





Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, maj 2010, letnik 59, str. 105-128

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
prof. dr. Matjaž Mikoš
Jakob Presečnik
MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**
FG Maribor: **Milan Kuhta**
ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojene 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran 106

izr. prof. dr. Janko LOGAR, univ. dipl. inž. grad.
GEOTEHNIKA V LUKI KOPER NA ZAČETKU 21. STOLETJA – 2. DEL:
NEDAVNO IZVEDENI PROJEKTI
Nadaljevanje iz aprilske številke

GEOTECHNICAL ENGINEERING IN PORT OF KOPER AT THE
BEGINNING OF 21ST CENTURY – PART 2: RECENT CASE HISTORIES
Continuation of paper published in the April issue



stran 117

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
ENERGETSKA IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA OBDELAVE IN KONČNE
DISPOZICIJE BLATA IZ ČISTINIH NAPRAV

THE ENERGY AND ECOLOGICAL PROBLEMS OF SLUDGE
TREATMENT AND ITS FINAL DISPOSITION FROM WWTP



stran 124

mag. Primož Pavšič, univ. dipl. kem.
DIRECT-MAT
ZDRUŽEVANJE NAJBOLJŠIH PRAKS PRI RAZGRADNJI IN PONOVI
UPORABI CESTOGRADBENIH MATERIALOV V EVROPI
DIRECT-MAT, BRINGING TOGETHER BEST PRACTICE ACROSS EUROPE
ON THE DISMANTLING AND RECYCLING OF ROAD MATERIALS



stran 128

PRENOVLJENA SPLETNA STRAN ZDGITS IN GRADBENEGA VESTNIKA

Novi diplomanti

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Štadion v športnem parku Stožice, foto Žiga Filipič

GEOTEHNIKA V LUKI KOPER NA ZAČETKU 21. STOLETJA – 2. DEL: NEDAVNO IZVEDENI PROJEKTI

Nadaljevanje iz aprilske številke

GEOTECHNICAL ENGINEERING IN PORT OF KOPER AT THE BEGINNING OF 21ST CENTURY – PART 2: RECENT CASE HISTORIES

Continuation of paper published in the April issue

izr. prof. dr. Janko LOGAR, univ. dipl. inž. grad.
Katedra za mehaniko tal z laboratorijem
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Ljubljana

4 • PRIMERI

V nadaljevanju je na kratko opisanih nekaj primerov gradenj zadnjih petih let. Izbrani so tisti primeri, ki prikazujejo medsebojne vplive novih gradenj na obstoječe objekte (vplivi zabijanja pilotov za obstoječimi obalami, vplivi gradenj v pogojih časovnih in prostorskih omejitev), ter primeri, ki se nanašajo na uporabo geosintetičnih materialov.

4.1 Vplivi zabijanja pilotov v zaledju obal

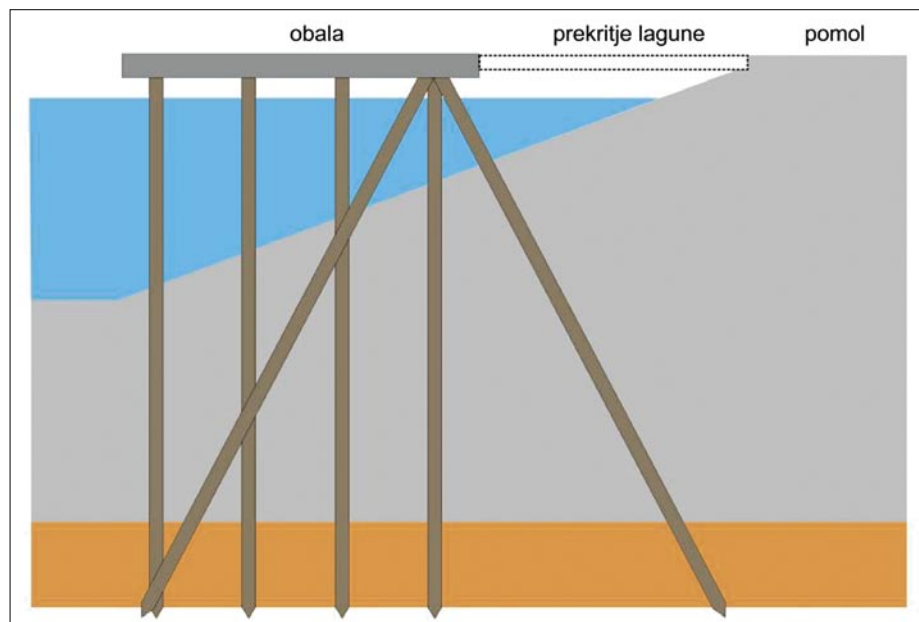
Zabijanje polnih pilotov ali votlih pilotov z zaprto konico v tla povzroči ustrezno volumsko deformacijo tal. V primeru obal, kjer je značilen raster pilotov okrog 6 x 4,5 m, pomeni vgradnja zaprtih pilotov premera 813 mm 2 % volumske deformacije. Dokler vgradnja pilotov poteka dovolj daleč od obstoječih objektov, ta podatek ni zaskrbljujoč, ko pa se pripravlja gradnja tik ob obstoječi obali, kjer nenehno poteka pretovor ladij, so potrebne prilagoditve.

Tak primer je prekrivanje zaledij obal. Značilna obalna konstrukcija je zaradi mehkih tal, ki zahtevajo položno podvodno brežino na eni in veliko globino zaradi vse večjih ladij na drugi strani, postavljena tako, da je med zaledno stranjo obalne konstrukcije in kopnim pomolom še približno 40 m širok pas morja.

Obale so s kopnim povezane z dostopnimi mostovi, ki omogočajo pretovor. Potreba po večjih dvigalih z razmikom tirnic 30 m bi zahtevala širitev obalnih konstrukcij, potreba po

skladiščnih površinah pa je dodatno prispevala k temu, da je Luka pristopila k zapolnitvi teh lagun s t. i. zalednimi konstrukcijami.

Že v preteklosti so bili izvedeni preizkusi različnih pilotov: z zaprto konico, votli, votli z jekleno membrano na globini, kjer pilot naleže na prodni sloj, piloti z navarjenimi krili T. Študija, ki sta jo vodila prof. Sovinc in dr.



Slika 29 • Značilen prerez obalnih konstrukcij v Luki Koper; nekatere lagune v zaledjih obal so predvidene za prekritje s konstrukcijami AB na pilotih in nekaj od njih je že izvedenih

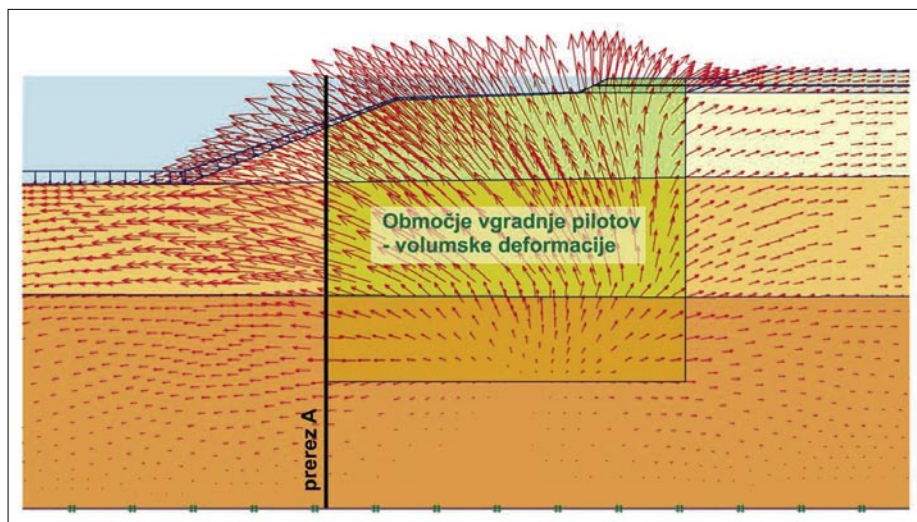
Vogrinič (Sovinc, 1985), ni pokazala izrazitih odstopanj med nosilnostmi navedenih vrst pilotov, pa vendar so opazni ugodni vplivi jeklene membrane ali privarjenih kril T. Seveda pa obstaja bistvena razlika v povzročeni volumnski deformaciji med vgradnjo pilotov različnih vrst. Te informacije so bile s koristjo uporabljene pri prekrivanju zaledij obal na vezih 7 in 11.

4.1.1 Zaledje veza 7b

Pri načrtovanju zaledja 7b smo denimo računsko preverjali, kaj pomeni vgradnja pilotov z zaprto konico (2 % volumnske deformacije v prostoru vgradnje pilotov) v primerjavi z vgradnjo enakih cevi brez konice. Slednja možnost pomeni teoretično 0,13 % volumnske deformacije, ker pa zabijanje gotovo povzroči nekaj dodatnega razrivanja, smo računsko preverili še dvakrat večjo vrednost ($\epsilon_v = 0,25\%$). Slika 30 prikazuje računske premike v prečnem profilu (Plaxis 2D v8). Vpliv obstoječe obalne konstrukcije na premike ni upoštevan. Zemljina je modelirana z modelom Soft soil oziroma prodno peščena plast z modelom Hardening soil. Slika 31 prikazuje samo vodoravne premike v prerezu A, kjer smo imeli v pilotu prve linije zaledne konstrukcije med gradnjo vgrajen inklinometer. Pokazalo se je, da je merjena velikost vodoravnih premikov podobne velikosti, kot jo izračunamo z 0,13 do 0,25 % volumnske deformacije. Če bi vgrajevali pilote z zaprto konico, bi bili premiki bistveno večji in bi ogrozili obalno konstrukcijo.

Pred odločitvijo o vgrajevanju votlih jeklenih cevi premera 813 mm sta bila izvedena statična obremenilna testa takih pilotov. Da nas morebitna premajhna izmerjena nosilnost jeklene cevi brez konice ne bi presenetila, smo za test pripravili še pilot alternativne oblike z navarjenimi profili HEA30 (slika 32). Podrobnosti o izvedbi in rezultatih preiskave lahko preberete v članku Strniše (2009). Naj povzamem le, da je votli cevi brez konice, vgrajeni do kote – 42 m, izmerjena nosilnost 4,9 MN, pilotu s krili HEA pa 5,5 MN. Kljub temu da je razlika relativno majhna, smo rezultat pri dokončnem projektiranju konstrukcije koristno uporabili, saj so bile računske obremenitve določenih pilotov konstrukcije nekoliko večje, kot jih dovoljuje nosilnost same jeklene cevi, in na teh mestih smo uporabljali cevi s krili HEA.

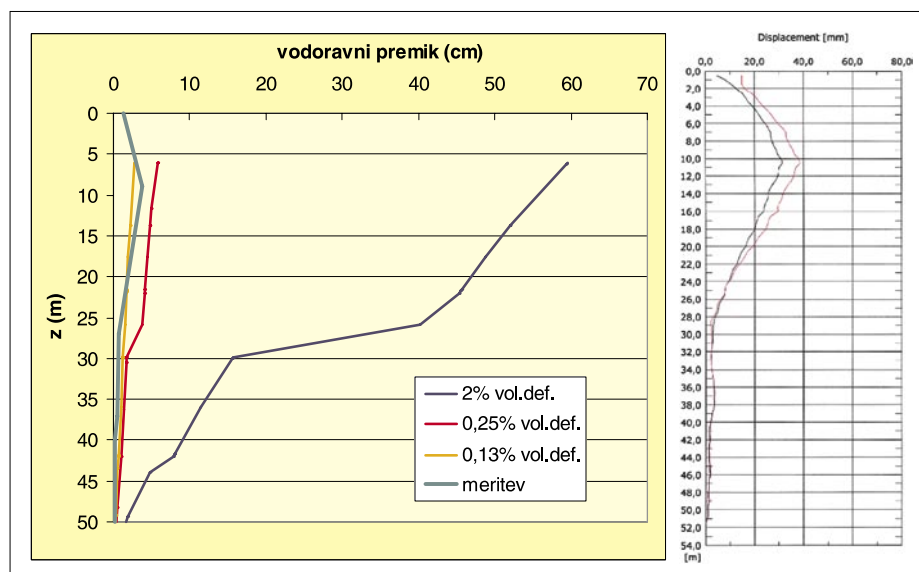
Za pilote s krili HEA smo po drugi strani predvidevali, da lahko povzročajo pomembno velike bočne deformacije, torej prav tiste, ki smo se jim hoteli izogniti z opustitvijo konice. Zato smo predvideli ob začetku vgradnje testno polje, kjer smo na delu zaledne konstrukcije,



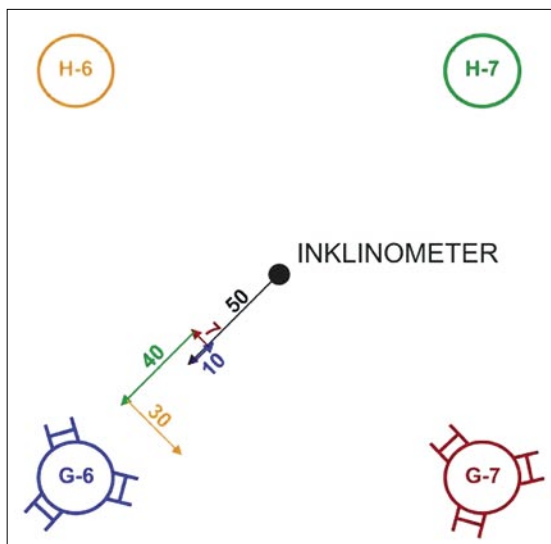
Slika 30 • Računske deformacije tal zaradi vgradnje pilotov v prikazanem območju; obalna konstrukcija v računu ni upoštevana; računske deformacije v prerezu A (zaledna linija obalne konstrukcije) so prikazane na sliki 31 za različne predpostavljene volumnske deformacije

ki je daleč od obalne konstrukcije, v sredini med štirimi piloti vgradili inklinometer in ga spremljali med vgradnjo sosednjih pilotov. Meritve so presenetljivo pokazale, da je vpliv pilotov s profili HEA celo manjši od vpliva zabijanja votlih pilotov (slika 32). Zabijanje večjega števila pilotov vzhodno od testnega polja (pred zabijanjem prikazanih 4 pilotov okoli inklinometra) je povzročilo skupno 50 mm premika v smeri jugozahoda. Sledilo je zabijanje pilotov s profili HEA, ki sta postavljena

južno od inklinometra. Njegov vpliv na inklinometer je bil 7 oziroma 10 mm v pričakovani smeri (SZ oziroma SV). Zabijanje severnih dveh pilotov brez profilov HEA pa je povzročilo večje pomike – 30 in 40 mm, smer pa je bila pričakovana – JZ oziroma JV. Delno lahko pojasnimo nepričakovano manjši vpliv pilotov s krili s tem, da je inklinometer lociran na vrhu brežine in je tendenca premikov po padnici proti morju, torej proti jugu, pilota s profili HEA pa sta odpravila inklinometer proti severu. Na



Slika 31 • Računske vodoravne deformacije tal v prerezu A (glej sliko 30) zaradi vgradnje pilotov za zaledno konstrukcijo obale veza 7b pri različnih predpostavljenih vrednostih volumnske deformacije; zelena črta prikazuje meritev v inklinometru, ki je bil pred zabijanjem vgrajen v pilot prve linije zaledne konstrukcije; izvirnik te meritve prikazuje desna slika (Meritve in interpretacija: Terras, s. p.)



Slika 32 • Shema meritev vpliva vgradnje pilotov z in brez profilov HEA na vodoravne premike tal ter rezultati teh meritev (levo); začetni pomik, 50 mm (črna puščica), je posledica vgradnje bolj oddaljenih pilotov, pretežno vzhodno od inklinometra, nadaljnji premiki inklinometra so označeni z vektorji, ki se barvno ujemajo z ustreznimi piloti, ki so pomike povzročili (Meritve in interpretacija: Terras, s. p.); desno je fotografija pilota s konico in s profili HEA

vsak način pa rezultat tega preskusa pove, da krila ne povečajo pomembno večjega vodoravnega vpliva v primerjavi z navadno votlo cevjo.

Dejanski skupni vplivi na premike obalne konstrukcije so bili majhni. Izmerjeni vodoravni pomik obalne konstrukcije je znašal približno 1 cm, za skoraj 3 cm pa se je ob dilataciji premaknil tisti del obale, na katerega je naslonjen dostopni most. Velika stisljivost tal in prva linija pilotov za obalo, ki je bila prva vgrajena, in to do flišne podlage, sta torej ublažila vplive vgradnje pilotov. Na mestu, kjer se je deformacija tal prenašala na obalo preko

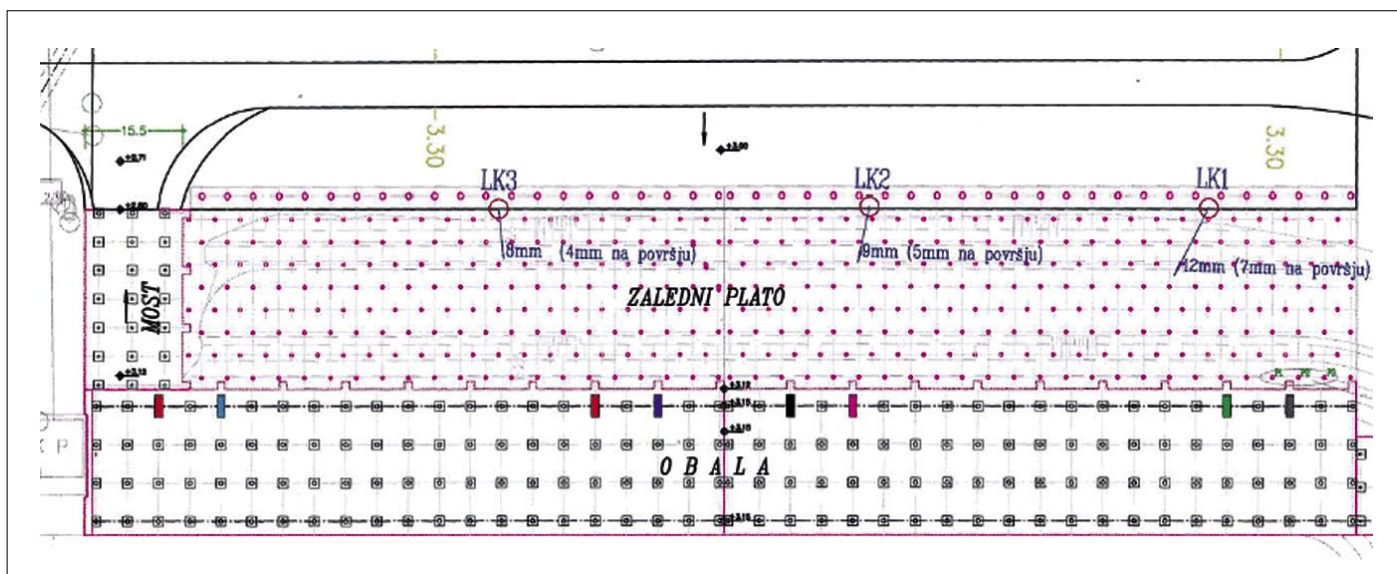
pilotov in toge konstrukcije dostopnega mostu, so bili vplivi večji.

Po vgrajenem večjem številu pilotov brez konice so izvajalci z večletnimi izkušnjami pri zabijanju pilotov v Luki Koper izpostavili nekatere pomembne operativne prednosti pred piloti z zaprto konico:

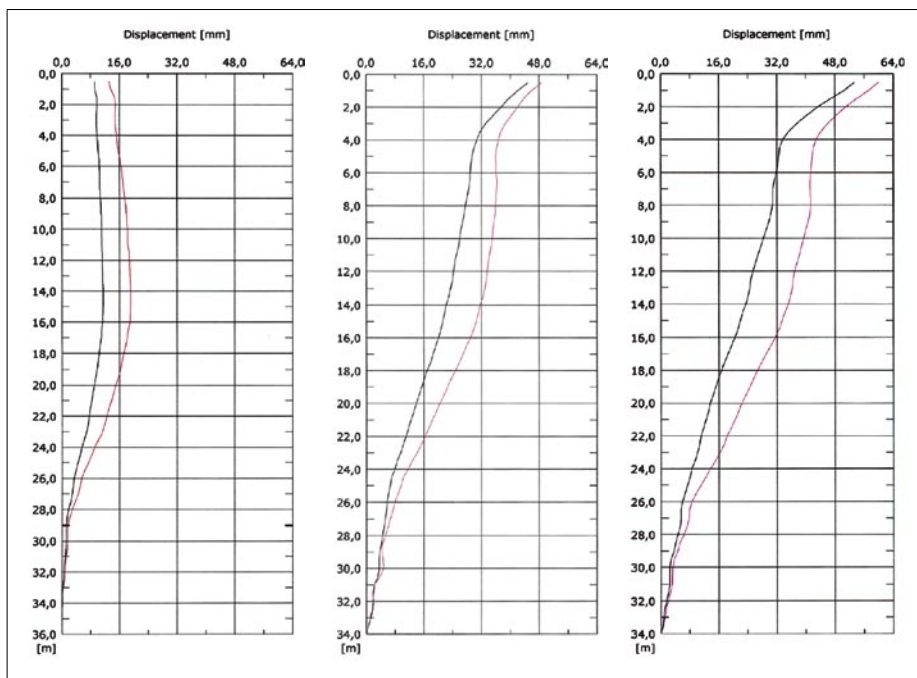
- hitrejša priprava pilota, saj odpadeta priprava in varjenje konic (to ne velja za pilote s profili HEA),
- hitrejša zabijanje,
- geometrijsko natančnejša izvedba, saj konica v mehkih tleh lahko na oviri spremeni smer pilota.

4.1.2 Zaledje veza 11

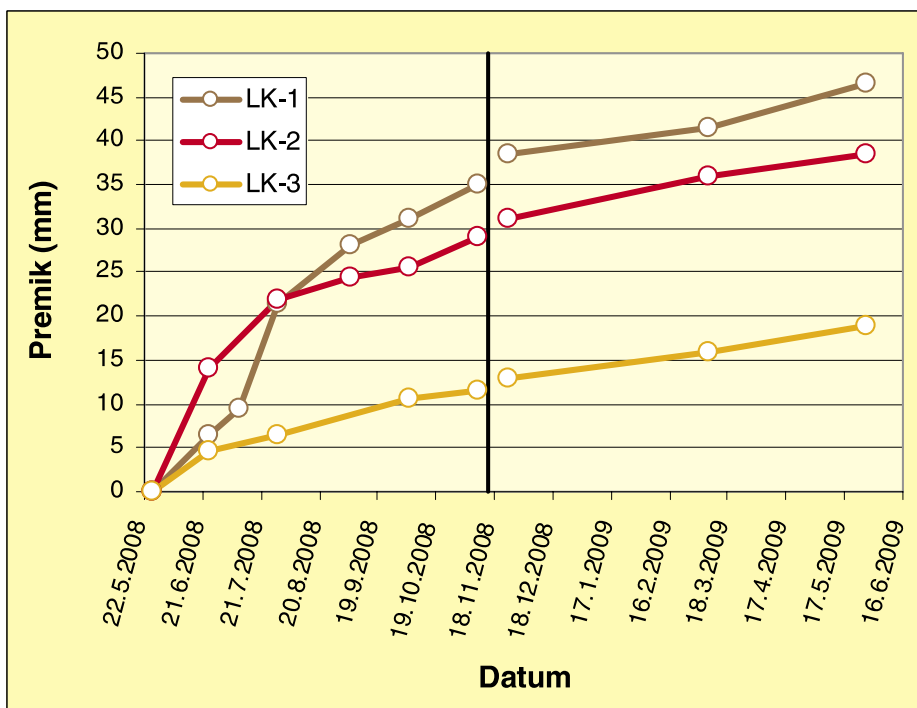
Prva tovrstna gradnja (prekritje lagune za obalno konstrukcijo) je bila zaledje veza 11. Tu so bili uporabljeni piloti premera 508 mm s kovinsko membrano (podrobnejši opis najdemo v (Strniša, 2009)). Tudi na tej konstrukciji smo v zaledju spremljali vodoravne premike v treh inklinometrih, in sicer med zabijanjem pilotov ter po tem. Tu so bili inklinometri vgrajeni na zaledni strani in ne pri obalni konstrukciji kot za vezom 7b (slika 33, ki prikazuje tudi merjene vektorje premikov), rezultati meritev pa so prikazani še na sliki 34. S slike 35 lahko



Slika 33 • Situacija veza 11 z lokacijami inklinometrov LK3, LK2 in LK1 ter vektorji izmerjenih premikov (Meritve in interpretacija Terras, s. p.)



Slika 34 • Meritve v inklinometrih LK3, LK2 in LK1 v zaledju veza 11; prikazani so v navedenem vrstnem redu od leve proti desni; ker je gradnja potekala od LK3 proti LK1, inklinometri pa so bili vgrajeni in merjeni sočasno, je v LK3 nekaj premikov zamujenih; črna linija kaže premike med gradnjo, rdeča pa 6 mesecev po izgradnji (Meritve in interpretacija: Terras, s. p.)



Slika 35 • Časovni diagram največjih izmerjenih premikov v posameznih inklinometrih; po koncu gradnje (november 2008) imajo vsi pomiki zelo podoben trend; med gradnjo je hitrost pomikov večja, umiri pa se, ko so piloti v vplivnem območju inklinometra vgrajeni (Meritve: Terras, s. p.)

razberemo spremembe hitrosti premikov v posameznem inklinometru s časom oziroma z napredovanjem del.

Mnogokrat nas meritve, ki jih izvajamo, neka-ko presenetijo. V primeru zaledja veza 11 smo pričakovali, da se bodo premiki v inklinometrih umirili hitreje in bodo premiki manjši. V pogojih, kakršni vladajo v prostoru Luke Koper, takšno obnašanje seveda ni pravo presenečenje. Zanimivo bo opazovati te premike skozi daljše časovno obdobje. Šele to bo pokazalo, ali so bili premiki pretežno posledica gradnje zaledja veza 11 ali posledica obremenitev zaledja, morda še vedno počasne konsolidacije (lezenja) celotnega pomola II v prvi bazen. Inklinometri so vgrajeni na tak način, da jih bomo lahko opazovali še daljši čas.

4.2 Uporaba geosintetikov

4.2.1 Okrepitev podlage na odlagališču premoga

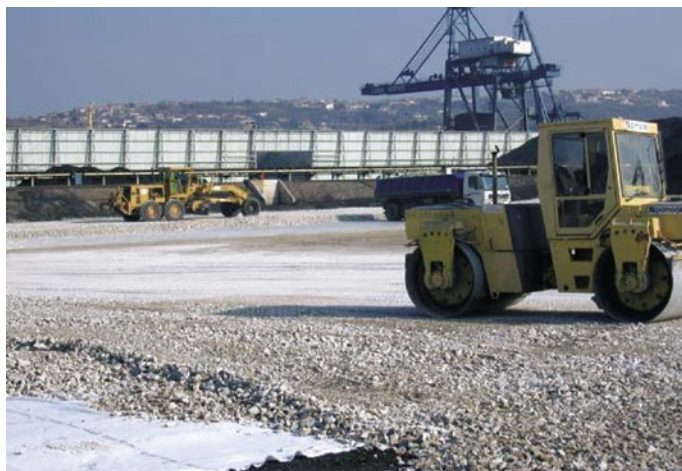
Utrjeno umetno nasutje pod odlagališčem premoga je izpostavljeno izjemnim obremenitvam, nihanjem obremenitev ter delovanju težke mehanizacije. Večje neravnine tega platoja za skladiščenje in pretovor premoga onemogočajo optimalno uporabo površine. Na delu odlagališča premoga se je Luka odločila preizkusiti pripravo tega platoja z uporabo geosintetikov.

Na očiščeno in poravnano površino sloja dobro zgoščenega nasutja je bil položen ločilno-filtracijski geosintetik, prekrit s 30 cm kamnitega nasutja (0–100 mm), nanj pa je bila položena močnejša armaturna geomreža. Konstrukcija je bila zaključena s 40 cm kamnitega materiala (0–100 mm). Izvedbo tega platoja prikazuje slika 36.

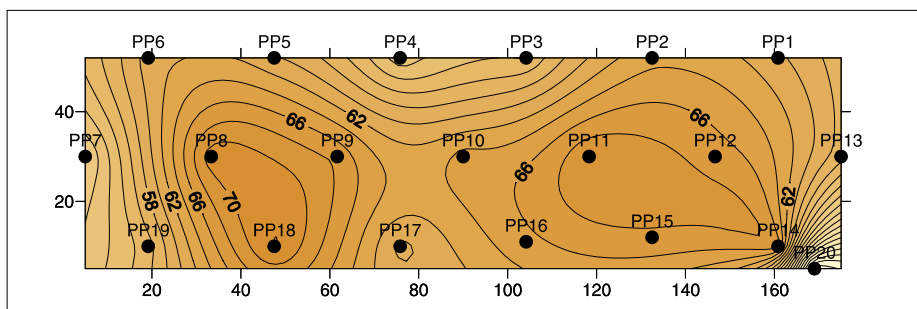
Po zagotovilih uporabnikov tako pripravljene površine se ta obnaša odlično.

4.2.2 Predobremenitev zaledja podaljška veza 11

Pozitivna izkušnja iz odlagališča premoga je bila v nekoliko drugačni obliki prenesena tudi v pripravo zaledne površine načrtovanega podaljška veza 11. Podaljšanje veza 11 s pripadajočo zaledno površino proti vzhodu bo služilo za pretovor in začasno skladiščenje težjih tovorov, zato je zahtevano, da tako obala kot zaledje varno in brez prekomernih deformacij obratujeta do obremenitev 80 kN/m². Pripravljalna dela za ta projekt so bila izvedena v letih 2007 in 2008 z vgradnjo vertikalnih drenažnih trakov širine 10 cm v kvadratnem rastru s stranico 1,0 m.



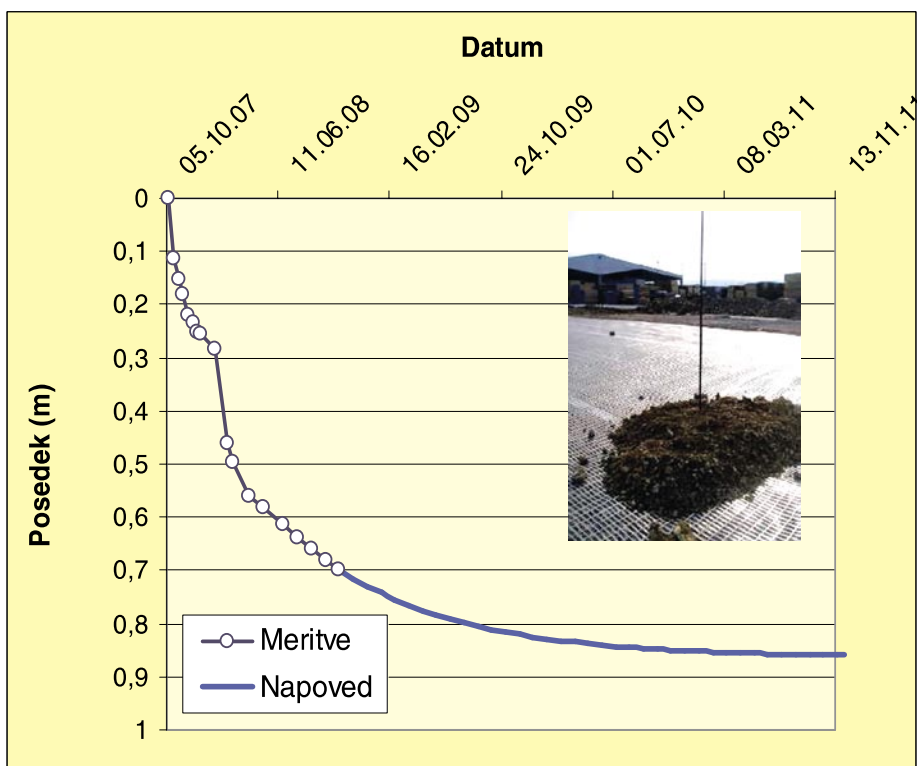
Slika 36 • Izgradnja zgornjega ustroja površine za skladiščenje in pretovor premoga z dvema slojema geosintetičnih materialov (fotografiji: Roberto Levanič, Luka Koper)



Slika 37 • Izolinije merjenih posedkov na predobremenjenem delu zaledja podaljška 11. veza od oktobra 2007 do oktobra 2008 (Meritve: Primorje, d. d.)

Predobremenitev tlorisne razsežnosti 180 x 60 m je bila izdelana v dveh korakih višine po 2 m. Pod predobremenilni nasip je bila položena močnejša armaturna geomreža. Ta se bo posedla skupaj s predobremenilnim nasipom in bo po odstranitvi predobremenitve sodelovala z zgornjim ustrojem pri prevzemu predvidenih obtežb.

Po enem letu od začetka obremenjevanja znaša posedek, izmerjen na posedalnih ploščah, od 50 do 70 cm (slika 37). Analiza posedanja na eni od posedalnih plošč (slika 38) pokaže, da se bo posedanje predvidoma nadaljevalo do blizu 90 cm.



Slika 38 • Časovni potek posedkov na predobremenilnem nasipu: meritve in nato napoved na podlagi meritev (Meritve: Primorje, d. d., fotografija: L. Battelino)

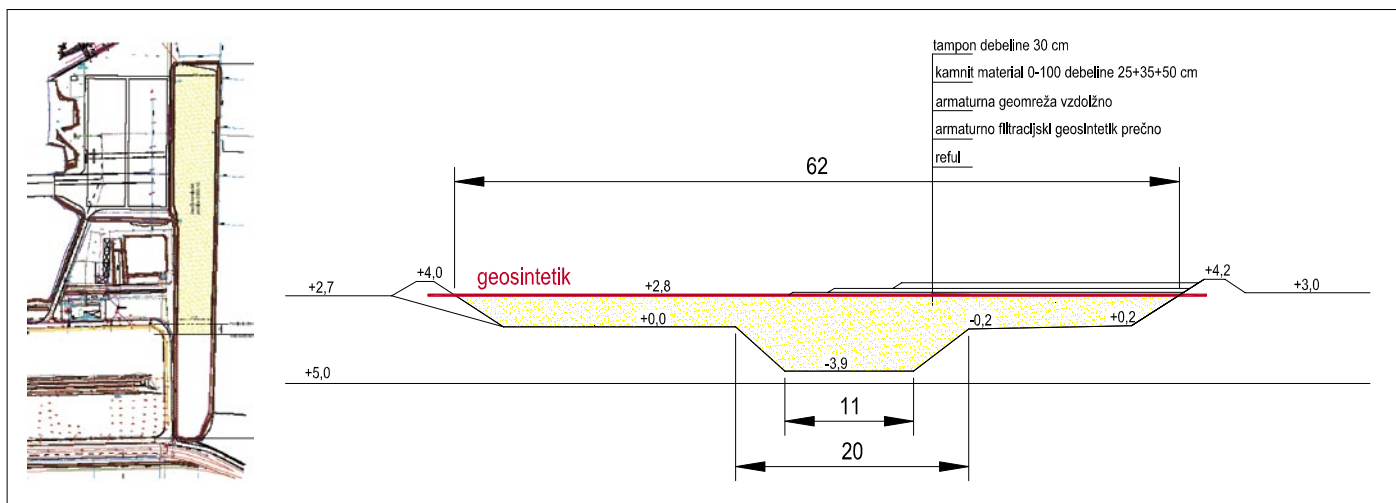
4.2.3 Prekritje kanala 8-8

Nekdanji kanal 8-8 je bil pred leti uporabljen kot kaseta za deponiranje izkopanega materiala pri poglobljanju morskega dna (refula). Potrebe po površinah za skladiščenje avtomobilov so zahtevale ustrezno pripravo te površine v času, ko površina še ni bila pohodna.

Zaradi velike deformabilnosti podlage smo pripravili predlog za zasutje te površine s ca. 1,1 m debelim slojem kamnitega materiala ter 20 cm tampona tako, da smo neposredno na reful položili filtracijski geosintetik, pravokotno nanj pa še armaturno geomrežo. Nasipavanje kamnitega materiala je moralo potekati postopno v majhnih debelinah slojev, da bi se izognili pretiranemu izrivljanju refula.

4.2.4 Kaseti na čelih pomola I in II

Odlaganje materiala, pridobljenega pri poglobljanju morskega dna v plovnih poteh, zahteva predhodno pripravo ustreznega prostora – kaset. Tradicionalno so se obodni nasipi kaset gradili iz malo prepustnega flišnega materiala.



Slika 39 • Situacija (levo) in prečni prerez (desno) kanala 8-8 s shematskim prikazom postopka prekrivanja refula



Slika 40 • Prekrivanje kanala 8-8 med izvedbo



Slika 41 • Lokaciji kaset na čelih pomola I in II (levo) ter s filtracijskim geosintetikom obložena notranja brežina obodnega nasipa kasete na čelu pomola II (desno)



Slika 42 • Armirana (levo) in s kamnom v betonu obložena (desno) brežina nasipa ceste

Pri gradnjah dveh kaset v morju (ena manjša in poskusna v sklopu gradnje zaledja veza 7c na I. pomolu, druga večja na čelu pomola II) pa smo za obodne nasipe uporabili prepušten kamnit material, ki smo ga pred polnjenjem kasete s hidravlično transportiranim muljem obložili s filtracijskim geosintetikom. Ta je preprečeval, da bi mulj odtekal nazaj v morje, hkrati pa skupaj s kamnitim obodnim nasipom zagotavljal hitro odtekanje odvečne vode med polnjenjem kasete in kasneje razmeroma hitro konsolidacijo in osuševanje v kaseto odloženega mulja.

4.2.5 Armiran cestni nasip

Dragocenost prostora v sicer obsežnem področju Luke Koper kaže tudi slika 42 (levo), kjer vidimo, kako je priključna cesta na novo cestno povezavo do novega glavnega vhoda v Luko stisnjena prav do carinske ograje in grajena v strmem naklonu s pomočjo armaturnega geosintetika. Na drugi (vidni)

strani istega nasipa je stabilen strmi nagib brežine zagotovljen s kamnito oblogo v betonu. Prednost armirane brežine je nižja cena in podajnost v pogojih mehkih tal, a je v primorskem podnebju nemogoče pričakovati uspešno ozelenitev take brežine.

Močnejši armaturni geosintetik je bil uporabljen tudi na delu cestnega nasipa, kjer ta preide z obstoječega platoja Luke na koti ca. + 2,5 m in se naslanja neposredno na mehka tla koprške Bonifike (slika 43)

Vse projektne rešitve, ki so vključevale armaturne geosintetike, so bile stabilnostno preverjene s sodobnimi programskimi orodji in ob upoštevanju ustreznih delnih faktorjev glede na vrsto, uporabo, trajnost in namen geosintetika.

4.3 Ko so potrebe večje in hitrejša, kot se narava lahko varno odzove

Redko katere stroka tako neposredno občuti veljavnost reka »čas je denar« kot prav

geotehnična. Luka Koper je znala dolgoročno načrtovati svoj razvoj in s tem skrajno racionalno graditi raznovrstne objekte na zelo zahtevnih mehkih tleh. Postopno dvigovanje nekoč morskega dna na koto 2 do 3 m nad morjem z refuliranjem in nasipavanjem je omogočilo izgradnjo obeh pomolov. S primernimi predobremenitvami tako pripravljenih tal so plitvo temeljene vse skladiščne hale, večina rezervoarjev in mnogi drugi objekti. Odlagališče premoga in železove rude postopno povečuje svoje kapacitete ne le s širitvijo proti zahodu II. pomola, kot se je le-ta širil na račun morskih površin, temveč tudi zato, ker postopno poteka konsolidacija tal, kar omogoča povečevanje obremenitev tal na vsakih nekaj let. Uporaba skladiščnih in drugih površin ter objektov Luke v danih pogojih je seveda povezana s posedanjem tal. Redno vzdrževanje transportnih poti, objektov in naprav kljub temu lahko zagotavlja njihovo nemoteno obratovanje (slika 44).



Slika 43 • Armiranje vznožja nasipa, kjer je ta grajen neposredno na mehka tla koprške Bonifike ob obstoječem platoju Luke



Slika 44 • Posedanje tal ob globoko temeljenih objektih zahteva redno vzdrževanje transportnih poti



Slika 45 • Terminal za rastlinska olja (na fotografiji spodaj levo) in trije novi rezervoarji za sprejem naftnih derivatov (fotografija: Luka Koper)



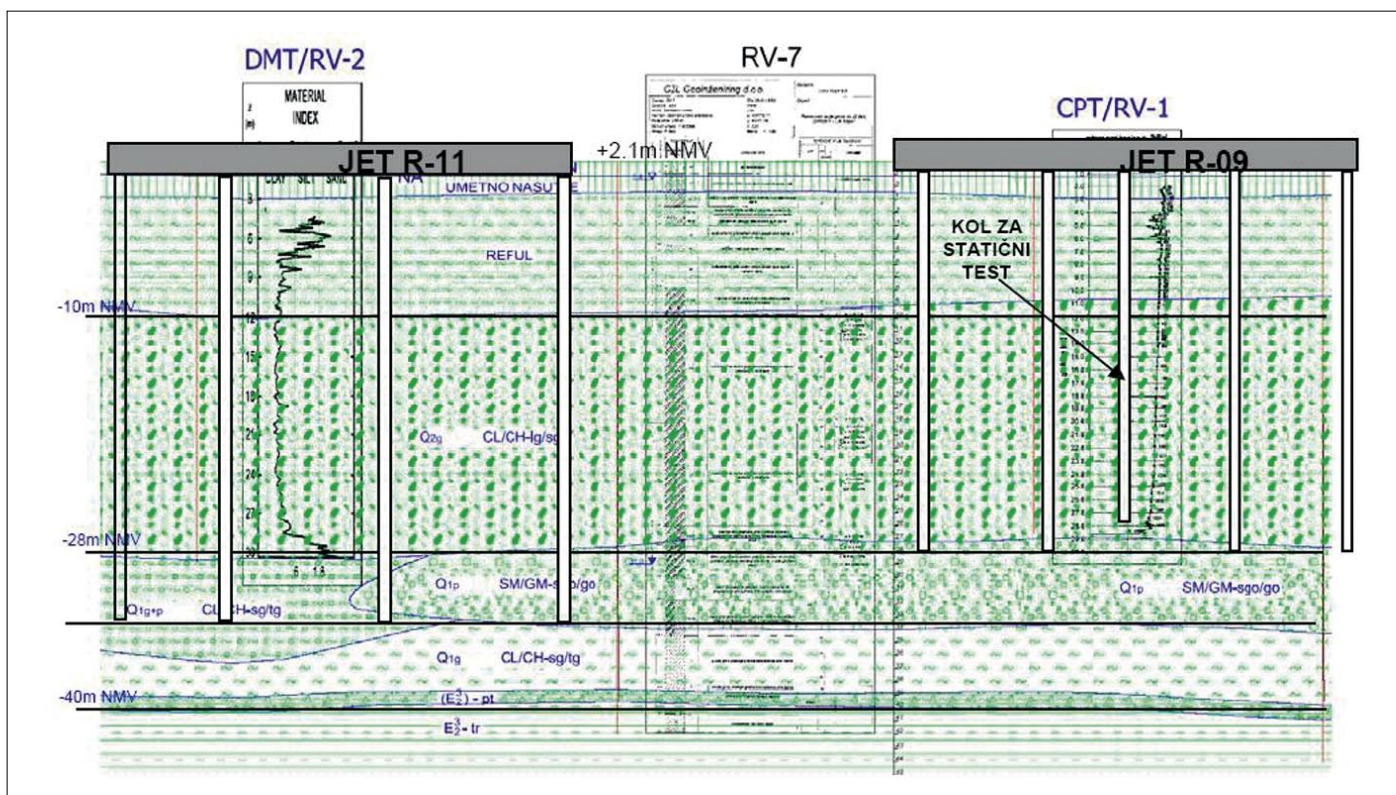
Slika 46 • Temeljna plošča rezervoarja R-09 med gradnjo; v ozadju rezervoarji za rastlinska olja (fotografija: Gorazd Sirmiša)

Ne le gradnja, temveč tudi uporaba objektov in naprav lahko prekorači predvidene obremenitve in s tem povzroči čezmerne premike tal in bližnjih objektov. Posebej izpostavljene so površine za odlaganje sipkih tovorov, kot na primer odlagališče premoga in drugih rud. Ko ladja pripelje tovrsten tovor, ga je treba razložiti. In če je za to treba prekoračiti predpisano največjo dovoljeno obremenitev tal, lahko pride do porušitve tal. Enega teh dogodkov opisuje Sovinc (Sovinc, 1998).

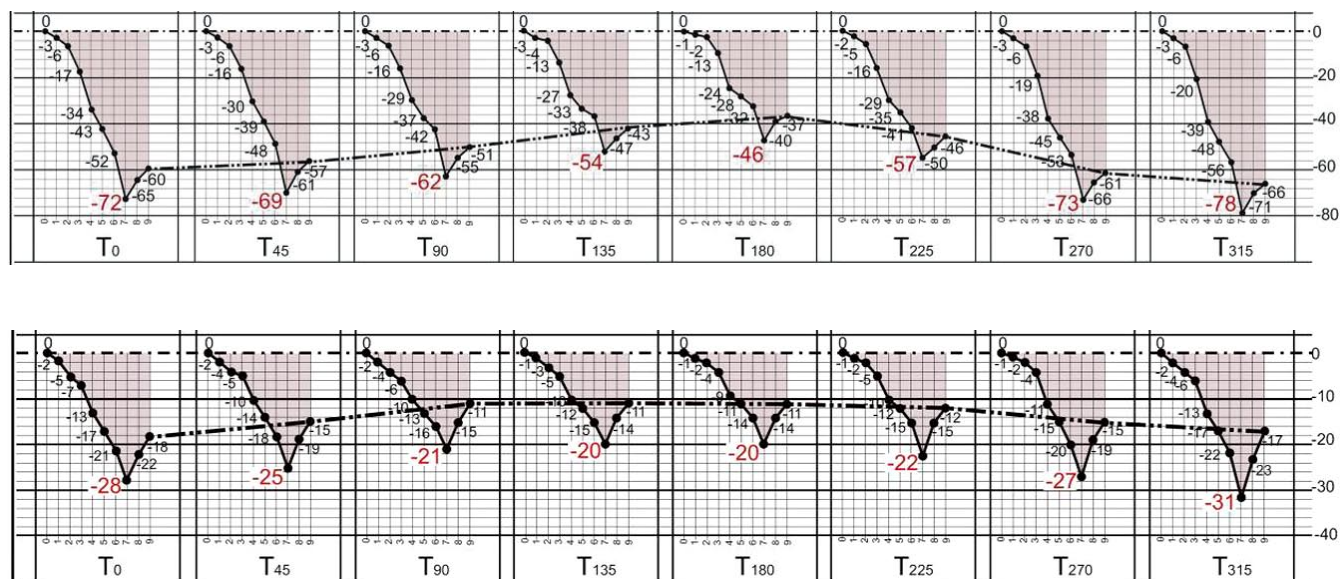
4.3.1 Terminal za naftne derivate

Da redno vzdrževanje lahko »prikrije« tudi učinke skoraj 1 m velikih posedkov, kaže primer rezervoarjev za rastlinska olja na II. pomolu. Ob načrtovanju rezervoarjev premera 48,7 m za sprejem naftnih derivatov v neposredni bližini smo sprva preučevali možnost izboljšanja tal in predobremenitve tal, podobno kot so bili grajeni sicer mnogo manjši rezervoarji za rastlinska olja. Zanje so bila tla ojačana z gruščnatimi koli dolžine 12 m v ovoju iz geotekstila, nato pa predobremenjena (Sovinc, 1991). Pod pred-

obremenitvijo so se tla posedla za 80 cm. Rezervoarje je Luka uporabljala brez vsakršnih težav. Šele na vztrajanje projektanta novih rezervoarjev, da se vendarle izmerijo posedki obstoječih rezervoarjev, se je pokazalo, da so se ti v celotni dobi obratovanja (ca. 20 let) posedli še za nadaljnjih 90 cm, pri tem pa tudi diferenčno do 15 cm na posameznem rezervoarju. Sklenemo lahko, da tudi tako veliki posedki za nekatere objekte ne predstavljajo omejitve njihove uporabnosti ob ustreznem vzdrževanju.



Slika 47 • Prerez tal v območju rezervoarjev za naftne derivate ter shematski prikaz vgrajenih pilotov. (iz poročila SLP, d. o. o.)



Slika 48 • Merjeno posedanje rezervoarjev med hidroteustom; posedek rezervoarja R-09 je znašal med 46 in 78 mm (zgoraj), posedek rezervoarja R-11 pa med 20 in 31 mm (spodaj) (Meritve: Mekote za Nafta strojna, d. o. o.)

Z razvojem projekta rezervoarjev za naftne derivate so se ti povečali s prvotno predvidenih 8500 m³ na 20.000 m³. Zaradi večjih dimenzij in obtežb rezervoarjev kakor tudi zaradi potrebe po hitri izgradnji treh od skupno šestih načrtovanih rezervoarjev je bila sprejeta odločitev o globokem temeljenju teh objektov, in sicer na plošči, podprti s skupino 113 zabitih jeklenih pilotov premera 813 mm in dolžine od 30 do 31 m za vzhodna rezervoarja (R-08 in R-09) ter 36 m za rezervoar R-11. Razlog za različno dolžino je v tem, da se na tej lokaciji prodni vršaj Rižane zaključuje in proti zahodu (pod rezervoarjem R-11) prevladujejo

manj nosilni peščeni sedimenti (slika 47). Na isti sliki je tudi pokazano, da tako vgrajeni piloti pod rezervoarjema R-08 in R-09 sežejo le minimalno v prodni sloj in delujejo zlasti v smislu zagotavljanja dovolj majhnih in predvsem enakomernih posedkov rezervoarja. Za rezervoar R-11 so bili uporabljeni nekoliko daljši piloti (36 m). Če bi vztrajali na pilotih dolžine 31 m, bi se tisti na vzhodnem delu tega objekta naslonili na manj deformabilni prodni sloj, na zahodnem delu pa na bolj deformabilni peščeni sloj. S prebitjem najgostejšega proda smo dosegli za vse pilote podobne razmere in s tem zagotovili

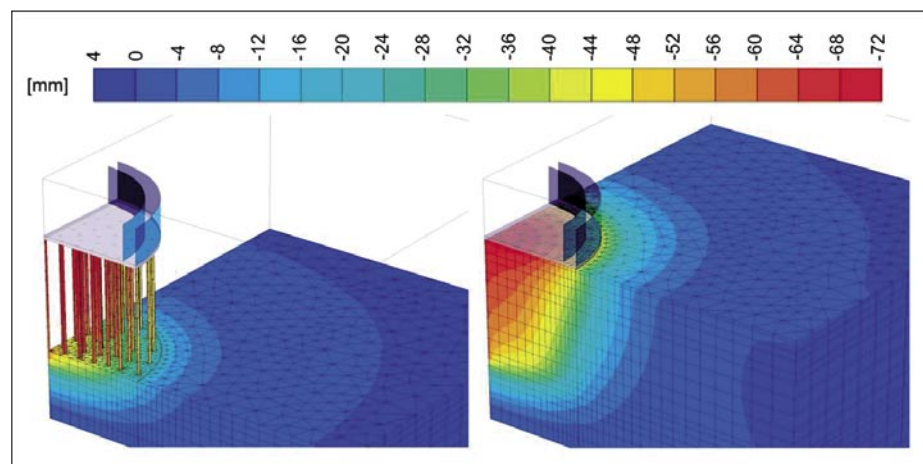
enakomerno obnašanje rezervoarja. Daljši piloti so zagotovili tudi manjše posedke, ki so bili merjeni med hidrostatskim testom (slika 48). Večino posedka predstavlja nepovratna deformacija.

Posedki v velikosti 4 do 7 cm so bili računsko napovedani na podlagi 3D-analize po MKE za nedreniran odziv (slika 49). Po daljšem obdobju uporabe in več ciklih obremenitve in razbremenitve bodo posedki približno še enkrat večji.

4.3.2 Cestna navezava na novi vhod

Trenutna lokacija glavnega vhoda v Luko prometno močno obremenjuje mesto Koper. Nedavno dokončan in še načrtovan razvoj cestnega omrežja z avtocesto Klanec–Srmin ter ankaransko in bertoško vpadnico vključuje tudi navezavo na Luko Koper z vzhodne strani, in sicer neposredno ob novozgrajeni centralni čistilni napravi (CČN). Ta pomembna prometna pridobitev poteka med novimi objekti CČN in obstoječim naftovodom. Naftovod poteka ca. 4 m nad terenom in je podprt z ravninskimi paličnimi podporami, ki so plitvo temeljene na mehka tla koprskе bonifike (slika 50), hkrati pa je to glavna prometna žila za preskrbo Slovenije z naftnimi derivati.

Gradnja ceste vključuje tudi premostitev železnice z nadvozom, zato je nasip na najvišjem mestu visok preko 8 m, če vzamemo za dno nasipa koto raščeneh mehkih tal ob naftovodu. Večji del nasipa se vendarle



Slika 49 • Računsko je bilo temeljenje rezervoarjev za naftne derivate preverjeno s 3D-analizami po MKE (Plaxis 3D Foundation); prikazan je rezultat nedrenirane analize med polnjenjem rezervoarja, pri čemer je napolnjen le notranji rezervoar, lovilna posoda pa prazna



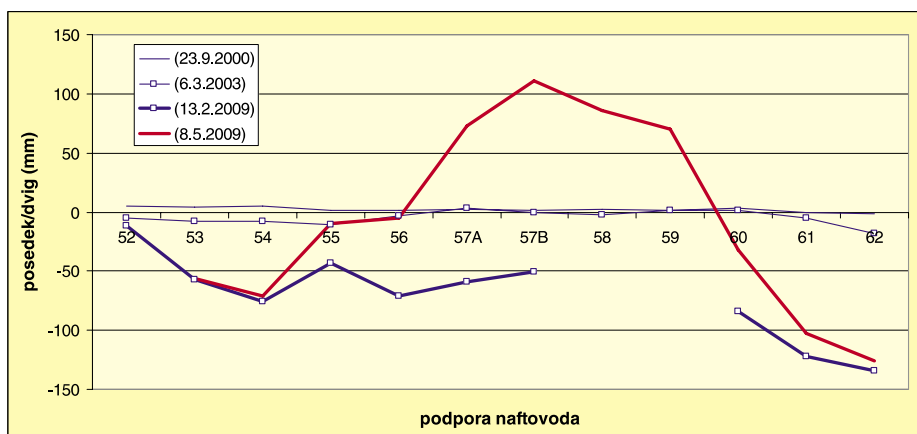
Slika 50 • Nasip cestne navezave Luke na novi vhod je le nekaj metrov oddaljen od glavnega objekta ČČN (levo) in od pomembnega in šibko podprtega naftovoda (desno)

gradi iz platoja Luke, ki je na koti + 2,5 m. Taka gradnja je mogoča le ob izboljšanju temeljnih tal. Po izkušnjah iz gradnje bertoške vpadnice in povezovalne ceste je bila izbrana izboljšava tal z gruščnatimi koli, ki so bili projektirani glede na kriterije pospeševanja konsolidacije, zagotavljanja globalne stabilnosti, preverjen pa je bil tudi njihov vpliv na posedke (Pulko, 2006).

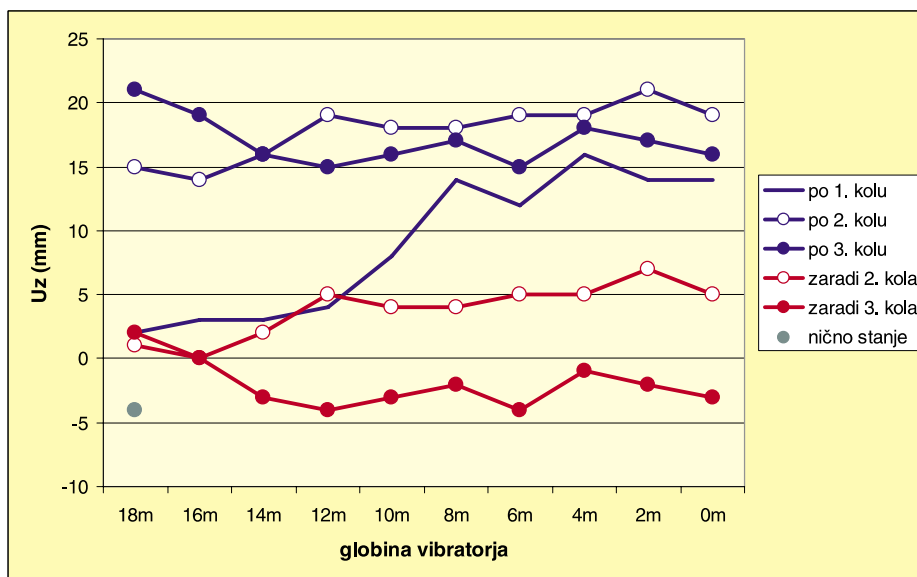
Zaradi zapletov z razpisi sta bila Centralna čistilna naprava in nadvoz luške ceste izvedena prej kot izboljšanje tal in zemeljska dela. Ob pričetku vgradnje gruščnatih kolov je zato prihajalo do vplivov tako na krajne opornike nadvoza kakor na temelje naftovoda. Vplivi vgradnje gruščnatih kolov na objekte ČČN, kljub izraženim dvomom, z meritvami niso bili potrjeni, a jih tudi ni mogoče v celoti izključiti.

Predvsem izvedba gruščnatih kolov ob naftovodu je bila zahtevna, saj je bil naftovod ves čas v obratovanju. Vgradnja gruščnatih kolov, ki je sprva potekala z dvema strojema, v dveh delovnih izmenah, je hitro povzročila dvig naftovoda za preko 15 cm (slika 51). Takoj je bilo sklenjeno, da se dela nadaljujejo le z enim strojem v eni izmeni. Poleg tega smo predpisali vrstni red izvedbe del ter omejili zračni tlak in frekvenco vibracij. Tiste kole, ki so bili najbližje občutljivim objektom, smo izvajali kot drenaže (brez vibracij).

Pred nadaljevanjem vgradnje večine gruščnatih kolov v neposredni bližini naftovoda smo kontrolirano izvedli skupino treh gruščnatih kolov in merili vplive na premike podpor naftovoda (slika 52). Vpliv smo izmerili na vsaka 2 m izdelanega gruščnatega kola. Rezultati pokažejo, da ima največji vpliv prvi izvedeni kol in da se ta pojavi v globini med 12 in 8 m. Nekaj malega k dvigu doda drugi kol, ki je oddaljen 1,8 m, tretji pa že zasuhe



Slika 51 • Višinski odmiki naftovoda od njegove idealne lege v različnih obdobjih od leta 2000 do 2009; pred pričetkom gradnje ceste (februarja 2009) je bil naftovod znatno pod svojo idealno lego (širša modra črta); hitra vgradnja gruščnatih kolov v začetku njihovega izvajanja (aprila 2009) je imela pomemben vpliv na dvig naftovoda (rdeča črta) (Podatki: Instalacija, d. o. o.)



Slika 52 • Rezultati meritev vpliva vgradnje treh gruščnatih kolov na najbližjo točko podpore naftovoda; meritve so se izvajale na vsaka 2 m višine izdelanega gruščnatega kola (Meritve izvaja SCT, d. d.)

trend pomikov navzdol. Vpliv posameznega gruščnatga kola torej ni velik, prav tako ne skupine treh kolov. Tako smo v nadaljevanju gruščnate kole izvajali v medsebojno oddaljenih skupinah po tri.

Da bi kompenzirali v začetku povzročene dvige naftovoda, smo tla pod njim obremenili z do 1 m visokim nasutjem, ki je imelo pri nadaljnji gradnji manjšo vlogo bočnega nasipa in bo ostalo na svojem mestu, saj lajša dostop do naftovoda in s tem njegovo vzdrževanje. Ob trajnih podporah naftovoda smo namestili pomožne podpore iz gradbenih odrov, ki bi jih aktivirali med morebitnim čezmernim

posedanjem, ki je tudi sledilo med obremenjevanjem tal s cestnim nasipom.

Kasnejša gradnja nasipa je ob že opisanih ukrepih vrnila naftovod skorajda na svojo izhodiščno lego. Zaradi nadaljnjega posedanja tal pod nasipom se bo naftovod še nekoliko posedal. Na idealni legi se bo začasno vzdrževal s pomočjo začasnih podpor iz gradbenih odrov, po nekaj mesecih pa bo izvedena korekcija višin trajnih podpor, kot vzdrževalci tega objekta to opravljajo v okviru rednega vzdrževanja naftovoda.

Vpliv nasipa na naftovod opazujemo tudi z inklinometrom, podobno tudi vpliv na objekt

CČN. Izmerjeni največji vodoravni premiki so relativno majhni. Pri objektu CČN, kjer je izmerjen posedek 15 cm, je največji vodoravni premik 4 cm lokalno na globini 7 m. Ob naftovodu, kjer je izmerjen posedek 33 cm, pa je največji vodoravni premik manj kot 3 cm na globini 17 m.

Nekaterim medsebojnim vplivom novih in obstoječih gradenj se težko izognemo. Kot predstavnik stroke pa težko razumem, da si pred takim posegom, kot je izboljšava tal z gruščnatimi koli, v neposredno bližino postavimo še dodatne »ovire«.

5 • SKLEP

V članku so prikazani izbrani rezultati raziskav tal s prostora Luke Koper s poudarkom na novjših raziskavah, ki smo jih v Sloveniji vpeljali

v zadnjih letih. Prikazana je generalna sestava tal tega prostora, interpretirana na podlagi preko 560 vrtn. V drugem delu pa članek predstavlja

nekaj zanimivih gradenj zadnjih let. Izbrani so primeri, ki dokumentirano prikazujejo pridobljene izkušnje, uporabo novih materialov, predvsem pa medsebojne vplive novih in obstoječih konstrukcij v pogojih mehkih tal. Prispevek je nastal na povabilo Slovenskega geotehniškega društva ob 10. Šukljetovih dneh.

6 • LITERATURA

- Battellino, L., Luka Koper – nekoč in danes, Vpliv geotehnike na razvoj obalnih konstrukcij, Zbornik 10. Šukljetovih dni, 25. 9. 2009, Brdo pri Kranju, 2009.
- Kuder, S., Axial compression behaviour of driven piles in soft marine soils of the port of Koper, 18th European Young Geotechnical Engineers' Conference, XVIII EYGEC, Portonovo, Ancona, June 17–20, 2007.
- Kuder, S., Logar, J., Numerični model za analizo obnašanja tlačno obremenjenih, vtisnjenih jeklenih pilotov v Luki Koper, Gradbeni vestnik, letnik 57, št. 8, 2008.
- Logar, J., Kuder, S., Robas, A., Battellino, L., Strniša, G., Flat dilatometer in Port of Koper and observed ground behaviour, 14th ECSMGE, Madrid, Spain, 24–27 September 2007, Rotterdam, Millpress Science Publishers, vol. 5, 609–613, cop. 2007–2008.
- Powell, J. J. M., Lunne, T., Frank, R., Semi-Empirical Design Procedures for axial pile capacity in clays, Proc. XV ICSMGE, Istanbul, Vol. 1, 991–994, 2001.
- Pulko, B., Majes, B., Analytical Method for the Analysis of Stone-Columns According to the Rowe Dilatancy Theory, Acta geotech. Slov., let. 3, št. 1, 36–45, 2006.
- Robas, A., Logar, J., Prve izkušnje s seizmičnim dilatometrom v Sloveniji, Razprave petega posvetovanja slovenskih geoteknikov, Nova Gorica, 12. do 14. junij 2008. Ljubljana, Slovensko geotehniško društvo, 2008.
- Sovinc, I., Ocenitev začetnih usedkov morskih glinastih sedimentov, Razprave prvega posvetovanja slovenskih geoteknikov, Bled 93, Bled, 22. in 23. september 1993, Slovensko geotehnično društvo, knj. 1, 41–48, cop. 1993–1994.
- Sovinc, I., Istražni radovi pri izgradnji luka, Geotehnika prometnih građevina, znanstvenostručno savjetovanje, Novigrad, 5.–8. november 1994, saopćenja, Zagreb, Institut građevinarstva Hrvatske, 47–54, 1994.
- Sovinc, I., Likar, J., Vogrinčič, G., Žigman, F., Loading tests on closed and open ended pure piles, Proceedings of the eleventh international conference on soil mechanics and foundation engineering, San Francisco, 12.–16. avgust 1985, Rotterdam; Boston, A. A. Balkema, 1475–1478, 1985.
- Sovinc, I., Vogrinčič, G., Geotechnical properties of marine sediments from Koper Bay, Proceedings of 13th ICSMFE, Vol. 1. New Delhi, Oxford & IBH, 263–266, 1994.
- Strniša, G., Statični in dinamični testi na pilotih v Luki Koper, Zbornik 10. Šukljetovih dni, 25. 9. 2009, Brdo pri Kranju, 2009.
- Vogrinčič, G., Analiza prenosa obtežbe v tla po kolu, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, 1992.
- Vogrinčič, G., Stabilnost podmorskega odkopa, Razprave prvega posvetovanja slovenskih geoteknikov, Bled 93, Bled, 22. in 23. september 1993, Slovensko geotehnično društvo, knj. 1, 93–100, 1993–1994.
- Vogrinčič, G., Strniša, G., Results of static and dynamic loading tests on driven steel-pipe piles, Geotechnical hazards, proceedings of the XIth Danube-European conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Poreč, Croatia, 25–29 May 1998, Rotterdam, Brookfield, Balkema, 657–662, 1998.

ENERGETSKA IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA OBDELAVE IN KONČNE DISPOZICIJE BLATA IZ ČISTILNIH NAPRAV

THE ENERGY AND ECOLOGICAL PROBLEMS OF SLUDGE TREATMENT AND ITS FINAL DISPOSITION FROM WWTP

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
m.rismal@masicom.net

Strokovni članek
UDK: 628.35

Povzetek | Članek obravnava energetski potencial blata bioloških čistilnih naprav v odvisnosti od lastnosti odpadne vode, od starosti biološkega blata in izkoriščanja energije blata za pogon čistilnih naprav, direkten zažig aerobnega blata v celjski čistilni napravi in s sušenjem anaerobnega blata v ljubljanski čistilni napravi. Podana je presoja pasterizacije blata z uporabo toplotne energije v procesu endogene respiracije. Ključne besede: bilanca energije, sušenje blata, sežig blata.

Summary | The paper deals with the energy potential of the excess sludge of WWTP depending on the waste water properties, biological sludge age and the possible use of its energy for operation WWTP, the drying of the anaerobic sludge (WWTP of the city of Ljubljana) and the direct incineration of aerobic sludge without drying it (WWTP of the city of Celje). The short estimation of thermophilic aerobic sludge pasteurization is given.

1 • UVOD

V čistilnih napravah očiščena voda odteče v sprejemnike (recipiente), proizvedeno blato pa ostane na čistilni napravi. Ker obstoječi predpisi ne dovoljujejo odlaganja blata iz čistilnih naprav na deponije, ga je treba posebej obdelati. Članek obravnava razlike med direktnim sežigom aerobnega in sušenjem ter končnim sežigom anaerobnega blata čistilnih naprav z lastno energijo bioplina. Kratko so podane še druge, v določenih pogojih ekološko in ekonomsko primernejše obdelave in končne dispozicije blata iz bioloških čistilnih naprav. V osnovi lahko pri enaki kakovosti očiščene vode glede obdelave in končne dispozicije proizvedenega blata ločimo dva primera:

1. v prvem primeru (slika 2), ko je na razpolago dovolj kmetijskih površin, je ekološko in ekonomsko najprimernejša uporaba stabiliziranega in higieniziranega blata za organsko gnojilo. V ta namen lahko blato stabiliziramo in higieniziramo na tri načine.

1.1 V anaerobnih reaktorjih (gniliščih) s proizvodnjo bioplina za pogon čistilne naprave. Anaerobno blato se v zgoščevalcu zgosti in posuši na sušilnih gredah ali pa se, brez sušenja, do končnega odvoza na polja deponira v depojskih lagunah. Pri mehanski dehidraciji se deponira na pokritih odlagališčih. Salmonele v deponiranem blatu odmrjejo po enem do dveh mesecih.

1.2 Blato se aerobno stabilizira. Čiščenje odpadne vode in stabilizacija blata se izvršita v ločenem, največkrat pa v istem aerobnem reaktorju. Blato se zgosti, posuši ali mehansko dehidrira, v deponiji higienizira in po ca. 2 mesecih uporabi na poljih kot pod točko 1.1.

1.3 Tretji način, ki je manj v uporabi, je aerobna termična stabilizacija in pasterizacija blata. Pri tem postopku se

odvečno blato segreva – pasterizira – v ločenem reaktorju z lastno energijo, ki se sprošča med endogeno respiracijo – oksidacijo – preostanka organske snovi v blatu.

V vseh navedenih primerih je mogoče uporabiti tudi dodatno kompostiranje blata za dokončno stabilizacijo – higienizacijo – in nadaljnjo zmanjšanje količine proizvedenega blata.

2. V drugem primeru (slika 4), če za uporabo blata ni dovolj kmetijskih površin, odlaganje na komunalnih deponijah pa ni več dovoljeno, je treba blato s sežigom mineralizirati. Prej mehansko dehidrirano blato lahko sežgemo na dva načina:

- 2.1 s sušenjem pred sežigom blata;
- 2.2 z direktnim sežigom mehansko dehidriranega blata, brez sušenja, na lastni ali na skupni sežigalni napravi za druge komunalne odpadke.

Primerjava obravnavanih postopkov čiščenja je izvedena za povprečno sestavo odpadne vode (preglednica 1) in lastnosti odpadne vode (slika 1).

snovi	mineralne	organske	skupaj	BPK ₅
	g/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³
usedljive	100	150	250	100
neusedljive	25	50	75	50
raztopljene	375	250	625	150
skupaj	500	450	950	300

Preglednica 1 • Sestava povprečne odpadne vode (Imhoff, 2007)

Možnost samosežiga blata brez zunanje energije je odvisna od količine (energije) organske mase v celotni teži sušine in ostanka vlage v mehansko dehidriranem blatu.

Potek sinteze (eksogena respiracija) nove organske mase biološkega blata in razgradnje (endogena respiracija) v procesu čiščenja smo upoštevali po shemi (slika 1).

Medtem ko se količina organske mase biološkega blata s starostjo blata v aerobnem reaktorju manjša, pa ostaja količina inertnih anorganskih snovi enaka.

V energetski bilanci organskega dela blata po modelu čistilne naprave (Rismal, 1980 – 1997) sušenja in sežiga blata so za določitev organske mase in lastne energije biološkega

blata uporabljene naslednje vrednosti in enačbe.

Razgradljivi del organske mase biološkega blata pri starosti blata T_b (Eckenfelder, 1989):

$$X_d = X_d' / (1 + k_d \cdot X_n' \cdot T_b \cdot F) \quad (1)$$

Nerazgradljivi del organske mase biološkega blata na koncu endogene respiracije

$$X_n = 1 - X_d \quad (2)$$

$Y = 0,6$ koeficient tvorbe biološkega org. mase biološkega blata pri eksogeni respiraciji

$X_d' = 0,8$ biol. razgradljivi del biol. blata na začetku endogene respiracije

$X_n' = 0,2$ biol. nerazgradljivi del biol. blata na začetku endogene respiracije

T_b (d) starost biološkega blata

$k_d = 0,08$ (1/d) koef. endogene razgradnje org. mase biol. blata

$F = 1,072^{(T-15)}$ faktor hitrosti biokemičnih procesov v odvisnosti od temperature

T (°C) temperatura vode v biološkem reaktorju

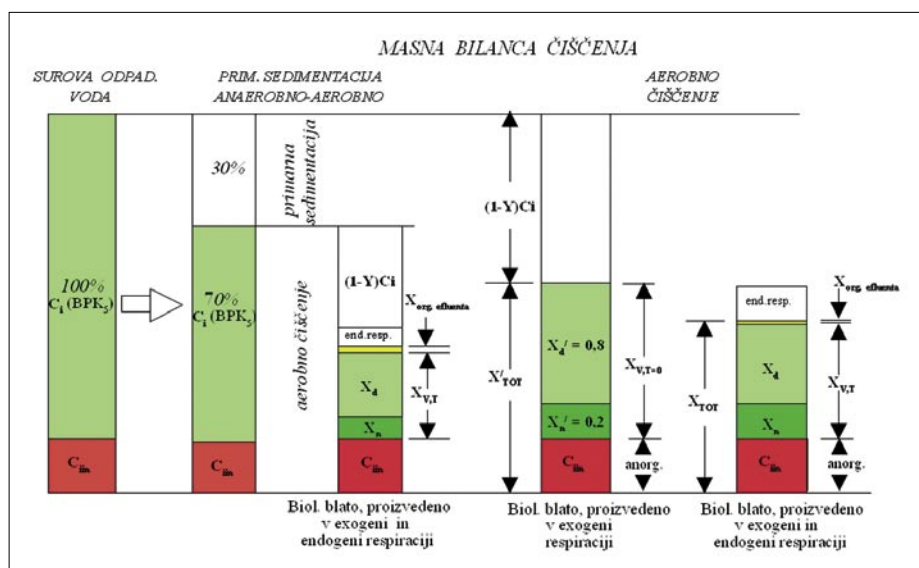
Podatki o energiji organske snovi v biološkem blatu, bioplinu in entalpiji za evaporacijo vode, ki so uporabljeni v obravnavani energetski bilanci sušenja in sežiga blata (Degremont, 1973):

neto kalorična vrednost organskega dela blata ca. 5000 kcal/kg

kalorična vrednost bioplina ca. 6,28 do 7,0 kWh/m³

totalna toplota (ent. alpija) za evaporacijo vode 640 kcal/kg pri 100 °C pri 105 N/m²

v odvisnosti od temperature t (°C) izpušnih plinov pa $640 + 0,5 (t-100)$ kcal/kg

Slika 1 • Shematski prikaz masne bilance anorganskih C_{in} in organskih snovi C_i biološkega blata v procesu čiščenja (Rismal, 2003)

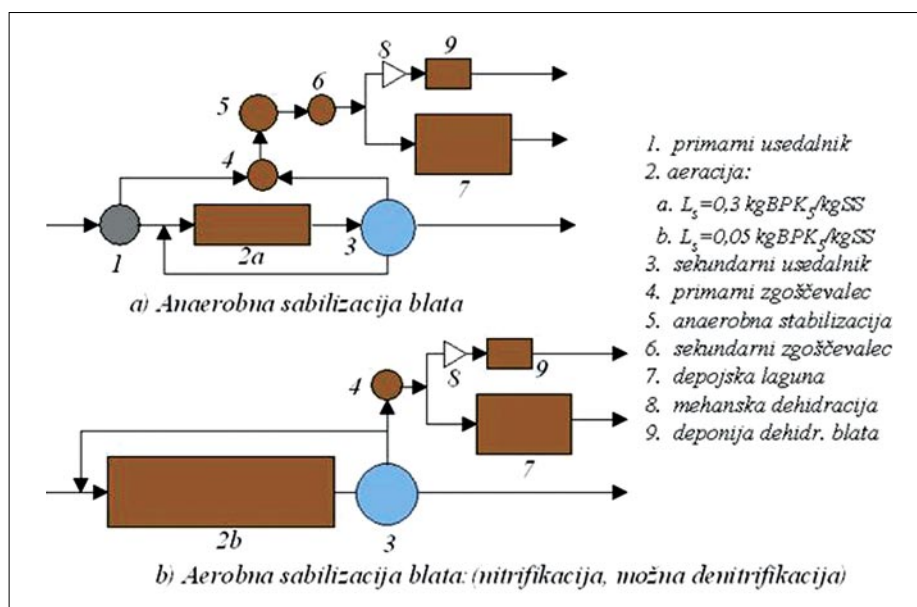
2 • OBDELAVA BLATA ZA UPORABO NA POLJIH

(Primerjava naprav s primarno sedimentacijo in anaerobno stabilizacijo blata in brez primarne sedimentacije z aerobno stabilizacijo) Kratko bomo opisali le lastnosti postopkov stabilizacije blata pod točko 1.1 in 1.2. Delovanje termične stabilizacije, pasterizacije blata, ki se uporablja redkeje, pa smo prikazali le v sliki 11.

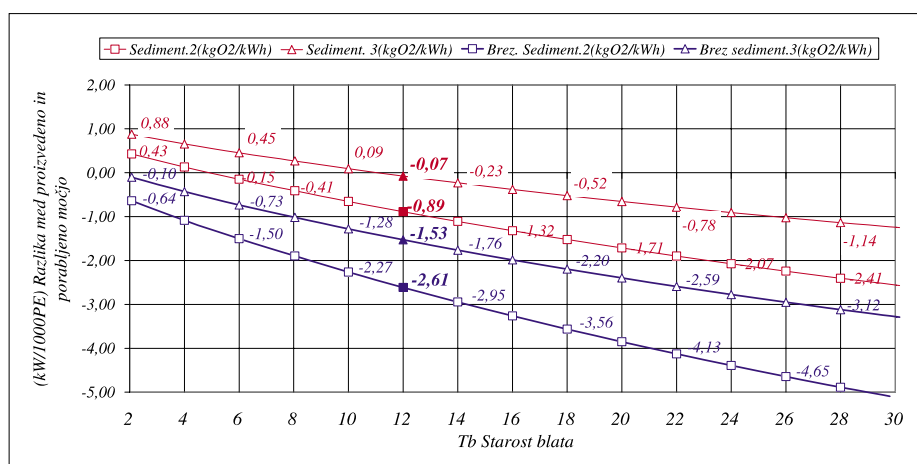
Pred leti so prevladovala naprave II. stopnje s primarno sedimentacijo in anaerobno stabilizacijo blata brez nitrifikacije in denitrifikacije efluenta pri specifičnih obremenitvah blata med 0,25 do 0,30 kgBPK₅/kgSS in starosti biološkega blata med 4 do 6 dni, z delnim pokritjem energije iz bioplina za lastne potrebe (slika 2a).

Po zgostitvi v zgoščevalcu se je blato posušilo na sušilnih gredah ali pa se je mehansko dehidrirano deponiralo v prekritih deponijah. Zgoščeno blato brez mehanske dehidracije se je deponiralo v depojskih lagunah.

Slika 2b pa prikazuje shemo naprave z aerobno stabilizacijo blata. Značilnost teh naprav je visoka starost blata nad 25 dni z obremenitvijo 0,04 kgBPK₅/kgSS do 0,05 kgBPK₅/kgSS in ustrezno večjim aerobnim reaktorjem. Naprave zagotavljajo visoko kakovost čiščenja glede BPK₅. Z načrtovano



Slika 2 • Shema čistilnih naprav II. stopnje z anaerobno stabilizacijo brez nitrifikacije in z aerobno stabilizacijo blata pri nitrifikaciji-denitrifikaciji efluenta



Slika 3 • Bilanca energije čistilnih naprav za 1000 populacijskih enot brez in s proizvodnjo energije iz bioplina v odvisnosti od starosti biološkega blata (Rismal, 2003)

3 • OBDELAVE ODPADNEGA BLATA ČISTILNE NAPRAVE S KONČNIM SEŽIGOM BLATA PRI NAPRAVAH III. STOPNJE ČIŠČENJA (nitrifikacija, denitrifikacija, defosfatizacija)

V tem poglavju nas zanimajo odgovori:

- o potrebni stopnji mehanske dehidracije blata za sežig blata z lastno energijo organske mase v proizvedenem biološkem blatu čistilne naprave;
- kaj energija na napravi proizvedenega bioplina zadostuje za osušitev dehidriranega biološkega blata na 10-odstotno vlago;
- ali je pred samosežigom treba blato posušiti.

Za samosežig aerobnega ali anaerobnega biološkega blata sta odločilni stopnja mehanske dehidracije blata in količina organskih snovi v proizvedenem biološkem blatu z energijo $20.000 \text{ kJ/kg SS}_{\text{org}}$ ali $5,56 \text{ kWh/kg SS}_{\text{org}}$. Za evaporacijo vode pa potrebujemo ca. $1,4 \text{ kWh/kg H}_2\text{O}$.

Naprave s primarno sedimentacijo (slika 4a) in anaerobno obdelavo blata imajo večji izplen energije. Na drugi strani pa primarna sedi-

aeracijo pa omogočajo še nitrifikacijo-denitrifikacijo in biokemično defosfatizacijo efluenta. Velika masa aktivnega biološkega blata in veliko razredčenje onesnaženja v aerobnem reaktorju omogočata prevzem velikih sunkov onesnaženja.

Manjše število, le 4 do 5 procesnih faz, v primerjavi s klasično čistilno napravo, ki vsebuje s kuriščem in plinohramom 9 faz (slika 2a), pa omogoča enostavnejše in varnejše obratovanje.

Edina pomanjkljivost aerobne stabilizacije, dokler gre le za II. stopnjo čiščenja (le eliminacija organskega ogljika BPK_5), je večja poraba energije. Razlika v energetski bilanci obeh naprav (sliki 2a in 2b) je podana (slika 3) v odvisnosti od starosti biol. blata (kakovosti čiščenja) in porabe energije $2 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$ ali $3 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$ za aeracijo.

Z uvedbo III. stopnje čiščenja, ki zahteva večje starosti biološkega blata, pa se ta razlika, kot vidimo iz slike 3 relativno zmanjšuje.

Sama proizvodnja bioplina in energije za naprave z in brez primarne sedimentacije je podana na sliki 6.

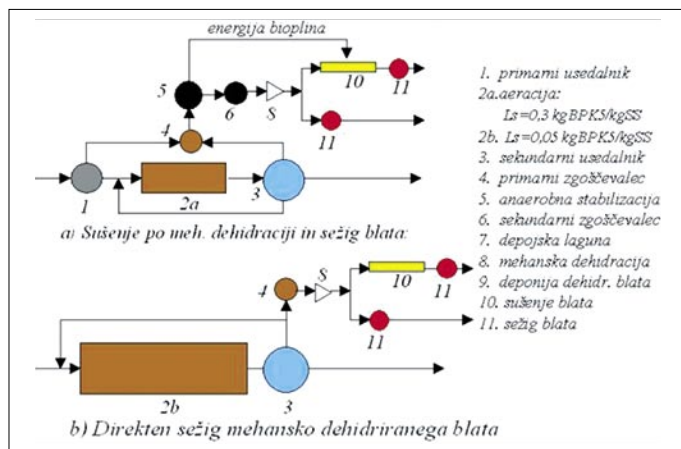
Naprave s primarno sedimentacijo in anaerobno stabilizacijo blata lahko pokrijejo porabo energije za aeracijo odpadne vode z energijo bioplina v glavnem le pri starostih biološkega blata pod 10 dni (glej sliko 3). Večinoma pa je za pogon drugih elementov čistilne naprave potrebna zunanja energija. Pri večjih čistilnih napravah, če je na voljo dovolj kmetijskih površin, je takšna rešitev ekološko in energetsko utemeljena.

mentacija z gnilišči povečuje za denitrifikacijo neugodno razmerje N/BPK_5 .

Pri starosti blata nad 10 do 12 dni pa tudi skupna energetska bilanca (slika 3) čiščenja in proizvedenega bioplina ni več pozitivna. Zato teh naprav (slika 4a) tukaj ne obravnavamo.

Na drugi strani pa ostane v blatu čistilnih naprav brez primarne sedimentacije in gnilišč več organskih snovi (slika 5) za samosežig blata in za denitrifikacijo ugodnejše razmerje N/BPK_5 . Za manjšo porabo energije pa je treba blato pred sežigom dobro mehansko dehidrirati (centrifuge, tlačne preše itd.).

Sliki 5 in 6 kažeta upadanje organske snovi v biološkem blatu s totalno energijo, količino in energijo bioplina, ki jo je iz blata mogoče



Slika 4 • Shema čistilnih naprav z nitrifikacijo-denitrifikacijo efluenta z različno obdelavo in končno dispozicijo blata

pridobiti za lasten sežig in evaporacijo vode iz blata.

Z direktnim sežigom mehansko dehidriranega aerobnega blata pridobimo celotno energijo organske mase (slika 5 in 6). Iz iste organske mase pa pridobimo v anaerobnem reaktorju z bioplinom le del te energije. Razliko do celotne energije organske mase pa pridobimo šele s sežigom anaerobnega blata (iz anaerobnega reaktorja).

Teoretično, fizikalno, je vsota iz blata sproščene energije v obeh postopkih enaka (slika 6). Določena razlika nastane le zaradi energetskih izgub pri sušenju blata z energijo bioplina in v številu za njen izkoristek potrebnih operacij. Direktni sežig aerobnega blata skupaj z

zgoščevanjem in dehidracijo vsebuje, kot že rečeno, 5 postopkov. Za drugi postopek s primarnim in sekundarnim zgoščevanjem, anaerobno obdelavo v gnilišču z rezervoarjem za bioplin, kuriščem in dehidracijo ter sušenjem s končnim zažigom blata pa potrebujemo s pripadajočimi objekti in napravami kar 9 postopkov.

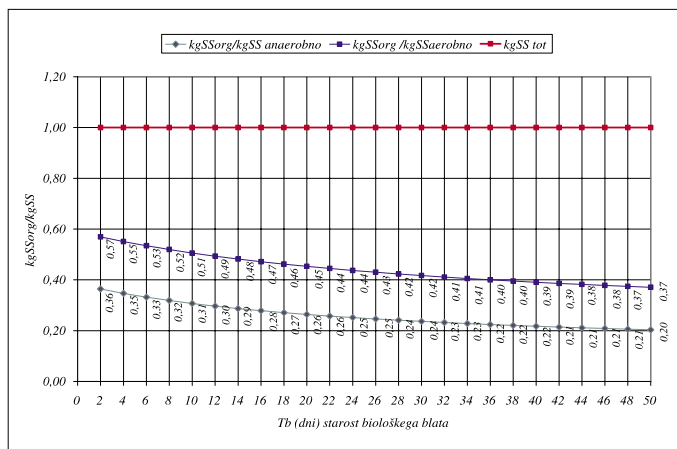
Prednost ima direktni sežig blata. Posušeno blato iz anaerobnega reaktorja po izplenu bioplina namreč še vedno vsebuje ostanek organske snovi, ki jo je treba sežgati, ker sicer blata ni mogoče odložiti na deponijah (slika 6).

Za direktni samosežig aerobnega blata (slika 6b) pri starosti biol. blata 8 do 20 dni pri ni-

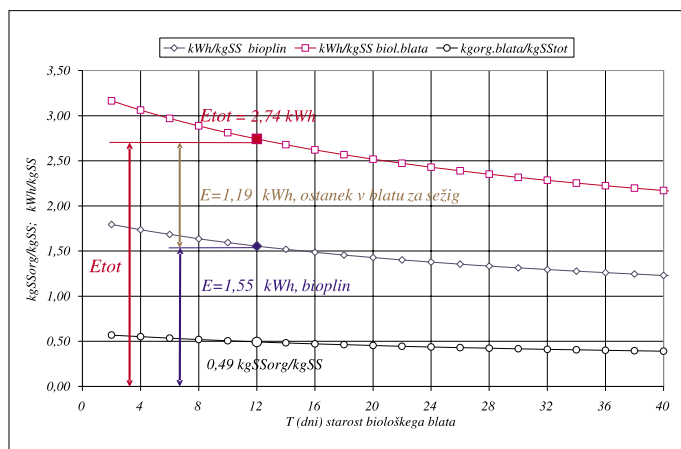
trifikaciji-denitrifikaciji efluenta na sliki 7, mora blato vsebovati najmanj 33 % sušine. Pri starosti biološkega blata $T_b = 12$ dni z organskim delom 49 % potrebuje blato za samosežig le ca. 34 % sušine (slika 7).

V drugem primeru (slike 4a, 6 in 8) pa se aerobno blato pred sežigom v gnilišču anaerobno obdelo kot na ljubljanski čistilni napravi (slika 9). Pri tem pa pade organski del blata z 49 % na 30 % (sliki 5 in 6). Za samosežig pa mora biti v blatu na račun bioplina za $(49-30)/49 = 39\%$ zmanjšana organska masa v anaerobnem reaktorju mehansko bolj dehidrirana na ca. 46 % sušine (slika 8).

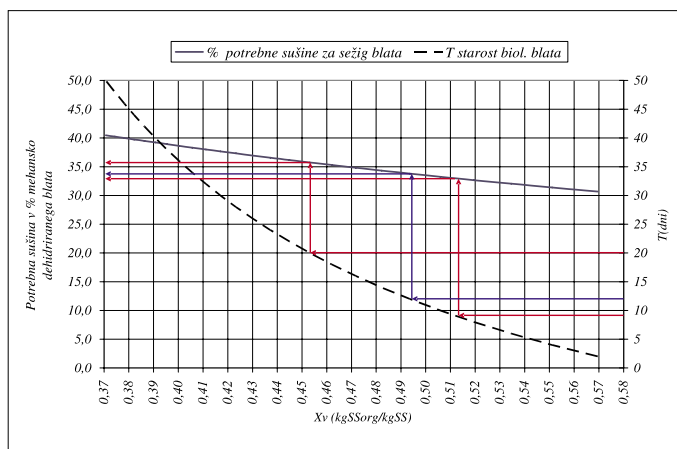
Pri slabši mehanski dehidraciji biološkega blata (preglednica 1) kot v slikah 7 in 8,



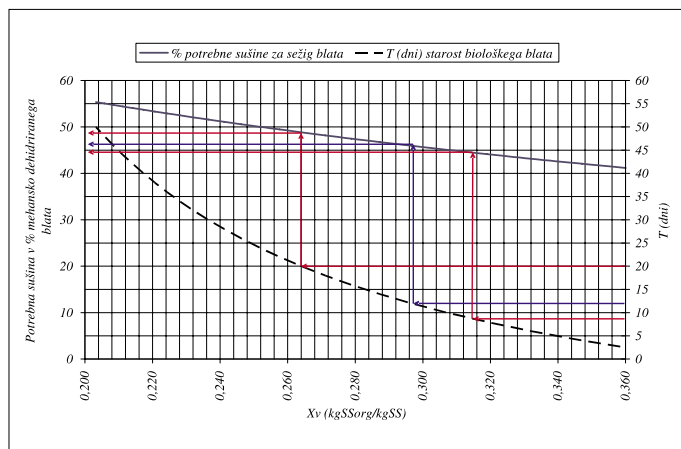
Slika 5 • Delež organske snovi v skupni suhi teži 1 kgSS odvečnega blata v odvisnosti od starosti biološkega blata po anaerobni in aerobni obdelavi blata; s starostjo blata upada vsebnost organske mase in s tem lastna energija za sežig blata (Rismal, 2003)



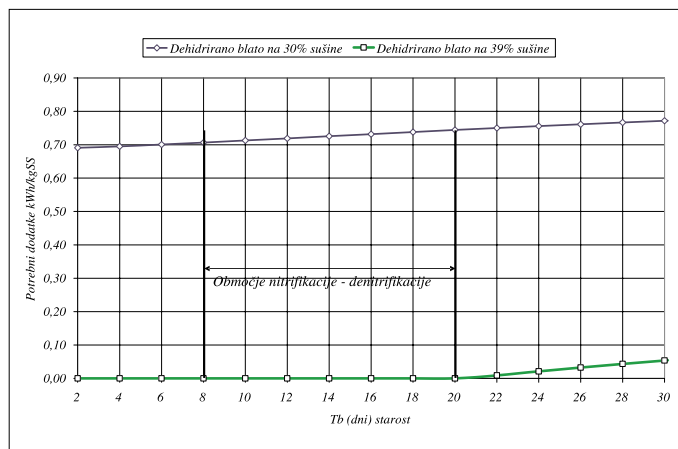
Slika 6 • Celotna energija organske mase v 1 kgSS suhe snovi biološkega blata in iz nje pridobljenega bioplina v odvisnosti od starosti biološkega blata; z direktnim sežigom blata izkoristimo njegovo energijo v enem, s predhodnim pridobivanjem bioplina za sušenje blata pa v dveh ločenih postopkih. Pri sušenju pa gre del energije v izgubo



Slika 7 • Območje sežiga aerobnega biol. blata z lastno energijo organ. dela; potrebna meh. dehidracija kgSS/kgblata v % za nitrifikacijo-denitrifikacijo efluenta potrebni starosti blata T_b s pripadajočo organsko maso v kgSSorg/kgSS na kilogram skupne suhe teže biološkega blata



Slika 8 • Območje sežiga anaerobnega biol. blata z lastno energijo org. dela; potrebna mehanska dehidracija kgSS/kg blata v % pri za nitrifikacijo-denitrifikacijo efluenta potrebni starosti blata T_b , s pripadajočo organsko maso v kgSSorg/kgSS na kilogram skupne suhe teže biološkega blata



Slika 9 • Primer potrebne zunanje energije za sušenje mehansko dehidriranega blata iz anaerobnega reaktorja od 30 % in 39 % na 90 % sušine (glej sliko 7 in 8); količina zunanje energije se veča s starostjo T_b aerobnega blata

samosožig blata ni mogoč. Zagotoviti je treba dodaten, zunanji vir energije. Če je mogoče, pa je blato treba sežgati s komunalnimi odpadki v skupni sežigalnici.

Količino zunanje energije za direkten sežig mehansko dehidriranega blata s 30 % do 39 % sušine lahko ocenimo, odvisno od njegove starosti T_b , iz diagrama 6. Blato večje starosti z manj organske snovi potrebuje za sežig več energije.

Na slikah 7 in 8 izračunane sovisnosti med organskim delom biološkega blata in potrebno sušino za energetsko samozadosten sežig blata, ki so dopolnjene s pripadajočimi starostmi blata (za obravnavane primere brez primarne sedimentacije), se ujemajo s podatki (Degremont 1973) v sliki 10.

Iz rezultatov prikazane analize direktnega in indirektnega sežiga blata iz obravnavanih čistilnih naprav brez in s sušenjem blata pred sežigom je mogoče povzeti naslednje zaključke:

1. Možnost direktnega sežiga blata je odvisna od stopnje predhodne mehanske dehidracije, od starosti blata oziroma od količine organskih snovi kot vira lastne energije. Pri čistilnih napravah III. stopnje, brez primarne sedimentacije in za nitrifikacijo-denitrifikacijo potrebni starosti blata med 8 in 20 dni, je treba blato pred sežigom mehansko dehidrirati nad ca. 33 % sušine (slika 7). Pri napravah III. stopnje s proizvodnjo bioplina za sušenje anaerobnega blata na 10 % sušine pa je treba zagotoviti zunanji vir energije.
2. Obdelava sekundarnega biološkega blata v gniliščih omogoča ca. 26 % nižjo proizvodnjo sušine blata. Pri za nitrifikacijo-deni-

trifikacijo potrebni starosti blata med 8 in 20 dni pa lahko z energijo proizvedenega bioplina na 90 % osušimo le mehansko dehidrirano blato z nad 45 % do 50 % sušine (slika 8). Sicer je za osušitev blata na 10 % vlage potreben dodatni, zunanji vir energije.

3. Energija lastnega bioplina za sušenje anaerobnega blata v obravnavanih primerih torej ne zadostuje. Zato je postopek na sliki 4a v primerjavi z direktnim sežigom dehidriranega blata tehnološko, obratovalno in investicijsko zahtevnejši.

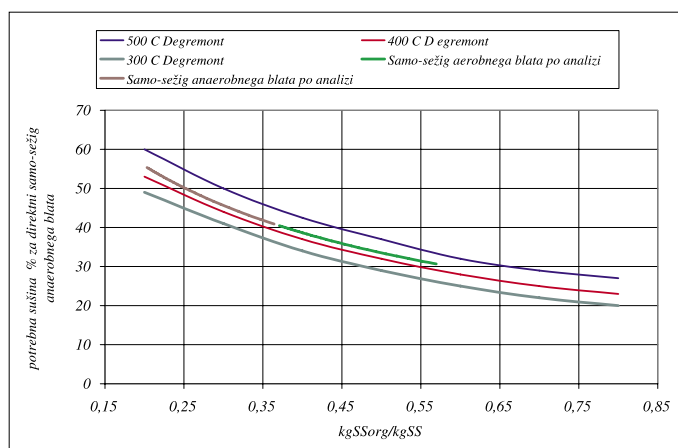
Odlaganje le posušenega blata na deponije z ostankom organskih snovi pa ni več dovoljeno.

4. Energetsko in ekonomsko je zato najprimernejši skupen sežig blata s komunalnimi odpadki. Blato iz čistilnih naprav je del vseh komunalnih odpadkov. Po logičnem konceptu, ki je doslej uspešno izveden edino v Celju, sodi na skupno sežigalnico komunalnih odpadkov. Ali, namesto dragega sušenja, je treba blato sežgati z viškom bioplina na delujočih deponijah.

5. Zaradi velikega deleža anorganskih snovi v blatu čistilnih naprav III.

stopnje v mešanih kanalizacijskih sistemih pa ostane pri sežigu blata v primerjavi z drugimi odpadki več pepela (slika 5).

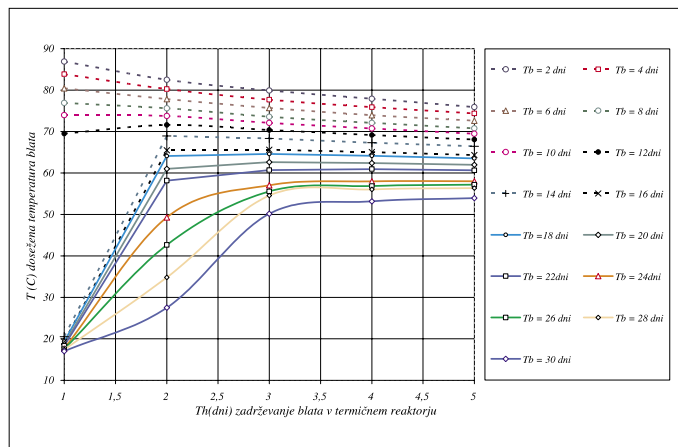
6. V slikah 2, 7 in 8 je razvidna prednost direktnega sežiga mehansko dehidriranega blata iz aerobnega reaktorja v enem postopku pred sežigom anaerobnega blata (slike 7, 8 in 9).
7. V tej luči je bila izgradnja drage sušilnice blata na ljubljanski čistilni napravi z gnilišči s proizvodnjo ca. 4000 m³/dan bioplina za sušenje anaerobnega blata negospodarna, saj ga je na ljubljanski deponiji na voljo desetkrat več (ca. 40.000 m³/dan). Samo manjši del tega bioplina bi bilo, namesto dragih gnilišč in sušilnice, mogoče izkoristiti za enostavnejši in cenejši neposredni sežig blata.



Slika 10 • Območje (Degremont, 1973) za sežig potrebne sušine blata v % v odvisnosti organskega blata v kgSSorg/kgSS se pokriva s podatki analize v slikah 7 in 8, upoštevajo pa tudi pripadajočo starost aerobnega blata T_b

4 • TERMIČNA AEROBNA STABILIZACIJA IN HIGIENIZACIJA BLATA

Na sliki 11 so podani rezultati računa termične stabilizacije biološkega blata na čistilnih napravah brez primarne sedimentacije. Popolna pasterizacija (70 °C) blata z lastno energijo je v glavnem mogoča le (odvisno od deleža anorganskih snovi in toplotne izolacije termičnega reaktorja) pri napravah brez nitrifikacije. Higienizacijo in redukcijo količine blata pred odvozom na polja pa je mogoče ceneje in enostavneje zagotoviti v depojskih lagunah.



Slika 11 • Dosežena temperatura blata povprečne odpadne vode pri zadrževanju blata T_h v termičnem reaktorju v odvisnosti od starosti T_b biološkega blata

5 • SKLEP

Iz obravnavanih postopkov obdelave in končne dispozicije blata iz čistilnih naprav lahko povzamemo naslednje zaključke:

1. če je na voljo dovolj kmetijskih površin in če je stabilizirano higienizirano blato primerne kakovosti, ga je ekološko in ekonomsko najprimerneje uporabiti na poljih;
2. pri čistilnih napravah na ruralnih območjih v pogojih pod točko 1 je tehnično-ekonomsko najprimernejša aerobna stabilizacija blata v depojskih lagunah, če je zanje

prostor, ker je istočasno zagotovljena tudi samodejna higienizacija blata;

3. pri večjih čistilnih napravah III. stopnje pa je anaerobna stabilizacija blata s proizvodnjo bioplina za pogon čistilne naprave lahko ekonomsko-tehnološko utemeljena, če je za uporabo blata v kmetijstvu dovolj površin;
4. če ni dovolj površin, ostaja za končno dispozicijo blata sežig blata. V tehnično-ekonomskem pogledu je racionalen skupni

sežig na regijski sežigalnici komunalnih odpadkov kot je na primer izveden v Celju in na čistilni napravi Ruhleben v Berlinu (sliki 14, 16);

5. Žal pa takšne postopne, energetske in tehnično-ekonomske podprte rešitve blata niso uporabili pri največji slovenski čistilni napravi v Ljubljani; čeprav je na mestni deponiji na voljo ca. 10 krat več energije, so za sušenje blata zgradili gnilišča za ca. 4000 m³ bioplina in sušilnico blata s pripadajočimi napravami (sliki 13, 15); negospodarnost takšne rešitve dokazuje čistilni napravi v Celju in Ruhlebnu pri Berlinu (slike 12, 14, 16), kjer so na račun



Slika 12 • Tehnološko in prostorsko funkcionalna zasnova celjske čistilne naprave



Slika 13 • Tehnološko in prostorsko neracionalna zasnova čistilne naprave v Ljubljani



Slika 14 • Regionalna sežigalnica z direktnim sežigom mehansko dehidriranega aerobnega blata iz čistilne naprave in mestnih smeti v Celju



Slika 15 • Negospodarna gnilišča na ljubljanski čistilni napravi s pripadajočimi objekti za sušenje blata z lastnim in zemeljskim plinom. Zaradi prevelikega ostanka organskih snovi v posušenem blatu pa ostaja problem blata še naprej nerešen

direktnega sežiga blata že pred 20 leti opustili proizvodnjo bioplina v 52.000 m³ velikih gniliščih; samo oprema za nepotrebno sušenje blata, brez gnilišč in drugih gradbenih objektov, na čistilni napravi v Ljubljani pa je stala – po podatkih dobavitelja opreme Andritz – 6,9 mio evrov;

6. prednost enofaznega postopka z direktnim sežigom aerobnega blata pred dvofaznim postopkom z bioplinom za sušenje temelji na dejstvu, da je za oba postopka na voljo enaka lastna energija blata. Zaradi toplotnih izgub pri sušenju blata z energijo bioplina se pri dvofaznem postopku porabi več energije kot pri enofaznem postopku z direktnim sežigom blata.

Samozadostnost lastne energije blata za sežig pri čistilnih napravah z nitrifikacijsko-denitrifikacijo efluenta je odvisna od starosti biološkega blata in dosežene dehidracije blata pred direktnim sežigom, kot je za povprečne lastnosti odpadne vode vidno na slikah 7, 8 in 9.



Slika 16 • Pogled na čistilno napravo Ruhleben v Berlinu za 1,6 milijona PE, kjer so, enako kot v Celju, že pred 20 leti opustili 8 gnilišč z 52.000 m³ za proizvodnjo bioplina in zgradili sežigalnico za direkten sežig dehidriranega blata

6 • LITERATURA

- Eckenfelder, W.W., Industrial water pollution control, Mc.Graw – Hill, 1989.
 Rismal, M., Problematika lastne energetske oskrbe čistilnih naprav, Gradbeni vestnik 52. sept. 2003.
 Rismal, M., Zapiski predavanj iz predmeta čiščenje odpadnih vod IZH, FGG 1980–1997.
 Degremont, Water treatment handbook, Stephen Austin&Sons Ltd., strani 463, 464, 466, 1973.

DIRECT-MAT ZDRUŽEVANJE NAJBOLJŠIH PRAKS PRI RAZGRADNJI IN PONOVI UPORABI CESTOGRADBENIH MATERIALOV V EVROPI

DIRECT-MAT, BRINGING TOGETHER BEST PRACTICE ACROSS EUROPE ON THE DISMANTLING AND RECYCLING OF ROAD MATERIALS

mag. Primož Pavšič, univ. dipl. kem.
Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana

Strokovni članek
UDK: 625.7/.8:628.477

Povzetek | Za pospešitev izmenjave nacionalnih izkušenj pri razgradnji in ponovni uporabi oziroma varnem odlaganju materialov iz cestogradnje na ravni Evrope se je leta 2009 v okviru sedmega okvirnega programa (EC 7th Framework) na področju transporta pričel triletni evropski raziskovalni projekt. V projektu sodelujejo partnerji iz 15 držav. Vrednost projekta je 1,2 milijona evrov in zajema vzpostavitev evropske internetne podatkovne baze in pripravo vodnikov najboljše prakse tehnik razgradnje in ponovne uporabe cestogradbenih materialov (Dismantling and REcycling Techniques for road MATerials – DIRECT-MAT). Namen projekta je predvsem omogočiti podporo vsakodnevni delu izvajalcem, raziskovalcem in organom standardizacije.

Summary | In order to facilitate the sharing of national experiences on dismantling and recycling or safe disposal of road and road related materials at the European level, a three-year European project starting 2009 was initiated within the EC 7th Framework Programme Transport first call. The project is comprised of partners from 15 participating countries for a budget of 1,2 million Euros and involves building a European Web database and drafting best practice guides on Dismantling and REcycling Techniques for road MATerials ("DIRECT-MAT"). The intention is that project results shall support the daily work of practitioners, researchers and standardisation bodies.

1 • UVOD

Cestno omrežje v EU25 je osnova za potniški in tovorni promet v Evropi. Vendar pa je vzdrževanje takšnega omrežja drago, obenem pa je le-to skozi nastanek odpadnih surovin in izrabe naravnih virov tudi posredno odgovorno za nastanek škodljivih vplivov na okolje. Kot je bilo poudarjeno s strani ERTRAC-a in njegovega

raziskovalnega okvirnega programa (ERTRAC, 2006), je nujno, da vzporedno optimiziramo razmerje med kakovostjo in stroški pri izgradnji in vzdrževanju cestne infrastrukture in spodbujamo okolju prijazne prakse vzdrževanja in gradnje prometnic. Pomemben prispevek vsekakor predstavlja zmanjšanje

uporabe naravnih materialov na račun povečanja ponovne uporabe razpoložljivih odpadnih cestogradbenih materialov.

V zadnjih nekaj letih se je večina evropskih držav podala na to pot z uveljavljanjem nacionalnih strategij razgradnje in ponovne uporabe (recikliranja) cestogradbenih materialov nazaj v izgradnjo novih vozišč. Evropska projekta ALT-MAT (CORDIS, 1999) in nedavni SAMARIS (FEHRL, 2003) sta s pripravo predlogov in naborom pre-

iskav za oceno mehanskih in okoljskih lastnosti in sprejemljivosti stranskih oziroma odpadnih produktov cestogradnje močno prispevala k povečanju recikliranja. Danes so mnoge evropske države samostojno ali na podlagi rezultatov evropskih raziskovalnih projektov že pridobile bogate izkušnje na področju razgradnje in ponovne uporabe cestogradbenih in sorodnih materialov pri

izgradnji cest, predvsem na področju asfaltnih materialov.

Glede na razpoložljive odpadne materiale in lokalno zakonodajo pa se prakse v Evropi na nacionalnih nivojih močno razlikujejo. Na ta način je bil pridobljen širok nabor podatkov o možnostih ponovne uporabe in lastnostih recikliranih materialov, vendar pa so le-ti razpršeni po različnih državah članicah EU

in na žalost le redko praktično uporabljeni. Prav tako so obstoječe podatkovne baze in razpoložljivi dokumenti navadno le v nacionalnih jezikih in s tem – tako kot mnogi praktični primeri – niso dostopni strokovnjakom iz drugih držav. Tako nacionalne izkušnje in podatki, ki slonijo na lokalnih raziskavah in praktičnih primerih, navadno ne koristijo drugim evropskim državam, še posebej novim članicam.

2 • NAMEN

Z namenom izmenjave nacionalnih izkušenj na evropski ravni, ki bo veliko doprinesla na ekonomskem področju kot tudi na področju okoljevarstva v Evropi, je bil v okviru sedmega okvirnega programa kot podporni projekt (CSA – Coordination and Support Action) spodbujen evropski projekt z akronimom DIRECT-MAT.

Cilja projekta sta vzpostavitev evropske internetne baze podatkov in priprava vodnikov najboljše prakse tehnik razgradnje in ponovne uporabe cestogradbenih materialov pri izgradnji novih voziščnih konstrukcij. Vodniki najboljše prakse bodo osredotočeni predvsem na pripravo predlogov za razgradnjo in

ponovno uporabo teh materialov na način, ki bo omogočil najvišjo dodano vrednost.

Projekt je usmerjen na ponovno uporabo nevezanih, hidravlično vezanih in asfaltnih materialov kot tudi drugih cestogradbenih materialov, katerih ponovna uporaba v cestogradnji doslej ni bila običajna. Prav tako pa se bo posvečal tudi strategiji in tehnikam recikliranja cestam sorodnim materialom, kot je uporaba avtomobilskih gum v cestogradnji.

3 • KORISTI

Internetna podatkovna baza bo omogočila neposreden (on-line) dostop do relevantnih informacij tako naročnikom kot tudi izvajalcem del in raziskovalcem. Od projekta se pričakuje kar nekaj koristi:

- S **tehničnega** vidika bo projekt omogočil dostop do razpoložljivih in validiranih vodnikov in tehničnih specifikacij za pomoč pri načrtovanju, vodenju in izvedbi razgradnje in ponovne uporabe cestogradbenih in sorodnih materialov v postopkih sanacij in novogradenj cest. Razpoložljive informacije se ne bodo nanašale le na rezultate raziskav na celotnem območju Evrope, temveč tudi na same praktične primere. S povečanjem zaupanja naročnikov in izvajalcev v uporabo recikliranih cestogradbenih in sorodnih materialov bo projekt aktivno vplival na zmanjšanje količine odpadkov in izrabe naravnih surovin pri postopkih sanacij in vzdrževanja cestnega omrežja.
- Z **znanstvenega** vidika bo za izboljšanje koordinacije nacionalnih raziskovalnih programov na nivoju Evrope in vzpostavitev prioritete evropskih raziskav in tehnološkega razvoja podan integriran, skupen pogled

na potrebe po raziskavah na področju cestogradbenih materialov. Prav ponovna uporaba in recikliranje cestogradbenih materialov sta bila s strani mnogih nacionalnih direktorats za ceste, vključenih v projekt ERA-NET ROAD na delavnici v Kölnu februarja 2007, prepoznana kot prioriteta skupnih evropskih raziskav. Še več, internetna podatkovna baza bo raziskovalcem omogočila takojšen »on-line« dostop do referenc nacionalnih dokumentov, pregleda harmonizirane literature ter primerov praktičnih izvedb in podatkov. Ti viri podatkov bodo dobrodošli pri načrtovanju raziskovalnih projektov kot tudi pri preverjanju in izboljševanju modelov. Prav tako pa bo raziskovalcem omogočeno tudi dodati v bazo nove laboratorijske in praktične podatke, ki bodo lahko koristili celotni evropski raziskovalni skupnosti.

- Z **regulatornega** vidika je v pripravi set evropskih odredb, ki se nanašajo na recikliranje cestogradbenih materialov v nove ceste. Direktiva Sveta 2006/12/EC Evropskega parlamenta z dne 5. aprila 2006 o odpadkih prepoveduje opustitev

in nekontrolirano odlaganje ali odstranitev in zahteva od držav članic spodbujanje zmanjševanja nastanka odpadkov, recikliranja in obdelave za ponovno uporabo. Medtem se tehnični odbori CEN, ki delujejo na področju agregatov (CEN/TC 154), cestogradbenih materialov (TC 227) ter betona in betonskih izdelkov (TC 104), trudijo definirati mehanske, geometrijske, fizikalne in kemijske kriterije za uporabnost recikliranih cestogradbenih materialov v voziščnih konstrukcijah oziroma cestah. Te kriterije bo kasneje treba dopolniti preko tehničnega odbora CEN, odgovornega za standardizacijo na področju nevarnih snovi – gradbeni produkti: ocena izpustov nevarnih snovi – (CEN/TC 351), ki je pričel z delom na okoljskih kriterijih, kar bo omogočilo uporabo gradbenih odpadkov v cestogradnji. Strokovnjaki, odgovorni za pripravo evropskih standardov, ki delujejo v teh odborih, bodo vsekakor cenili neposreden dostop do evropske internetne baze podatkov, ki bo vsebovala preverjene – validirane – laboratorijske in terenske podatke iz različnih držav. Ti podatki jim bodo v veliko pomoč pri vključevanju kriterijev, pridobljenih na znanstvenih osnovah v evropske standarde.

4 • PARTNERJI IN ORGANIZACIJA PROJEKTA

Dvajset partnerjev – raziskovalnih inštitutov, univerz in zasebnih podjetij – iz petnajstih sodelujočih držav bo sodelovalo pri zbiranju, analizi in izmenjavi mednarodnih kot tudi nacionalnih podatkov za dobrobit Evrope (preglednica 1).

Da bi dosegli s projektom zastavljene cilje, je delo organizirano v sedmih delovnih skupinah (Work Package – WP) (slika 1).

Za zagotovitev operativnega vodenja konzorcija bo delovna skupina 1 – Vodenje in koordinacija (WP 1: Management and coordination) – obravnavala vse organizacijske zadeve v povezavi s projektom. S sodelovanjem koordinatorskega projekta in vseh vodij delovnih skupin v delovni skupini 1 (WP1) bo tako zagotovljen pretok informacij do vseh udeležencev v projektu.

Delovne skupine 2 do 5 (WP2–WP5) se osredotočajo na različne gradbene materiale, ki jih zajema projekt. Zbrane informacije bodo zajemale celoten spekter cestogradbenih materialov v Evropi. Da bi lahko zbrali in uredili obstoječe znanje in tehnike, je nujno povezati izkušene strokovnjake z različnih področij cestogradbenih materialov. Ti bodo zbrali obstoječe znanje in prakse na področju razgradnje in ponovne uporabe teh materialov. Zbrane podatke bodo strokovnjaki, udeleženi v posameznih delovnih skupinah projekta (WP), uredili in pripravili vodnik dobre prakse strategij razgradnje in ponovne uporabe posameznih materialov.

V delovni skupini 2 (WP 2) – Nevezani materiali – se obravnavajo strategije ob zaključku življenjske dobe (end-of-life strategies) nevezanih plasti. Ker se nevezani materiali uporabljajo v spodnjem ustroju voziščnih konstrukcij skoraj vseh cest v Evropi in v obrabni plasti mnogih stranskih, malo obremenjenih cest, prav zagotovo predstavljajo večino cestogradbenega materiala. Še več, druge materiale iz cest je večinoma najlažje ponovno uporabiti kot nevezane materiale v spodnjem ustroju cest.

V delovni skupini 3 (WP3) – Hidravlično vezani materiali – strokovnjaki na podlagi nacionalnih izkušenj pripravljajo strategijo ponovne uporabe hidravlično vezanih materialov, ki se uporabljajo v hidravlično vezanih nosilnih plasteh (cementna stabilizacija) in betonskih voziščih.

V delovni skupini 4 (WP 4) – Asfaltni materiali – se podrobno proučuje obstoječe znanje na

Partner	Država
Francoski raziskovalni laboratorij za mostove in ceste (LCPC), koordinator	Francija
Belgijski raziskovalni center za ceste (BRRC)	Belgija
Švedski geotehniški inštitut (SGI)	Švedska
Danski inštitut za ceste (DRI)	Danska
Nacionalni laboratorij za gradbeništvo (LNEC)	Portugalska
Univerza za tehnologijo Dresden (TUD)	Nemčija
Tehnološki inštitut Braunschweig (TUBS/ISBS)	Nemčija
Inštitut transportnih znanosti (KTI)	Madžarska
Nacionalni inštitut uporabnih znanosti Strasbourg (INSA)	Francija
Univerzitetni kolidž Dublin (UCD)	Irska
Recipav/Recipneu	Portugalska
Forum evropskih nacionalnih avtocestnih raziskovalnih laboratorijev (FEHRL)	
Branchevereniging Recycling Breken en Sorteren (BRBS)	Nizozemska
Raziskovalni inštitut VÖZ	Avstrija
Transportni raziskovalni center (CDV)	Češka
Švedski nacionalni cestni in transportni inštitut (VTI)	Švedska
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	Španija
Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG Ljubljana)	Slovenija
Inštitut za ceste (IP)	Srbija
Raziskovalni inštitut za ceste in mostove (IBDiM)	Poljska

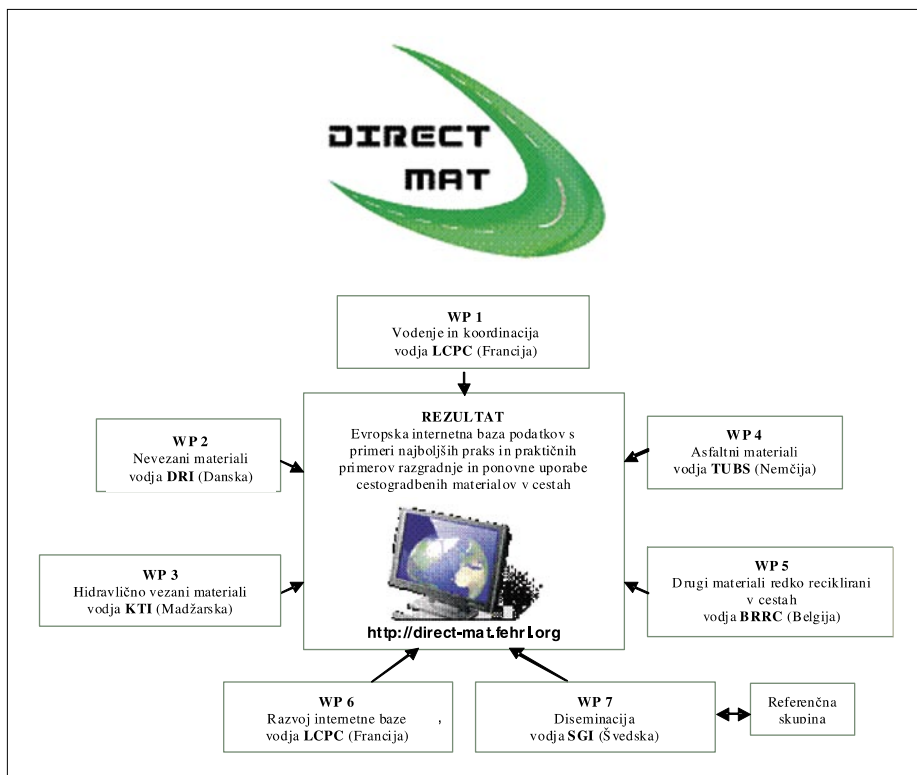
Preglednica 1 • Partnerji v evropskem projektu DIRECT-MAT

področju ocenjevanja, razgradnje, odlaganja, ponovne uporabe in recikliranja asfaltnih materialov, vključno z uporabo drugih materialov v bituminiziranih zmesih. Ker so bile te teme zaradi posebnih lastnosti veziva v Evropi že predmet mnogih raziskav, se bo projekt v veliki meri posvečal ravno asfaltnim materialom. V delovni skupini (WP5) – Drugi materiali, redko reciklirani v ceste – se strokovnjaki ukvarjajo s problematiko gradbenih materialov, ki niso zajeti v delovnih skupinah 2 do 4. Ta skupina bo vzela pod drobnogled mnoge snovi, ki lahko povzročajo težave v procesih razgradnje in recikliranja, vključno z nevarnostmi za človeško zdravje in okolje. Obravnavane pa bodo tudi obstoječe prakse in izkušnje na področju uporabe odpadnih avtomobilskih gum v cestogradnji.

Delovna skupina – Razvoj internetne baze –, katere glavna naloga je priprava baze podatkov o razgradnji in recikliranju cestogradbenih in sorodnih materialov nazaj v ceste, bo vključevala podatke, zbrane v drugih delovnih skupinah (WP2–WP5), jih harmonizirala in pripravila programsko opremo za predstavitev obravnavanih gradbišč in razpoložljivih laboratorijskih podatkov, zbranih s strani partnerjev, za pomoč pri vsakdanjem delu vsem zainteresiranim uporabnikom.

Za olajšanje vodenja in spremljanja napredka projekta bodo delovne skupine 2–5 delovale po podobnem delovnem načrtu:

- december 2009: Nacionalni in internacionalni pregled literature in obstoječega znanja.



Slika 1 • Organizacija delovnih skupin projekta DIRECT-MAT

- avgust 2010: Poročila o praktičnih aplikacijah oziroma raziskavah s področja razgradnje in recikliranja cestogradbenih materialov (iz nacionalnih in evropskih izkušenj). Analiza podatkov z delovišča bo osnova za pripravo poročila o tehnikah ocene, razgradnje, odlaganja, ponovne uporabe in recikliranja raznih cestogradbenih materialov kot tudi njihove uporabe v novih voziščnih konstrukcijah.
- junij 2011: Priprava smernic najboljših praks bo osnovana na rezultatih pregleda literature in analize zbranih praktičnih podatkov. V smernice pa bodo vključeni tudi rezultati raziskovalnih projektov, ki bodo potekali v času trajanja projekta, tako da bodo v rezultatih projekta zbrana vsa najnovejša dognanja z obravnavanega področja.

Kot pomembna mejnika pa sta predvidena tudi priprava vprašalnika in strukture podatkovne baze, ki sta nujna za nadaljnje delo.

5 • RAZŠIRJANJE (DISEMINACIJA) REZULTATOV

Da bi privabili veliko število uporabnikov, je nujno predstaviti podatkovno bazo ter njene prednosti in koristi čim širšemu krogu ljudi. Delovna skupina 7 (WP7) bo za to uporabila razpoložljive podatke in rezultate dela drugih delovnih skupin, velik del aktivnosti pa bo

usmerjen tudi v sodelovanje z referenčno skupino, ki jo sestavljajo končni uporabniki različnih držav. Ta povezava rezultatov raziskav in podatkov z gradbišč kot tudi njihova implementacija v podatkovno bazo bo predstavljena s strokovnimi članki na na-

cionalnih in mednarodnih konferencah z namenom spodbuditi nadaljnje delo pri zbiranju podatkov pri čim večjem številu uporabnikov. Nacionalni seminarji in evropska delavnica za končne uporabnike bodo organizirani v letu 2011. Nadaljnje informacije o projektu so dostopne na <http://direct-mat.fehr.org>, kjer lahko zainteresirani končni uporabniki izpolnijo tudi vprašalnik.

6 • SKLEP

Z zbiranjem informacij o vseh vrstah cestogradbenih in sorodnih materialov skupaj z lokalnimi izkušnjami, pripravo smernic najboljše prakse

in izmenjavo podatkov na internetni strani bo projekt DIRECT-MAT vzpostavil platformo evropske dobre prakse na področju razgradnje

in ponovne uporabe »odpadnih« cestogradbenih materialov pri izgradnji cest. Na podlagi opravljenega dela v okviru projekta pa bo mogoče identificirati tudi potrebe po nadaljnjih raziskavah za potrebe optimizacije na celotnem segmentu razgradnje in proizvodnje cestogradbenih materialov in njihove implementacije.

7 • ZAHVALA

Projekt je financiran iz sedmega okvirnega programa Evropske komisije (FP7/2007–2013 – grant agreement N°218656).

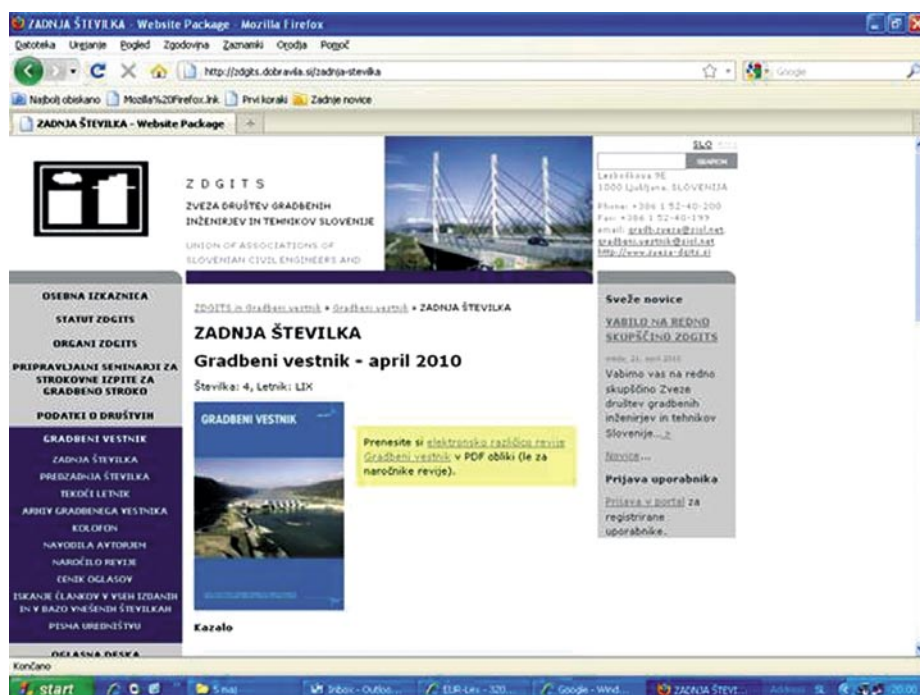
8 • LITERATURA

- Arm, M., Descantes, Y., de La Roche, C., Pihl, K. A., Gaspar, L., Mollenhauer, K., de Lurdes Antunes, M., De Bock, L., McNally, C.: DIRECT-MAT – sharing knowledge and practices on recycling of road materials in Europe, *Engineers Journal*, Volume 63, Issue 8, October 2009.
- CORDIS, Alternative Materials in road construction, available on-line at <http://cordis.europa.eu/transport/src/alt-mat.htm>, 1999.
- ERTRAC, European Road Transport Research Advisory Council, *ERTRAC research framework*, 20 p. 2006.
(povzeto po: http://www.ertrac.org/pdf/publications/ertrac_RF_brochure_june2006.pdf)
- FEHRL, Forum of European National Highway Research Laboratories, *Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructures – SAMARIS Brochure*, available on-line at http://samaris.zag.si/documents/sam_ge_de03.pdf, 2003.

PRENOVLJENA SPLETNA STRAN ZDGITS IN GRADBENEGA VESTNIKA

Cenjene bralke in bralce Gradbenega vestnika obveščamo, da je odsej možno prebrati revijo tudi v elektronski obliki na prenovljeni spletni strani Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (www.zveza-dgits.si). Dostop do elektronske oblike revije je možen z dodeljenim uporabniškim geslom, za katerega lahko zaprosijo le naročniki revije in sicer na e-poštni naslov: gradbeni.vestnik@iol.net z navedbo imena, priimka, naslova in osebne e-poštnega naslova. Prosilec uporabniško geslo prejme po e-pošti.

Uredništvo Gradbenega vestnika



NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Janez Kos, Kratekoročni ukrepi za izboljšanje ceste G2-106 od Škofljice do Livolda, mentor doc. dr. Tomaž Maher

Ožbolt Seničar, Dimenzioniranje konstrukcije enodružinske hiše, mentor doc. dr. Jože Lopatič

Luka Cuderman, Novi standardi na področju bituminiziranih zmesi in cementnih betonov, mentor prof. dr. Janez Žmavc

Vedran Mekić, Sodobne tehnologije gradnje mostov, mentor doc. dr. Jože Lopatič

Leon Žvab, Analiza projekta izgradnje stanovanjsko poslovnega objekta "Tribuna", mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Andrej Šubic, Varovanje gradbene jame za prečkanje kanalizacije preko reke Kokre, mentor izr. prof. dr. Janko Logar

Andrijano Zera, Spletna aplikacija za določitev faktorja obnašanja in projektnega spektra po EC8, mentor viš. pred. dr. Tomo Cerovšek, somentor doc. dr. Matjaž Dolšek

Adnan Đulsić, Načini gradnje nasipov s strmimi brežinami, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor Matjaž Brezavšček

Andrej Mateković, Operativna izvedba asfaltna obloge akumulacijskega jezera, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Kristjan Mugerli, Stroškovno tehnološka optimizacija izvedbe premostitvenega objekta, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Igor Birk, Odpornost proti prodoru vode za lahkovgradljiv beton iz drobljenega apnenčevega agregata, mentor izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor Franci Čepon

Gašper Koželj, Odpornost proti prodoru vode za lahkovgradljiv beton iz savskega proda iz Krške kotline, mentor izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor Franci Čepon

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Janez Auser, Analiza programskega vmesnika za izmenjavo podatkov pod mikroskopskim in makroskopskim prometnim modelom, mentor doc. dr. Marijan Žura, somentor asist. mag. Robert Rijavec

Tadej Mirkac, Projektiranje armiranobetonske montažne hale s podporo informacijskega modela stavbe, mentor prof. dr. Matej Fischinger, somentor viš. pred. dr. Tomo Cerovšek

Tomaž Tušar, Simulacija padca armiranobetonskega zabojsnika na togo podlago, mentor izr. prof. dr. Boštjan Brank, somentor Jaka Dujc

Borjan Kokolj, Ponovna uporaba in reciklaža gradbenih odpadkov s poudarkom na kamenih materialih, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov

Tilen Turk, Integracija programa TILOS z informacijskim sistemom za vodenje projektov PRINS, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Barbara Likar, Napetnostno-deformacijska stanja v peščenih materialih, mentor prof. dr. Bojan Majes, somentor dr. Stanislav Lenart

Klemen Sinkovič, Tehnologija gradnje mostov z narivanjem, mentor doc. dr. Jože Lopatič

Špela Pirnat, Obveščanje voznikov o burji v Vipavski dolini, mentor izr. prof. dr. Tomaž Kastelic

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Helena Kolarek, Predlog za tehnološko-ekološko modernizacijo ravnanja z odpadki v osrednjeslovenski regiji, mentor izr. prof. dr. Viktor Grilc

Miha Melink, Termofilni anaerobni procesi, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor dr. Darko Drev

Veronika Savnik, Razvoj biofilma v membranskih bioreaktorjih, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor dr. Darko Drev

Blaž Blažič, Protipoplavna zaščita jugozahodnega dela Ljubljane, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor doc. dr. Andrej Kryžanowski

Boris Bruderman, Gradnja pomola III v Luki Koper, mentor izr. prof. dr. Janko Logar

Martin Pušnik, Ocena vplivov malih hidroelektrarn na vodotoke z uporabo večkriterijske analize, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor asist. dr. Nataša Smolar Žvanut

Brigita Bijol, Različni načini odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Martina Fekonja, Vrednotenje vsebine strateškega dela občinskega prostorskega načrta, mentor doc. Uroš Lobnik

Marko Kos, Projekt organizacije gradbišča za poslovno-stanovanjski kompleks Tara Maribor, mentor doc. dr. Uroš Klanšek, somentor doc. dr. Nataša Šuman

Sebastijan Nudi, Uporaba reciklirane gume za nadomestilo agregata v betonski mešanici, mentor viš. pred. Samo Lubej, somentor viš. pred. mag. Andrej Ivanič

Martin Riharič, Trietažna jeklena hala dimenzij 20 x 30 m, mentor red. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Simon Šilih

Zehad Kurkić, Sanacija viadukta Kresnice, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj

Matjaž Fras, Časovna analiza proizvodnje sten v podjetju Kager hiša d.o.o., mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor doc. dr. Nataša Šuman

Tanja Kodrič, Sanacija gradu Šrajbarski turn – Leskovec pri Krškem, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj

Urban Merc, Usmerjanje razvoja območij počitniških naselij v občini Slovenske Konjice, mentor doc. Uroš Lobnik

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Saša Jokanović, Predlog ureditve reke Bolske v Brodeh na Vranskem, mentor izr. prof. dr. Renata Jecl, somentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc

Dejan Kvar, Vloga geodetske stroke pri posegih v prostor s poudarkom na gradnji stanovanjskih objektov, mentor izr. prof. dr. Boštjan Kovačič, somentor Rok Kamnik, univ. dipl. inž. geod.

Benjamin Lukavečki, Analiza reke Save s programom HEC-RAS na odseku od HE Vrhevo do Sevnice, mentor izr. prof. dr. Renata Jecl, somentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc

Katja Pintarič, Dinamična analiza različnih sistemov večetažnih lesenih zgradb, mentor red. prof. dr. Miroslav Premrov, somentor Matjaž Tajnik, univ. dipl. inž. grad.

Damjan Štinjek, Kriteriji in pogoji rekonstrukcije križišč na začetku naselij, mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor viš. pred. dr. Marko Renčelj

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Lidia Jurše, Projektni management investicijskih projektov javne železniške infrastrukture (JŽI), mentor red. prof. dr. Anton Hauc

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

KOLEDAR PRIREDITEV

29.5.-2.6.2010

The Third International fib Congress and Exhibition
"Think Globally, Build Locally"
Washington D.C., ZDA
www.fib2010washington.com

9.-11.6.2010

STC 2010
Swiss Tunnel Congress
Luzern, Švica
www.swisstunnel.ch/STC-2010.39.0.html?&L=0

14.-16.6.2010

International Conference Underground Constructions
Prague 2010
Transport and City Tunnels
Praga, Češka
www.ita-aitec.cz/showdoc.do?docid=2004

20.-23.6.2010

8th fib International PhD Symposium in Civil Engineering
Kopenhagen, Danska
<http://conferences.dtu.dk/conferenceDisplay.py?confid=21>

21.-23.7.2010

ICSA 2010
International Conference on Structures and Architecture
Guimaraes, Portugalska
www.arquitectura.uminho.pt

3.-6.8.2010

SMSB 10
8th International Conference on
Short and Medium Span Bridges 2010
Niagara Falls, Ontario, Kanada
www.csce.ca/2010/smsb

8.-10.8.2010

Advances in Bridge Engineering – II
Daka, Bangladeš
www.iabse-bd.org

16.-17.9.2010

First international workshop
Design of concrete structures
using EN 1992-1-1
Praga, Češka
<http://concrete.fsv.cvut.cz/dcs2010/>

22.-24.9.2010

34th IABSE Annual Meetings and
IABSE Symposium
Benetke, Italija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

30.9.-1.10.2010

6th "CCC" Central European Congress on Concrete Engineering
Marianske Lazne, Češka
www.cbsbeton.eu/en/ccc2010

7.-8.10.2010

SDGK 2010
32. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije
Bled, Slovenija
www.sdgk.si

15.11.-16.11.2010

State-of-the-art Bridge Deck Erection:
Safe and Efficient Use of Special Equipment
Bangkok, Tajska
www.iabse.org/pdf/Bangkok-invitation.pdf

8.-10.6.2011

fib Symposium: "Concrete engineering for excellence
and efficiency"
Praga, Češka
www.fib2011prague.com

15.-17.6.2011

ICMS 2011
12th International Conference on Metal Structures
Wroclaw, Polska
www.icms2011.pwr.wroc.pl/index_pliki/Page300.htm

10.-15.7.2011

13th International Conference on
Wind Engineering
Amsterdam, Nizozemska
www.icwe13.org

1.-4.8.2011

ICASP 11 – The International Conference on Applications
of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP)
Zürich, Švica
www.icasp11.ethz.ch

7.-11.8.2011

9th Symposium on High Performance Concrete
Design, Verification and Utilization
Christchurch, Nova Zelandija
www.hpc-2011.com

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and
IABSE Symposium
London, Anglija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge
za objavo na e-naslov: **msg@izs.si**