varovati ga mora poklicna ali prostovoljna gasilska enota, ki mora priti na mesto intervencije

najpozneje v desetih minutah od trenutka alarma ali poziva, sedež enote pa od prehodnega skladišča ni oddaljen več kot pet kilometrov.

Notranje skladišče z vsaj enim požarnim sektorjem s kapaciteto 425 m³ ali več IG mora izpolnjevati naslednje zahteve, navajam:

- »tlorisna površina kupa lahko meri največ 500 m², s tem da najdaljša stranica meri največ 30 m,
- višina kupa je omejena z najmanj 0,9 m višinske razlike med najvišjo točko kupa in najnižjo točko naprave za požarno vodno hlajenje s polivanjem ali škropljenjem nad kupom,
- koridorji med kupi morajo biti široki najmanj 1,8 m, med kupom in steno pa najmanj 0,6 m.

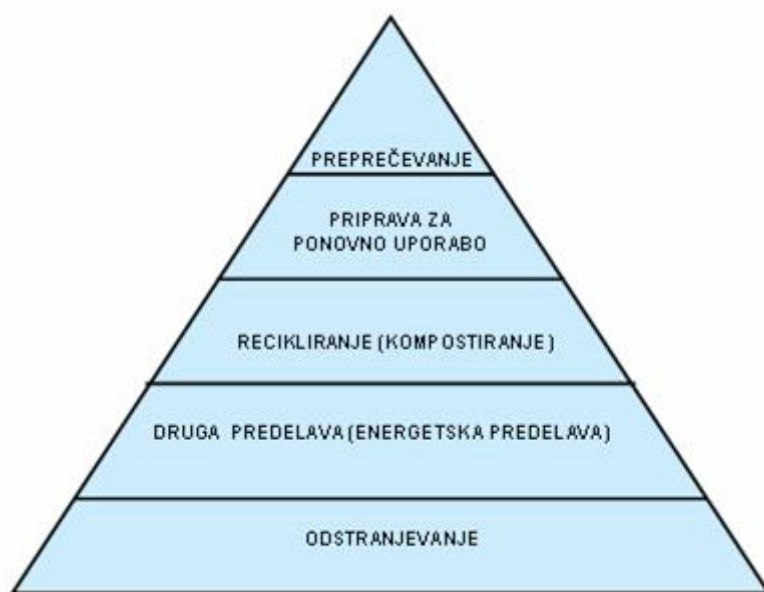
Notranje skladišče mora imeti vgrajene sisteme aktivne požarne zaščite, ki morajo vključevati vsaj:

- sisteme za odkrivanje in javljanje požara ter alarmiranje,
- gasilne sisteme s tekočimi gasili, plini ali praški,
- naprave za požarno vodno hlajenje s polivanjem ali škropljenjem,
- avtomatske sisteme za nadzor nad dimom in produkti zgorevanja ter odvod dima in toplote,
- varnostno razsvetljava v celotnem objektu,
- sistem krmiljenja avtomatske opreme, sistemov in elementov za požarno zaščito«.

Za vsako skladišče je treba izdelati oceno požarne varnosti v skladu s predpisom [17].

3 SOSEŽIG

Sosežig odpadkov se v Uredbi o odpadkih glede na hierarhijo ravnanja z odpadki uvršča med energetska predelava, ki se nahaja med reciklažo in odlaganjem odpadkov [14], kar prikazuje slika 1. Uporaba odpadkov v funkciji goriva ima prednost pred drugimi načini predelave odpadkov v primeru, če obremenjuje okolje manj kot drugi načini predelave. To je odvisno od emisije snovi in energije v zrak, vode in tla, porabe naravnih virov ter energije, ki jo je treba uporabiti ali jo je moč pridobiti [18].



Slika 1: Hierarhija ravnanja z odpadki [19]

Cementne peči so primeren medij za sosežig izbranih vrst odpadkov, za katere je postavljena zahteva, da nimajo škodljivih primesi (npr. za emisije, proces ali proizvode) ter imajo dovolj visoko kalorično vrednost [20]. Za predelavo odpadkov oz. sosežig v cementarnah se je uveljavil izraz soprocesiranje, ki je napreden in inovativen proces predelave, v katerem se pridobi energija iz odpadkov, negorljivi del pa se uporabi kot surovina. Soprocesiranje odpadkov v cementarnah je kombinacija reciklaže in energetske predelave. Mineralni del odpadka se uporabi v procesu kot nadomestilo za naravne surovine, medtem ko se energijska vrednost odpadka uporabi kot toplota za sam proces, pri čemer se prihrani primarno gorivo [21]. Evropsko združenje cementne industrije (CEMBUREAU) je delalo na tem, da izboljša pogled na soprocesiranje z namenom, da se klasificira višje na hierarhiji odpadkov, kot kombinacija reciklaže in energetske predelave [22]. Zato naj bi se ta proces uvrščal tik pod reciklažo [21], saj je bolj koristen od sežiga samo z energijsko izrabo (slika 2). Prednosti uporabe alternativnih goriv v cementarnah pred uporabo v sežigalnicah so višja temperatura procesa, daljši zadrževalni čas odpadkov in vgraditev pepela v klinker, kar pomeni, da ni preostanka odpadkov v trdnem agregatnem stanju [23]. Nasprotovanje javnosti objektom, ki sosežigajo odpadke, je bilo v

preteklosti bistveno manjše, kot v primeru sežigalnic. To dejstvo naj bi, skupaj s političnim pritiskom industrije, ki si je v primeru sosežiga prizadevala za nižje emisijske zahteve, vodilo k bistvenemu povečanju sosežiga v zadnjih desetletjih [24].



Slika 2: Soprocesiranje na lestvici hierarhije ravnanja z odpadki [21]

Soprocesiranje predstavlja najbolj učinkovito uporabo odpadkov, saj pride do popolne izrabe energije, ostanek izgorevanja pa se uporabi v proizvodnem procesu, tako da se vgradi v klinker [25].

Soprocesiranje odpadkov zmanjša odvisnost industrije od fosilnih goriv, njeno potrebo po naravnih surovinah, emisije ogljikovega dioksida, prav tako pa nudi tudi varno in učinkovito ravnanje z odpadki, preprečevanje odlaganja odpadkov, pridobivanje energije, recikliranje zavrženih surovin in uporabo že obstoječih naprav [25, 26]. Pozitivni učinki soprocesiranja so naslednji:

- industrija (profit): stroškovno učinkovita zamenjava naravnih virov in s tem izboljšanje konkurenčnosti,
- družba (ljudje): dolgoročna in varna rešitev za ravnanje z različnimi odpadki, ki so posledica družbe,
- ekologija (planet): trajnostno ravnanje z odpadki in pomembno ohranjanje naravnih virov [27].

Soprocesiranje odpadkov v cementni industriji ponuja zamenjavo za neobnovljive vire. Kateri odpadki se lahko uporabijo v cementarnah, je odvisno od tega, če odpadek nudi dodano vrednost v smislu kalorične vrednosti organskega dela in materialne vrednosti mineralnega dela. Nekateri odpadki nudijo oboje, kot na primer izrabljene gume [27]. Izrabljene gume so primer odpadkov, ki se jih soprocesira v

cementarnah. Sicer bi jih lahko reciklirali, vendar je za produkte snovne predelave premalo povpraševanja [28]. Soprocesiranje izrabljenih gum v procesu proizvodnje klinkerja v cementni industriji ponuja možnost istočasne energetske uporabe in recikliranje posameznih komponent gume. Visoka kalorična vrednost gume nadomesti neobnovljiva fosilna goriva, medtem ko mineralni del, v večini železo ter silicijev dioksid in aluminijev oksid, nadomesti surovine. Gre za rešitev dveh faz v postopku ravnanja z odpadki v istem proizvodnem procesu, kar pomeni najboljšo okoljsko in tudi ekonomsko rešitev. To potrjujejo tudi številne študije in izkušnje, vključno s predstavljenimi analizami življenjskega cikla (LCA) izrabljenih gum [29].

Proces proizvodnje cementa mora stalno potekati pod strogim nadzorom za zagotavljanje ustrezne kakovosti končnih proizvodov. To pomeni, da je dobro nadzorovan in obvladovan tudi proces sosežiga odpadkov [30].

3.1 Cementarne

Že več kot 30 let cementarne v Evropi soprocesirajo odpadke v cementnih pečeh tam, kjer je industrija prilagodila proces in tehnologije za zagotavljanje najboljših okoljskih in ekonomskih rešitev ob sočasnem ohranjanju visoke kvalitete proizvoda. Soprocesiranje ponuja edinstveno rešitev, saj istočasno potekata snovna in energetska predelava [31]. Cementna industrija je energijsko zelo intenzivna industrija, kjer energija predstavlja 40 % proizvodnih stroškov [32]. Proces žganja klinkerja je del proizvodnega procesa, ki je energetske najbolj potrošen, saj poteka pri temperaturah od 1450 do 1500 °C in s temperaturo od 1900 do 2000 °C v plamenu [33]. Za proizvodnjo 1 tone cementa je potrebnih 60 do 100 kilogramov olja za gorivo, odvisno od vrste cementa in procesa, kot tudi okrog 110 kWh električne energije [34]. Po podatkih CEMBUREAU je bil leta 1990 delež energije, pridobljen kot alternativno gorivo iz odpadkov, 3 % in je do leta 2006 narasel na 18 %. To je prispevalo k prihranku okrog 5 milijonov ton premoga in zmanjšanju emisij CO₂ za 8 milijonov ton [27]. V letu 2011 je bil delež alternativnih goriv okrog 34 %, kar znaša več kot 7 milijonov ton uporabljenih alternativnih goriv in s tem poleg prihranka fosilnih goriv tudi prihranek naravnih surovin v količini 6 milijonov ton ter zmanjšanje emisij CO₂ za 17 milijonov ton [25, 26, 28].

4 ALTERNATIVNA GORIVA

Proizvodnja cementa je kot energetska intenzivna industrija velik porabnik energije, predvsem fosilnih goriv za proizvodnjo klinkerja v rotacijskih pečeh. Cementarne so s stalnim vlaganjem v posodobitve v skladu z najboljšimi razpoložljivimi tehnologijami (BAT) v zadnjih petdesetih letih zmanjšale porabo energije na enoto proizvoda za skoraj 40 % [29]. V zadnjih nekaj desetletjih smo priča uporabi različnih vrst odpadkov z visoko kalorično vrednostjo kot alternativnih goriv, ki lahko v veliki meri nadomestijo fosilna goriva [7]. Taka uporaba je okoljsko trajnostno usmerjena. Pri njej gre namreč za nadomeščanje naravnih virov, reševanje velikega deleža odpadkov in globalno gledano tudi za zmanjševanje emisij CO₂. Poleg tega ni negativnih vplivov na okolje ali na kvaliteto proizvoda [30].

Alternativna goriva (AG) so predelane in sortirane odpadne snovi, ki so zaradi svoje energijske vrednosti primerne za zamenjavo klasičnih fosilnih goriv, kot so nafta, zemeljski plin in premog. Cementne peči so za uporabo AG še posebej primerne, saj zaradi izredno visokih temperatur, samega procesa in absorpcijskih lastnosti klinkerja omogočajo popolno izgorevanje. Poleg tega so AG, v primerjavi s klasičnimi gorivi, cenejši vir energije, zato njihova uporaba učinkovito znižuje stroške proizvodnje cementnega klinkerja [35]. V Evropski uniji (EU) je delež alternativnih goriv, uporabljenih v cementni industriji, okrog 34 %, cilj pa je povečati ta delež na 60 % do leta 2050, kar bi vodilo tudi do zmanjšanja emisij CO₂ za 27 % [22]. EU porabi daleč največ alternativnih goriv v cementni industriji, AG predstavljajo kar tretjino vseh goriv [26]. Nekateri primeri alternativnih goriv [20], ki se uporabljajo v cementarnah, so izrabljene gume, trdno alternativno gorivo (SRF), odpadna olja, topila, mulji čistilnih naprav, kostno-mesna moka itd. Najpomembnejši pogoji, ki omogočajo varno uporabo alternativnih goriv v cementni peči so, navajam [7]:

- »zelo visoke temperature in oksidacijska atmosfera, kar omogoča popolno izgorevanje,
- dolgi zadrževalni časi dimnih plinov v primerjavi s klasičnimi sežigalnicami,
- bazičnost materiala, kar omogoča vgradnjo nekaterih kislih polutantov, kot je SO₂, v klinker,
- vgradnja težkih kovin in nekaterih drugih elementov v klinker,
- doziranje goriv v količinah, ki so v primerjavi z doziranimi količinami osnovnih surovin okrog 10-krat manjše, kar pomeni tudi bistveno manjši prispevek k emisijam snovi v zrak«.

Prednosti, ki jih nudi uporaba odpadkov kot goriva v cementnih pečeh, so:

- učinkovita energijska izraba odpadkov, ki hkrati zagotavlja njihovo varno odstranjevanje,
- pozitiven prispevek k zmanjšanju emisij v zrak, vodo in tla,
- preprečevanje izčrpanja dragocenih, neobnovljivih fosilnih goriv,
- izogne se potrebi po grajenju sežigalnic [36].

Kljub številnim možnostim in prednostim uporabe alternativnih goriv v cementni industriji to ne pomeni, da se lahko kot gorivo uporabljajo katerekoli snovi in da se te snovi lahko uporabljajo v neomejenih količinah. Pri uporabi AG je treba upoštevati vrsto zahtev in določil, ki zagotavljajo, da je uporaba varna za ljudi, za tehnološke parametre in za sam proizvod. Uporabnik alternativnih goriv v postopku sosežiga pa mora izpolniti tudi zahteve glede emisij snovi v okolje [7]. Izbira goriv in njihova kakovost morata izpolnjevati zahteve zakonodaje in okoljevarstvenega dovoljenja. Zato je treba zagotavljati ustrezen nadzor nad uporabo vseh (primarnih in alternativnih) goriv, ki zajema, navajam [20]:

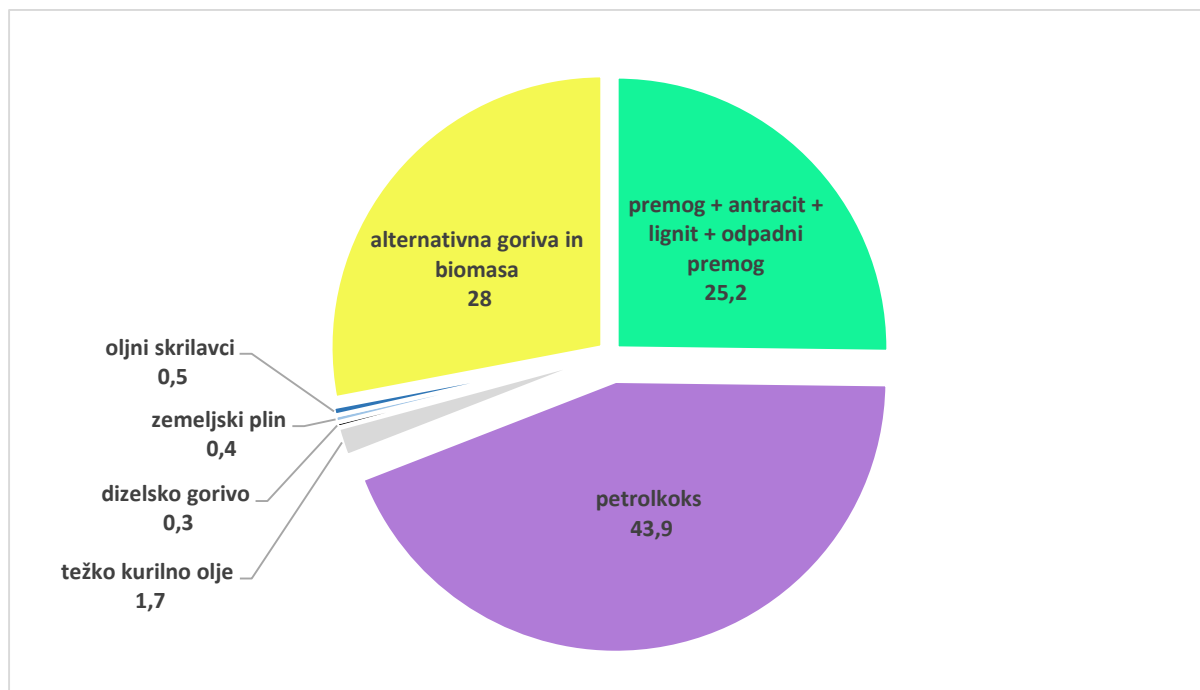
- »postopke ocenjevanja in izbora dobaviteljev, pregledovanje dokumentacije in podatkov, posredovanih s strani dobaviteljev,
- postopke vhodne kontrole, skladno s standardi vhodne kakovosti in kakovostnimi zahtevami,
- nadzor procesa, procesnih parametrov, končnih proizvodov,
- nadzor emisij preko trajnih in občasnih meritev,
- nadzor nad vplivi na kakovost zraka v okolici (imisijske meritve)«.

Pomembne značilnosti in parametri alternativnih goriv so kalorična vrednost ter vsebnost vode, pepela, žvepla, klora in težkih kovin (še posebej živega srebra, kadmija in talija) [32].

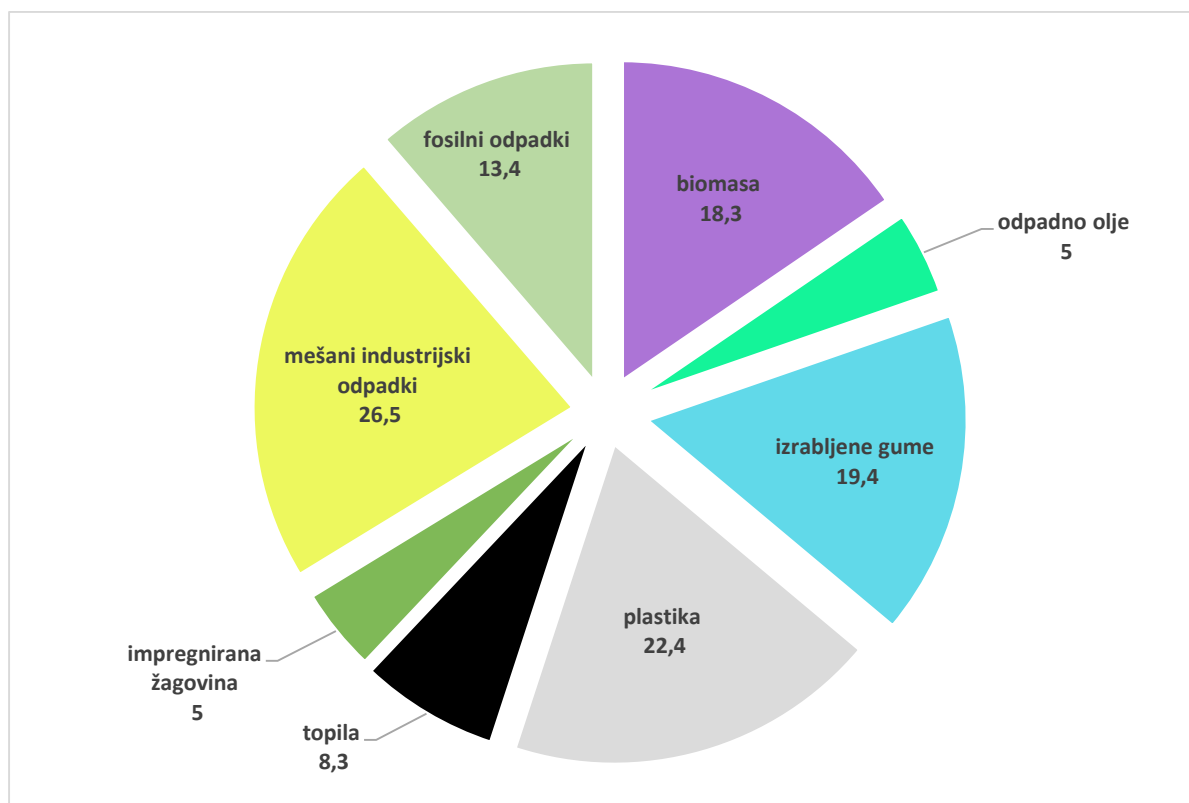
Statistični pregled porabe toplotne energije s fosilnimi in alternativnimi gorivi v EU je podan na naslednji preglednici in slikah (preglednica 6 ter sliki 3 in 4). Na preglednici 6 tako lahko vidimo, da je delež alternativnih goriv z leti postopoma naraščal.

Preglednica 6: Deleži porabe posameznih goriv v EU 28 [37]

Regija	Leto	Alternativna fosilna goriva (%)	Biomasa (%)	Konvencionalna fosilna goriva (%)
EU28	1990	2,3	0,1	97,6
	2000	7,8	1,2	91,0
	2005	11,2	3,6	85,2
	2006	13,9	4,4	81,7
	2007	15,3	4,1	80,6
	2008	16,9	5,1	78,0
	2009	22,2	6,2	71,7
	2010	24,8	5,9	69,2
	2011	25,6	8,7	65,7



Slika 3: Poraba posameznih vrst goriv v EU 27 v letu 2010 (%) [38]



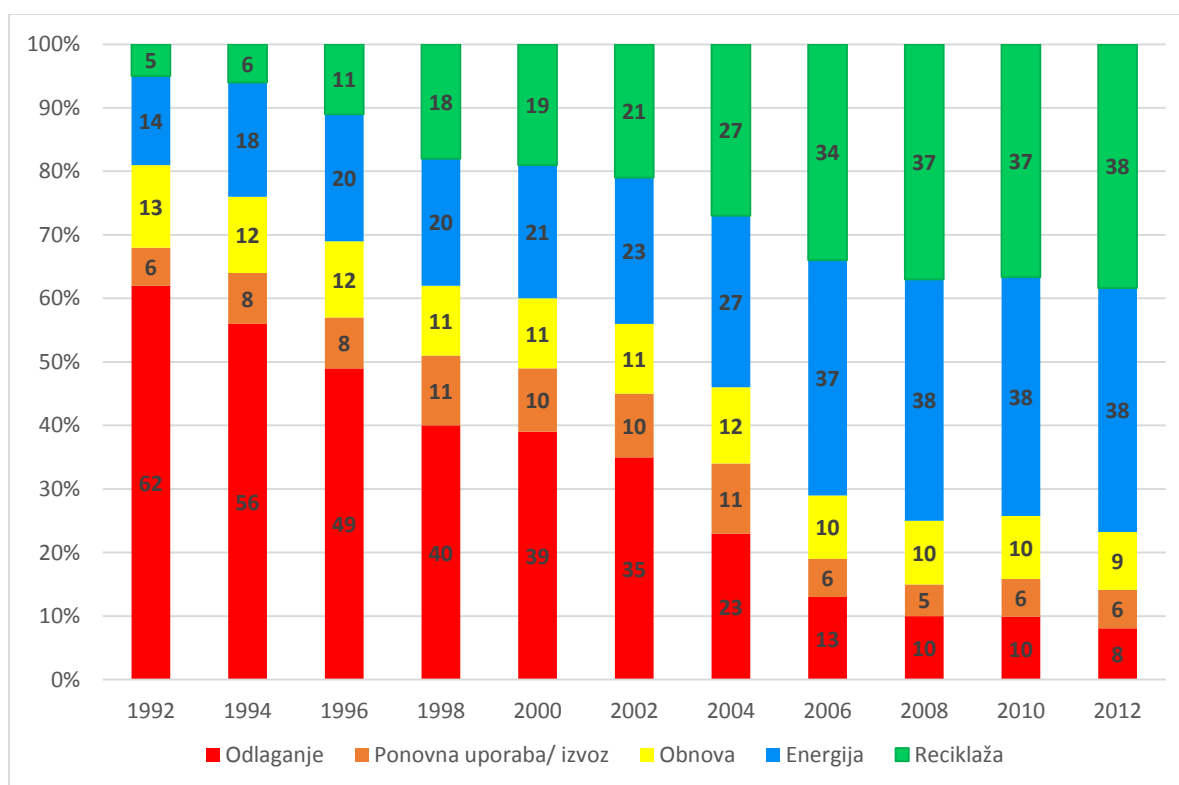
Slika 4: Poraba posameznih vrst alternativnih goriv v EU 27 v letu 2010 (%) [38]

Za povečanje porabe alternativnih goriv se mora povečati tudi dostopnost do odpadkov in biomase, k čemur bi pripomoglo:

- širjenje boljšega razumevanja za možnosti in koristi, ki jih nudi soprocesiranje,
- vpeljava zakonodaje za soprocesiranje ustreznih odpadkov [26].

4.1 Izrabljene gume

Izrabljene gume (IG) predstavljajo dober sekundarni vir na področju industrijske ekologije, saj se lahko uporabijo v različnih aplikacijah, kot alternativno gorivo ali kot sekundarna surovina [39]. Na sliki 5 so prikazani načini ravnanja z izrabljenimi gumami v EU, kjer se vidi rast energetske predelave. Letno se porabi v EU v cementnih pečeh okrog 1,1 milijona ton izrabljenih gum [22], kjer se visoka kalorična vrednost gume uporabi za zamenjavo primarnih goriv, mineralna frakcija (v glavnem železo in aluminat) pa za zamenjavo naravnih surovin. V primeru, da naravne surovine ne vsebujejo zadosti železa, se lahko z uporabo gum uravnava želena oz. potrebna količina le-tega, s čimer se zadovolji zahtevam proizvoda [27].

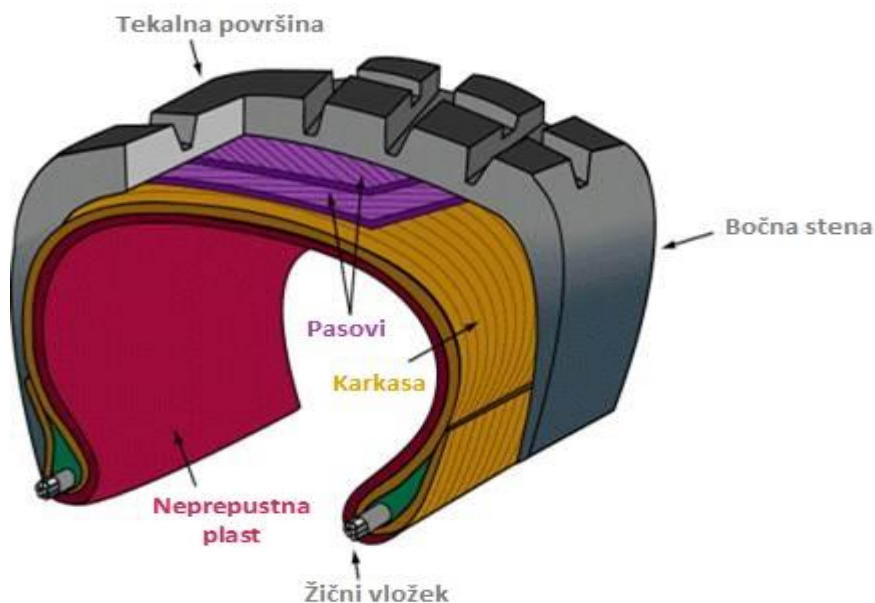


Slika 5: Načini ravnanja z IG v EU med leti 1992–2012 [15]

4.1.1 Zgradba

Plašč pnevmatike je sestavljen iz več delov, ki tvorijo nerazdružljivo celoto (slika 6). Osnovni del plašča predstavlja nosilno ogrodje ali karkasa, ki je zelo pomemben del, saj prevzema napetost v notranjosti plašča, prenaša nastale sile pri vožnji ter daje pnevmatiki moč in prožnost. Nad karkaso se

nahajajo pasovi, ki so najpogosteje izdelani iz sintetičnih vlaken, kot so najlon in poliester ter jekla. Pasovi varujejo karkaso in ojačajo ter dajo stabilnost tekalni površini. Neprepustna plast zadržuje zrak znotraj plašča, žični vložek pa skrbi za neprepustno povezavo plašča in platišča. Bočna stena varuje pnevmatiko pred poškodbami na robnikih in cesti. Jeklena žica, izolirana z vlakni in gumo, je obdana s karkaso in se nahaja na robovih plašča [15].



Slika 6: Zgradba plašča pnevmatike [15]

Odvisno od velikosti in vrste uporabe se pnevmatike razlikujejo po obliki, konstrukciji in masi, kar prikazuje preglednica 7.

Preglednica 7: Masa plašča glede na tip vozila [15]

Tip vozila	Masa (kg)
Osebni avto	6,5–9
Lažji transportni avto	11
Tovornjaki	55–80
Kmetijski in delovni stroji	100

4.1.2 Sestava

Izrabljene gume se uporabljajo kot sekundarno gorivo v cementarnah pri proizvodnji cementa, saj se snovi, ki jih vsebujejo gume, kar dobro ujema s potrebami pri izdelavi cementa. Glavne sestavine gume so (preglednica 8) kavčuk, umetne mase in žveplo, pod površjem se skriva armatura iz jekla in

tekstilnega tkiva, pri proizvodnji pa v svežo maso za zaščito in povečanje obstojnosti dodajo še voske in saje [40].

Preglednica 8: Masni deleži v pnevmatiki [41]

Material	Potniška pnevmatika	Tovorna pnevmatika
Kavčuk	47 %	43 %
Saje	21,5 %	21 %
Jeklo	16,5 %	27 %
Tekstilna vlakna	5,5 %	/
Cinkov oksid	1 %	2 %
Žveplo	1 %	1 %
Ostalo	7,5 %	6 %

V preglednicah 9 in 10 so iz dveh različnih virov podani masni deleži elementov, ki sestavljajo gumo. Če primerjamo masne deleže iz enega in drugega vira, vidimo, da se ti ne razlikujejo veliko in naj bi bila takšna sestava dejanska ter dokaj natančna. Razlog za večji razpon je lahko upoštevan masni delež potniške in tovarne pnevmatike.

Preglednica 9: Masni deleži elementov v pnevmatiki [41]

Element	Masni delež (%)
Ogljik	70
Vodik	6
Kisik	3
Dušik	0,5
Žveplo	1,5
Železo	16
Silicij	1
Klor	0,075
Brom	0,075
Cink	1,5
Ostali	0,35

Preglednica 10: Masni deleži elementov v pnevmatiki [29]

Element	Masni delež (%)
Ogljik	62–71
Vodik	6–7
Kisik	3–4
Dušik	0,5
Žveplo	1
Železo	15–25
Cink	1–2
Težke kovine (Te+Sb+Se+V+Cr+Ni+ Hg+As+Pb+Co+Sn)	< 0,1

Iz analize v preglednici 11 lahko vidimo prisotne količine kovin v gumah v primerjavi s premogom in petrolkoksom, ki se uporabljata kot fosilni gorivi v proizvodnji cementa. V preglednici 12 je prikazana vsebnost kovin v surovinski moki za proizvodnjo klinkerja ter v premogu. V preglednici 13 pa so podane sprejemljive vrednosti parametrov v odpadkih, kot primer iz cementarne v Nemčiji, kjer odpadki predstavljajo že več kot 80 % potrebne energije. Če primerjamo vse te podatke, lahko vidimo, da je vsebnost kovin v izrabljenih gumah primerljiva z vsebnostjo kovin v primarnih fosilnih gorivih in surovinski moki. Poleg tega so nekatere količine v fosilnih gorivih in surovinski moki večje od tistih, ki so sicer sprejemljive v odpadkih.

Preglednica 11: Analiza sledi kovin v gumah, premogu in petrolkoku [41]

Element	Premog (ppm)	Petrolkoks (ppm)	Gume (ppm)
Hg	0,1–1,3	< 0,5	0,17
Cd	0,1–10	0,1–0,3	5–10
Tl	0,2–4	0,04–3,1	0,2–0,3
Sb	< 2	< 2,5	0,7
As	9–50	< 0,5	20
Pb	11–270	6–102	60–130
Cr	5–80	5–104	97
Co	< 30	< 2	250
Cu	< 61	< 8,2	450
Mn	< 318	< 3,4	750
Ni	20–80	300–355	77
V	30–50	< 560	5

Preglednica 12: Kemijska analiza kovin v surovinski moki in premogu [32]

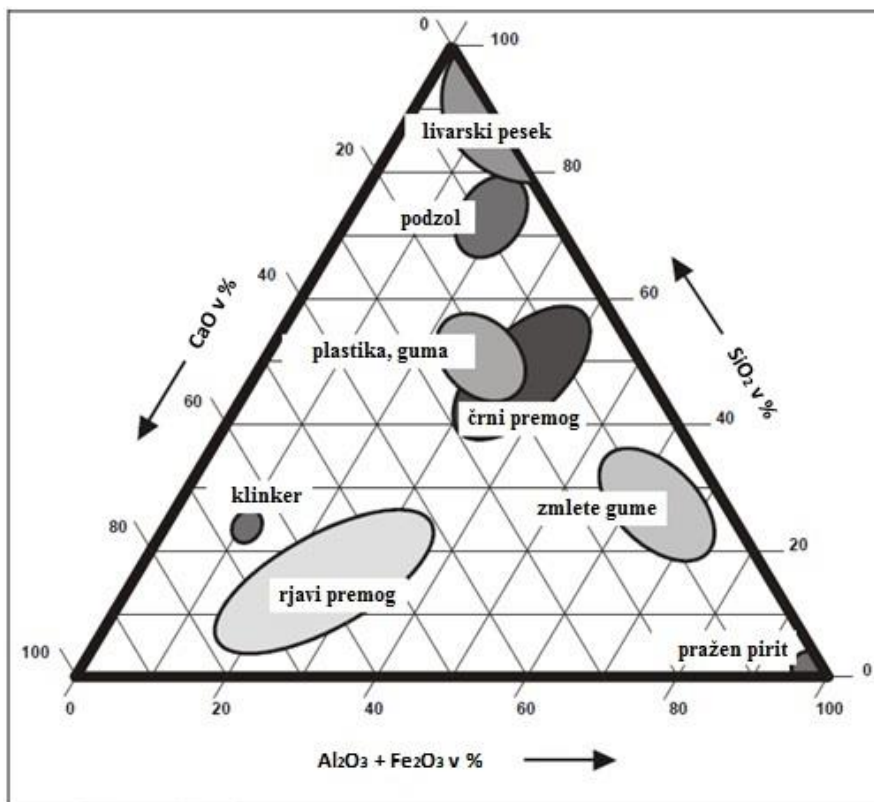
Element		Surovinska moka	Premog
		mg/kg DS*	
Antimon	Sb	< 3	0,4–2
Arzen	As	1–20	1–50
Berilij	Be	0,1–2,5	< 0,1–3,3
Svinec	Pb	4–25	1,5–273
Kadmij	Cd	0,04–1	< 0,1–10
Krom	Cr	10–40	1,5–81
Kobalt	Co	3–10	< 1–40
Baker	Cu	6–60	1–100
Mangan	Mn	100–360	82–250
Nikelj	Ni	10–35	< 1–100
Živo srebro	Hg	0,01–0,5	0,1–3,3
Selen	Se	< 10	0,6–2
Telur	Te	< 4	0,2–1
Talij	Tl	0,11–3	0,1–5,5
Vanadij	V	20–102	1–200
Kositer	Sn	< 10	0,8–2,3
Cink	Zn	20–47	6–220

*DS: suha snov (dry substance)

Preglednica 13: Primer sprejemljivih vrednosti parametrov v odpadkih [32]

Parameter	Enota	Sprejemljive vrednosti v odpadkih
S	%	2
Cl	%	1
Cd	mg/kg	10
Tl	mg/kg	1
Hg	mg/kg	0,5
Sb	mg/kg	75
As	mg/kg	10
Pb	mg/kg	100
Cr	mg/kg	100
Co	mg/kg	20
Cu	mg/kg	300
Mn	mg/kg	100
Ni	mg/kg	100
V	mg/kg	25
Sn	mg/kg	75

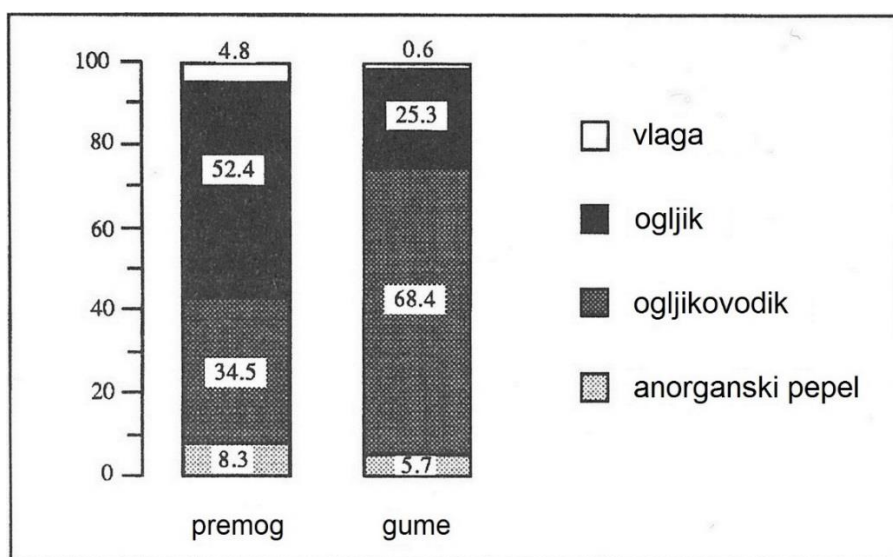
Tako kot pepel konvencionalnih goriv tudi pepel alternativnih goriv prispeva mineralne surovine pri proizvodnji klinkerja. Te surovine morajo biti v skladu s sestavinami, ki so zajete v klinkerju. Najbolj želeni kemijski elementi so kalcijev oksid (CaO), silicijev dioksid (SiO_2), aluminijev oksid (Al_2O_3) in železov oksid (Fe_2O_3). Na sliki 7 je prikazana sestava pepelov raznih goriv in odpadkov kot surovin glede na glavne komponente, ki sestavljajo klinker [32].



Slika 7: Sestava klinkerja in pepelov goriv ter odpadkov [32]

4.1.3 Energijska vrednost

Razmerje ogljikovodikov in ogljika je v izrabljenih gumah zelo visoko v primerjavi s premogom (slika 8), zato izrabljene gume gorijo boljše in bolj čisto. Prav tako proizvedejo manj pepela in vsebujejo manj vlage, kar je prednost, saj je ta v cementnih pečeh nezaželena, ker je potrebne več energije za njeno odstranitev [42]. Gorljivi del predstavlja 75–80 % masnega deleža izrabljenih gum, ki se uporabi kot energija, jeklo pa predstavlja 15–25 % masnega deleža, ki se uporabi kot surovina v cementarni [41].



Slika 8: Primerjava sestave premoga in gume [42]

Temperatura vžiga izrabljenih gum je med 330 in 350 °C, medtem ko je temperatura samovžiga med 455 in 470 °C [29]. 1 tona izrabljenih gum se lahko primerja z 1 tono premoga ali 0,7 tone kurilnega olja, s čimer kaže odličen potencial kot gorivo [43]. Ena sama izrabljena guma vsebuje gorivo, enakovredno 9,5 litrom olja [42]. Za natančno predstavbo glede energijskih vrednosti pa so v preglednici 14 podane kurilne vrednosti oz. kalorične vrednosti posameznih goriv.

Preglednica 14: Neto kalorične vrednosti posameznih goriv [44]

Gorivo	Neto kalorična vrednost (MJ/kg)
Rjavi premog	18,9
Črni premog	25,8
Odpadne gume	27,2
Mesno-kostna moka	19,0
Mulji iz čistilnih naprav	9,3
Petrolkoks	32,5
Kurilna olja	41,4
Odpadna olja	40,2

4.1.4 Emisije

Emisijski faktor je, navajam [8]: »razmerje med maso posamezne snovi ali skupine snovi, ki je izpuščena z odpadnimi plini, in:

- maso ali energetsko vrednostjo posameznega goriva,
- maso surovine, ki se obdeluje v napravi,
- maso reducenta ali drugih dodatkov k zgorevalnemu procesu,
- maso, prostornino, površino ali številom narejenih ali obdelanih izdelkov ali surovine, pri čemer se za maso izpuščenih snovi upošteva masa v vseh odpadnih plinih, izpuščenih iz naprave v enem dnevu, pri obratovanju naprave, ki je glede na onesnaževanje zraka najmanj ugodno«.

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) vsako leto objavi emisijske faktorje za posamezna goriva (preglednica 15) za potrebe izdelave poročila o emisijah CO₂.

Preglednica 15: Emisijski faktorji za posamezna goriva [44]

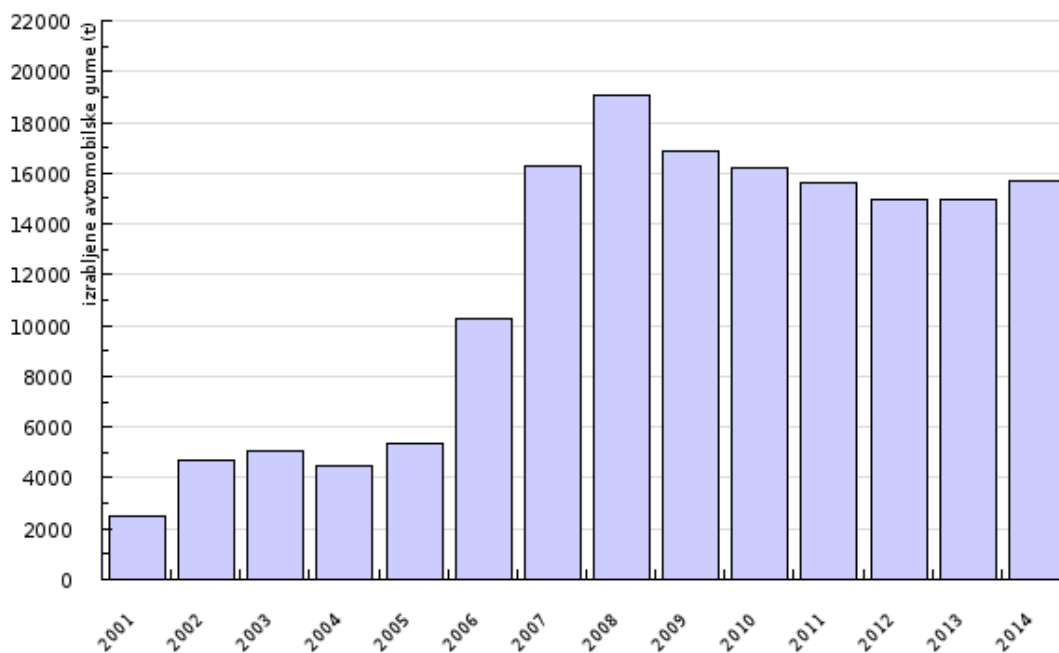
Gorivo	Emisijski faktor (t CO ₂ /TJ)			
	2012	2013	2014	2015
Rjavi premog	101,20	101,20	96,10	96,10
Črni premog	/	/	/	94,60
Odpadne gume	70,01	70,01	54	85
Petrolkoks	100,83	100,83	97,50	97,50
Zemeljski plin	55,29	55,29	55,29	55,29

Izrabljene gume vsebujejo velik del biogenega ogljika, ki je v naravnem kavčuku, in sicer okrog 27 %, kar je razlog za manjše emisije CO₂ kot pri fosilnih gorivih. Glede na mesto doziranja v procesu pa lahko prispevajo tudi k zmanjšanju emisij dušikovih oksidov (NO_x) do 30 % [27, 41]. Izrabljene gume vsebujejo tudi žveplo, ki pa se veže na kalcijev oksid, eno od surovin v proizvodnji cementa, ter tako nastane kalcijev sulfat, kar privede do zmanjšanja emisij SO₂ [42]. Izrabljene gume vsebujejo tudi manj žvepla v primerjavi s fosilnimi gorivi, saj je vsebnost žvepla v premogu [45] lahko tudi do 5 % in v petrolkoks celo do 7 % [46].

4.1.5 Trg izrabljenih gum

V Sloveniji se je leta 2009 vzpostavil nov sistem ravnanja z izrabljenimi gumami (IG) z Uredbo o ravnanju z izrabljenimi gumami. Leta 2010 je koncesijsko javno službo nadomestil sistem ravnanja z IG na podlagi principa razširjene odgovornosti proizvajalca. Zbiranje in predelavo IG morajo organizirati in financirati gospodarski subjekti, ki dajejo gume prvič v promet v RS, to so proizvajalci in uvozniki. Ti so zainteresirani, da se uporabijo za njih najcenejše možne rešitve snovne ali

energetske predelave IG, ki jih dopušča uredba. Proizvajalci morajo zagotavljati, da se zberejo vse IG, ki nastanejo v RS v posameznem letu, ki morajo v predelavo [15]. V skladu z Uredbo o ravnanju z izrabljenimi gumami je v evidenci načrtov in skupnih načrtov ravnanja z IG kot nosilec izvajanja skupnega načrta podana družba Slopak, d. o. o., ki ima sklenjeno pogodbo za zagotavljanje predelave IG z več predelovalci, med katerimi je tudi cementarna Salonit Anhovo (SA). Predelava zbranih IG pa ne poteka samo v Sloveniji, ampak tudi v Avstriji in na Hrvaškem, v skladu s sklenjenimi pogodbami s predelovalci za predelavo IG [47]. To pomeni, da se v cementarni SA energetske predela le del količine letno zbranih IG v Sloveniji. V letu 2014 je cementarna SA predelala 27.076 ton IG [48]. Količina zbranih IG v Sloveniji je bila v istem letu 16.000 ton (slika 9). Vidimo, da cementarna SA potrebuje za nemoteno obratovanje večjo količino IG, kot je na razpolago v Sloveniji. Zato SA del IG uvaža iz tujine. Količina zbranih in v predelavo oddanih IG se je v Sloveniji bistveno povečala z uvedbo proizvajalčeve odgovornosti. Letno nastane okrog 16.000 ton IG. Na sliki 9 je prikazana količina zbranih in v predelavo oddanih IG med leti 2001 in 2014. Za primerjavo pa v EU letno nastane 3,23 milijona ton IG, od tega se jih 38 % energetske predela, kar 53 % oz. okrog 2 milijona ton IG pa se je v letu 2013 energetske predelalo v Združenih državah Amerike (ZDA) [15].



Slika 9: Količina zbranih in v predelavo oddanih IG [15]

5 CEMENTARNA SALONIT ANHOVO

5.1 Zgodovina

V začetku 20. stoletja je zidarski mojster Ivan Nibrant iz Anhovega ob kuhanju apna odkril neznan siv prah, ki je imel odlične vezivne lastnosti. Podjetnik Emil Stock iz Splita je material preučil in ugotovil, da je na tem območju odlična surovina za proizvodnjo cementa. Odločil se je zgraditi 16 vertikalnih »Dietzschejevih« peči, ki so začele obratovati 2. maja 1921 in so lahko proizvedle 160 ton cementnega klinkerja na dan. Cementarna, ki so jo lastniki poimenovali Cementi Isonzo S.A., je bila modernizirana leta 1961, ko so stare »Dietzschejeve« peči zamenjali z rotacijsko pečjo s kapaciteto 350 ton klinkerja na dan. Takrat je anhovski cement veljal za enega najboljših v tedanji Jugoslaviji. Leta 1967 se je cementarna preimenovala v cementarno Salonit Anhovo, kakor se imenuje še danes. Leta 1977 je bila zgrajena nova cementarna s proizvodno zmogljivostjo 2000 ton klinkerja na dan, šele leta 1986 pa jim je uspelo preseči mejo milijon ton cementa na leto. Podjetje se je nato usmerilo v trajnostni razvoj kakovostnih gradbenih proizvodov, uvajanje modernih tehnologij, zmanjševanje vplivov na okolje ter skrb za zdravje in varnost. Leta 1996 je bila tako ukinjena proizvodnja škodljivih azbestno-cementnih izdelkov. V 21. stoletju se je izvedla nova investicija v najsodobnejše tehnologije, ki je zagotovila možnost obstoja in nadaljnega razvoja podjetja. Po intenzivnem vlaganju in vgradnji najboljših razpoložljivih tehnologij, skladno z evropsko in nacionalno zakonodajo, je postala cementarna Salonit Anhovo ena najsodobnejših v evropskem merilu [1]. Leta 2004 je zadnji niz tehnoloških posodobitev zajemal posodobitev linije za proizvodnjo klinkerja, katerega del je tudi nov izmenjevalnik toplote, zamenjavo elektrofiltrov z vrečastimi filtri ter posodobitev drugih naprav, kot so hala za skladiščenje in doziranje surovin in goriv, nova mlinica premoga, linija za doziranje gum, mlinica cementa in novi silosi cementa [49]. Salonit Anhovo je največji slovenski proizvajalec cementa, saj lahko proizvede do 3180 ton klinkerja na dan [1].

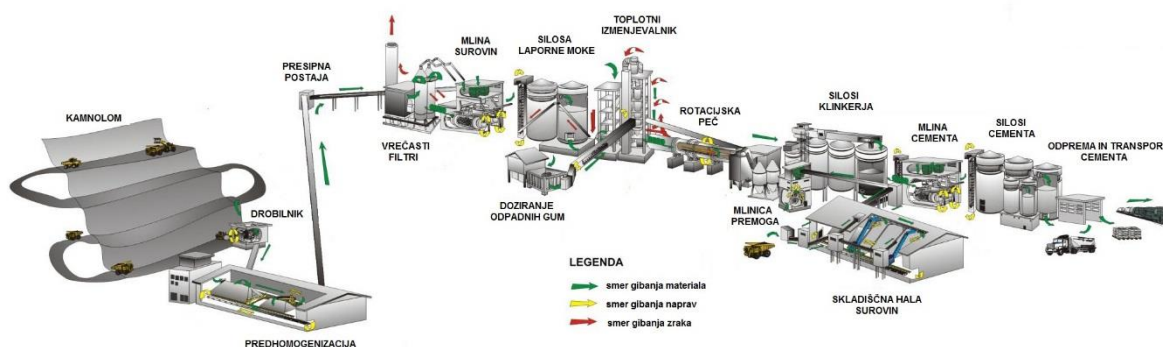


Slika 10: Cementarna Salonit Anhovo [50]

5.2 Opis tehnološkega procesa

Za cementne peči je znanih več tehnoloških izvedb, za najboljšo razpoložljivo tehnologijo pa je proglašen suhi proces proizvodnje klinkerja z večstopenjskim predgretjem in predkalcinacijo, ki ga ima tudi cementarna SA [4]. Poleg suhega procesa obstajajo še polsuhi, polmokri in mokri proces proizvodnje klinkerja. Več kot 90 % cementarn v Evropi uporablja suhi proces ter okrog 80 % v ZDA, medtem ko je mokri proces še vedno dominanten v Avstraliji, Kanadi, Indiji, Latinski Ameriki, Afriki in na Novi Zelandiji [51]. Izbira procesa je v glavnem odvisna od stanja surovin, predvsem od njihove vlažnosti [32]. Proizvodnjo cementa lahko razdelimo na več faz:

- priprava in skladiščenje surovin,
- priprava in skladiščenje goriv,
- žganje klinkerja,
- mletje in skladiščenje cementov,
- pakiranje in odprema cementov [52].



Slika 11: Tehnološka shema proizvodnje cementa v SA [23]

5.2.1 Priprava in skladiščenje surovin

Tehnološki postopek se začne s pridobivanjem osnovne surovine za proizvodnjo klinkerja v kamnolomih Rodež in Perunk, ki se nahajata v neposredni bližini cementarne [53]. Osnovno surovino predstavljajo minerali, ki jih vsebujejo naravni lapor, apnenec in glina. Ker v Sloveniji primanjkuje laporja za masovno proizvodnjo, se surovinska mešanica, ki mora vsebovati 75–78 % kalcijevega karbonata (CaCO_3), pripravlja iz apnenca (nad 95 % CaCO_3) in glin (35 % CaCO_3). Ker ni na voljo dovolj čistega apnenca, se v mešanicah nahaja tudi dolomit, ki prispeva nezaželeni magnezijev oksid (MgO). Glinene komponente prispevajo okside, kot so SiO_2 , Al_2O_3 in Fe_2O_3 [54, 55]. Surovine se pridobivajo v kamnolomu na dvanajstih etažah z vrtnjem minskih vrtin, miniranjem ter odirvanjem

surovin na odvozno etažo v drobilnik s kapaciteto 600 t/h [53]. V drobilniku se surovine drobijo na granulacijo pod 30 mm in nato transportirajo s tekočim trakom v predhomogenizacijsko halo na kup, ki ima maso 23.000 ton, sestavljen iz približno 600 plasti. Surovine se s kupa odvzemajo prečno, tako da se doseže dobra predhomogenizacija. V hali sta vedno dva kupa, od katerih se eden uporablja za proizvodnjo klinkerja, kar zadostuje za enotedensko proizvodnjo, drugi pa se pripravlja.

Surovine nato iz hale transportirajo s tekočim trakom preko presipne postaje v dva mlina surovin, kjer se predhomogenizirana surovinska mešanica zmelje v surovinsko moko z dodatki, katerih vloga je sledeča:

- škaja in piritni ogorki se dodajajo za korekcijo železovega oksida,
- kremenčev pesek se dodaja za korekcijo silicijevega oksida,
- apnenec se dodaja za korekcijo kalcijevega oksida [55].

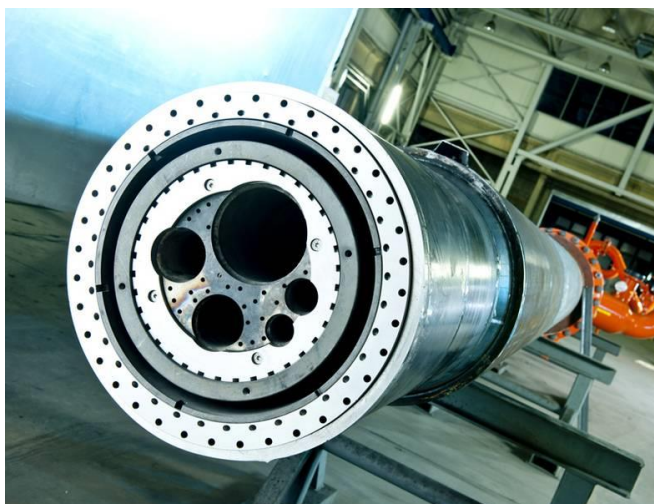
Za sušenje vstopnega materiala se izkorišča odpadna toplota dimnih plinov iz rotacijske peči. Mletje surovinske mešanice poteka v dveh krogelnih valjastih mlinih zaprtega tipa. Mlina sta trikomorna, s sušilno in dvema mlevnima komorama. Kapaciteta vsakega je 100–115 ton surovinske moke na uro. Surovinsko moko skladiščijo v dveh homogenizacijskih silosih kapacitete 6500 ton [53].

5.2.2 Žganje klinkerja

Proizvodnja cementa je proces z visoko porabo toplotne energije, ki predstavlja okrog 85 % vse porabe energije v proizvodnji cementa. Večino toplotne energije se uporabi v fazi žganja klinkerja v cementni peči z večstopenjskim predgretjem in predkalcinacijo [7]. Surovinsko moko dozirajo v izmenjevalnik toplote, kjer se najprej predgreva z dimnimi plini iz rotacijske peči, ki se gibljejo protitočno glede na tok surovinske moke skozi ciklone. Potrebno toploto za žganje dovajajo v sistem z glavnim gorilnikom na peči in z uvajanjem goriv na izmenjevalniku toplote, kjer so posebej pripravljena kurišča (sekundarna kurišča). Na obeh mestih se lahko istočasno uporabljajo različna goriva, ki morajo biti posebej pripravljena in prilagojena sistemu za uporabo določenega goriva. V sekundarnih kuriščih, kalcinatorju in HOTDISC-u (zgorevalna komora) pride do delne ali skoraj celotne dekarbonizacije kalcijevega karbonata in drugih karbonatov v kalcijev oksid. Ko dekarbonizirana surovinska moka vstopi v rotacijsko peč, ima temperaturo okrog 880 °C, dimni plini na tem mestu pa temperaturo 1100 °C [4, 55]. Rotacijska peč (slika 12) ima obliko valjaste cevi premera 5 m in dolžine 68 m ter se med obratovanjem vrti s hitrostjo 2,5–3 obrate na minuto. Potrebna energija za žganje klinkerja se dovaja z gorilnikom (slika 13) na primarni strani peči, kjer je temperatura plinske faze 1900–2000 °C, kar omogoča segrevanje materiala na približno 1450 °C [56].



Slika 12: Rotacijska peč v SA [Vir: lasten]



Slika 13: Primer gorilnika v rotacijski peči [57]

Surovinska moka potuje skozi peč od hladnejšega (sekundarnega) do toplejšega (primarnega) dela peči v protitoku z dimnimi plini in doseže temperaturo 1450 °C (temperatura sintranja). Pri tem potekajo kompleksne termične reakcije, surovina se delno raztali in v coni sintranja se tvorijo značilni

klinkerjevi minerali, ki dajejo cementu hidravlične lastnosti. Proces poteka v oksidacijski atmosferi ob pribitku kisika, katerega delež narašča v smeri potovanja materiala [4]. Minerali, ki se tvorijo, so dikalcijev silikat (C_2S – belit), trikalcijski silikat (C_3S – alit), trikalcijski aluminat (C_3A) in tetrakalcijev aluminat ferit (C_4AF) [33]. Dobljena zmes je cementni klinker, ki je podoben pepelu. Granule imajo premer nekaj centimetrov in so močno porozne [54]. Na izhodu iz peči se klinker ob prehodu skozi rešetkast hladilnik hitro ohladi na okrog $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hladilnik deluje kot rekuperator toplote, saj se večji del toplote vrne v sistem s predgretim zrakom za gorenje v HOTDISC-u [4]. Cementni klinker je po sestavi polimineralni material. Osnovne spojine, ki tvorijo komponente klinkerja, so:

- CaO – komponenta C (60–67 %),
- SiO_2 – komponenta S (17–25 %),
- Al_2O_3 – komponenta A (3–8 %),
- Fe_2O_3 – komponenta F (0,5–6 %),
- SO_3 – komponenta S (1–3 %),
- alkalije (K_2O , Na_2O) (0,2–1,3 %),
- primesi (nevezan CaO do 2 % in MgO do 4 %) [54].

Klinker se skladišči v petih silosih skupne kapacitete 70.000 ton in se do mlinov cementa transportira preko elevatorjev in ploščnih transporterjev [54].

5.2.3 Mletje in skladiščenje cementov

Mletje cementa poteka na dveh linijah, kjer ima vsaka linija en dvokomorni krogelni mlin. Kapaciteti mletja mlinov sta 90–130 t/h in 70–110 t/h, odvisno od vrste cementa, ki se ga melje [53]. Klinker se zmelje z različnimi dodatki v fin siv prah – cement. Dodatki se v mlin dozirajo s pomočjo elektronskih dozirnih tehtnic. Glede na zahtevane lastnosti in predpisane standarde se cementom dodajajo:

- sadra, ki je obvezen dodatek za regulacijo vezanja,
- granulirana plavžna žindra,
- naravni ali umetni pucolani,
- apnenec,
- elektrofiltrski pepel.

Zahtevane karakteristike za posamezno vrsto cementa se dosežejo z ustrezno finostjo mletja, pri čemer so pomembne karakteristike predvsem specifična površina, ostanek na situ $90\text{ }\mu\text{m}$ in ustrezna porazdelitev delcev po velikosti. Cement se nato skladišči v silosih cementa [55].

Cement je silikatno hidravlično vezivo, ki po reakciji z vodo veže in se strdi, pri čemer iz židke cementne paste nastane trd in trden cementni kamen, ki tudi v vodi ohrani stabilnost in trdnost [54].

Glede na standard SIST EN 197-1 je definiranih 27 vrst cementa, ki so razporejeni v pet glavnih skupin cementov:

- CEM I – portlandski cement (klinker ≥ 95 %),
- CEM II – portlandski mešani cement (65–94 % klinkerja),
- CEM III – žlindrin cement (5–64 % klinkerja),
- CEM IV – pucolanski cement (45–89 % klinkerja),
- CEM V – mešani cement (20–64 % klinkerja) [38].

V cementarni SA proizvajajo več vrst cementov, in sicer tri različne vrste, ki se uvrščajo v 1. skupino, tri vrste iz 2. skupine in po eno vrsto cementa iz 3. in 4. skupine, poleg tega pa še Maltit in Geodur [58].

5.2.4 Pakiranje in odprema cementov

Cement se odpremlja iz silosov v razsutem stanju in v vrečah. Vsak silos ima svojo polnilno napravo za polnjenje cementa v razsutem stanju in svojo pakirno linijo. V razsutem stanju se polnijo kamionske in železniške cisterne oz. kontejnerji preko dozirnega valja in po zračnih drčah v polnilec. Pakiranje cementa v vreče poteka na rotacijskih pakirkah, kjer se cement iz skladišnih silosov vodi skozi dozirni valj po cevi ali zračnih drčah v elevator, preko vibracijskega sita v bunker nad pakirko in preko dveh dozatorjev v vreče. Polne vreče potujejo po transportnem traku na paletizator, kjer jih zložijo na paleto in le-to povijejo s plastično folijo [53].

5.3 Zagon peči

Zagoni s predhodnim ogrevanjem peči potekajo po posebnem postopku, ker je treba peč pravilno in postopoma ogreti na delovno temperaturo. Med zagonom so drugačne razmere kot pa tiste, vzpostavljene pri rednem obratovanju. Zagoni se lahko izvajajo nekajkrat na leto, odvisno od režimov obratovanja in remontov, ki potekajo po navodilih proizvajalca opreme in internih določilih. Pred zagonom se najprej izvede ogrevanje peči, pri tem peč miruje in skozi sistem ni pretoka dimnih plinov. Zaradi enakomernosti segrevanja je treba peč občasno obrniti. Za ogrevanje se uporablja čisti zemeljski plin, kjer pri zgorevanju nastajata CO₂ in vodna para (H₂O). Ker se v tem času nabere precej vodne pare, se odpre loputa na izmenjevalniku toplote, skozi katero po najkrajši poti vodna para izhaja iz sistema, da ne pride do kondenzacije in kopičenja vode v sistemu. V tej fazi v cementarni ne uporabljajo drugih goriv. Po približno 24 urah, ko je peč segreta na primerno temperaturo, se izvede zagon peči. Z obratovanjem peči se preneha uporaba zemeljskega plina in se začne doziranje surovinske moke in goriv [59].

5.4 Uporaba alternativnih goriv

Zelo pomemben cilj v cementarni SA je povečevanje energijske učinkovitosti, saj je, kot smo že večkrat poudarili, proizvodnja cementa proces z visoko porabo energije. Potrebno toploto dovajajo v sistem preko glavnega gorilnika in sekundarnih kurišč na izmenjevalniku toplote. Možna je istočasna uporaba različnih goriv, ki morajo biti posebej pripravljena in prilagojena sistemu za doziranje [20]. V ta namen so bile v SA zgrajene nekatere nove sodobne naprave, kot so mlinica premoga, skladiščna hala za surovine in goriva, naprava za doziranje gum ter naprave za skladiščenje in doziranje alternativnih goriv na gorilnik peči [7]. S tehnološkimi posodobitvami se je bistveno izboljšala energijska učinkovitost procesa, saj se lahko doseže specifična poraba toplotne energije 3200 MJ/t klinkerja, kar je dejansko BAT vrednost [20]. V cementarni SA se uporabljajo fosilna goriva, kot so premog, petrolkoks in zemeljski plin (za ogrevanje peči) [52]. Kot alternativna goriva pa se trenutno uporabljajo 2D-gorivo (trdno gorivo, pripravljeno iz nenevarnih odpadkov), mulj iz čistilnih naprav, kostna moka, odpadno olje in odpadne gume, v pripravi pa je uporaba 3D-goriva. V okoljevarstvenem dovoljenju je podan seznam vseh možnih odpadkov, ki se lahko uporabijo kot alternativno gorivo, vendar mora vsak nov odpadek najprej skozi sistem selekcije in analiz, s katerimi se preveri primernost za uporabo v sistemu, preden se ga lahko dejansko uporabi [60]. Dovoljena količina odpadkov, ki se jih lahko soprocesira, znaša 108.960 ton na leto, od tega 15.560 ton nevarnih odpadkov [52].

Kostno moko in mulj iz čistilnih naprav dostavljajo s kamioni. V SA ju skladiščijo v dveh manjših silosih, vsak je kapacitete 140 m³ (slika 14). Skupaj z 2D-gorivom, premogom in petrolkoksom se ju dozira na glavni gorilnik [52, 61].



Slika 14: Silosa za kostno moko in mulj iz čistilnih naprav [7]

2D-gorivo je predpripravljeno iz posameznih ločeno zbranih frakcij trdnih nenevarnih odpadkov, kjer prevladuje plastika, možni pa so še dodatki, kot so tekstil, papir in les. 2D-gorivo dostavljajo s kamioni s pomičnim dnom (slika 15) po principu »just in time« (ravno pravi čas) [56]. Odpadno olje, ki se uporablja za proces žganja klinkerja na glavnem gorilniku, skladiščijo v jeklenem rezervoarju kapacitete 125 m³ [52]. Za 3D-gorivo bo SA zagotovilo skladiščenje v novo zgrajenih silosih in njihovo transportiranje do mesta doziranja. Gre za enako vrsto alternativnih goriv, kot jih v SA uporabljajo že sedaj, razlika je v dimenziji delcev. 3D-gorivo bo možno dozirati v večjih kosih (do 300x300x300 mm) na izmenjevalniku toplote v HOTDISCU-u. Zaprto skladišče 3D-goriva s kapaciteto 500 ton bo zadostovalo za 3-dnevno zalogo [60].



Slika 15: Dobava 2D-goriva [7]

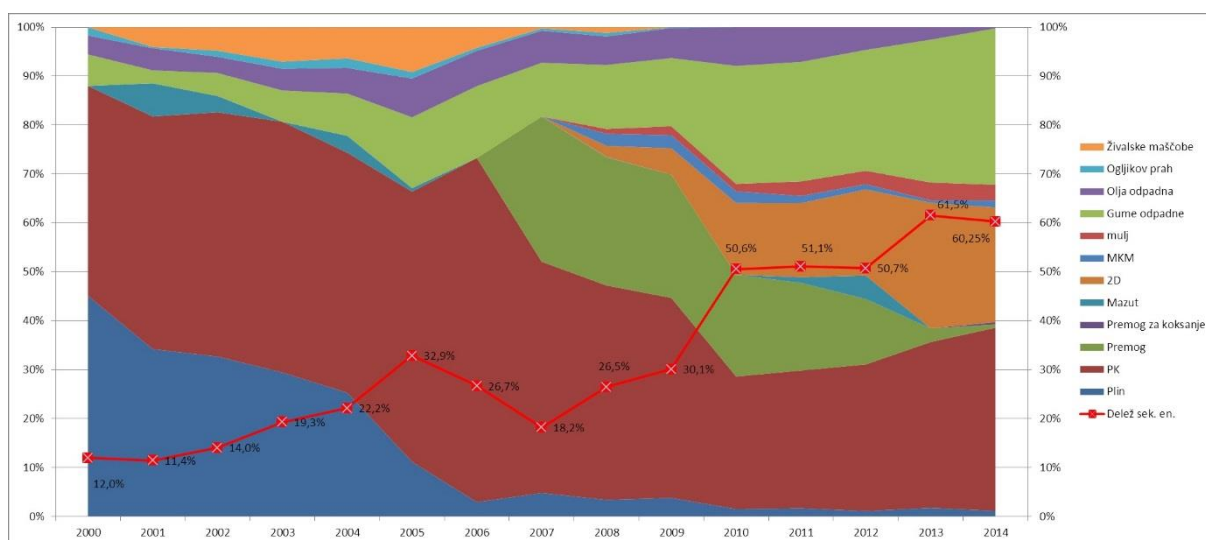
Glede na različne temperature v različnih fazah procesa proizvodnje cementnega klinkerja je treba alternativna goriva dozirati skozi primerne naprave in na primernih mestih v procesu, da se zagotovi popolno izgorevanje in prepreči neželene emisije [4]. Alternativna goriva se dozirajo na naslednjih dozirnih mestih:

- na glavnem gorilniku na primarni strani peči (tekoči odpadki, prahovi, sipki materiali in 2D-materiali),
- na sekundarnem kurišču na prehodu peči v kalcinator (prahovi, sipki materiali in 2D-materiali),
- v HOTDISCU-u nad sekundarnim kuriščem (izrabljene gume, 3D-materiali, pakirani in kosovni odpadki) [52].

Goriva morajo ustrezati zahtevam vhodne kakovosti, ki jih navajajo relevantni standardi. Zato v laboratoriju v SA izvajajo tudi analize goriv, ki zajemajo kemijsko analizo ter določanje vlage, kurilne vrednosti in plamenišča. Kemijska analiza se izvaja na rentgenskem fluorescenčnem spektrometru, ki omogoča določitev kemijske sestave trdnih, prašnatih in tekočih vzorcev. Analiza je večelementna,

točna in hitra ter potrebuje majhno količino vzorca. Kurilna vrednost se določi s sežigom vzorca v kalorimetru. Zaradi toplote, ki se sprosti pri sežigu, se poviša temperatura kalorimetra v primerjavi z njegovo začetno temperaturo in na podlagi prirasta temperature se izračuna kurilna vrednost goriva. Določitev deleža vlage je pomembna, saj vpliva na kurilno vrednost goriva. Delež vlage določijo s sušenjem v sušilnici ali s halogenskim analizatorjem vlage. Določanje plamenišča služi za ocenjevanje vnetljivosti tekočih goriv (npr. odpadno olje). Plamenišče vnetljive tekočine je najnižja temperatura, pri kateri je nad tekočino ravno dovolj hlapov, da se zmes hlapov in zraka v stiku z odprtim plamenom vname [62, 63].

Energijski delež uporabljenih alternativnih goriv se je v SA z leti povečeval in trenutno znaša okrog 60 % [29]. Na sliki 16 pa je prikazana poraba goriv v SA med leti 2000 in 2014.



Slika 16: Poraba goriv v Salonitu Anhovo [23]

5.4.1 Uporaba izrabljenih gum

5.4.1.1 Dobava, skladiščenje in doziranje

Večji del izrabljenih gum SA uvaža iz Italije, za kar skrbi podjetje Altego, d. o. o. [64]. Gume dostavljajo večinoma s kamioni. Razkladanje gum je organizirano vsak dan. Skladiščijo jih v dveh skladiščih, in sicer v prehodnem skladišču, ki je ob liniji rotacijske peči, in na zunanjem skladišču, ki je v kamnolomu Rodež. Prehodno skladišče (slika 17) je s treh strani ograjeno z betonskim zidom višine okrog 3 m ter ima kapaciteto 2100 m³ oz. 420 ton. V zunanjem skladišču, ki ima površino okrog 18.000 m², lahko skladiščijo do 4000 ton izrabljenih gum. Po potrebi se izrabljene gume iz zunanjega skladišča transportirajo v prehodno skladišče z demperji [52].



Slika 17: Prehodno skladišče izrabljenih gum [Vir: lasten]

Izrabljene gume se iz prehodnega skladišča dozirajo v HOTDISC na izmenjevalniku toplote. Najprej se iz skladišča strojno nalagajo na transportni trak (slika 18), kjer poteka avtomatizirano doziranje po strogih pravilih in se izločijo iz sistema tiste, ki so neustrezne [65]. Omejitve glede izrabljenih gum so naslednje:

- ne sme biti težja od 400 kg,
- premer ne sme biti večji od 1,4 m,
- širina gume ne sme presegati 400 mm [66].

Vsako gumo pred vstopom v HOTDISC stehtajo (slika 19), kar omogoča enakomerno doziranje [65].



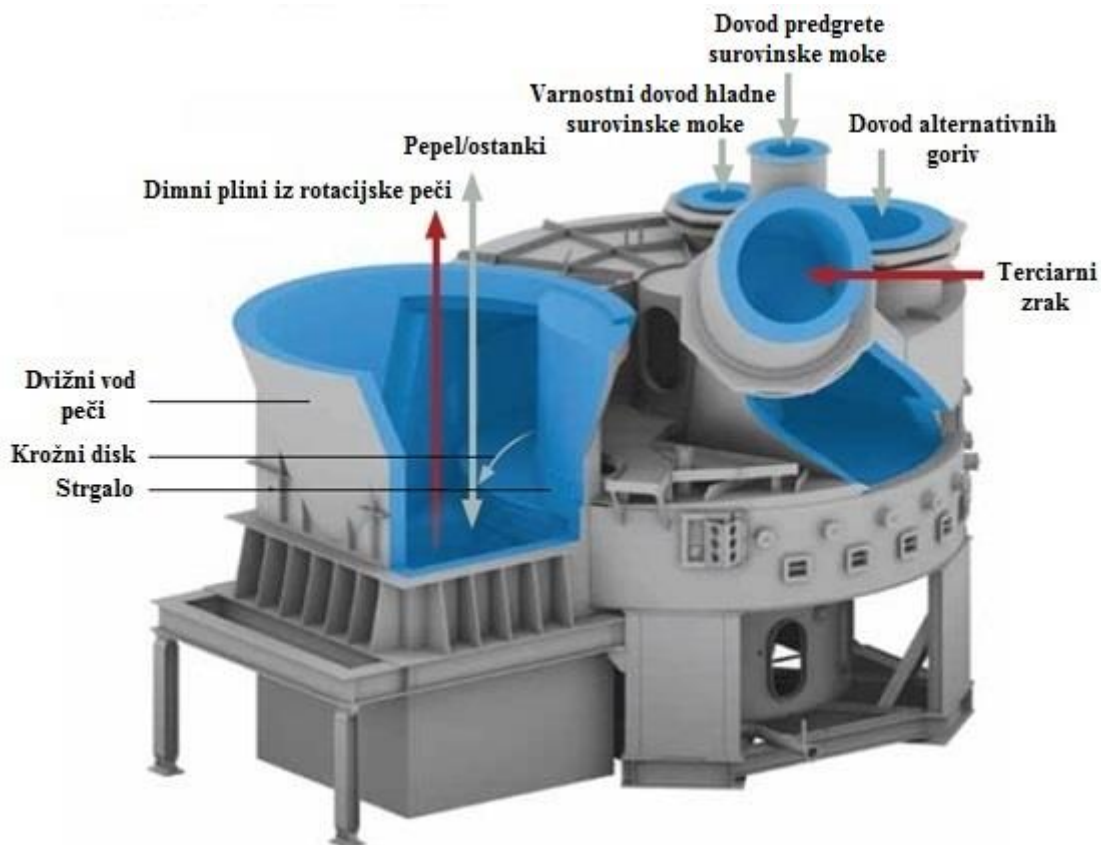
Slika 18: Strojno nalaganje IG na transportni trak [Vir: lasten]



Slika 19: Mesto tehtanja in doziranja gum [65]

5.4.1.2 HOTDISC

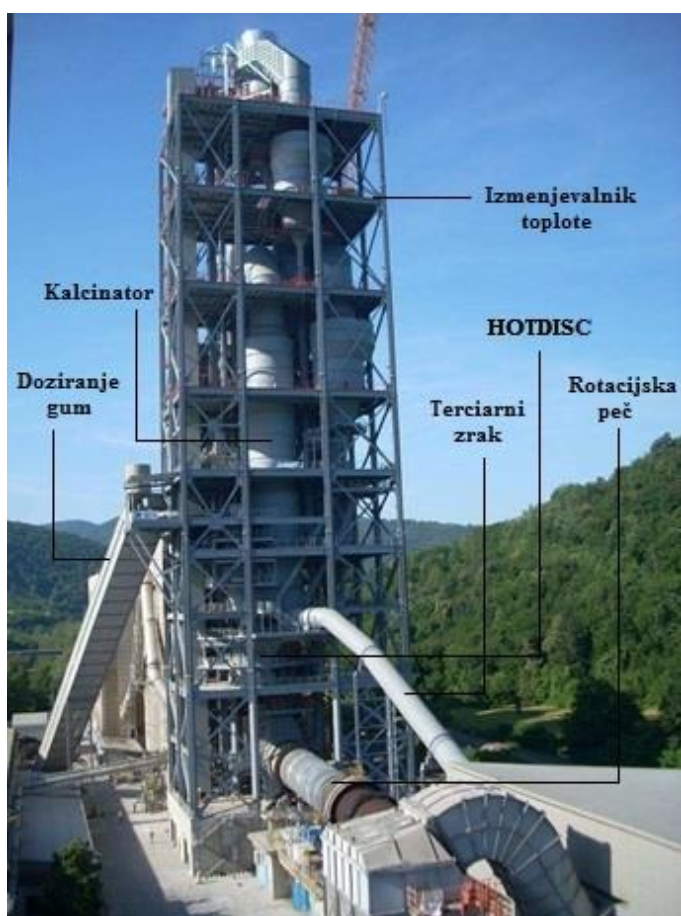
HOTDISC je naprava za izgorevanje, ki omogoča uporabo različnih vrst alternativnih goriv, predvsem pa grobih goriv, kot so izrabljene gume. Na sliki 20 je prikazana zasnova naprave HOTDISC, ki ima lahko premer 5–8 m in meri v višino 5–9 m ter tehta od 130 do 450 ton [67].



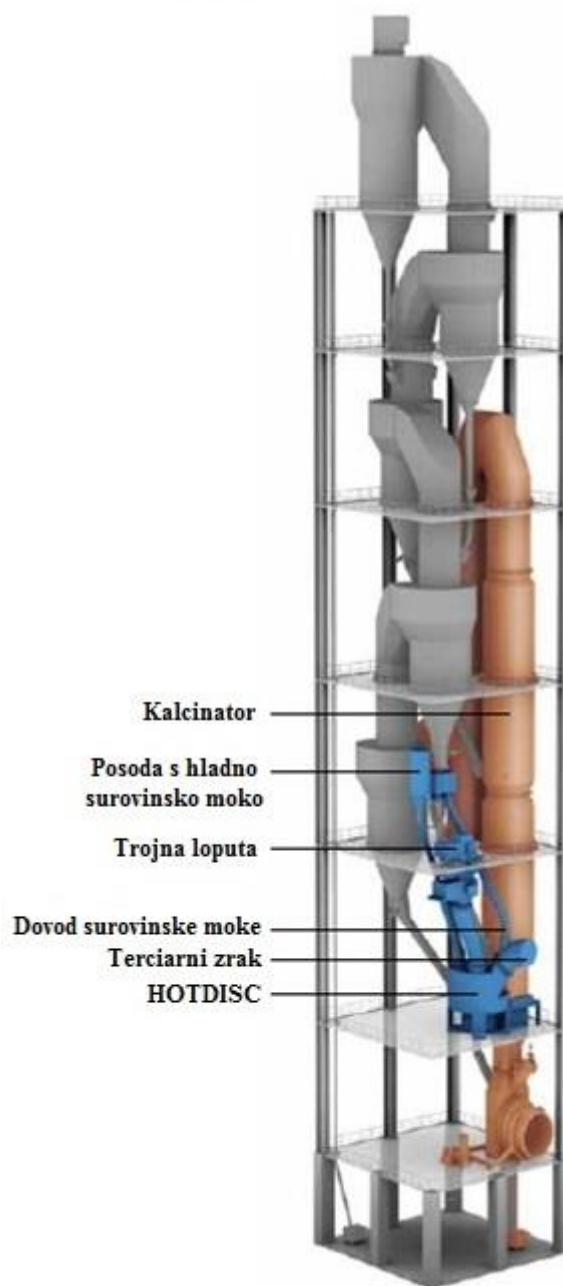
Slika 20: HOTDISC – zgradba [67]

Naprava je sestavljena iz obročaste zgorevalne komore z ohišjem in vrtljivega obroča, na katerega je pritrjen krožni disk, ter priključkov. Vrtljivi obroč poganjata dva motorja z regulacijo vrtljajev, ki omogočata določitev hitrosti na 1–22 obratov na uro [67].

Kot integriran del sistema je HOTDISC nameščen na kalcinator na izmenjevalniku toplote (slika 21 in 22). Z dovajanjem izrabljenih gum, predgrete surovinske moke in terciarnega zraka iz rešetkastega hladilnika klinkerja nastanejo dimni plini, ki gredo v kalcinator z ostalimi tokovi iz peči. Pridobljena energija iz izrabljenih gum se uporabi za proces kalcinacije. Izrabljene gume se skozi trojno loputo dovajajo na krožni disk (slika 23), kjer poteka izgorevanje (slika 24) pod oksidacijskimi pogoji z dovajanjem terciarnega zraka. Z daljšim zadrževalnim časom izrabljenih gum se minimizira cirkulacija hlapljivih snovi in pojav blokad na dovodu v rotacijsko peč. Zadrževalni čas se lahko regulira z nastavitvijo hitrosti krožnega diska, sam proces pa je nadzorovan tudi z doziranjem surovinske moke, kar omogoča uravnavanje temperature dimnih plinov iz HOTDISC-a na približno 1050 °C. Izrabljene gume in surovinska moka naredijo pot 270° na krožnem disku preden dosežejo strgalo, ki izloči preostali pepel in delno kalciniran material v dvižni vod peči. Težji ostanki padejo v rotacijsko peč, medtem ko grejo lažji delci in dimni plini navzgor v kalcinator [67].



Slika 21: Izmenjevalnik toplote v SA [7]

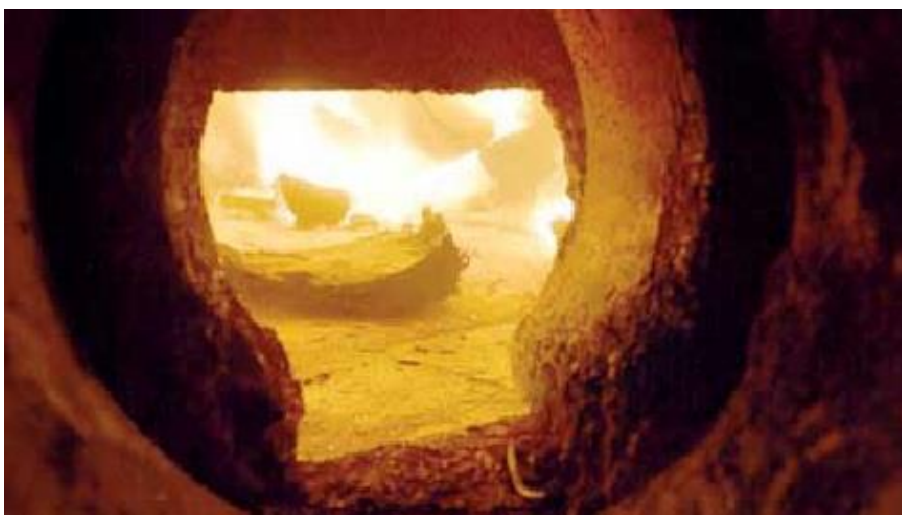


Slika 22: Shema izmenjevalnika toplote [67]

V primeru, da pride do izpada elektrike ali kakšne druge motnje, ki zaustavi proces, v HOTDISC-u še vedno poteka izgorevanje goriva. Za zaustavitev izgorevanja se v HOTDISC takrat dozira hladna surovinska moka, ki pogasi proces gorenja in s tem onemogoči neželene emisije [67].



Slika 23: Krožni disk [67]

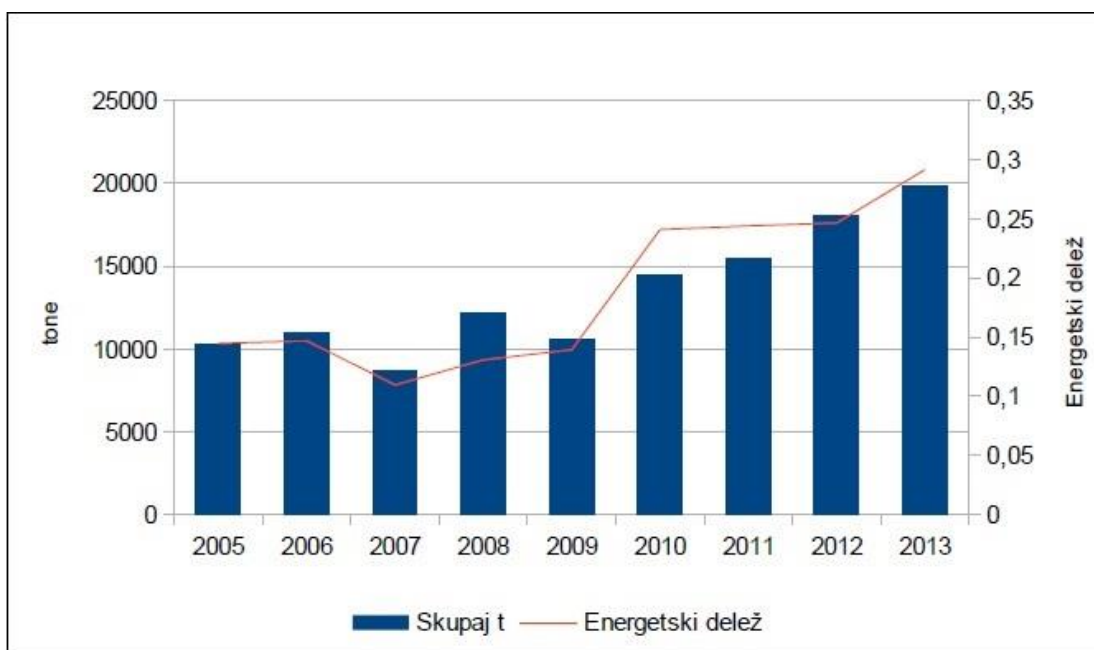


Slika 24: Notranjost HOTDISC-a med izgorevanjem izrabljenih gum [67]

Prednost uporabe izrabljenih gum v cementni peči je v tem, da ne povzročajo trdnih odpadkov, saj se pepel (Fe_2O_3 , ZnO , TiO_2) vgradi v klinker, jeklo pa nadomesti železovo rudo, ki bi jo sicer morali dodajati v cement. Z uporabo izrabljenih gum se izboljša tudi kvaliteta cementa, saj cement dosega večjo trdnost, prav tako pa se poveča tudi produktivnost, saj se energija dovaja tam, kjer je zelo koristna za proces. Žveplo, ki ga vsebujejo gume, se nevtralizira z apnencem, ki je ena od surovin za proizvodnjo cementa, tako da se tvori kalcijev sulfat. Zaradi vsebnosti cinka v gumah pa je njihova uporaba omejena, saj večja kot je količina cinka v cementu, več časa ta potrebuje za strjevanje [42].

5.4.1.3 Količina soprocesiranih izrabljenih gum

Na sliki 25 je prikazana količina soprocesiranih izrabljenih gum v cementarni SA med leti 2005 in 2013. Lahko vidimo, da količina soprocesiranih izrabljenih gum z leti narašča. V letu 2014 se je ta količina še povečala, saj je bilo predelanih 27.076 ton izrabljenih gum [48], ki tako predstavljajo vir kar tretjine energijskih potreb za proizvodnjo cementa [64], medtem ko vsa alternativna goriva predstavljajo 60 % potrebne energije [29].



Slika 25: Količina soprocesiranih izrabljenih gum v SA [29]

5.5 Emisije snovi v zrak

Glavna okoljska vprašanja, ki se pojavijo pri proizvodnji cementa, so emisije snovi v zrak in poraba energije. Glavni vir emisij snovi v zrak izhaja iz procesa žganja klinkerja. Te nastajajo pri fizikalno-kemijskih reakcijah v surovinah in ob gorenju goriv. Glavne komponente dimnih plinov iz cementne peči predstavljajo dušik iz zraka za gorenje, CO₂ iz kalcinacije CaCO₃ in gorenja goriv, vodna para pri izgorevanju in iz surovin ter presežek kisika [32]. Poleg teh pa dimni plini vsebujejo tudi prah, kloride, fluoride, žveplov dioksid, dušikove okside, ogljikov monoksid ter organske spojine in kovine [27]. Vrsta in količina emisij pa je odvisna od različnih parametrov, kot so uporabljene surovine in goriva ter vrste procesa [51]. Čeprav cementne peči običajno obratujejo pod stabilnimi pogoji (razen zagonov in zaustavitev), lahko zaradi različne naravne sestave surovin in goriv prihaja do manjših dnevnih

nihanj emisij [68]. V ostalih delih procesa, na primer v fazah mletja, priprave surovin, drobljenja in skladiščenja, pa v glavnem prihaja do emisij prahu [69].

5.5.1 Vrste emisij

Emisije snovi v zrak, ki so pomembne za proizvodnjo cementa, so sledeče:

- dušikovi oksidi (NO_x),
- žveplov dioksid (SO_2) in druge žveplove spojine,
- prah,
- organske snovi (TOC), vključno s hlapljivimi organskimi snovmi (VOC),
- poliklorirani dibenzodioksini in dibenzofurani (PCDD in PCDF),
- kovine in njihove spojine,
- vodikov fluorid (HF),
- vodikov klorid (HCl),
- ogljikov monoksid (CO),
- ogljikov dioksid (CO_2),
- amoniak (NH_3) [32].

5.5.1.1 NO_x

Dušikovi oksidi nastajajo v procesu zgorevanja s kombinacijo dušika, ki ga vsebuje gorivo, s kisikom ali pa dušika v zraku s kisikom. V slednjem primeru NO_x nastajajo pri temperaturah nad $1050\text{ }^\circ\text{C}$. V rotacijski peči so temperature dovolj visoke in žganje klinkerja poteka v oksidacijskih pogojih, kar privede do nastajanja dušikovega oksida (NO). NO in NO_2 sta glavna dušikova oksida v dimnih plinih iz cementnih peči, pri čemer je delež NO 95 %, delež NO_2 pa 5 %. NO_x , ki se tvorijo iz dušika v gorivu in kisika, nastajajo v kalcinatorju ali sekundarnem kurišču pri nižji temperaturi, kjer je možna uporaba tudi okrog 60 % goriva. Emisije NO_x se razlikujejo glede na vrsto procesa, ki se uporabi. Poleg temperature in vsebnosti kisika je nastanek NO_x odvisen tudi od oblike plamena, geometrije zgorovalne komore, reaktivnosti goriva in vsebnosti dušika v gorivu, vsebnosti vlage ter razpoložljivega reakcijskega časa [32].

5.5.1.2 SO_2

Emisije SO_2 so odvisne od količine žvepla, ki ga vsebujejo surovine in gorivo, ter od vrste procesa. Žveplo lahko zapušča sistem v obliki emisij SO_2 z dimnimi plini ali pa kot kalcijev sulfat (CaSO_4) v klinkerju in prahu. V glavnem se večji del žvepla vgradi v klinker in tako zapusti sistem. Žveplo se

lahko nahaja v surovinah vezano kot sulfat ali sulfid. Sulfidi oksidirajo v izmenjevalniku toplote, kar privede do nastanka SO_2 . V primeru, ko žveplo vstopa v sistem z gorivi, oksidira v SO_2 , kar pa ne vodi do večjih emisij SO_2 zaradi alkalne narave v coni sintranja, kalcinacije in v spodnjem delu izmenjevalnika toplote. V coni kalcinacije SO_2 reagira z delno dekarbonatizirano surovinsko moko, kjer se najprej tvori CaSO_3 in nato CaSO_4 . Žveplo v tej obliki nato vstopi v rotacijsko peč, kjer se izloči s klinkerjem [32].

5.5.1.3 Prah

Glavni viri emisij prahu izhajajo iz procesov priprave surovin (mlini), žganja in hlajenja klinkerja, priprave goriv in mletja cementa [32]. Emisije prahu vključujejo grob in fin prah, saje, delce in aerosole [68]. Pomembni so delci prahu PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$, ki nastajajo tudi v procesu žganja in hlajenja klinkerja. Delci PM_{10} imajo premer manjši od $10\ \mu\text{m}$, delci $\text{PM}_{2,5}$ pa manjši od $2,5\ \mu\text{m}$ in se lahko pojavijo v trdni obliki ali kot aerosoli. Takšni delci lahko nastanejo ob fizikalno-kemijskih reakcijah dimnih plinov, kot so dušikovi oksidi, žveplo in amoniak, pri čemer se lahko tvorijo sulfatni, nitratni in amonijevi delci, ki lahko vplivajo na zdravje ljudi. Vendar pa cementarne, opremljene z visoko učinkovitimi odpraševalnimi napravami, kot so elektrostatični in vrečasti filtri, prispevajo zelo malo k emisijam prahu [32]. V cementarni SA je postavljenih več kot 100 različnih vrečastih filtrov, linijo proizvodnje klinkerja (rotacijska peč z mlinoma surovin) pa odprašujeta dva velika vrečasta filtra [55].

5.5.1.4 TOC

V procesu zgorevanja pride običajno do emisij VOC zaradi nepopolnega izgorevanja. Ob normalnih pogojih obratovanja so emisije v cementni peči nizke predvsem zaradi dolgih zadrževalnih časov plinov v peči, visokih temperatur, plinske faze plamena in oksidacijskih pogojev. To so pogoji, ki omogočajo razgradnjo in uničenje organskih snovi z visoko stopnjo učinkovitosti ($> 99,9999\%$). Emisije VOC se lahko pojavijo tudi v začetnih korakih procesa (izmenjevalnik toplote, kalcinator) ob segrevanju surovinske moke, ki vsebuje organske snovi, med temperaturami 400 in $600\ ^\circ\text{C}$ [32].

5.5.1.5 Kovine

Kovine so prisotne v surovinah in gorivih v širokem razponu, vendar običajno v nizkih koncentracijah. Obnašanje kovin v cementnih pečeh je odvisno od njihove hlapljivosti. Nehlapne kovine in njihove spojine se vgradijo v klinker in na ta način zapustijo sistem. Hlapljive kovine kondenzirajo v izmenjevalniku toplote in mlinu surovin ter se vrnejo v peč z laporno moko. Hlapljive kovine, ki ne

kondenzirajo v mlinu surovin, pa zapustijo sistem z dimnimi plini v nizkih koncentracijah [68].

Kovine lahko razdelimo v štiri skupine glede na njihovo hlapnost:

1. Kovine, ki so ali vsebujejo spojine, ki so nehlapne: Ba, Be, Cr, As, Ni, V, Al, Ti, Ca, Fe, Mn, Cu in Ag (te kovine se vgradijo v klinker in zapustijo sistem).
2. Kovine, ki so ali vsebujejo spojine, ki so polhlapne: Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K in Na. Te kovine kondenzirajo v obliki sulfatov in kloridov med temperaturami 700 in 900 °C, pri čemer pride do notranje cirkulacije, dokler se ne vzpostavi ravnotežje in pride do izpusta kovin s klinkerjem.
3. Kovine, ki so ali vsebujejo spojine, ki so hlapne: Tl. Spojine talija kondenzirajo med temperaturami 450 in 550 °C v zgornjem delu izmenjevalnika toplote, kjer pride do kopičenja (cirkulacija).
4. Kovine, ki so ali vsebujejo spojine, ki so hlapne: Hg. Živo srebro in njegove spojine gredo skozi sistem peči in izmenjevalnik toplote, kjer se delno vežejo na prah v dimnih plinih.

Obnašanje in količina emisij posameznih kovin v procesu žganja klinkerja sta odvisni od hlapnosti, koncentracije kovin v surovinah in v gorivu, vrste procesa ter učinkovitosti filtrov na izpustu. Razmerje med surovinsko mešanico in gorivom, ki sta potrebna za proizvodnjo klinkerja, je 10 : 1, kar pomeni, da večji delež emisij kovin izhaja iz surovin [32].

5.5.1.6 CO

Emisije CO nastanejo med proizvodnjo klinkerja zaradi nepopolnega zgorevanja organskih sestavin, ki jih vsebujejo nekatere surovine [68]. Dodatne emisije CO so lahko vzrok slabega zgorevanja in neustreznih pogojev zgorevanja na sekundarnem kurišču. Surovine prispevajo v proces od 1,5 do 6 g organskega ogljika na kilogram klinkerja, pri čemer testi kažejo, da se 85–95 % organskih spojin pretvori v CO₂ in 5–15 % v CO [32].

5.5.1.7 CO₂

Emisije toplogrednih plinov nastajajo tudi v cementni industriji, ki globalno gledano prispeva okrog 6 % vseh emisij CO₂ [68]. Pri proizvodnji cementa nastane okrog 60 % emisij CO₂ pri kemijskem razpadu kalcijevega karbonata v kalcijev oksid, medtem ko ostalih 40 % CO₂ nastane ob zgorevanju fosilnih goriv. To pomeni, da večino emisij toplogrednih plinov predstavljajo surovine za proizvodnjo cementa in ne goriva [26, 68]. K zmanjšanju emisij CO₂ lahko prispevajo naslednji ukrepi:

- zamenjava fosilnih goriv z alternativnimi gorivi,
- povečanje energetske učinkovitosti proizvodnega procesa,

- zamenjava klinkerja z nadomestnimi materiali,
- zajemanje in shranjevanje ogljika [70].

V zadnjih 25 letih so se emisije CO₂ iz cementarn zmanjšale za približno 30 %, v glavnem na podlagi boljše učinkovitosti porabe goriv [32].

5.5.1.8 PCDD in PCDF

Nastajanje dioksinov in furanov se pojavi pri nižjih temperaturah dimnih plinov iz procesov zgorevanja, ko se dimni plini ohlajajo od temperature 400 do 250 °C. Za preprečevanje nastajanja teh emisij je treba dimne pline skozi to kritično temperaturo čim hitreje ohladiti [68]. V procesu zgorevanja lahko vsebnost klora ob prisotnosti organskih snovi povzroči nastanek dioksinov in furanov, prav tako lahko ti nastanejo v izmenjevalniku toplote in v procesih zatem ter v napravah za čiščenje emisij, če je na voljo zadostna količina klora in ogljikovodikov iz surovin. Vendar pa morajo biti za tvorjenje dioksinov in furanov hkrati prisotni vsi naslednji faktorji:

- ogljikovodiki,
- kloridi,
- katalizator (nekatera poročila kažejo, da Cu in Fe lahko delujeta kot katalizatorja),
- primerna temperatura: med 250 in 450 °C (optimalna 300–325 °C),
- dolg zadrževalni čas pri tej temperaturi.

Poleg tega pa mora biti v dimnih plinih prisoten tudi molekularni kisik. V izmenjevalniku toplote ni večjih koncentracij dioksinov in furanov, saj se pri višjih temperaturah ti uničijo oz. razgradijo [32]. Emisije dioksinov in furanov, ki jih prispeva cementna industrija, so zelo nizke, in sicer manj kot 3 % celotnih emisij. Prav tako, glede na študije, vrsta uporabljenih goriv ne vpliva na emisije dioksinov in furanov [68].

5.5.1.9 HF in HCl

Cementna industrija je majhen vir emisij HF in HCl, ki nastanejo zaradi prisotnosti fluora in klora v surovinah in gorivu [68]. 90–95 % fluora, ki je prisoten v cementni peči, se vgradi v klinker, medtem ko se preostali del veže na prah v obliki kalcijevega fluorida (CaF₂). Zaradi zadostne količine kalcija so emisije fluorovih spojin in vodikovega fluorida skoraj popolnoma izključene iz sistema [32]. Klorove spojine reagirajo z alkalnimi spojinami, pri čemer se tvorijo kloridi, ki kondenzirajo na surovinsko moko ali prah pri temperaturah 700–900 °C in ponovno vstopijo v rotacijsko peč, kjer ponovno izhlapijo. Na ta način se pojavi kroženje kloridov med izmenjevalnikom toplote in rotacijsko pečjo, kar lahko povzroči njihovo kopičenje in lepljenje na stene v spodnjem delu izmenjevalnika toplote, kar je moteče za proces. Problem kopičenja kloridov se lahko reši s sistemom za izločanje

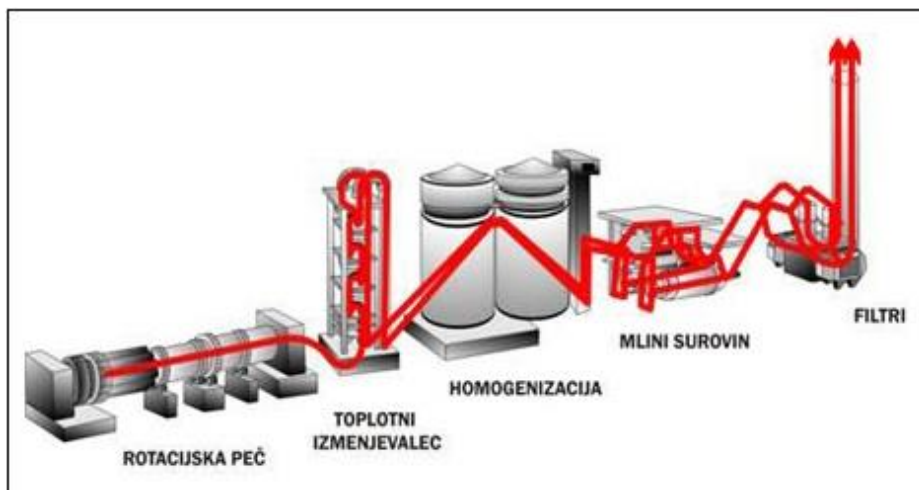
kloridov na peči. Na spodnjem delu izmenjevalnika toplote pred pečjo se zajame del dimnih plinov, ki se jih ohladi, pri čemer kloridi kondenzirajo na prah v dimnih plinih. Prah bogat s kloridi se nato izloči s pomočjo filtrov [32].

5.5.1.10 NH₃

Emisije NH₃ se pojavijo v začetnih fazah procesa iz surovin. Prav tako pa se dodatne emisije NH₃ lahko pojavijo ob uporabi tehnik za zmanjševanje emisij NO_x, kot je selektivna nekatalitska redukcija, v primeru da se v reakciji ne porabi ves amoniak [32].

5.5.2 Potek dimnih plinov

Dimni plini z vsebujočimi snovmi nastajajo pri gorenju goriv na gorilniku v rotacijski peči, na sekundarnem kurišču nad vstopom v peč in v HOTDISC-u ter pri fizikalno-kemijskih reakcijah surovinske moke med procesom segrevanja oz. žganja. Dimni plini se v sistemu gibljejo protitočno (slika 26) glede na tok surovinske moke, pri čemer prihaja v peči in izmenjevalniku toplote do izmenjave toplotne energije med surovinsko moko in dimnimi plini, kar močno vpliva na emisije. Izmenjevalnik toplote je dober filter za hlapne komponente, saj ima fino zmlat material visoko absorpcijsko sposobnost, da nase veže številne snovi, kot so kisli plini (HCl, HF, SO₂) ter težke kovine, ki bi sicer zapuščale sistem kot škodljive emisije [53, 55]. Temperatura plinske faze na gorilniku v rotacijski peči znaša 2000 °C, na izstopu iz rotacijske peči pa je temperatura dimnih plinov okrog 1160 °C. Zadrževalni čas dimnih plinov pri temperaturi 1800 °C je 5–6 sekund, pri temperaturi 1200 °C pa 12–15 sekund. Na začetku kalcinacijskega kanala znaša temperatura dimnih plinov okrog 1060 °C, zadrževalni čas v kalcinatorju pa je 2–6 sekund, medtem ko je pri vstopu v 5. ciklon temperatura okrog 830 °C [27, 53]. Pogoji, ki mora biti zadoščeni za popolno izgorevanje, je minimalna temperatura 850 °C in zadrževalni čas 2 sekundi. Pogoji je izpolnjen, saj znaša temperatura na gorilniku do 2000 °C in v izmenjevalniku toplote okrog 1000 °C. V kalcinatorju dosežejo dimni plini zadrževalni čas 2 sekund nekje na sredini, kjer je povprečna temperatura 960 °C. To mesto je tudi reprezentativna točka v napravi za spremljanje temperature. V primeru, da temperatura pade pod 850 °C, je treba prekiniti doziranje alternativnih goriv. Vendar pa zaradi tvorbe oblog na senzorju merjenje temperature v tej točki ni izvedljivo, zato je točka merjenja temperature na vstopu plinov v 5. ciklon, kjer se računsko določi temperatura, ko je treba prekiniti doziranje alternativnih goriv. V 5. ciklonu tako temperatura ne sme pasti pod 720 °C [53, 71]. Ko dimni plini zapustijo izmenjevalnik toplote, imajo temperaturo 330–360 °C [55]. En del dimnih plinov gre nato skozi vodni stolp, kjer se dimni plini ohlajajo, del pa skozi mlina surovin za potrebe sušenja materiala in šele nato v vodni stolp. Ohlajeni dimni plini potem, pred izpustom na dimniku peči, potujejo še skozi vrečasta filtra, kjer se izloči prah iz plinov [72].



Slika 26: Potek dimnih plinov v cementarni Salanit Anhovo [56]

5.5.3 Mesto izpusta dimnih plinov

Dimni plini se iz naprave izpuščajo nadzorovano skozi odvodnike oz. izpustne naprave - dimnik peči, na katere je vezana rotacijska peč z mlinoma surovin. Višina izpusta dimnih plinov je 75 metrov. Na izpustu (slika 27) ne smejo biti presežene mejne vrednosti emisij snovi v zrak, kot je določeno v okoljevarstvenem dovoljenju ter Uredbi o sežiganju odpadkov in napravah za sosežig odpadkov. Volumski pretok dimnih plinov na tem izpustu ne sme presegati največjega volumskega pretoka, ki znaša 620.000 m³/h, običajno pa se volumski pretoki gibljejo okrog 300.000 m³/h. V okoljevarstvenem dovoljenju so podani poleg volumskih pretokov tudi največji masni pretoki snovi v zrak, ki zagotavljajo ustrezno kakovost zunanjega zraka v skladu z Uredbo o emisijah snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja [52].



Slika 27: Mesto izpusta dimnih plinov [Vir: lasten]

5.5.4 Meritve emisij snovi v zrak

Skladno z zakonom in okoljevarstvenim dovoljenjem je treba zagotoviti izvajanje obratovalnega monitoringa emisij snovi v zrak na vseh izpustih s trajnimi in občasnimi meritvami. V SA so vsa mesta izpustov opremljena z odpraševalnimi napravami, in sicer vrečastimi in elektrostaticnimi filtri [53], kjer se nadzorujejo emisije snovi v zrak. V ta namen je vzpostavljen sistem okoljskih meritev, ki ga izvajajo zunanji pooblašeni izvajalci [73]. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NLZOH) Maribor izvaja v SA nadzor nad trajnimi in občasnimi meritvami ter opravlja redno letno testiranje in kalibracijo merilnega sistema enkrat na tri leta [74]. Na glavnem izpustu, na dimniku peči, se izvajajo trajne meritve emisij snovi v zrak ter občasne meritve večjega števila parametrov dvakrat ali enkrat letno. Poleg tega se izvajajo tudi občasne meritve zraka na vseh ostalih izpustih (filtrih) [23]. Na dimniku peči je treba zagotoviti izvajanje trajnih meritev naslednjih parametrov:

- temperatura dimnih plinov (T),
- volumski pretok dimnih plinov (Q),
- ogljikov monoksid (CO),
- žveplov dioksid (SO₂),
- dušikovi oksidi (NO_x),
- celotne organske snovi (TOC),
- celotni prah,
- kisik (O₂).

Prav tako je treba na dimniku peči zagotoviti izvajanje občasnih meritev naslednjih parametrov:

- ogljikov dioksid (CO₂): enkrat letno,
- plinaste anorganske spojine klora, izražene kot HCl: dvakrat letno,
- plinaste anorganske spojine fluora, izražene kot HF: dvakrat letno,
- kovine (Hg, Cd, Tl, Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, V, Sn, Sb, As, Zn): dvakrat letno,
- poliklorirani dibenzodioksini (PCDD) in dibenzofurani (PCDF): dvakrat letno,
- amoniak (NH₃): enkrat letno,
- benzen: enkrat letno,
- policiklični aromatski ogljikovodiki (PAO): enkrat letno,
- volumski pretok dimnih plinov (Q),
- temperatura dimnih plinov (T),
- vlažnost dimnih plinov,
- tlak dimnih plinov v dimniku na mestu merjenja (P) [53].

Lokacija merilnega mesta je na dimniku peči (slika 28) za vrečastima filtroma in glavnima sesalnima ventilatorjema. Mesto odvzema vzorcev dimnih plinov ter za meritev temperature in hitrosti dimnih

plinov (slika 29) je v ravnem vertikalnem delu dimnega voda na višini 44 m nad tlemi [53]. Merilniki emisij dimnih plinov (slika 30) pa se nahajajo v merilni sobi pod dimnikom [23]. Obratovalne pogoje, doziranje energentov, nadzor nad emisijami in druge procesne parametre določajo in spremljajo preko informacijskega sistema za nadzorovanje in krmiljenje tehnoloških procesov v kontrolni sobi (slika 31). Tam je tudi računalnik z emisijskimi meritvami, preko katerega se lahko vidijo trenutne vrednosti za posamezen merjen parameter (NO_x , SO_2 , TOC, CO), polurne in dnevne vrednosti ter grafični prikaz meritev zadnjih 24 ur [59, 75]. Iz rezultatov meritev posameznih parametrov se določi povprečje v ustreznih časovnih intervalih. Iz trenutnih merjenih vrednosti se določijo polurne povprečne vrednosti, iz katerih se določijo dnevne povprečne vrednosti emisijskih koncentracij [53].



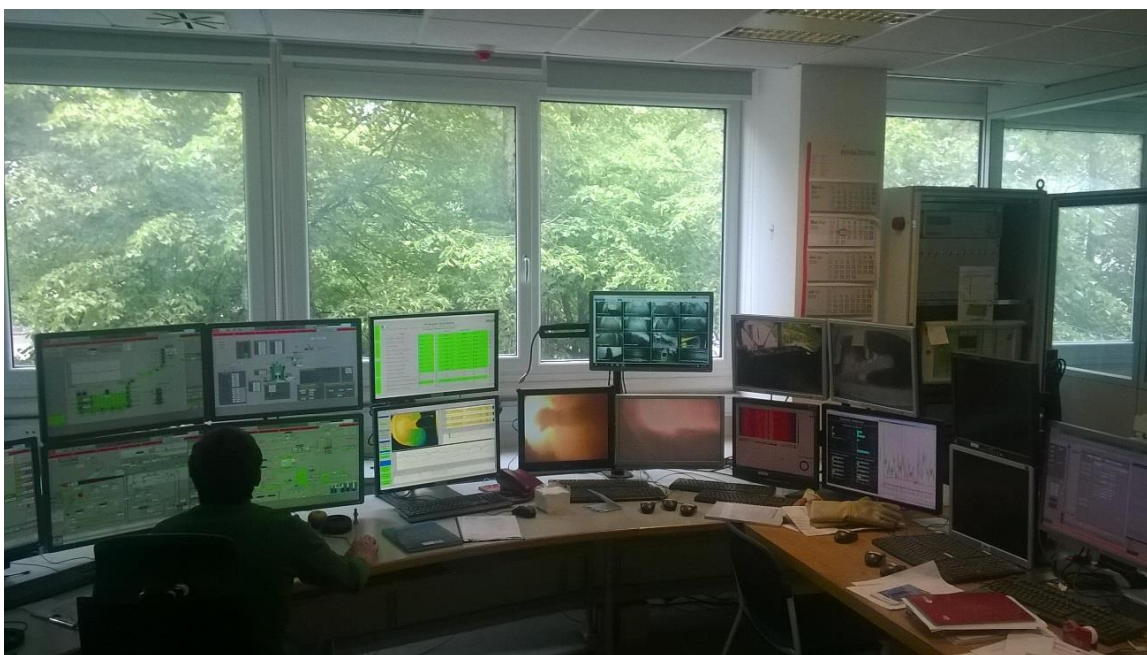
Slika 28: Dimnik peči in merilno mesto dimnih plinov [23]



Slika 29: Merilno mesto [74]



Slika 30: Merilniki emisij dimnih plinov [74]



Slika 31: Kontrolna soba [Vir: lasten]

5.5.5 Podatki o emisijah snovi v zrak

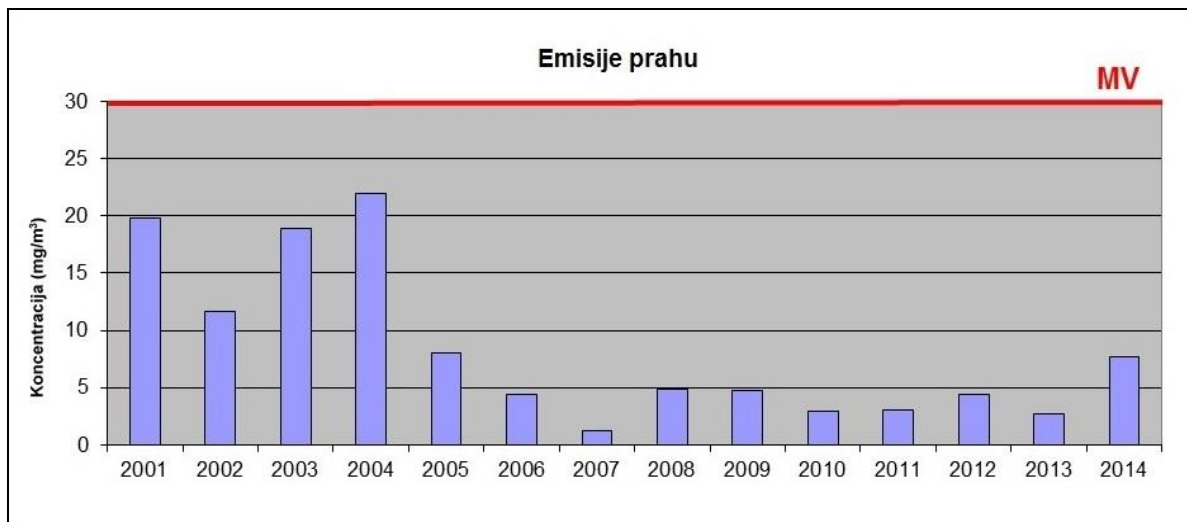
Cementarna SA mora zagotoviti, da na dimniku peči niso presežene mejne vrednosti emisij snovi v zrak [52], kot je to določeno v okoljevarstvenem dovoljenju in v veljavni zakonodaji. V preglednici 16 so podane mejne in povprečne letne vrednosti emisij snovi v zrak.

Preglednica 16: Povprečne letne koncentracije emisij snovi v zrak v SA [7, 76]

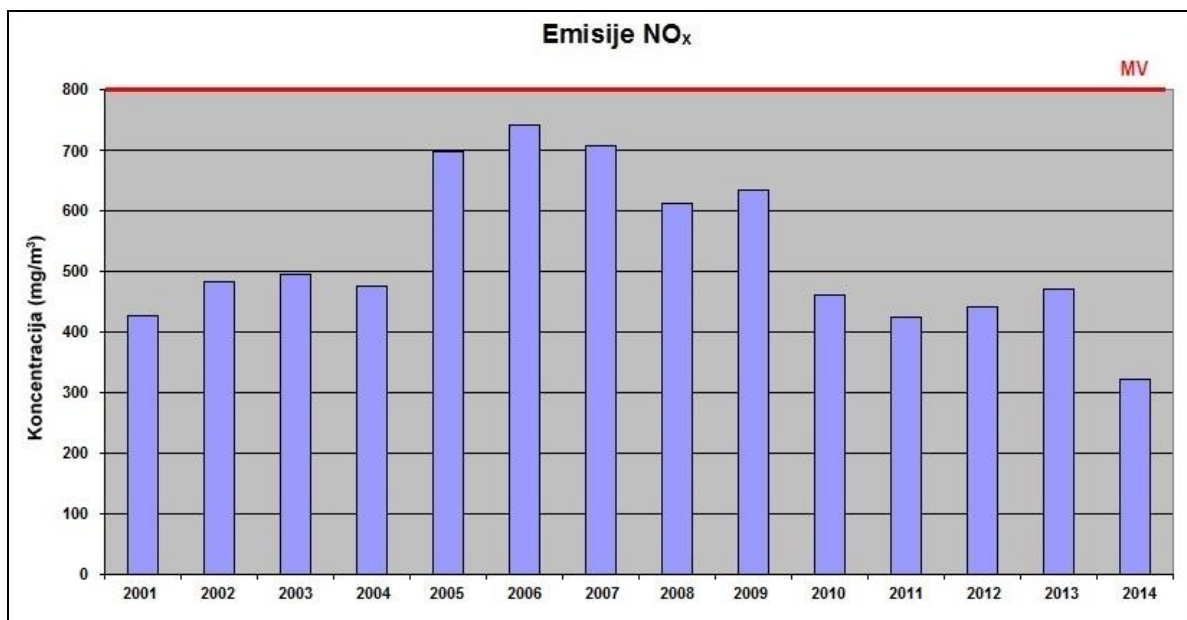
Parameter	Enota	Mejna vrednost	Povprečna letna koncentracija					
			2008	2010	2011	2012	2013	2014
Trajne meritve								
Organske snovi (TOC)	mg/m ³	50	21	21	18	15	15,6	15
Ogljikov monoksid (CO)	mg/m ³	/	843	316	276	281	287	256
Žveplovi oksidi (SO ₂ , SO ₃)	mg/m ³	50	< 5	0,7	0,24	0,28	1	0,3
Dušikovi oksidi (NO _x)	mg/m ³	800	612	462	423	435	465	321
Celotni prah	mg/m ³	30	4,8	2,9	3	4,3	2,6	7,7
Občasne meritve dvakrat letno								
Plinaste anorganske spojine klora (kot HCL)	mg/m ³	10	pod MD	pod MD	2,5	0,85	pod MD	pod MD
Plinaste anorganske spojine fluora (kot HF)	mg/m ³	1	pod MD	pod MD	pod MD	pod MD	pod MD	pod MD
Živo srebro (Hg) in njegove spojine	mg/m ³	0,05	0,005	0,02	0,009	0,02	0,04	0,02
Kadmij (Cd) + talij (Tl) s spojinami	mg/m ³	0,05	pod MD	0,001	0,0007	0,003	0,0023	0,003
Arzen (As) + kobalt (Co) + nikelj (Ni) + antimon (Sb) + baker (Cu) + krom (Cr) + mangan (Mn) + svinec (Pb) + vanadij (V) s spojinami	mg/m ³	0,5	< 0,04	0,01	0,02	0,0285	0,29	0,1
Selen (Se) in njegove spojine	mg/m ³	/	pod MD	pod MD	pod MD	pod MD	/	/
Cink (Zn) in njegove spojine	mg/m ³	/	0,11	0,2	pod MD	pod MD	/	/
Poliklorirani dibenzodioksini in dibenzofurani (PCDD/F)	ngTE/m ³	0,1	pod MD	pod MD	pod MD	0,0068	pod MD	pod MD
Občasne meritve enkrat letno								
Benzen	mg/m ³	5	0,61	1,4	1,5	1,3	0,97	1,4
Benzo(a)piren	mg/m ³	0,05	pod MD	pod MD	pod MD	/	pod MD	pod MD
Amoniak (NH ₃)	mg/m ³	30	20	14	17	19	14	29

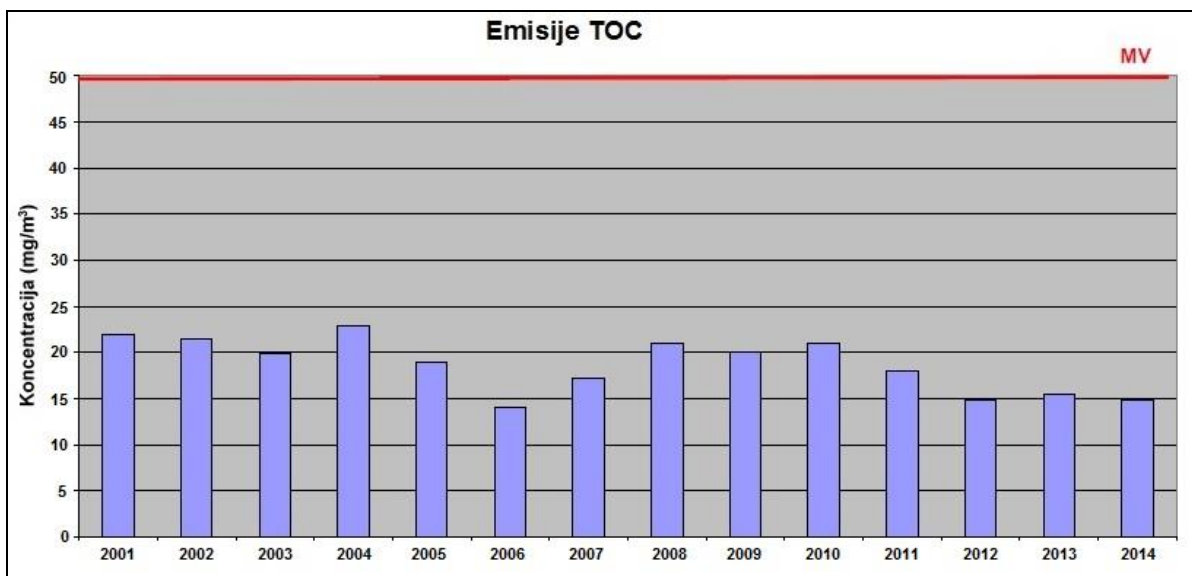
MD – meja detekcije

Iz podatkov v preglednici 16 lahko razberemo, da koncentracije emisij z leti upadajo, prav tako so vse emisije pod mejnimi vrednostmi in zelo nizke. Glede na primerjave rezultatov emisijskih meritev evropskih cementarn s cementarno SA, se ta uvršča med cementarne z najnižjimi emisijami snovi v zrak [77]. Na slikah 32–34 so prikazane koncentracije nekaterih posameznih emisij (prah, NO_x in TOC) med leti 2001–2014, kjer lahko vidimo, da so te pod mejnimi vrednostmi in v zadnjih letih upadajo. Na sliki 35 pa so podane emisije CO₂ na tono proizvedenega klinkerja.

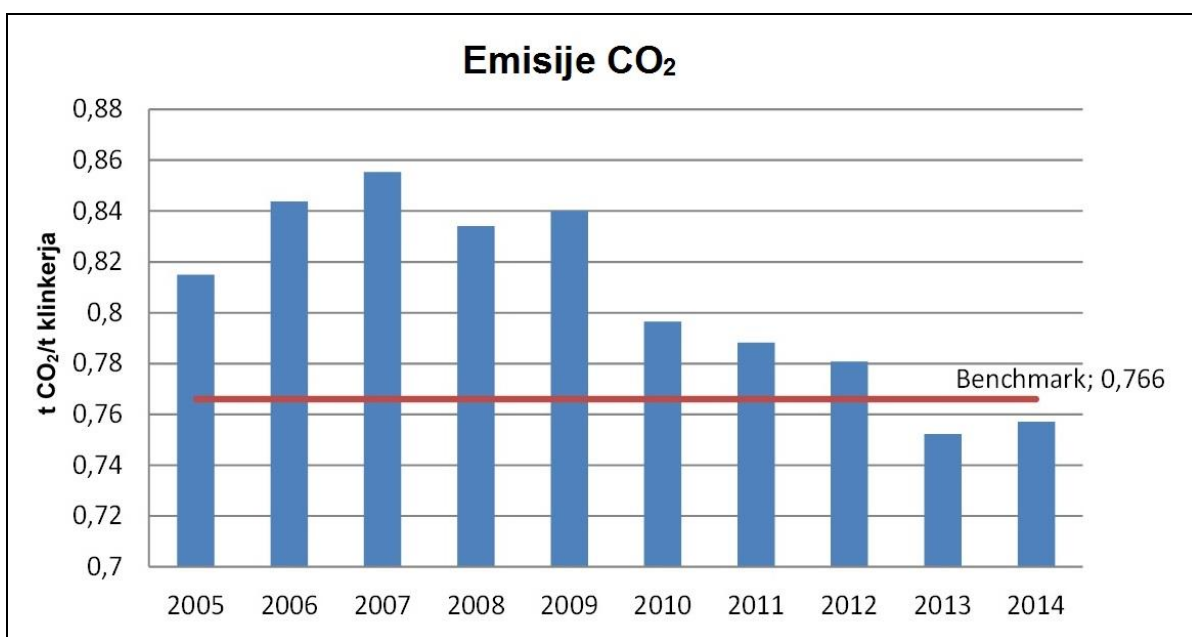


Slika 32: Povprečne letne emisije prahu [23]

Slika 33: Povprečne letne emisije NO_x [23]



Slika 34: Povprečne letne emisije TOC [23]



Slika 35: Emisije CO₂ na tono proizvedenega klinkerja med leti 2005 in 2014 [23]

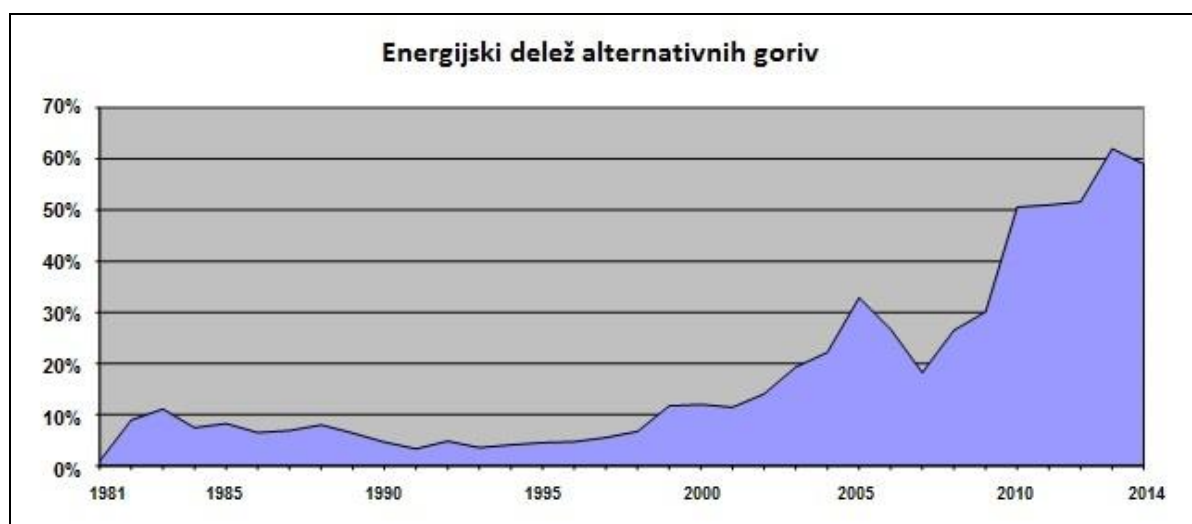
5.5.6 Vpliv izrabljenih gum na emisije

Glede na podatke iz CEMBUREAU je vpliv soprocesiranja na emisije iz cementne peči naslednji:

- uporaba alternativnih goriv ne vpliva na celotne emisije SO₂,
- uporaba alternativnih goriv ne vpliva na povečanje NO_x emisij, v nekaterih primerih so lahko te celo nižje,
- uporaba alternativnih goriv ni povezana z ravno emisij TOC,
- ob uporabi alternativnih goriv niso bile opazne razlike v emisijah PCDD/F,

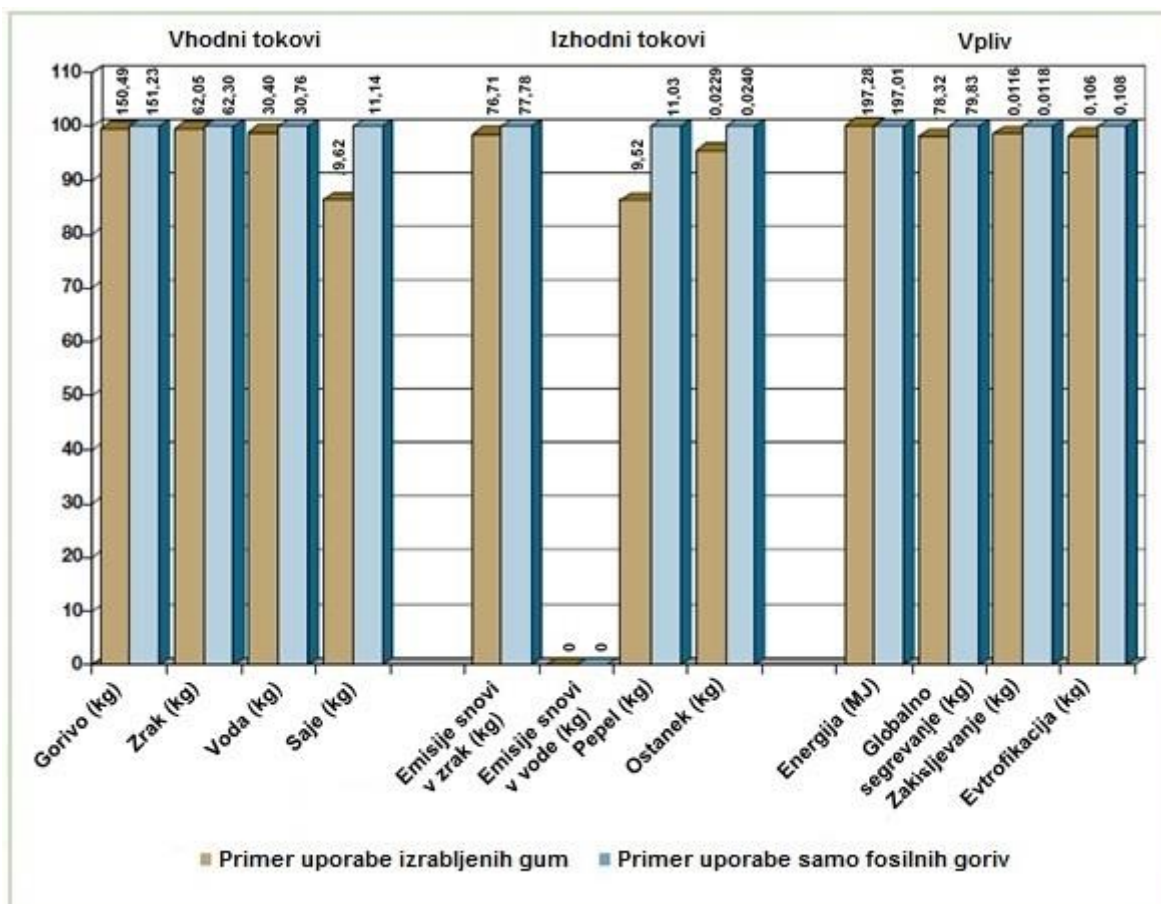
- emisije HCl so različne, ne glede na uporabljeno vrsto goriv,
- ob uporabi alternativnih goriv so zelo majhne razlike v emisijah HF,
- emisije težkih kovin so različne, ne glede na uporabljeno vrsto goriv, poleg tega se jih večina vgradi v klinker ali veže na prah v dimnih plinih,
- ob uporabi alternativnih goriv ni razlik v emisijah prahu [27].

Na sliki 36 je prikazan energijski delež alternativnih goriv, uporabljenih v SA med leti 1981 in 2014. Do leta 2008 lahko opazimo nihanje deleža alternativnih goriv, po tem letu pa je vidna občutna rast. Če primerjamo to s podatki o emisijah iz preglednice 16 in slikami 32–35, lahko vidimo, da se emisije po letu 2008 kljub večanju deleža alternativnih goriv niso povečale, ampak so se celo zmanjševale. Prav tako je po letu 2008 začela naraščati količina soprocesiranih izrabljenih gum, kar lahko vidimo na sliki 25. Kot je bilo že omenjeno, izrabljene gume predstavljajo kar tretjino energijskih potreb cementarne.



Slika 36: Energijski delež alternativnih goriv v SA med leti 1981 in 2014 [23]

Do sedaj so bile narejene že številne študije in analize življenjskega cikla (LCA) izrabljenih gum. V eni izmed LCA-študij je podana primerjava emisij in vplivov cementarne na okolje ob uporabi izrabljenih gum ter ob uporabi samo fosilnih goriv (slika 37). Na sliki lahko vidimo, da so emisije snovi v zrak ob uporabi izrabljenih gum manjše za približno 1,4 % v primerjavi z uporabo samo fosilnih goriv. Uporaba izrabljenih gum vpliva tudi na zmanjšanje globalnega segrevanja (1,9 %), zakisljevanja (1,9 %) in evtrofikacije (1,7 %), saj je vsebnost ogljika, žvepla in dušika v izrabljenih gumah manjša v primerjavi s premogom. Pri zgorevanju izrabljenih gum nastane tudi približno 4 % manj pepela in žindre [78].



Slika 37: Primerjava emisij ob uporabi izrabljenih gum ali fosilnih goriv [78]

Podobne ugotovitve je podala tudi cementarna Lafarge Cement, d. o. o., in sicer da uporaba alternativnih goriv ne povečuje emisij in ne vpliva na kakovost cementa. Izvedli so meritve emisij v času brez in v času uporabe alternativnih goriv, ki so pokazale, da uporaba alternativnih goriv ne vpliva negativno na emisije, temveč so se te ob uporabi alternativnih goriv celo zmanjšale [35].

Torej, če povzamemo:

- Izrabljene gume se dozirajo v HOTDISC, kjer je temperatura nižja kot v rotacijski peči, kar privede do znižanja NO_x emisij. Prav tako je vsebnost dušika v izrabljenih gumah zelo nizka (0,5 %) in tudi manjša v primerjavi s premogom in petrolkoksom.
- Kljub temu da lahko delež žvepla v izrabljenih gumah znaša od 1–2 %, to ne vpliva na emisije SO_2 , saj se večji del žvepla vgradi v klinker kot kalcijev in cinkov sulfat. Poleg tega je vsebnost žvepla v izrabljenih gumah manjša v primerjavi s premogom in petrolkoksom.
- Izrabljene gume vsebujejo manj prostega ogljika kot premog in pri zgorevanju nastane manj CO_2 na enoto energije (11,5 %), kar je razvidno iz emisijskih faktorjev (preglednica 15).
- Proces žganja klinkerja je strogo nadziran, s čimer so zagotovljeni tudi dobri pogoji zgorevanja v HOTDISC-u, kar preprečuje nastanek dodatnih emisij CO. Za proces zgorevanja

se dovaja terciarni zrak in nadzorovano dozira izrabljene gume, pri čemer skupaj z dolgim zadrževalnim časom (približno 12 minut) [79] in visokimi temperaturami (okrog 1000 °C) prihaja do popolnega zgorevanja.

- V HOTDISC-u so prav tako izpolnjeni vsi pogoji, ki omogočajo učinkovito razgradnjo in uničenje organskih snovi (TOC).
- Večji del kovin, ki jih vsebujejo izrabljene gume, se vgradi v klinker, del pa se jih veže na delce prahu, ki jih odstranijo s pomočjo vrečastih filtrov. Nevarnost za emisije predstavljata predvsem hlapni kovini Hg in Tl. Vsebnost teh dveh kovin je v izrabljenih gumah izredno nizka in tudi nižja kot v premogu, petrolkoku ter surovinah. Poleg tega je razmerje vnosa surovin in goriv 10 : 1, kar pomeni, da glavni vir emisij kovin predstavljajo vhodne surovine.
- Izrabljene gume ne vplivajo na emisije PCDD/F, saj so temperature v HOTDISC-u okrog 1000 °C, pri katerih se PCDD/F razgradijo in uničijo, prav tako je zgorevanje popolno zaradi dolgega časa zadrževanja. Dimni plini pa se skozi kritične temperature hitro ohlajajo skozi izmenjevalnik toplote in mlina surovin.
- Količina klora v izrabljenih gumah je izredno nizka, tako da ne vplivajo veliko na emisije HCl. To dokazujejo tudi meritve emisij HCl, ki so pod mejo detekcije.
- Glede na podatke iz BAT uporaba odpadkov naj ne bi vplivala na emisije prahu.

5.5.7 Ukrepi za zmanjševanje emisij

Pri obratovanju naprave je treba zagotoviti ukrepe za njeno nemoteno delovanje, zmanjševanje emisij snovi v zrak ter izvajati meritve emisij snovi v zrak. Zagotoviti je treba izvajanje naslednjih ukrepov:

- pazljivo ravnanje z materiali pri postopkih prevoza surovin in izdelkov, preprečevanje padanja oz. stresanja materiala z velikih višin,
- uporaba tehnik čiščenja dimnih plinov, ki ustrezajo najboljšim razpoložljivim tehnologijam,
- za zmanjševanje emisij dušikovih oksidov izvajanje tehničnih ukrepov na kurišču in drugih ukrepov čiščenja dimnih plinov, ki ustrezajo stanju tehnike,
- pri rotacijski peči in napravi za hlajenje cementnega klinkerja, sušilnikih, napravah za mletje in prevoz, silosih in prekladalnih napravah zagotavljanje njihovega obratovanja pri podtlaku ter zajemanje in odpraševanje zraka, ki pri tem nastaja,
- zagotavljanje vračanja prahu surovin, prahu surovinske moke, prahu cementnega klinkerja, premogovega in cementnega prahu, ki nastajajo v posameznih procesih proizvodnje, v celoti nazaj v postopek na ustreznih mestih.

Pri obratovanju naprave je treba zagotoviti tudi druge ukrepe za zmanjševanje emisij snovi v zrak, in sicer:

- tesnjenje delov naprave,

- zajemanje dimnih plinov na izvoru,
- zapiranje krožnih tokov,
- uporaba odpadne toplote v samem procesu proizvodnje v največji možni meri,
- recirkulacija odpadnega zraka in drugi ukrepi za zmanjšanje količine dimnih plinov,
- čim popolnejša izraba surovin in energije,
- optimizacija obratovalnih stanj zagona, spremembe zmogljivosti in zaustavljanja ter drugih izjemnih pogonskih stanj,
- drugi ukrepi za optimizacijo proizvodnega procesa [53].

V referenčnem dokumentu o najboljših razpoložljivih tehnologijah [32] so podani tudi ukrepi za zmanjševanje emisij. Zmanjšanje emisij NO_x iz dimnih plinov se lahko doseže z uporabo primarne tehnologije, kot je hlajenje plamenov, gorilniki z nizko vsebnostjo NO_x , prižiganje v sredini peči, dodajanje sredstev za mineralizacijo za izboljšanje gorljivosti surovine (mineralizirani klinker), optimizacija postopka, stopenjsko zgorevanje, ter uporabo sekundarnih tehnologij, kot sta selektivna nekatalitska redukcija (SNCR) in selektivna katalitska redukcija (SCR). Pri stopenjskem zgorevanju se v HOTDISC dovaja gorivo za kalcinacijo (izrabljene gume) skupaj s terciarnim zrakom, kar ustvarja pogoje za zmanjševanje nastajanja NO_x iz goriva in NO_x iz peči, saj se del dušikovih oksidov razgradi nazaj na elementarni dušik.

Zmanjšanje emisij SO_2 se lahko doseže s primarnimi tehnologijami, kot je optimizacija procesa. Ta vključuje proces žganja klinkerja, postopek mletja surovine, enakomerno doziranje surovinske moke, preprečevanje redukcijske atmosfere ter izbor surovin in goriv. Poleg tega se lahko uporabijo sekundarne tehnologije za zmanjševanje emisij SO_2 , kot sta dodajanje absorbenta in pralnik za mokro čiščenje dimnih plinov. Vendar pa se lahko glede na surovine in kakovost goriva ohranjajo nizke ravni emisij SO_2 brez uporabe sekundarnih tehnologij.

Najboljša razpoložljiva tehnologija za zmanjšanje emisij prahu iz dimnih plinov je uporaba suhega čiščenja dimnih plinov s filtri, kot so elektrostatični, vrečasti in hibridni. Elektrostatični in vrečasti filtri imajo visoko stopnjo učinkovitosti, saj lahko zadržijo več kot 99 % prahu v dimnih plinih. Elektrostatični filtri (ESP) ustvarjajo elektrostatično polje, kjer delci pridobijo negativni naboj in potujejo proti ploščam za zbiranje, ki imajo pozitivni naboj. Plošče za zbiranje se periodično tresejo, tako da material pade v zbiralno posodo, ki je pod filtrom. ESP lahko delujejo pri visokih temperaturah (do 400 °C) in visoki vlažnosti. Slaba stran pa je, da se njihova učinkovitost zmanjša ob visokih koncentracijah CO ter ob zagonih in zaustavitvah peči, medtem ko to na vrečaste filtre ne vpliva. Ti delujejo na principu tekstilne membrane, ki je prepustna za plin, vendar zadrži prah. Na začetku se prah nabira na površinskih vlaknih in v globini tkanine, ko nastane osnovna plast, pa

postane prevladujoč filtrski medij prah sam. Dimni plini lahko potujejo iz notranjosti vreče navzven ali obratno. Ko se plast prahu odebeli, se odpornost na pretok plina poveča, zato je potrebno periodično čiščenje medija filtra, da se lahko nadzoruje padec tlaka plina v filtru. Najbolj običajna metoda čiščenja filtrov je vpihovanje zraka ali tresenje filtrov. Sodobna sintetična vlakna pa omogočajo delovanje vrečastih filtrov na relativno visokih temperaturah, in sicer do 280 °C.

Zmanjšanje emisij CO se lahko doseže z uporabo surovin z nizko vsebnostjo organskih snovi. Prav tako se manjše emisije CO dosežejo z zagotavljanjem popolnega zgorevanja, ki se doseže z nadzorom kakovosti goriva in sistemom dovajanja goriva, ustrezno temperaturo zgorevanja in zadrževalnim časom.

Najboljša razpoložljiva tehnologija za ohranjanje nizkih emisij TOC iz dimnih plinov je izogibanje dovajanja surovin z visoko vsebnostjo hlapnih organskih snovi v sistem peči in goriv z visoko vsebnostjo halogenih elementov. Podobno je za preprečevanje ali zmanjšanje emisij HCl in HF iz dimnih plinov najboljša razpoložljiva tehnologija uporaba surovin in goriv z nizko vsebnostjo klora in fluora.

Preprečevanje ali ohranjanje nizke ravni emisij PCDD/F se lahko doseže z uporabo naslednjih najboljših razpoložljivih tehnologij:

- skrbno izbiranje in nadzor vnosov v peč klora, bakra in hlapnih organskih spojin s surovinami,
- skrbno izbiranje in nadzor vnosov v peč klora in bakra z gorivi,
- omejevanje/preprečevanje uporabe odpadkov, ki vsebujejo klorirane organske materiale,
- izogibanje dovajanju goriva z visoko vsebnostjo halogenih elementov (klor) v sekundarni vžig,
- hitro hlajenje dimnih plinov peči na manj kot 200 °C ter skrajšanje zadrževalnega časa dimnih plinov in vsebnosti kisika v prostorih s temperaturnim območjem med 300 in 450 °C,
- prenehanje soprocesiranja odpadkov za postopke, kot sta zagon in zaustavitev peči.

Najboljša razpoložljiva tehnologija za zmanjšanje emisij kovin iz dimnih plinov na najmanjšo možno mero je uporaba naslednjih tehnologij:

- izbiranje materialov z nizko vsebnostjo ustreznih kovin in omejevanje vsebnosti ustreznih kovin, zlasti živega srebra, v materialih,
- uporaba sistema zagotavljanja kakovosti za ugotavljanje značilnosti uporabljenih odpadnih materialov,
- uporaba učinkovitih tehnologij za odstranjevanje prahu [32, 80].

V cementarni SA je bilo v zadnjih 15 letih vpeljanih več pomembnih posodobitev, ki so vplivale na zmanjšanje emisij, in sicer:

- nov rešetkasti hladilnik za klinker,
- postavitve hale za skladiščenje surovin in goriv,
- zamenjava elektrofiltrov s sodobnimi vrečastimi filtri,
- nov izmenjevalnik toplote,
- sistemi za doziranje alternativnih goriv.

Poleg tega pa trenutno poteka še postavitve sistema za doziranje 3D-goriva in sistema za izločanje kloridov na rotacijski peči [23].

5.6 Imisije

Za okolje so še posebej pomembne imisije, saj nam dajejo informacije, v kakšnem okolju živimo. Stanje v okolju je odvisno od emisij, meteoroloških pogojev (vetrov, padavin), oblike pokrajine, prometa, individualnih kurišč itn. Imisije so v primeru cementarn opredeljene glede na kakovost zunanjega zraka in hrup [23].

5.6.1 Kakovost zunanjega zraka

Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših vidikov stanja okolja. Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi in velja za najpomembnejši zdravstveni problem, povezan z onesnaževanjem okolja. Med onesnaževala zraka, ki škodljivo vplivajo na človeka ali na okolje, sodijo plini, kot so dušikovi in žvepovi oksidi ter ozon. Med onesnaževala zraka pa se uvrščajo tudi delci različnih velikosti, sestave in agregatnega stanja, ki lebdijo v zraku. V preteklosti je v Sloveniji z vidika kakovosti zraka največji problem predstavljal žveplov dioksid, saj so ravni presegale danes veljavne mejne vrednosti. Po izvedenih ukrepih v termoelektrarnah in industriji ter uvedbi goriv z nizko vsebnostjo žvepla težav z žveplovim dioksidom ni več. Trenutno v Sloveniji najbolj izražen problem onesnaženosti zraka predstavljajo delci PM₁₀ in ozon. Državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ) upravlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). V letu 2014 jo je sestavljalo 18 merilnih mest, s katerimi zagotavljajo osnovne podatke o kakovosti zraka v Sloveniji. Poleg meritev v okviru DMKZ na stalnih merilnih mestih potekajo meritve za spremljanje vpliva nekaterih večjih energetskih in industrijskih objektov [81]. Salonit Anhovo že več kot 25 let spremlja poleg emisij tudi kakovost zunanjega zraka v okolici, kar je eden od pomembnih kazalnikov vplivov cementarne na okolje. Meritve na merilnih mestih Morsko in Gorenje Polje so vključene v mesečna in letna poročila ARSO o kakovosti zunanjega zraka kot dopolnilna

merilna mreža EIS Anhovo [7]. Na sliki 38 sta označeni merilni mesti in podane vrste meritev, ki se opravljajo, medtem ko je na sliki 39 prikazana avtomatska merilna postaja za merjenje delcev PM_{10} .



Slika 38: Uradni merilni mesti Gorenje Polje in Morsko [23]



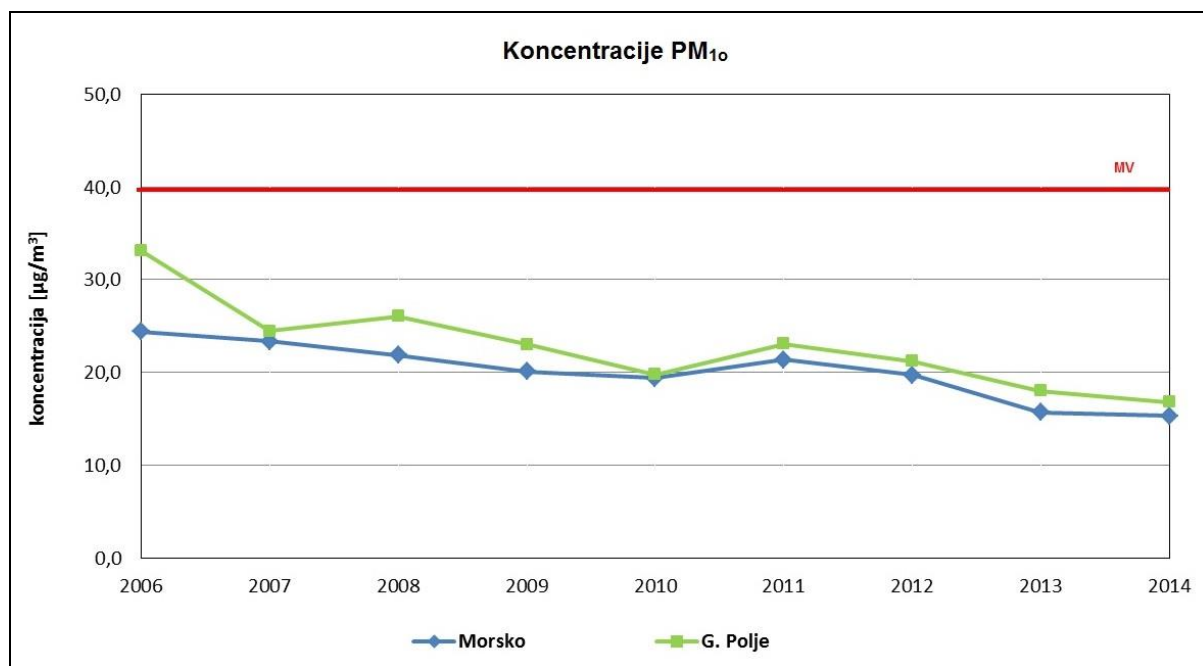
Slika 39: Avtomatska merilna postaja za meritve PM_{10} [23]

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka so določene mejne, ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti za posamezna onesnaževala zraka. V preglednici 17 so podane mejne vrednosti za žveplov dioksid, dušikov dioksid, PM₁₀, svinec, benzen in ogljikov monoksid.

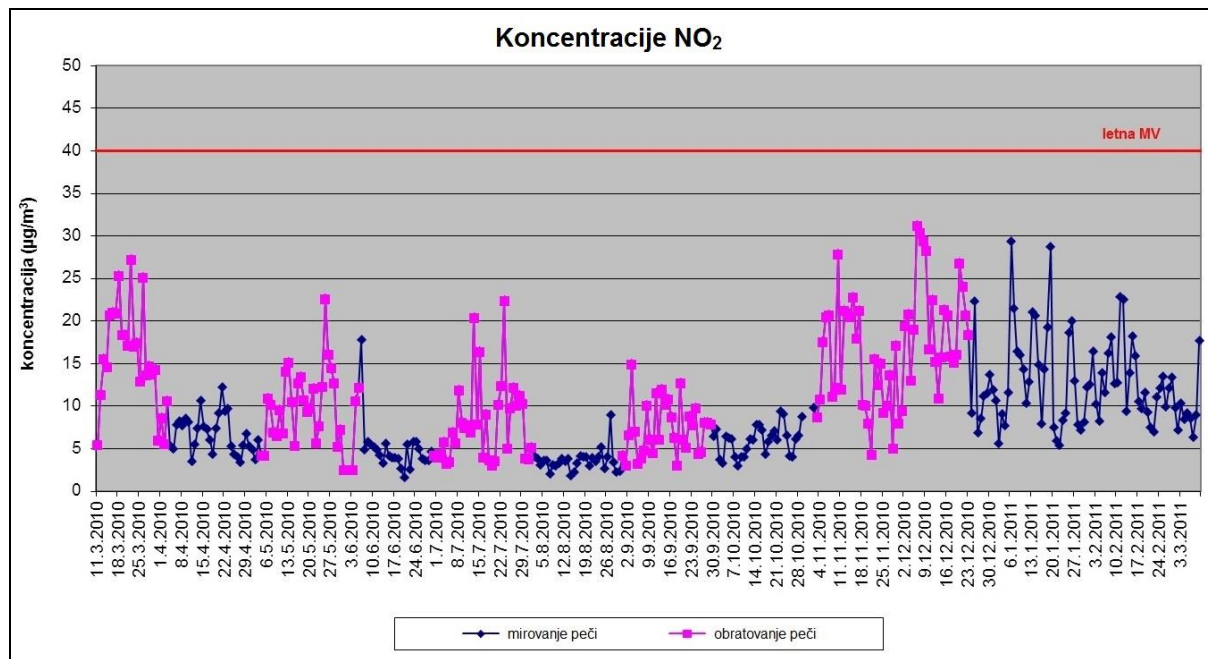
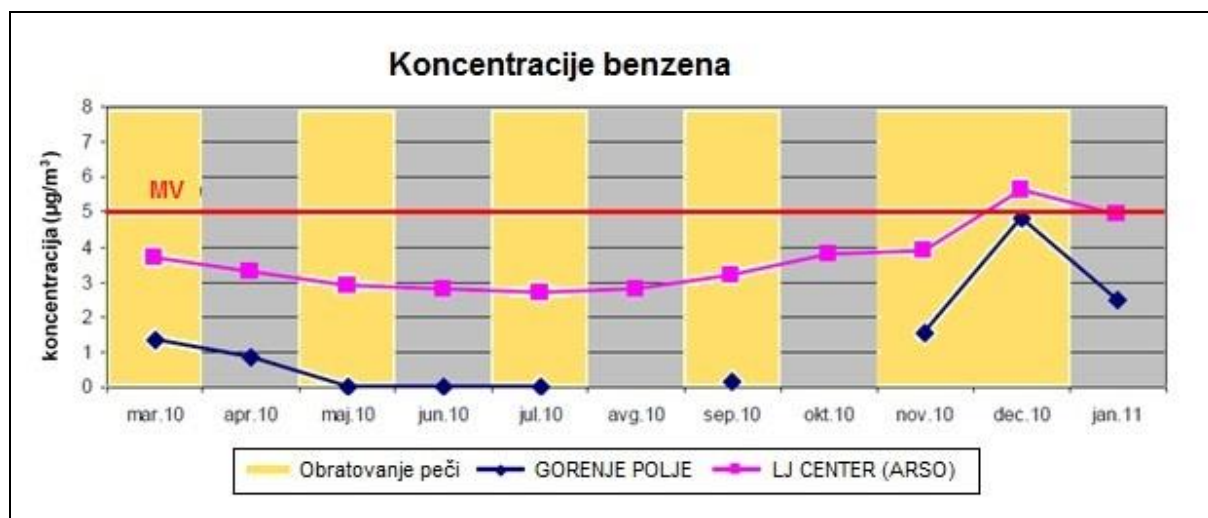
Preglednica 17: Mejne vrednosti onesnaževal zraka [82]

Onesnaževalo	Čas povprečenja	Mejna vrednost
Žveplov dioksid	1 ura	350 µg/m ³ , ne sme biti presežena več kot 24-krat v koledarskem letu
	1 dan	125 µg/m ³ , ne sme biti presežena več kot 3-krat v koledarskem letu
Ogljikov monoksid	največja dnevna osemurna srednja vrednost	10 mg/m ³
Svinec	koledarsko leto	0,5 µg/m ³
Dušikov dioksid	1 ura	200 µg/m ³ , ne sme biti presežena več kot 18-krat v koledarskem letu
	koledarsko leto	40 µg/m ³
Benzen	koledarsko leto	5 µg/m ³
PM ₁₀	1 dan	50 µg/m ³ , ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu
	koledarsko leto	40 µg/m ³

Na slikah 40–42 so prikazane meritve koncentracij imisij PM₁₀, dušikovega dioksida in benzena, iz katerih je razvidno, da so koncentracije pod mejnimi vrednostmi. Na sliki 40 se lahko opazi trend zniževanja trdnih delcev PM₁₀ skozi obdobje 2006–2014.



Slika 40: Meritve trdnih delcev PM₁₀ med leti 2006 in 2014 [23]

Slika 41: Meritve NO₂ v obdobju enega leta [23]

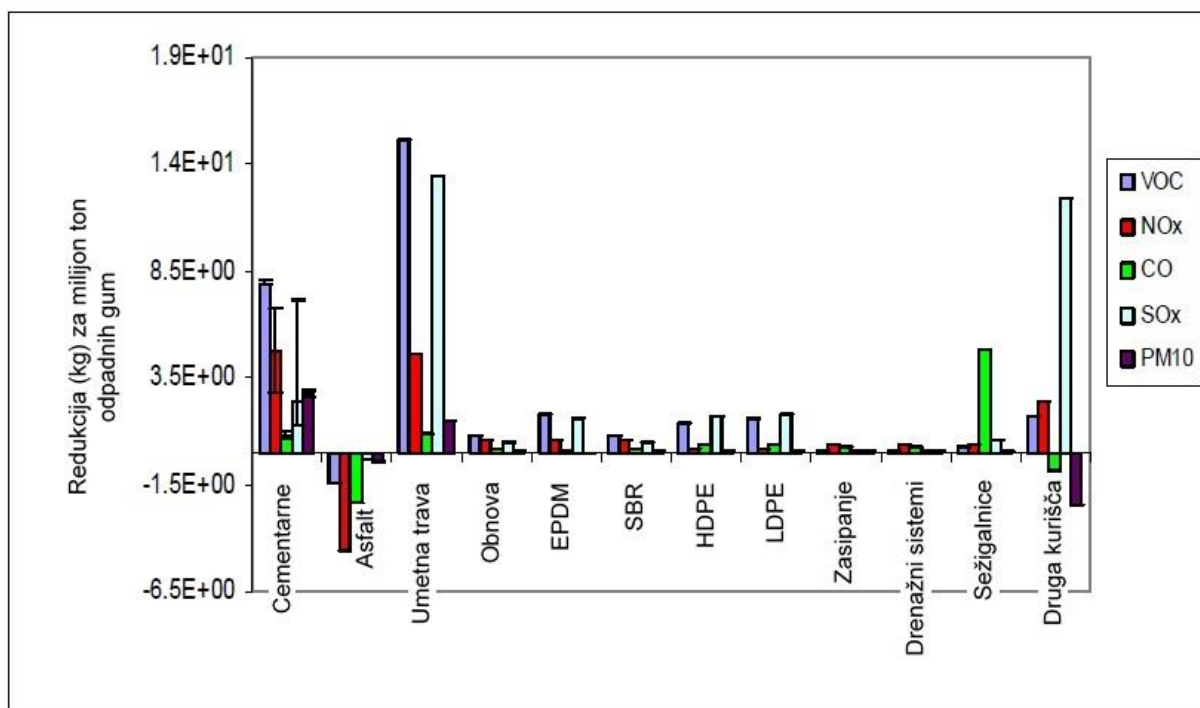
Slika 42: Meritve benzena [23]

V preglednici 18 so prikazane koncentracije PM₁₀, dušikovega dioksida in benzena, izmerjene na merilnih mestih Morsko in Gorenje Polje, ter mejne vrednosti v EU in mejne vrednosti, ki jih določa Svetovna zdravstvena organizacija (WHO). Iz podatkov je razvidno, da so koncentracije onesnaževal zraka pod mejnimi vrednostmi, predpisanimi v EU, kakor tudi pod mejnimi vrednostmi WHO, ki so še strožje.

Preglednica 18: Primerjava koncentracij nekaterih onesnaževal z letnimi mejnimi vrednostmi EU in WHO [23]

Onesnaževalo	MV EU [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	MV WHO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Salonit	
			Morsko [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Gorenje Polje [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PM ₁₀ (2010)	40	20	19,4	19,8
PM ₁₀ (2013)	40	20	15,7	18,0
PM ₁₀ (2014)	40	20	15,3	16,8
NO ₂ (2010)	40	40	9,1	10,5
Benzen (2010)	5	1,7	/	1

V ZDA je bila po naročilu podjetja Holcim, enega večjih svetovnih proizvajalcev cementa, narejena LCA-študija, katere namen je bil določiti najbolj okoljsko primeren način ponovne uporabe izrabljenih gum. V študiji so bile analizirane naslednje možnosti izrabljenih gum: soprocesiranje v cementarnah, uporaba v asfaltu, za proizvodnjo umetne trave, obnova, različne druge predelave gume v proizvode (EPDM, SBR, HDPE, LDPE), zasipanje, drenažni sistemi ter sežig in uporaba v kurilnih napravah. V študiji so bili obravnavani naslednji okoljski vplivi: potencial globalnega segrevanja, zakisljevanje, vpliv na zdravje ljudi (rakava in nerakava obolenja), vpliv zraka na zdravje ljudi (ozon, PM₁₀, NO_x, SO_x, CO in svinec), potencial evtrofikacije, tanjšanje ozonske plasti, ekotoksičnost (vpliv na organizme in okolje) in fotokemičen smog. Rezultati študije so pokazali, da ima razen dveh vidikov (ekotoksičnost in zmanjševanje ozonske plasti) uporaba izrabljenih gum v cementarnah znatne koristi pri omenjenih okoljskih vplivih v primerjavi z ostalimi možnostmi [29, 39]. Na sliki 43 je prikazan vpliv na onesnaževala zraka pri različnih uporabah izrabljenih gum.



Slika 43: Vpliv na onesnaževala zraka pri različnih uporabah izrabljenih gum [39]

Na Portugalskem je bila izvedena obsežna ocena tveganja, kako vpliva soprocesiranje v cementarni na zdravje ljudi in okolje. Ocena je bila narejena na podlagi najslabšega možnega scenarija, da se določi, če emisije predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi in okolje. Podan je bil zaključek, da soprocesiranje nanju nima negativnih vplivov [27].

5.6.2 Hrup

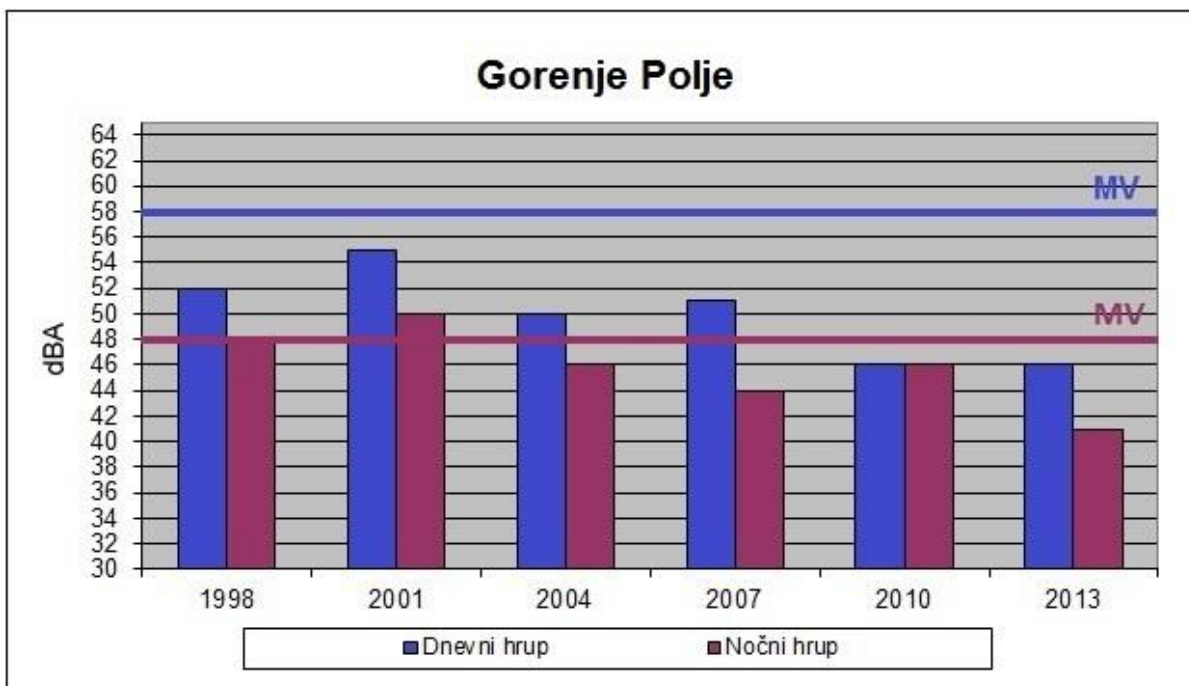
Zaradi izvajanja industrijske dejavnosti med obratovanjem naprave nastaja hrup. Glavne vire onesnaževanja okolja s hrupom predstavljajo različni viri, ki na imisijskih mestih povzročajo različne ravni hrupa. Med vire hrupa sodijo zlasti emisije hrupa mlinice surovin in cementa, rotacijske peči in pakirke z vsemi separatorji, ventilatorji, filtri oziroma elektromotorji ter emisije transportnih sredstev. V skladu z Uredbo o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju se območje naprave uvršča v četrto območje varstva pred hrupom (industrijsko območje), medtem ko se stavbe v njeni bližini uvrščajo v tretje območje varstva pred hrupom [53]. Salonit Anhovo je do konca leta 2006 izvedel program sanacije, s katerim je bistveno znižal nivoje hrupa v okolici cementarne. Poleg občasnih internih meritev hrupa v okolju izvaja obratovalni monitoring hrupa v okolju vsake tri leta zunanji pooblaščen izvajalec [73]. Na sliki 44 so označena merilna mesta, kjer se opravlja merjenje hrupa v okolici, medtem ko so na slikah 45–48 prikazane izmerjene vrednosti hrupa.



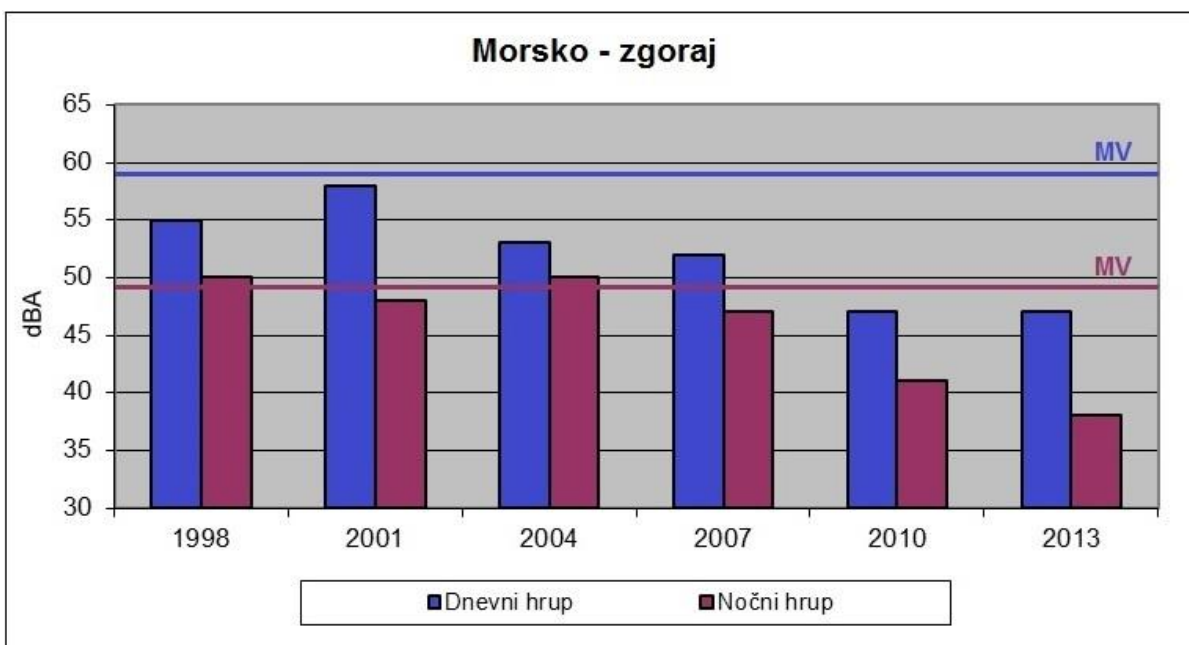
Slika 44: Merilna mesta za merjenje hrupa [23]

Na merilnih mestih Gorenje Polje in Morsko lahko vidimo, da so bile izmerjene vrednosti dnevnega hrupa skozi leta pod mejnimi vrednostmi, vrednosti nočnega hrupa pa so bile v letih 2001 in 2004

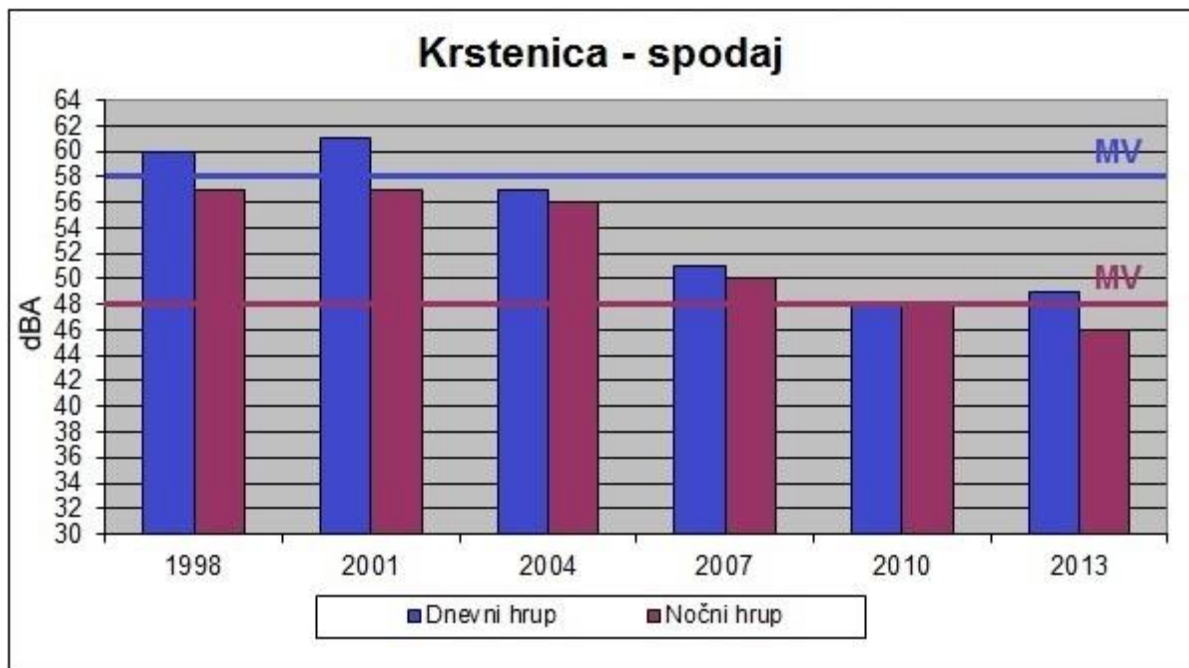
rahlo nad mejnimi vrednostmi. Na merilnem mestu Krstenica - spodaj so bile vrednosti dnevnega hrupa do leta 2001 malo nad mejnimi vrednostmi, medtem ko so vrednosti nočnega hrupa padle pod mejno vrednost po letu 2007. Po tem letu, ko so bile izvedene sanacije za zmanjšanje hrupa, so bile izmerjene vrednosti dnevnega in nočnega hrupa na vseh merilnih mestih pod mejnimi vrednostmi.



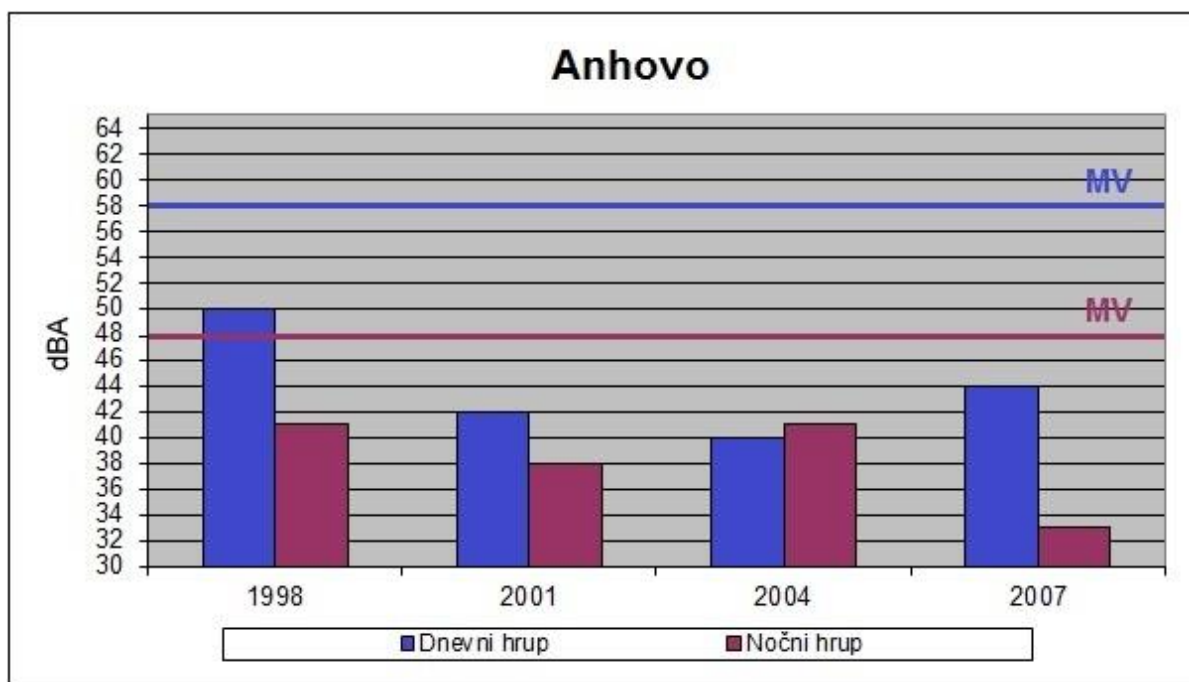
Slika 45: Izmerjene vrednosti hrupa na merilnem mestu Gorenje Polje [83]



Slika 46: Izmerjene vrednosti hrupa na merilnem mestu Morsko - zgoraj [23]



Slika 47: Izmerjene vrednosti hrupa na merilnem mestu Krstenica - spodaj [83]



Slika 48: Izmerjene vrednosti hrupa v Anhovem [83]

Izrabljene gume same ne povzročajo hrupa, se pa uporabljajo kot sekundarni energent v proizvodnji cementa, ki pa je vir hrupa. Hrup, ki prispevajo izrabljene gume, je lahko posledica njihovega nalaganja na dozirni trak z delovnim strojem in njihove dobave, saj ta poteka s kamioni.

6 ZAKLJUČEK

Cementna industrija je zelo velik porabnik energije, saj ta predstavlja 40 % proizvodnih stroškov. Toplotna energija, ki je potrebna za proces proizvodnje cementa, se pridobiva z zgorevanjem fosilnih goriv, ki predstavljajo neobnovljive naravne vire. V zadnjih nekaj desetletjih se je postopoma uveljavila in razširila uporaba odpadkov kot alternativnih goriv, ki znižujejo stroške proizvodnje, omogočajo varčevanje neobnovljivih naravnih virov ter igrajo hkrati s soprocesiranjem v cementarnah pomembno vlogo na področju ravnanja z odpadki. S soprocesiranjem izrabljenih gum v procesu žganja klinkerja potekata hkrati energetska izraba in snovna predelava posameznih komponent gume, saj kalorična vrednost gume nadomesti neobnovljiva fosilna goriva, medtem ko mineralni del nadomesti surovine, ki so potrebne v procesu. Proces žganja klinkerja pa je tudi glavni vir emisij snovi v zrak, saj te nastanejo pri fizikalno-kemijskih reakcijah v surovinah ter ob zgorevanju goriv.

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako vpliva soprocesiranje izrabljenih gum na emisije snovi v zrak ter na okolje in zdravje ljudi. Alternativna goriva se morajo dozirati skozi primerne naprave in mesta v procesu, da se zagotovi popolno zgorevanje in preprečijo neželene emisije. Dimni plini, ki nastanejo pri zgorevanju, se morajo zato za vsaj 2 sekundi zadrževati na temperaturi 850 °C ali več. Izrabljene gume v cementarni SA zgorevajo v napravi HOTDISC, kjer je temperatura okrog 1000 °C, zadrževalni čas pa večji od 2 sekund, saj dimni plini potujejo iz HOTDISC-a v kalcinator, v katerem se zadržijo do 6 sekund. Sestava izrabljenih gum je primerljiva s sestavo fosilnih goriv, kot sta premog in petrokoks. Poleg tega je vsebnost žvepla, dušika in ogljika, ki lahko povzročajo emisije NO_x, SO₂ in CO₂, kot tudi nekaterih kovin, predvsem živega srebra in talija, nižja v izrabljenih gumah v primerjavi s premogom in petrolkoksom, kar vodi do nižjih emisij. Izrabljene gume vsebujejo tudi okrog 27 % biogenega ogljika, ki izhaja iz naravnega kavčuka, kar pomeni, da še dodatno vplivajo na znižanje emisij toplogrednega plina CO₂. Glede na podatke o meritvah emisij snovi v zrak v cementarni SA, so vrednosti emisij pod mejnimi vrednostmi, ki so zakonsko določene. Prav tako so tudi koncentracije onesnaževal zunanjega zraka pod mejnimi vrednostmi.

Po letu 2008 se je v cementarni SA začela povečevati količina soprocesiranih izrabljenih gum, kljub temu pa se emisije niso povečale, ampak so se celo zmanjševale. Med drugim so bile narejene tudi številne študije in LCA-analize izrabljenih gum. V eni izmed LCA-analiz je bil podan vpliv na emisije ob uporabi izrabljenih gum v cementarni v primerjavi z uporabo samo fosilnih goriv. Rezultati so pokazali, da so v primeru uporabe izrabljenih gum, poleg drugih vplivov, tudi emisije snovi v zrak manjše. Druga študija, katere namen je bil določiti najbolj okoljsko primeren način uporabe izrabljenih gum, je med drugimi obravnavala tudi vpliv na zdravje ljudi. Rezultati so pokazali, da ima uporaba izrabljenih gum v cementarni znatne koristi tako pri okoljskih vplivih kot tudi pri vplivu na zdravje ljudi v primerjavi z ostalimi uporabami.

Glede na dostopne podatke in ugotovitve različnih študij lahko zaključimo, da uporaba izrabljenih gum v cementarni ne poveča emisije snovi v zrak. Ravno nasprotno, nekatere emisije se z uporabo izrabljenih gum celo zmanjšajo. Prav tako soprocesiranje izrabljenih gum ne povzroča večjih vplivov na okolje in zdravje ljudi.

VIRI

- [1] Zgodovina. 2016.
http://www.salonit.si/o_druzbi/zgodovina/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [2] Cement – predstavljajte si svet brez njega. 2016.
http://slocem.si/o_cementu/2011111416283061/Cement%20%E2%80%93%20predstavljajte%20si%20svet%20brez%20njega%E2%80%A6/ (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [3] Kajič, P., Lampl, C., Bernard, D. 2009. Uporaba alternativnih goriv in surovin v Lafarge Cement d.d. Trbovlje. V: Kortnik, J. (ur.). Zbornik 10. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo Gospodarjenje z odpadki – GZO'09, Nova Gorica, 27. avgust 2009. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: str. 72–79.
- [4] Ljubič-Mlakar, T., Vuk, T. 2015. Vloga cementarn v sistemu nič odpadkov ravnanja z odpadki. V: Strokovno posvetovanje Kako do nič odpadkov v Sloveniji?, Ptuj, 9. in 10. april 2015. Ljubljana: Zveza ekoloških gibanj Slovenije: str. 169–179.
- [5] Zakonodaja in dovoljenja. 2016.
http://www.salonit.si/okolje/zakonodaja_in_dovoljenja/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [6] Direktiva o emisijah iz industrije. 2016.
https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Emisije-iz-industrijskih-virov/Nova-direktiva-o-emisijah-iz-industrije (Pridobljeno 12. 7. 2016.)
- [7] Ljubič-Mlakar, T., Vuk, T. 2009. Alternativna goriva v cementni industriji – možnosti in omejitve. V: Kortnik, J. (ur.). Zbornik 10. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo Gospodarjenje z odpadki – GZO'09, Nova Gorica, 27. avgust 2009. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: str. 56–71.
- [8] Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja. Uradni list RS št. 31–1697/2007: 4308.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4056> (Pridobljeno 5. 4. 2016.)
- [9] Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega. Uradni list RS št. 57–2392/2015: 6765.

- <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7002> (Pridobljeno 18. 4. 2016.)
- [10] Uredba o emisiji snovi v zrak iz naprav za proizvodnjo cementa. Uradni list RS št. 34–1844/2007: 4895.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4471> (Pridobljeno 18. 4. 2016.)
- [11] Uredba o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov. Uradni list RS št. 8–285/2016: 998.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6511> (Pridobljeno 5. 4. 2016.)
- [12] Uredba o toplogrednih plinih, dejavnostih in napravah, za katere je treba pridobiti dovoljenje za izpuščanje toplogrednih plinov oziroma izvajati monitoring emisij toplogrednih plinov. Uradni list RS št. 55–2604/2011: 7945.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5824> (Pridobljeno 17. 5. 2016.)
- [13] Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju. Uradni list RS št. 105–4558/2005: 11025.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED3653> (Pridobljeno 18. 4. 2016.)
- [14] Uredba o odpadkih. Uradni list RS št. 37–1513/2015: 4088.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7011> (Pridobljeno 23. 11. 2015.)
- [15] Pezdir, A. 2016. Reciklaža izrabljenih gum. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Pezdir): 49 f.
- [16] Uredba o ravnanju z izrabljenimi gumami. Uradni list RS št. 63–2981/2009: 9029.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5115> (Pridobljeno 23. 11. 2015.)
- [17] Pravilnik o skladiščenju izrabljenih gum. Uradni list RS št. 37–1846/2011: 5009.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10461> (Pridobljeno 23. 11. 2015.)
- [18] Viler-Kovačič, A. 2001. Ravnanje z odpadki. Ljubljana, GV Založba: 453 str.
- [19] Bernard-Vukadin, B., Polanec, V. 2009. Ravnanje z odpadki. Agencija RS za okolje.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=237 (Pridobljeno 22. 4. 2016.)
- [20] Uporaba sekundarnih energentov. 2016.

- https://www.salonit.si/okolje/uporaba_sekundarnih_energentov/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [21] Guidelines for Co-processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing. 2014. World Business Council for Sustainable Development: 31 str.
http://www.wbcscement.org/pdf/CSI%20Guidelines%20for%20Co-Processing%20Fuels%20and%20Raw%20Materials%20in%20Cement%20Manufacturing_v2.pdf (Pridobljeno 8. 6. 2016.)
- [22] Activity report 2014. 2015. The European Cement Association: 42 str.
http://www.cembureau.be/sites/default/files/Activity%20Report%202014_website_1.pdf (Pridobljeno 20. 4. 2016.)
- [23] Kako spremljamo in obvladujemo vplive na okolje. Dnevi odprtih vrat 2015. Salonit Anhovo.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/ (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [24] Keuc, A., Shinn, M., Balogh, E. 2005. Preprečevanje in zmanjševanje odpadkov v Sloveniji. Ljubljana, Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, ustanova: 160 str.
- [25] Waste recovery & recycling. 2016.
<http://www.cembureau.be/topics/resource-efficiency-cement-industry/co-processing-cement-industry-using-waste-resource> (Pridobljeno 21. 4. 2016.)
- [26] The role of cement in the 2050 low carbon economy. The European Cement Association: 63 str.
<http://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/uploads/Modules/Documents/cembureau-brochure.pdf> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [27] Sustainable cement production: Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials in the European Cement Industry. 2009. The European Cement Association: 15 str.
<http://www.cembureau.be/sites/default/files/Sustainable%20cement%20production%20Brochure.pdf> (Pridobljeno 22. 4. 2016.)
- [28] How can the cement industry contribute to EU recycling targets?. 2015. The European Cement Association: 15 str.
http://www.cembureau.be/sites/default/files/documents/2015-03-24_CEMBUREAU_FinalPublication_Co-processing.pdf (Pridobljeno 22. 4. 2016.)

- [29] Reščič, L., Vuk, T., Kajič, P. 2014. LCA analiza rabljenih gum in možnosti energetske uporabe v slovenskih cementarnah. V: Kortnik, J. (ur.), Nwaubani, S.O. (ur.). Zbornik 15. posvetovanja z mednarodno udeležbo Gospodarjenje z odpadki – GzO'14, Ljubljana, 27.–28. avgust 2014. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: str. 68–77.
- [30] Surovine in goriva. 2016.
http://slocem.si/surovine_in_goriva/ (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [31] Achieving a truly circular economy for waste. The co-processing solution. 2016.
<http://www.cembureau.eu/achieving-truly-circular-economy-waste-co-processing-solution>
(Pridobljeno 21. 4. 2016.)
- [32] Schorcht, F., Kourti, I., Scalet, B.M., Roudier, S., Delgado-Sancho, L. 2013. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. European Commission: 475 str.
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CLM_Published_def.pdf (Pridobljeno 5. 4. 2016.)
- [33] Proizvodnja cementa. 2016.
http://slocem.si/proizvodnja_cementa/ (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [34] Cement industry – main characteristics. 2016.
<http://www.cembureau.be/about-cement/cement-industry-main-characteristics> (Pridobljeno 21. 4. 2016.)
- [35] Alternativna goriva. 2016.
<http://www.lafarge.si/skrb-za-okolje/alternativna-goriva/> (Pridobljeno 8. 6. 2016.)
- [36] Environmental Benefits of Using Alternative fuels in Cement Production. 1999. The European Cement Association: 23 str.
- [37] 2011 Conventional and Alternative Fuels Data in EU28 Cement Industry. The European Cement Association: 5 str.
- [38] Cements for a low-carbon Europe. 2012. The European Cement Association: 24 str.

- <http://www.cembureau.be/sites/default/files/documents/Cement%20for%20low-carbon%20Europe%20through%20clinker%20substitution.pdf> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [39] Fiksel, J., Bakshi, B., Baral, A., Rajagopalan, R. 2009. Comparative Life Cycle Analysis of Alternative Scrap Tire Applications including Energy and Material Recovery. Center for Resilience at the Ohio State University: 84 str.
- [40] Avsec, S. 2007. Odpadne gume in kam z njimi. GEA 17, november 2007: 8–11.
- [41] Lemarchand, D. 2007. Used tyres in cement kilns. Lafarge Cement: 21 str.
- [42] Scheirs, J. 1998. Polymer recycling: science, technology and applications. Chichester idr., John Wiley & Sons: 591 str.
- [43] Technical guidelines on hazardous wastes: Identification and management of used tyres. 1999. Geneva, Basel Convention Series/SBC No:99/008: 40 str.
http://valorpneu.pt/output_efile.aspx?id_file=476 (Pridobljeno 16. 10. 2015.)
- [44] Značilne neto kalorične vrednosti in emisijski faktorji. 2016.
<http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/Register%20emisij%20kuponov/Obvestila/> (Pridobljeno 8. 6. 2016.)
- [45] Senegačnik, A. 2005. Osnovne značilnosti goriv. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 102 str.
http://lab.fs.uni-lj.si/kes/goriva_in_zgorevanje/gz-predavanja.pdf (Pridobljeno 12. 7. 2016.)
- [46] Upadhyay, J., Jayaraman, N. 2014. Comparative Properties of Bituminous Coal and Petroleum Coke as Fuels in Cement Kilns. PEC Consulting Group.
<http://peiconsultinggroup.com/newsflash/comparative-properties-of-coal-and-petcoke> (Pridobljeno 12. 7. 2016.)
- [47] Evidenca načrtov in skupnih načrtov ravnanja z izrabljenimi gumami. 2016. Agencija RS za okolje: 12 str.
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/podatki/Evidenca%20na%20c4%208drtgume%2021042016.pdf> (Pridobljeno 8. 6. 2016.)
- [48] Podatki iz prejetih letnih poročil o predelavi/odstranjevanju odpadkov za leto 2014. 2016.

<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/>

(Pridobljeno 8. 6. 2016.)

- [49] Družbena odgovornost – naše vodilo. 2016.
https://www.salonit.si/o_druzbi/druzbeno_odgovornost/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [50] <https://www.salonit.si/> (Pridobljeno 22. 6. 2016.)
- [51] Technical guidelines on the environmentally sound co-processing of hazardous wastes in cement kilns. 2011. Basel Convention: 56 str.
- [52] Odločba o spremembi okoljevarstvenega dovoljenja. 2014.
<http://okolje.arso.gov.si/ippc/tabela/15> (Pridobljeno 26. 5. 2016.)
- [53] Okoljevarstveno dovoljenje. 2007.
<http://okolje.arso.gov.si/ippc/tabela/15> (Pridobljeno 26. 5. 2016.)
- [54] Žarnič, R. 2003. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij: 350 str.
- [55] Tehnologija. 2016.
https://www.salonit.si/o_druzbi/tehnologija/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [56] 2D-gorivo in rotacijska peč. 2016.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [57] FLEXIFLAME – rotary kiln burner. 2016.
<http://greco-ltd.com/dedi2578.your-server.de/products-services/products/flexiflame-rotary-kiln-burner.html> (Pridobljeno 22. 6. 2016.)
- [58] Cementi. 2016.
https://www.salonit.si/proizvodi_in_storitve/cementi/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [59] Zagoni peči. 2015.
<https://www.salonit.si/aktualno/novice/2015102810251252/> (Pridobljeno 19. 5. 2016.)

- [60] Okolje in zdravje. 2015.
https://www.salonit.si/aktualno/odgovori_na_vprasanja/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [61] Goriva za rotacijsko peč – gorilnik. 2016.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [62] Analize goriv. 2016.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [63] Laboratorijske storitve. 2016.
https://www.salonit.si/proizvodi_in_storitve/storitve/2013051513532999/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [64] Ipavec, A. 2016. Uporaba izrabljenih gum v cementarni. Osebna komunikacija. (18. 5. 2016.)
- [65] Dozacija gum. 2016.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [66] Bucik, T. 2016. Uporaba izrabljenih gum v cementarni. Osebna komunikacija. (18. 5. 2016.)
- [67] HOTDISC combustion device. 2011. FLSmidth: 8 str.
<http://www.flsmidth.com/en-US/Related+content/Brochures/Pyroprocessing/HOTDISC+Combustion+Device> (Pridobljeno 25. 5. 2016.)
- [68] Guidelines for Emissions Monitoring and Reporting in the Cement Industry. 2012. World Business Council for Sustainable Development: 36 str.
http://www.wbcscement.org/pdf/CSI_TF4%20Emissions%20monitoring_Web.pdf
(Pridobljeno 13. 6. 2016.)
- [69] Okolje. 2016.
<http://slocem.si/okolje/> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [70] Justnes, H., Engelsen, C.J. 2015. Utilization of anthropogenic ashes in cement and concrete technology. V: Kortnik, J. (ur.). Zbornik 16. posvetovanja z mednarodno udeležbo

Gospodarjenje z odpadki – GzO'15 Urbano rudarjenje, Ljubljana, 26.–27. avgust 2015.
Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo: str. 73–83.

- [71] Procesi in materiali. 2015.
https://www.salonit.si/aktualno/odgovori_na_vprasanja/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [72] Ljubič-Mlakar, T. 2016. Uporaba izrabljenih gum v cementarni. Osebna komunikacija. (19. 7. 2016.)
- [73] Prvine okolja. 2016.
https://www.salonit.si/okolje/prvine_okolja/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [74] Emisije snovi v zrak. 2016.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [75] Nadzor proizvodnje. 2016.
https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)
- [76] Preglednica povprečnih vrednosti emisij snovi v zrak. 2016.
https://www.salonit.si/okoljski_podatki/porocila/letna_porocila/ (Pridobljeno 26. 5. 2016.)
- [77] Rezultati emisijskih meritev Evropskih cementarn in primerjava s Salonitom Anhovo – leto 2012. 2016.
https://www.salonit.si/okoljski_podatki/gradiva/primerjave_in_trendi/ (Pridobljeno 19. 5. 2016.)
- [78] Krömer, S., Kreipe, E., Reichenbach, D., Stark, R. 1999. Life Cycle Assessment of a Car Tire. Germany, Continental AG: 41 str.
- [79] Ipavec, A. 2016. Uporaba izrabljenih gum v cementarni. Osebna komunikacija. (19. 7. 2016.)
- [80] Izvedbeni sklep Komisije z dne 26. marca 2013 o določitvi zaključkov o najboljših razpoložljivih tehnologijah (BAT) v skladu z Direktivo 2010/75/EU Evropskega parlamenta in

Sveta o industrijskih emisijah za proizvodnjo cementa, apna in magnezijevega oksida. Uradni list EU L 100/2013: 1–45.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D0163&from=EN>

(Pridobljeno 5. 4. 2016.)

- [81] Cegnar, T., Gjerek, M., Koleša, T. idr. 2015. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2014. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 118 str.

http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/porocilo_2014.pdf (Pridobljeno 5. 7. 2016.)

- [82] Uredba o kakovosti zunanjega zraka. Uradni list RS št. 9–368/2011: 964.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5493> (Pridobljeno 2. 6. 2016.)

- [83] Meritve hrupa. 2016.

https://www.salonit.si/dnevi_odprtih_vrat_2015/kako_so_potekali_dnevi_odprtih_vrat/

(Pridobljeno 20. 5. 2016.)