

MODEL KROŽNEGA GOSPODARSTVA IN TRAJNOSTNE REŠITVE RECIKLIRANJA GRADBENIH ODPADKOV

NEJC ČASAR¹, ROBERT ŠKET², EVA GRADIŠNIK³

¹ študent Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru, Maribor, Slovenija

² študent Ekonomsko-poslovne fakultete Univerze v Mariboru, Maribor, Slovenija

³ študentka Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru, Maribor, Slovenija

E-pošta: nejc.casar@student.um.si; robert.sket1@student.um.si;
eva.gradisnik@student.um.si

Sprejeto

3. 5. 2023

Izdano

18. 8. 2023

DOPISNI AVTOR

nejc.casar@student.um.si

Povzetek V gradbeništvu nastanejo velike količine odpadkov, ki jih pogosto prehitro zavržemo med odpadke. Ponovna uporaba, uporaba sekundarnih materialov in ter njihovo recikliranje, dokler je to mogoče sta ključna, da zagotovimo dovolj naravnih virov po katerih so vse večje potrebe. Obstaja kar nekaj možnih rešitev oz. načinov za ponovno uporabo gradbenih odpadkov, kot npr. asfalta, elektrofiltrskega pepela, cestnih pometkov, jalovine itd., katere predstavljamo v prispevku. Podjetje Nigrad že uporablja različne načine s katerimi predeluje različne vrste gradbenih odpadkov. Te načine smo preučili in raziskali mogoče izboljšave. Za predelavo cestnih pometkov in mulja pa smo poiskali najboljše možnosti predelave, saj predelave teh odpadkov podjetje še ne izvaja. Opravili smo tudi analizo ocen odpadkov s katerih podjetje predeluje odpadke. Na koncu smo svoje ugotovitve in pripravljene vsebine integrirali v Model krožnega gospodarstva in trajnostnih rešitev za recikliranje gradbenih odpadkov, ki bo še izboljšal krožno gospodarstvo v podjetju in njegovo trajnostni naravnost ter družbeno odgovornost.

Ključne besede:

Gradbeni odpadki,
recikliranje,
krožno gospodarstvo,
trajnost,
sekundarni materiali



1 Uvod v krožno gospodarstvo

Krožno gospodarstvo predstavlja koncept, ki temelji na trajnostni rabi virov in zagotavlja prehod k bolj trajnostnemu in odgovornemu načinu proizvodnje in potrošnje. V gradbeništvu ima koncept krožnega gospodarstva pomembno vlogo pri zmanjševanju vpliva gradbenega sektorja na okolje ter hkrati zagotavlja dolgoročno trajnost gradbenih projektov.

Krožno gospodarstvo v gradbeništvu temelji na uporabi trajnostnih gradbenih materialov, recikliranju in ponovni uporabi gradbenih odpadkov, ter upravljanju z viri in odpadki v gradbenih projektih. Poleg tega krožno gospodarstvo v gradbeništvu spodbuja zasnovano trajnostnih in energetsko učinkovitih stavb, ki omogočajo zmanjšanje porabe energije ter zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Z uvedbo krožnega gospodarstva v gradbeništvu se lahko doseže velike koristi za okolje, zmanjšuje se količina odpadkov in izpustov toplogrednih plinov, kar ima pozitiven vpliv na podnebne spremembe. Hkrati se zagotavlja dolgoročna trajnost gradbenih projektov, kar lahko prispeva k zmanjševanju stroškov in povečanju učinkovitosti gradbenega sektorja.

2 Uporaba sekundarnih materialov

Uporaba sekundarnih materialov je pomembna zaradi svojega potenciala za zmanjšanje porabe naravnih virov ter za zmanjšanje količine odpadkov, ki nastajajo v gradbeništvu. Ti materiali so lahko predelani in uporabljeni kot gradbeni materiali, kot so reciklirani beton, kovine, lesni ostanki in drugi odpadki.

Z njihovo uporabo lahko prispevamo k zmanjšanju porabe neobnovljivih virov, kot so na primer naravni pesek, kamen in les, ter tako ohranjamo naravne vire za prihodnje generacije. Poleg tega se z uporabo sekundarnih materialov zmanjšuje količina odpadkov, ki bi sicer končali na odlagališčih in tako prispevali k onesnaževanju okolja.

Lahko se tudi zmanjša vpliv gradbenega sektorja na okolje in prispeva k trajnostnemu razvoju gradbeniške industrije. Poleg tega je uporaba sekundarnih materialov lahko tudi ekonomsko učinkovita, saj se z zmanjšanjem porabe naravnih virov in odpadkov zmanjšajo tudi stroški gradbenega projekta.

3 Uporaba sekundarnih materialov v podjetju Nigrad komunalno podjetje d.o.o. in rešitve za izboljšanje trajnostnega ravnanja z odpadki v podjetju

V sodelovanju s podjetjem Nigrad, komunalno podjetje, d. o. o. (v nadaljevanju: Nigrad) sva se z Nejcem lotila naloge iskanja boljših in pa tudi novih rešitev za predelavo in ponovno uporabo različnih gradbenih materialov. Največji problem so cestni pometki in odpadki mulj, za katere pa še nimajo znane rešitve kako jih ponovno uporabiti.

Podjetje Nigrad je specializirano za predelavo različnih materialov, kot so odpadni asfalt (tega zmeljejo in ga uporabljajo večinoma za bankine in bolj grobo frakcijo za zasipe), odpadni beton (fino mletega bodo testno pričeli uporabljati kot tampon za ceste, bolj grobega pa uporabljajo za zasipe), zeleni obrez (leseni del porabljajo za sekance).

V predelavo pa pošiljajo biološke in nevarne odpadke kot so: trava, mulj iz črpališč in snov, ki jo pridobijo iz črpanja cestni požiralnikov (nekakšna mešanica peska, soli, listja in odpadnih voda), predajajo pa tudi kosovne odpadke kot so gume, gospodinjske naprave in druga elektronska oprema.

Največji problem med odpadki jim kot že omenjeno predstavljajo pometki, zraven tega pa še »blato« oz. mulj, ki nastaja pri črpanju kanalizacije in je skladiščeno v bazenu za podjetjem, ta odpadek prevzema Saubermacher.



Slika 1: Shematični prikaz krožnega gospodarstva v podjetju Nigrad

Vir: svoj.

3.1 Ponovna uporaba asfalta

Asfalt je eden najbolj uporabljenih gradbenih materialov za izgradnjo cest, parkirišč in drugih površin. Vendar pa gradnja novih cest in obnova obstoječih cest ustvarja veliko količino asfaltne odpadne mase. Da bi zmanjšali količino odpadnega materiala in ohranili okolje, se vse več ljudi zanima za ponovno uporabo asfalta.

Ponovna uporaba asfalta se izvaja na različne načine. Ena izmed najbolj razširjenih metod je recikliranje, pri čemer se stari asfalt zmleti v drobljenec in nato dodajo novi materiali, kot so veziva in agregati, da se ustvari nov asfalt. Ta postopek se imenuje hladno recikliranje in se uporablja za popravila manjših poškodb cest. Druga metoda ponovne uporabe asfalta je topla reciklaža, pri kateri se stari asfalt segreje in nato zmleti v drobljenec. Nato se mu doda vezivo in se uporabi kot osnova za novo cesto. Ta metoda se pogosto uporablja za obnovo obstoječih cest.

Ponovna uporaba asfalta ima veliko prednosti:

- 1) zmanjša količino odpadnega materiala in zmanjšuje onesnaževanje okolja
- 2) zmanjša količino novega asfalta, ki bi ga bilo treba proizvesti, kar zmanjša stroške gradnje in emisije toplogrednih plinov
- 3) ponovna uporaba asfalta ima enake, če ne boljše lastnosti kot novo izdelan asfalt, kar pomeni, da so ceste in druge površine, ki so zgrajene iz ponovno uporabljenega asfalta, prav tako trajne in kakovostne.

Reciklirani asfalt se lahko uporablja v gradbeništvu na več načinov. **Nekateri primeri uporabe recikliranega asfalta so:**

- 1) Novi asfalt: kot agregat za izdelavo novega asfalta.
- 2) Popravila cest: lahko se uporabi pri manjših popravilih cest. Stari asfalt se zmelje v drobljenec in uporabi kot osnova za novo plast asfalta.
- 3) Podlaga za ceste: kot osnova za gradnjo cest.
- 4) Drsniki za ploščice: kot osnova za izdelavo drsnikov za ploščice.
- 5) Zapolnitev luknjic: lahko se uporabi za zapolnitev manjših luknjic in vdolbin na cestah.

Uporaba recikliranega asfalta v gradbeništvu ima veliko prednosti, med katerimi sta zmanjšanje količine odpadnega materiala in zmanjšanje porabe novih surovin, ter posledično zmanjšanje stroškov, saj je potrebna manjša količina nabave novih materialov. Poleg tega lahko recikliran asfalt zagotovi enake ali celo boljše lastnosti kot nov asfalt, kar prispeva k trajnostnemu in okolju prijaznemu gradbenemu sektorju.

3.2 Mešani gradbeni odpad

Mešani gradbeni odpad je sestavljen iz različnih materialov, kot so beton, opeka, kovine, plastika, steklo in drugo. Te različne materiale je mogoče predelati na različne načine, da se pridobijo sekundarni materiali, ki se lahko uporabijo kot reciklati v gradbeništvu.

Nekatere od možnih predelav mešanega gradbenega odpada in uporaba reciklatov so:

- **Ločevanje:** mešani gradbeni odpad se razvrsti in loči po posameznih materialih, na primer z ročnim sortiranjem, magnetnim ločevanjem, zračno

separacijo, flotacijsko separacijo itd. Posamezni materiali se nato lahko predelajo v sekundarne surovine.

- **Drobljenje:** beton, opeka in drugi materiali se lahko zdrobijo na majhne koščke, ki se lahko nato uporabijo kot agregat v novih gradbenih materialih (npr. beton in asfalt).
- **Rezanje:** kovi in drugi materiali se lahko režejo na majhne koščke, ki se lahko nato uporabijo kot sekundarni materiali.
- **Obdelava:** plastika in druge nekovinske materiale se lahko obdelajo in predelajo v nove izdelke, kot so plastične plošče, cevi in drugo.
- **Prenašanje:** določene vrste gradbenih odpadkov, kot so vrtni odpadki in zemlja, se lahko predelajo in uporabijo kot gnojilo ali pa za razne zasipe.

Kot že rečeno lahko nadomeščajo naravni agregat ali tradicionalna veziva (cement, apno, bitumen). Recikrirani agregati imajo v praksi preizkušeno uporabno vrednost, postopki njihove tehnične predelave so znani in preverjeni, za njih veljajo isti standardi kot za naravne materiale.

Recikliran agregat iz betonskih ruševin se je izkazal celo za boljšega od naravnega, če ga uporabimo kot nosilno nevezano plast v cestogradnji, saj se v primerjavi z naravnim bolje in lažje zgosti, poleg tega izkazuje manj deformacij v teku uporabe.



Slika 2: primer recikliranja in ponovne uporabe mešanega gradbenega odpada

Vir: svoj.

Reciklirani agregat se lahko uporabi na različne načine v gradbeništvu, odvisno od kakovosti in vrste materiala.

Nekaj primerov uporabe recikliranega agregata:

- za gradnjo zunanjih površin, kot so pločniki, tlakovci, parkirišča itd.
- kot nasipni material pri gradnji temeljev in pobočij.
- za stabilizacijo tal pri gradnji cest, železniških prog in drugih infrastrukturnih projektov.
- nasipni material pri gradnji nasipov in podpornih zidov.
- za gradnjo zidov, tako za notranje kot zunanje stene.
- kot izolacijski material v gradbenih konstrukcijah.

Največji potencial za uporabo recikliranih agregatov v gradbeništvu je pri izdelavi nevezanih nosilnih ali nenosilnih plasti, ki se uporabljajo za različne namene (na primer: za protihrupne ali protipoplavne nasipe, za spodnji in zgornji ustroj ceste, vključujoč plasti vozišča) in za zamenjavo naravnega agregata pri izdelavi asfaltnih in betonskih mešanic.



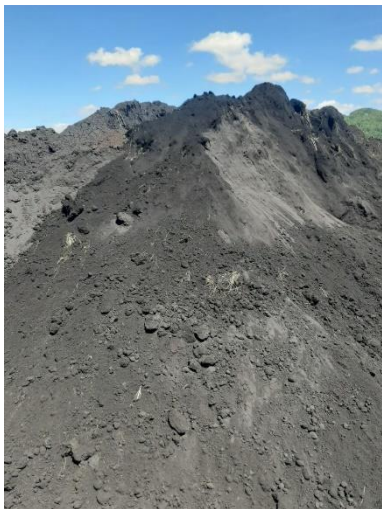
Slika 3: možne uporabe recikliranih agregatov v gradbeništvu

Vir: svoj.

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije so izvedli raziskavo uporabnosti odpadnega drobljenega betona kot agregat v betonu. Dobljeni rezultati so pokazali, da na lastnosti betona, pripravljene z recikliranim agregatom, najbolj vpliva zamenjava

naravnega agregata z recikliranim v drobni frakciji. Zato je priporočljivo, da se v praksi zamenjuje le grobe frakcije agregata, kjer je velikost zrna večja od 4 mm.

3.3 Elektrofiltrski pepel



Slika 4: elektrofiltrski pepel

Vir: svoj.

Elektrofiltrski pepel (v nadaljevanju EFP) spada po klasifikacijskem seznamu (Uredba o ravnanju z odpadki, UI RS, št.34 priloga 7) med nenevarne odpadke s klasifikacijskimi številkami 10 01 01, 10 01 02 in 10 01 03 in ima status odpadka vse dokler se ga s primernim načinom ne predela/obdela.

Povzeto po: M. Pogačnik: Vplivi odlagališča Termoelektrarne Trbovlje na okolje (diplomsko delo 2007).

Pepel, ki ga dnevno vozijo iz termoeenergetskih objektov na različna "odlagališča" po Sloveniji predstavlja ekološki problem. Premog vsebuje sledi vseh prvin v naravi. Med izgorevanjem v termoenergetskih objektih se namreč 75% do 90% tako imenovanega letečega pepela ujame v električnih filtrih, 10 % do 20 % pa ostaja v peči v obliki žindre ali ogorkov, kar se odlaga kot EFP. V pepelu so prisotne v sledovih tudi nekatere toksične prvine (krom, kobalt, nikelj, baker, kadmij, selen, cink, arzen, svinec in živo srebro). Ne gre pozabiti tudi na radioaktivnost pepela. Zaradi vsebnosti urana in torija v pepelih je možen tudi vpliv na okolje preko radioaktivnega sevanja. Za odlagališča EFP so točno določeni predpisi in zahteve, saj imajo iz ekološkega vidika negativen vpliv na okolje.

Zakonodaja, ki ureja področje odlaganja, zbiranja in obdelave/predelave odpadkov: Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15) Uredba o odlagališčih odpadkov Uradni list RS, št. 10/14, 54/15, 36/16 in 37/18)

Predelava elektrofiltrskega pepela vključuje naslednje korake:

- 1) Zbiranje in skladiščenje: zbere se iz elektrofiltrov in skladišči na primernem mestu, kjer se zagotovi ustrezno ravnanje z odpadki.

- 2) Razvrščanje: na osnovi kemične sestave in fizičnih lastnosti se razvrsti, da se določi, katere frakcije se lahko uporabijo v gradbeništvu.
- 3) Mletje: zmelje se v drobilniku, da se doseže ustrezna velikost delcev, kar je odvisno od vrste uporabe.
- 4) Stabilizacija: z dodajanjem različnih aditivov, kot so cement, apno, gips in drugi, da se doseže želena kemična sestava in fizične lastnosti.
- 5) Testiranje: Preden se uporabi v gradbeništvu, se mora opraviti testiranje, da se zagotovi, da je ustrezna kakovost in varnost za uporabo. Testiranje lahko vključuje analizo kemične sestave, fizikalne lastnosti in druge parametre, ki so pomembni za uporabo v gradbeništvu.

Ko je ustrezno predelan, se lahko uporabi v različnih gradbenih aplikacijah, kot so beton, opeka, izolacija in polnila. Pomembno pa je zagotoviti, da se pri uporabi EFP upoštevajo ustrezni predpisi in standardi za ravnanje z odpadki in gradbenimi materiali.

Uporabi se lahko za:

- Lahko se uporablja kot dodatek v gradbenih mešanicah, kot so beton in opeka. Ali pa kot nadomestek nekaterih sestavin, kot je delno nadomestilo za cement, kar lahko izboljša trdnost in odpornost na obrabo betona ali opeke. Uporaba v gradbenih mešanicah lahko zmanjša stroške gradnje in zmanjša količino odpadkov.
- Izolacijski material: uporaba kot izolacijski material lahko zmanjša porabo energije v stavbah in zmanjša emisije toplogrednih plinov. Lahko se uporablja tudi za izolacijo platojev, streh in sten.
- Polnilo za zemeljske nasipe in ceste. Ta lahko izboljša stabilnost in zmanjša stroške gradnje. Lahko se uporabi tudi za stabilizacijo zemljin z visoko židkostjo
- Lahko se uporablja tudi za izdelavo gradbenih blokov, plošč in drugih gradbenih materialov.

Standard določa, da se lahko kot ena od glavnih sestavin cementa uporabi le elektrofiltrski pepel pridobljen z elektrostatičnim ali mehanskim izločanjem prašnih delcev iz dimnih plinov peči, ki so kurjene z uprašenim premogom, z ali brez sosežiga.

Elektrofiltrski pepel je po naravi lahko silicijski ali kalcijki. Silicijski ima pucolanske lastnosti, kalcijki pa ima lahko dodatno še hidravlične lastnosti.

V cementu je dovoljena uporaba obeh, vendar je potrebno v oznaki cementa navesti katera vrsta elektrofiltrskega pepela je bila uporabljena. Pri elektrofiltrskem pepelu je potrebno preveriti ustreznost z zahtevami glede žarilne izgube, deleža reaktivnega kalcijevega oksida, deleža prostega kalcijevega oksida, deleža reaktivnega silicijevega dioksida in ekspanzije (prostorninska obstojnost). Pri kalcijem elektrofiltrskem pepelu je potrebno dodatno preveriti še finost (ostanek pepela po mokrem sejanju) in tlačno trdnost po 28 dneh.

Glede uporabe pepelov v betonih je potrebno upoštevati zahteve podane v standardu EN 206 (Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost). Pepel lahko uporabimo kot mineralni dodatek tipa II, če ima poleg ostalih zahtev tudi zadovoljive pucolanske in/ali latentno hidravlične lastnosti. Zahteve glede uporabe kot elektrofiltrski pepel so podane v standardu EN 450-1 (Elektrofiltrski pepel - 1. del: Definicije, specifikacije in merila skladnosti).

Standardi, ki določajo zahteve ponovne uporabe EFP:

- EN 197-1:2011, Cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti za običajne cemente.
- EN 206:2013, Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost.
- EN 450-1:2012, Elektrofiltrski pepel - 1. del: Definicije, specifikacije in merila skladnosti.
- EN 12620:2002, Agregati za beton.
- EN 13055:2016, Lahki agregati.

3.4 Jalovina

Jalovina je stranski produkt iz metalurške industrije, ki vsebuje odpadne kovinske delce, minerale in druge snovi. Predelava jalovine za ponovno uporabo v gradbeništvu vključuje naslednje korake:

- 1) Zbiranje in skladiščenje: zbere in skladišči se na primernem mestu, kjer se zagotovi ustrezno ravnanje z odpadki.
- 2) Ločevanje: loči se na osnovi kemične sestave in fizičnih lastnosti, da se določi, katere frakcije se lahko uporabijo v gradbeništvu.
- 3) Mletje: zmelje se v drobilniku, da se doseže ustrezna velikost delcev, kar je odvisno od vrste uporabe.
- 4) Magnetna separacija: obdela se z magnetno separacijo, da se odstranijo železni delci, ki se lahko reciklirajo v kovinsko industrijo.

- 5) Testiranje: preden se uporabi v gradbeništvu, se mora opraviti testiranje, da se zagotovi, da je ustrezna kakovost in varnost za uporabo. Testiranje lahko vključuje analizo kemične sestave, fizikalne lastnosti in druge parametre, ki so pomembni za uporabo v gradbeništvu.



Slika 5: Jalovina

Vir: svoj.

Ko je jalovina ustrezno predelana, se lahko uporabi v različnih gradbenih aplikacijah, kot so gradnja cest, nasipov, zidov in drugih gradbenih struktur. Lahko se uporabi tudi kot polnilo za zemljo ali kot agregat v betonskih mešanicah. Pomembno pa je zagotoviti, da se pri uporabi jalovine upoštevajo ustrezni predpisi in standardi za ravnanje z odpadki in gradbenimi materiali ter da se izvajajo ustrezni postopki za varno uporabo.

Jalovina, ki je stisnjena in zaprta pod oblogami, je stabilna in v okolico izpira relativno malo nevarnih spojin. Vendar je najbolje, da pod te strukture, zgrajene iz jalovine, nanesete obloge, da zagotovite, da je temu tako. Mešanje materiala v beton ali asfalt, ki se uporablja kot jedro ali premaz za strukturo, lahko namesto tega deluje tako, da ostane inkapsuliran in ne more vplivati na okolje. Poleg gradnje na kraju samem je lahko jalovina uporabna tudi za izdelavo gradbenih materialov. Zlasti opeke so bile zgrajene z visokim odstotkom ostankov brez ogrožanja vzdržljivosti ali vodoodpornosti. Pravzaprav lahko z uporabo jalovine bloki in opeke postanejo trši in bolj odporni na poškodbe, hkrati pa ostanejo nevarni materiali inertni in zaprti.

3.5 Cestni pometki

Cestni pometi so mešanica materialov, ki se naberejo na cestah, ulicah in drugih površinah, ko se čisti cestne obrobe, parkirišča in druga podobna območja. Pometi vsebujejo različne vrste odpadkov, kot so pesek, kamenje, prah, umazanija, listje in drugi odpadki. Pogosto so onesnaženi z olji, gorivi, solmi in drugimi kemikalijami, ki se uporabljajo na cestiščih. Predelava cestnih pomenkov je zato pomembna, saj omogoča njihovo ponovno uporabo in zmanjšanje količine odpadkov.

Cestne pometke je treba predelati, preden se lahko uporabijo v gradbeništvu. Najpogosteje se uporablja postopek razvrščanja, ki ločuje različne frakcije materiala, nato pa se ga lahko uporabi v različnih aplikacijah.

Postopek predelave običajno vključuje naslednje korake:

- 1) Zbiranje in transport: zberejo in transportirajo se na območje predelave.
- 2) Grobo razvrščanje: najprej se grobo razvrstijo z vibracijskim sitom, kar loči večje kose kamna in drugih trdih materialov.
- 3) Fino razvrščanje: nato se še bolj natančno razvrsti z uporabo sito-valjev ali drugih sortirnih naprav, ki ločijo različne frakcije materiala.
- 4) Čiščenje: s postopki, kot sta pranje in sesanje, da se odstranijo nečistoče, kot so pesek, zemlja in drugi delci.
- 5) Obdelava: predelani material se lahko nato uporabi v različnih aplikacijah, kot so proizvodnja asfaltnih mešanic, zemeljski izkopi, proizvodnja betonskih izdelkov in drugih gradbenih materialov.

Pomembno je tudi zagotoviti, da je predelava cestnih pometkov izvedena v skladu z zakonodajo in standardi ter da se upoštevajo okoljski vidiki in varnostne smernice.

V Sloveniji so predpisi in standardi, ki urejajo predelavo in uporabo cestnih pometkov v gradbeništvu, med drugim:

- Uredba o odpadkih (Ur. l. RS, št. 34/2011) določa načela in pogoje za ravnanje z odpadki, vključno s cestnimi pometki.
- Pravilnik o ravnanju z odpadki pri gradbenih dejavnostih (Ur. l. RS, št. 49/2013) podrobneje ureja postopke ravnanja z gradbenimi odpadki, vklj. s cestnimi pometi.
- Smernice za ravnanje s cestnimi pometi na javnih cestah (DARS, 2017) opisujejo postopek zbiranja, prevoza, skladiščenja, razvrščanja in obdelave cestnih pometkov.

- Smernice za uporabo cestnih pometkov v gradbeništvu (Izpitni center za gradbeništvo, 2019) vsebujejo priporočila za uporabo predelanega materiala v različnih gradbenih aplikacijah (zemeljski izkopi, asfaltne mešanice, betonski izdelki, zvočne ograje...)

Poleg tega morajo biti predelovalne naprave in postopki izpolnjevati določene standarde, ki zagotavljajo varnost in kakovost predelave ter zmanjšujejo negativne vplive na okolje.

Za ustrezno predelavo cestnih pometkov so potrebne posebne predelovalne naprave, ki zagotavljajo kakovostno ločevanje in obdelavo materialov. Nekatere od teh naprav so:

- Separacijski stroji - ločujejo različne frakcije materiala, kot so kamenje, pesek in prah.
- Mlini za drobljenje - zdrobijo različne dele pometkov na manjše kose.
- Cikloni - odstranijo prah in druge majhne delce iz zraka, ki se sprošča med predelavo.
- Magneti - izločijo železne delce, ki so prisotni v cestnih pometih.
- Vrtavke in sita - uporabljajo se za nadaljnje ločevanje materialov po velikosti.
- Mešalniki - mešajo različne frakcije materiala, da dobimo homogeno maso.
- Sušilnice - posušijo material pred nadaljnjo obdelavo ali skladiščenjem.
- Kontrolne naprave - zagotavljajo, da je predelan material primeren za uporabo v gradbenih aplikacijah in izpolnjuje ustrezne standarde.

Najbolj učinkovita predelava cestnih pometkov se doseže z uporabo celovitega postopka predelave, ki vključuje uporabo različnih naprav in tehnologij.

Obstaja tudi nekaj podjetij, ki se ukvarjajo z izdelavo obrata »na ključ« za tolikšno predelavo pometkov, da so pripravljeni za ponovno uporabo.

3.5.1 Podjetje CDE Group

Razvili so preizkušeno opremo, ki uporablja niz tehnik odvodnjavanja, ločevanja po gostoti, drgnjenja in pranja pod visokim pritiskom za obdelavo odpadkov iz pometanja cest in jarkov ter odstranjevanje onesnaženja. Dobljen material se lahko potem porablja kot podlaga za ceste, urejanje krajine in cevne podlage.

Povezava do njihove spletne strani;

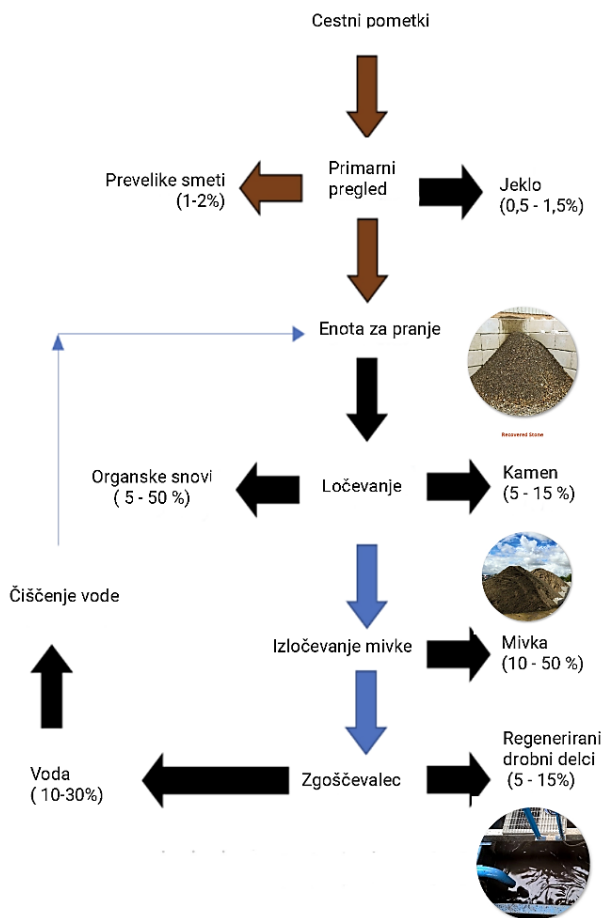
<https://www.cdegroup.com/applications/waste-recycling/road-sweepings-gully-waste>

3.5.2 Podjetje OPS

Z več kot 10-letnimi izkušnjami pri recikliranju odpadkov s cest dobavljajo vrsto modularnih rešitev za obdelavo odpadkov s cest, od mobilnih obratov z majhno površino do popolnih objektov »na ključ«.

OPS lahko oblikuje tovarno po meri za recikliranje: onesnažene zemlje, odpadkov iz jarek, cestnih pometanj, MRF stekla, MBT fines, AD zrna.

Povezava do njihove spletne strani; <https://oilpoll.com/ops-road-sweepings/>



Slika 6: proces predelave pometkov v podjetju OPS

Vir: svoj.

Nekaj idej za ponovno uporabo cestnih pometkov v gradbeništvu vključuje:

- v asfaltnih mešanica: kot del reciklirane asfaltne mešanice, kar zmanjša količino potrebnega novozgrajenega asfalta in s tem zmanjša negativen vpliv na okolje.
- za zapolnitev: za zapolnitev jam, potiskov in drugih vrst grbin na gradbišču.
- kot zemeljski izkop: na gradbiščih, ki ne zahtevajo visokih standardov kakovosti gradbenega materiala.
- v proizvodnji opeke: zmanjša količino odpadkov in stroške proizvodnje.

- uporaba kot gorivo v cementarnah: zmanjša količino odpadkov in emisije toplogrednih plinov.
- v okrasnem kamnu: kot del okrasnega kamna za okrasitev vrtov in drugih okolij.

3.6 Mulj

Odpadni mulj iz čistilnih naprav je treba predelati, da se zmanjša njegova vsebnost organskih snovi, patogenih mikroorganizmov in drugih nevarnih snovi. Tako predelani mulj se lahko nato uporabi kot gnojilo ali pa se nadalje obdeluje, da se iz njega pridobi bioplina ali druge proizvode.

Obstaja več načinov predelave odpadnega mulja, vključno z:

- Kompostiranje: lahko se meša s drugimi organskimi materiali, kot so vrtni odpadki, in nato kompostira, da se zmanjša vsebnost škodljivih snovi. Končni izdelek je uporaben kot gnojilo.
- Sušenje: lahko se posuši, da se zmanjša njegova vsebnost vlage. Ta postopek lahko izvedemo s pomočjo sončne energije ali drugih sušilnih metod. Končni izdelek je uporaben kot gnojilo.
- Anaerobna digestija: lahko se predela s postopkom anaerobne digestije, ki ga uporabljamo za proizvodnjo bioplina. V tem procesu mikroorganizmi razgrajujejo organske snovi v mulju in izločajo bioplina.
- Termična obdelava: lahko se izpostavi visoki temperaturi, ki uniči patogene in druge nevarne snovi. Ta postopek se imenuje termična obdelava in se lahko izvaja s pomočjo peči za sušenje mulja ali drugih naprav.

Uporaba predelanega mulja je odvisna od kakovosti izdelka. Mulj, ki je bil predelan z metodo kompostiranja ali sušenja, se lahko uporabi kot gnojilo za vrtnine, sadno drevje, trate in druge rastline. Bioplina, ki je bil pridobljen z anaerobno digestijo, se lahko uporabi kot vir energije za ogrevanje ali proizvodnjo električne energije.

V Evropski uniji se uporaba odpadnega mulja ureja z Uredbo o odpadkih (EU) 2018/851 in Direktivo o odpadkih (EU) 2018/851. Te direktive določajo, da mora biti vsakršna uporaba odpadnega mulja varna za zdravje ljudi in okolje ter se mora izvajati v skladu s sprejetimi okoljskimi standardi.

Poleg tega morajo države članice EU zagotoviti, da se odpadni mulj uporablja samo na zemljiščih, ki so primerna za takšno uporabo, kar pomeni, da morajo izpolnjevati določene kriterije glede varnosti tal, zdravja ljudi in okolja.

V Sloveniji se uporaba odpadnega mulja ureja z Uredbo o odpadkih (Uradni list RS, št. 34/2011 in 98/2013) ter s Pravilnikom o uporabi komunalnih odpadkov in odpadnega mulja za kmetijske namene (Uradni list RS, št. 35/2014). Ta pravilnik določa, da se lahko odpadni mulj uporabi za gnojenje kmetijskih in gozdnih tal, vendar le pod določenimi pogoji glede na kemijsko sestavo, mikrobiološko kakovost in stopnjo stabilizacije.

Mejne vrednosti za uporabo blata v kmetijstvu v skladu z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu:

Parameter	Tla (mg/kg suhe snovi)
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	100
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	60
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,8
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	50
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	85
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	200

Slika 7: Preglednica mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v tleh

Vir: svoj.

Parameter	Obdelano blato (mg/kg suhe snovi)
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1,5
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	200
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	300
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	1,5
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	75
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	250
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	1.200

Slika 8: Preglednica mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v blato, ki se uporablja v kmetijstvu

Vir: svoj.

Parameter	Mejna vrednost letnega vnosa (kg/ha)
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	0,015
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	2
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	3
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,015
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	0,75
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	2,5
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	12

Slika 9: Preglednica mejne vrednosti letnega vnosa za količine težkih kovin

Vir: svoj.

Vendar pa razne raziskave prikazujejo, kot tudi pišejo v angleških novicah »downtoearth«, da se v Evropi in Ameriki v povprečju približno 50% mulja iz kanalizacije ponovno uporabi za gnojilo, ampak kot kažejo študije je med muljem

tudi 110 000 in 730 000 tonami mikroplastike vsako leto potresenih po obdelovalnih površinah Evrope in Severne Amerike.

Prav zaradi teh podatkov predstavlja piroliza velik potencial. Tako iz stališča škodljivih emisij kot tudi ohranjanja hranljivih snovi. Končni produkt pirolize se spreminja glede na njegovo sestavo glede deleža pepela, gostote, poroznost, velikost delcev in razporeditev por, površine delcev, absorpcijske kapacitete vode in ionov (CEC), PH-ja ...

Tehnologija	Zadrževalni čas	Hitrost segrevanja	Temperatura	Produkt
Karbonatizacija	3-5 dni	0,1-3 K/min	400 °C	Oglje (15-20 %)
Počasna piroliza	5-60 min	5-10 K/min	600 °C	Oglje-bioogljje (do 28 %)
Hitra piroliza	0,5–5 sek	600 K/min	880-1300 °C	Bio-olje (> 50 %)

Slika 10: Preglednica vrst pirolize

Vir: svoj.

- Pri karbonatizaciji se proces izvaja v kopah.
- Počasni piroliza se izvaja v različnih reaktorjih (jaškasta, rotacijska peč, polžni reaktorji...)
- Pri hitri pirolizi se proces izvaja v posebnih reaktorjih.

Najbolj zaskrbljujoči kovinski elementi v blatu so kadmij, svinec, arzenik, selen, in živo srebro. Predelava mulja: v kolikor mulj uporabljamo v poljedelstvu moramo slediti naslednjih procesom obdelave: (1) zgoščevanje, (2) stabilizacija in (3) dehidracija.

Inovativna naprava za sušenje mulja iz čistilnih naprav

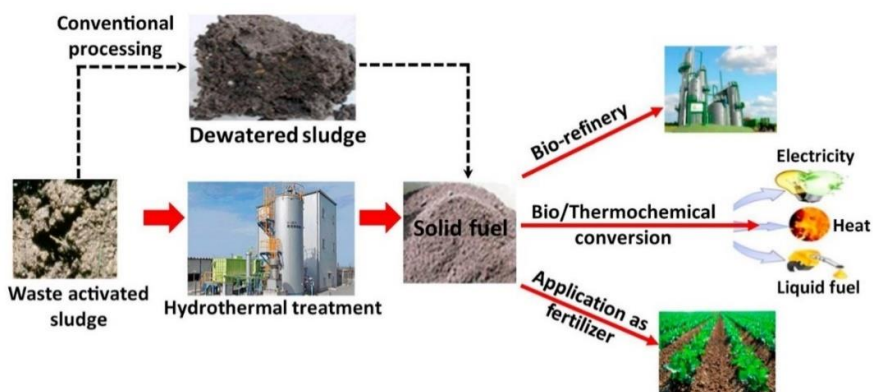
Družba Gorenje Surovina je v sodelovanju z Univerzo v Mariboru razvila tehnološko in ekonomsko učinkovito napravo za sušenje nenevarnih muljev iz čistilnih naprav. Ponuja obetavno rešitev vse večjega okoljevarstvenega problema. S pomočjo reaktorja jim je uspelo občutno zmanjšati stopnjo vlažnosti mulja, zmanjšati patogene organizme in povečati njegovo kurilno vrednost



Slika 11: naprava za sušenje mulja

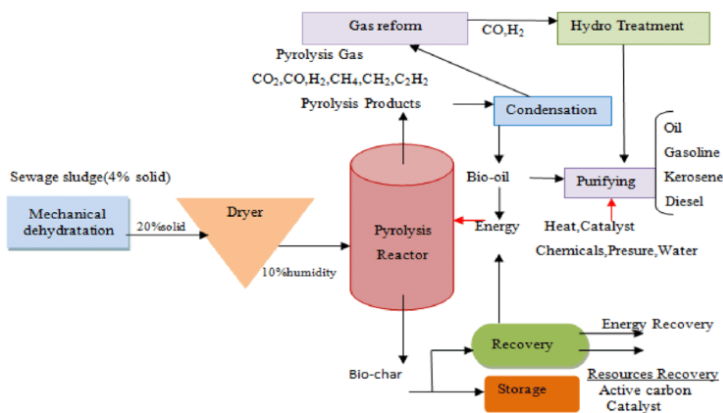
Vir: svoj.

Prikaz poteka pirolize



Slika 12: diagram poteka pirolize

Vir: svoj.

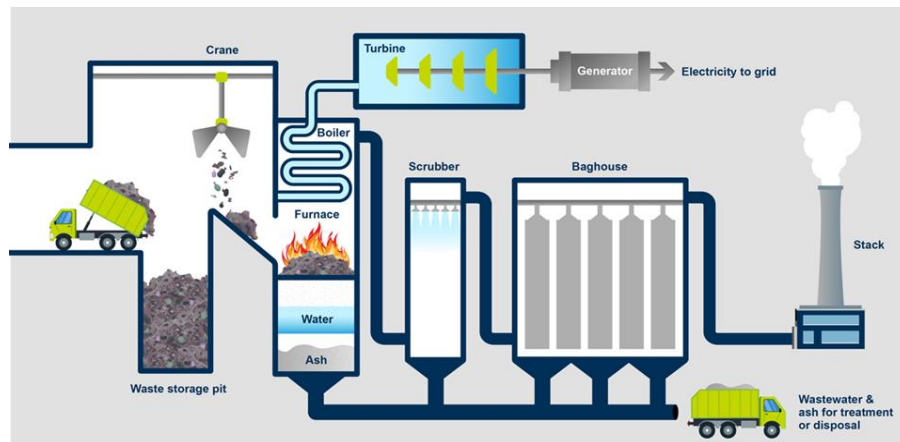


Slika 13: Bolj natančen diagram poteka pirolize

Vir: svoj.

Možno je tudi sežiganje, vendar ima piroliza v primerjavi s sežiganjem možne prednosti, kot so metoda brez odpadkov, nižji stroški. Sežiganje je uporaba visokotemperaturnih peči za sežig odpadkov in zmanjšanje njihove prostornine za 95 % in mase za 80-85 %.

Prikaz poteka sežiganja odpadnega mulja



Slika 14: potek sežiga odpadnega mulja

Vir: svoj.

Zdaj sodobna sežigalnica, ki zažge 200 ton komunalnih odpadkov na dan, oddaja le 1/5 dioksinov, ki bi jih ena družina proizvedla z uporabo sode za sežiganje gospodinjstevskih odpadkov na svojem dvorišču.

Ogljikov dioksid (CO₂) se izpušča tudi iz sežigalnic odpadkov. Ena študija kaže, da ena tona komunalnih odpadkov, sežganih v sežigalnici, proizvede eno tono CO₂. Če pa bi to eno tono odpadkov odložili na odlagališče namesto sežgali, bi poleg majhne količine CO₂ proizvedli še metan. Če tega metana ne bi zbirali za proizvodnjo električne energije, potem bi v kontekstu emisij toplogrednih plinov (ker je metan kot toplogredni plin 34-krat močnejši od CO₂) emisije toplogrednih plinov ene tone komunalnih odpadkov na odlagališče imele večji vpliv na toplogredne pline kot isti odpadki, zažgani v sežigalnici.

Analiza ocen odpadkov po Uredbi o odlagališčih odpadkov (Ur. l. RS, št 10/14, 54/15, 36/16, 37/18, 13/21, 44/22-ZVO-2) za imetnika odpadka Javno podjetje NIGRAD, d.o.o.

Ostanki na grabljah, Melje

Poročilo analize:

Odpadek predstavlja izrazito heterogeno mešanico trdnih delcev velikosti od 3 cm do okvirno 20 cm. Prevladujejo delci plastike (predvsem različne onesnažene folije različnih oblik in velikosti, prisotni tudi plastični lončki, palčke...), papirja (onesnažen toaletni papir, robčki, brisače...) in hrane (predvsem olupki agrumov, trava, zelena solata...). Prisotni so tudi delci plenit, higienskih vložkov... Vse naštetje frakcije so večinoma med seboj povezane v skupke. Pri ogledu odpadka ni razvidno, da bi odpadek vseboval nevarne odpadke (baterije...).

Stanje odpadka:

- trdno, nehomogeno, zrnato (velikost zrn do 30cm), vlažno
- Brez nevarnih lastnosti
- Prevladuje siva barva, posamezni delci oranžno ali zeleno obarvani
- Močan vonj po kemikalijah
- Reaktivnost: inerten
- Ni topen v vodi

Ker je odpadek izrazito heterogene narave, ni bilo možno izvesti reprezentativnega vzorčenja. Skladno s 15. členom Uredbe o odlagališčih odpadkov, za namen izdelave

ocene odpadkov, ni treba izdelati kemične analize odpadkov, če gre za odpadke pri katerih odvzem reprezentativnega vzorca ni možen. Vzorec ni bil odvzet.

Odpadka ni dovoljeno odlagati na odlagališču za nenevarne odpadke, skladno z zahtevami Uredbe o odlagališčih odpadkov (Ur.l. RS št. 10/14, 54/15, 36/16, 37/18, 13/21, 44/22-ZVO-2).

Odpadek ne izpolnjuje zahtev iz 7. člena, Uredbe o odlagališčih odpadkov (Ur.l. RS, št. 10/14, 54/15, 36/16, 37/18, 13/21, 44/22-ZVO-2).

Odpadek NI mogoče predelati ali reciklirati

Sklep: na podlagi opisane analize in stanja odpadka ter skladno z veljavno ureditvijo ni mogoče predelati ali reciklirati opisanega odpadka. Odpadek vsebuje različne frakcije, ki so med seboj povezane v skupke in so precej heterogene narave, kar preprečuje njihovo ločevanje in nadaljnjo predelavo. Poleg tega pa odpadek vsebuje tudi hrano, ki lahko predstavlja tveganje za zdravje ljudi, zato se ne sme odlagati na odlagališča za nenevarne odpadke. Skladno z opisano analizo in veljavno ureditvijo se tako odpadek ne sme predelati ali reciklirati ter ga je treba odlagati na ustrezno odlagališče za nevarne odpadke.

Odpadki iz peskolovov« iz zbirnega bazena BDC

Poročilo analize:

- Muljast, homogen, vlažen
- Brez nevarnih lastnosti
- Črne barve
- Močan neprijeten vonj
- Reaktivnost: inerten, negorljiv
- V vodi se ne topi

V skladu z 10. členom uredbe, ki ureja odlagališča odpadkov ga je dovoljeno odlagati, s predhodno dehidracijo odpadka (utrjevanje), tako da ne vpliva na stabilnost odlagališča.

Naročnik uvršča odpadek iz peskolovov, po Uredbi o odpadkih (Ur. l. RS št. 77/2022), v poglavje 19 – Odpadki iz naprav za ravnanje z odpadki, čistilnih naprav zunaj kraja nastanka ter iz priprave pitne vode in vode za industrijsko rabo, podpoglavje 19 08 – Odpadki iz čistilnih naprav, ki niso navedeni drugje, in nadalje v 19 08 02 – Odpadki iz peskolovov. Po določilih 4. člena Uredbe o odpadkih (Ur. l. RS 77/2022) je določeno, da se z odpadkom ravna kot z nenevarnim odpadkom,

če je odpadek na seznamu odpadkov uvrščen med nenevarne odpadke in da se z odpadkom ravna kot z nevarnim odpadkom, če je odpadek na seznamu odpadkov uvrščen kot nevarni odpadek.

Naveden odpadek se, skladno s 1. točko 5. člena Uredbe o odpadkih (Ur. l. RS 77/2022), uvršča med nenevarne odpadke. Zaradi navedenega odpadka iz peskolovov uvrščamo med nenevarne odpadke s številko in nazivom 19 08 02 – Odpadki iz peskolovov.

Sklep: Pred odlaganjem na odlagališču pa je potrebna dehidracija odpadka (utrjevanje), da se prepreči negativni vpliv na stabilnost odlagališča, kar se lahko doseže z inovativno napravo podjetja Družbe Gorenje Surovina, ki je predstavljeno nekaj strani nazaj.

Ker se odpadki uvrščajo med nenevarne odpadke, ga je mogoče ponovno uporabiti v drugih postopkih, če je to smiselno in izvedljivo. Vendar pa je pred ponovno uporabo potrebno preveriti lokalno zakonodajo in smernice ter ob upoštevanju morebitnih omejitev glede količine in lokacije uporabe.

Odpadki iz peskolovov – Melje

Poročilo analize:

Opadki predstavljajo heterogeno mešanico črno-rjavo obarvanih trdnih delcev iz peskolova. Prisotni so tudi delci zemlje, drobne vejice

- Trden, nehomogen, zrnat (zrno do 3 cm), vlažen odpadki
- Brez nevarnih snovi
- Močan vonj po fekalijah
- Inerten, negorljiv

V skladu z 10. členom uredbe, ki ureja odlagališča odpadkov ga je dovoljeno odlagati. Ni muljast zato ne bo vplival na stabilnost odlagališča.

Ni ga mogoče reciklirati

Sklep: Ta vrsta odpadka ni primerna za recikliranje, vendar je lahko primerna za predelavo in ponovno uporabo.

Ena od možnosti predelave bi lahko bila kompostiranje. Z dodajanjem organskih materialov, kot so vrtni odpadki ali hrana, se lahko iz odpadka iz peskolova pridela kompost, ki se lahko uporabi kot gnojilo za rastline.

Druga možnost bi bila uporaba odpadka kot gradbenega materiala. Če se odpadki iz peskolova zmelje na manjše delce, se lahko uporabi kot dodatek za gradbeni

material, kot so beton, opeka ali asfalt. To bi lahko zmanjšalo količino odpadkov, ki se odlagajo na odlagališča.

V vsakem primeru je priporočljivo, da se predelava in uporaba odpadka iz peskolova izvaja v skladu z lokalno zakonodajo in smernicami ter ob upoštevanju morebitnih omejitev glede količine in lokacije uporabe.

4 Zaključek

Za Nigrad, komunalno podjetje d.o.o. smo podrobneje raziskali in preučili možnosti različnih načinov predelave različnih vrst gradbenih odpadkov, ki jih podjetje predeluje. Tako smo se osredotočili predvsem na načine za predelavo in ponovno uporabo asfalta, betona, mešanega gradbenega odpada, elektrofiltrskega pepela, jalovine, cestnih pometkov in mulja. Načine za predelavo zadnjih dveh smo še posebej podrobneje preučili, saj podjetje do sedaj še ni imelo vzpostavljenega načina za njuno predelavo. Za ostale vrste odpadkov pa smo identificirali možna izboljšanja obstoječih načinov predelave oz. zamenjavo načina predelave. Ob tem smo predhodno preučili tudi postopke predelave posameznih vrst gradbenih odpadkov, s katerimi se srečuje podjetje. Ugotovitve in pripravljene predlogi za izboljšave načinov predelave različnih vrst gradbenih odpadkov bodo podjetju koristili zlasti pri zmanjševanju količine odpadkov in izboljšanju predelave odpadkov in uporabe sekundarnih materialov na različne načine.

Na podlagi opravljene poglobljene analize odpadkov s treh različnih odlagališč odpadkov ugotavljamo, da je v dveh primerih nastale odpadke mogoče pogojno predelati in ponovno uporabiti, v enem primeru pa odpadek ni primeren za predelavo, prav tako pa ga ni mogoče reciklirati. S pomočjo pripravljenega Modela krožnega gospodarstva in trajnostnih rešitev za recikliranje gradbenih odpadkov pa bo podjetje v prihodnje odpadke iz odlagališč, katere je mogoče ponovno uporabiti, lahko ustrezno predelalo in tako podaljšalo njihov čas uporabe.

Literatura

Agencija RS za okolje. (2023). Odpadki in gradbene surovine. Pridobljeno dne 1.3.2023 iz: https://www.arso.gov.si/odpadki/gradbene_surovine/index.html

Ba. P. (2015). Inovativna naprava za sušenje mulja iz čistilnih naprav. Pridobljeno dne 17.3.2023 iz: <https://deloindom.delo.si/odpadki/inovativna-naprava-za-susenje-mulja-iz-cistilnih-naprav>

- BTL LINERS. (2023). Can tailings ever be reused? Pridobljeno dne 12.4.2023 iz: <https://www.btliners.com/can-tailings-ever-be-reused>
- Clewlrow, R. R. (2016). Carsharing and sustainable travel behavior: Results from the San Francisco Bay Area. *Transport Policy*, 51, 158-164. doi: 10.1016/j.tranpol.2016.01.013
- Eko Sklad. (2023). Predelava gradbenih odpadkov. Pridobljeno dne 20.2.2023 iz: <https://www.ekosklad.si/predelava-gradbenih-odpadkov>
- Institut za ekološko inženirstvo. (2023). Predelava cestnih pometkov. Pridobljeno dne 19.3.2023 Iz: <https://www.ici.si/sl/predelava-gradbenih-odpadkov/predelava-cestnih-pometov>
- Kimi d.o.o. (2020). Krožno gospodarstvo. Pridobljeno dne 22.4.2023 iz: <https://www.kimi.si/krozno-gospodarstvo-kimi/>
- Kokolj, B. (2010). Ponovna uporaba in reciklaža gradbenih odpadkov s poudarkom na kamenih materialih: diplomska naloga [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani]. Repozitorij Univerze v Ljubljani. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=26801>
- Komunalno podjetje Velenje. (2023). Kaj storiti z odpadnim muljem? Pridobljeno dne 22.2.2023 iz: <https://www.kpv.si/kaj-storiti-z-odpadnim-muljem>
- Kumlanc, P. (2005). Reciklaža gradbenih odpadkov in ponovna uporaba v cestogradnji: diplomska naloga [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani]. Repozitorij Univerze v Ljubljani. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=25637>
- Pogačnik, M. (2007). Vplivi odlagališča elektrofiltrskega pepela Termoelektrarne Trbovlje na okolje. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta.
- Raheem, A., Sikarwar, V. S., He, J., Dastyar, W., Dionysiou, D. D., Wang, W., & Zhao, M. (2018). Opportunities and challenges in sustainable treatment and resource reuse of sewage sludge: a review. *Chemical Engineering Journal*, 337, 616-641.
- Revija Gradbeništvo (2020). Možnost uporabe odpadnih pepelov v gradbeništvu. Pridobljeno dne 12.3.2023 iz: <https://topgradbenistvo.finance.si/8983010/Moznost-uporabe-odpadnih-pepelov-v-gradbenistvu>
- RTV SLO – Extravisor. (2023). Sporna ravnanja z elektrofiltrskim pepelom. Pridobljeno dne 7.3.2023 iz: <https://www.rtv slo.si/tv/info/ekstravisor/sporna-ravnanja-z-elektrofiltrskim-pepelom/539999>
- Šelih, J., Ducman, V., Mladenovič, A., Sever Škapin, A., Pavšič, P., Makarovič, M., Legat, A. (2004). Možnosti uporabe odpadkov v gradbeništvu in industriji gradbenih materialov. *Materiali in tehnologije*, letnik 38, številka 1/2, str. 79-86.
- Ternik, N. (2013). RECIKLAŽA IN PONOVA UPORABA GRADBENIH MATERIALOV. Diplomsko delo. Maribor: Univerza v Mariboru. Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=40825>
- Veseli, N. (2011). Uporaba odvečnega blata iz občinske komunalne čistilne naprave: diplomska naloga [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani]. Repozitorij Univerze v Ljubljani. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=27794>
- ZVO. (2022). Uredba o odpadkih. Uradni list RS. 77/2022. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2022-01-1772/uredba-o-odpadkih>