IZBOLJŠANJE GOSPODARJENJA Z ELEKTROFILTRSKIM PEPELOM V ŠALEŠKI DOLINI - OD NEUREJENEGA ODLAGANJA PEPELA DO SANACIJE PREMOGOVNIŠKIH UGREZNIN

Emil ŠTERBENK, Marko MAVEC, Liljana MLJAČ, Branko DEBELJAK

POVZETEK

Termoelektrarna Šoštanj (z inštalirano močjo 779 MW) je največji termoenergetski objekt v Sloveniji. Elektriko pridobivajo s kurjenjem premoga, ki ga kopljejo v Premogovniku lignita Velenje. Rezultat proizvodnje električne energije je približno 700.000 t pepela na leto. Elektrofiltrski pepel se uporablja za sanacijo poškodovanih ugrezninskih območij, ki so nastala zaradi premogovništva. Do leta 1982 so elektrofiltrski pepel kot pepelno brozgo transportirali neposredno v Velenjsko jezero. Po letu 1982 so začeli zapolnjevati ugreznino, toda transportna voda je še vedno tekla v jezero. Leta 1994 je bil zgrajen t.i. zaprti krogotok vode, ki deluje še danes. V prvih 3 letih delovanja zaprtega sistema se je alkalnost vode v Velenjskem jezeru zmanjšala s pH 12 na približno pH 8. Leta 1995 je bila na bloku 4 Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) zgrajena naprava za razžveplanje dimnih plinov, leta 2000 so jo zgradili tudi na bloku 5. Produkt razžvepljevanja je sadra, ki jo mešajo z elektrofiltrskim pepelom in na ta način dobijo nov material – stabilizat. Le-tega potem odpeljejo na območje med Velenjskim in Družmirskim jezerom, kjer ga uporabljajo za sanacijo ugreznin. Negativni vplivi na okolje so se od začetka devetdesetih let prejšnjega stoletja znatno zmanjšali. Vodstvo TEŠ je sprejelo Ekološki sanacijski program, lokalna skupnost pa odlok, ki je zahteval zmanjšanje onesnaževanja okolja zaradi transporta in odlaganja pepela. Ekološki monitoring območja sanacije ugreznin z elektrofiltrskim pepelom se je začel leta 1996 in od takrat redno poteka. Zajema tako meritve zraka, površinskih in podzemnih voda, usedlin, zemlje kot tudi analize nekaterih snovi v rastlinah. Rezultati kažejo, da so vplivi na okolje lokalno omejeni, še posebej na površinskih vodah. V zgodnjih devetdesetih letih 20. stoletja je bilo to območje popolnoma neurejeno. V zadnjih dveh desetletjih je postalo dobro vzdrževano, v večjem delu ozelenjeno območje sanacije ugreznin. Kljub aktivni premogovniško energetski rabi ga zaradi učinkovitih okoljevarstvenih ukrepov že delno koristijo v rekreacijske namene.

ABSTRACT

The Šoštanj TPP (installed power of 779 MW) is the biggest thermal power plant in Slovenia. In the facility lignite coal from the Velenje Colliery is burned. Approximately 700 000 tonnes of fly ash results from electric power production every year. Fly ash is used for remediation of subsidence area damaged by coalmining. Fly ash was transported as slurry directly into the Lake Velenje up to 1982. After 1982 a dry landfill was constructed, while

transport water stillentered the lake. In 1994 the closed loop system for ash transport water was built and it has been operated since than. The previous high alkalinity of water from the Lake Velenje decreased in 3 years of operation of the closed loop system from pH over 12 to pH approximately 8. In 1995 the flue gas desulphurisation plants on unit 4 and in 2000 on the unit 5 were built. The product of desulphurisation is gypsum. Fly ash and gypsum have been mixed together as so-called stabilisat and transported to the subsidence area. The material is used for remediation of damaged area. Negative environmental impacts have been significantly reduced since the early nineties. The Šoštanj TPP management adopted an environmental improvement programme. The Velenje local community adopted a law, which required the Šoštanj TPP to reduce the degree of pollution from fly ash landfill. An ecological monitoring programme for solid waste disposal started in 1996 and has been performed on a regular yearly basis. It covers the most important pathways, so it comprises measurements of air, surface and underground water, water sediments, soil, and some vegetation. The results show very locally limited environmental impacts. The main impact has been observed in the surface water. In the early nineties of the 20th century the area used to be an ash dump. Over last two decades it has become a well-maintained site of remediation. The major part of site is grassed and partly used as a recreational area, although works are still in process.

1. UVOD

Lignit, ki ga kopljejo v Premogovniku Velenje (PV) in uporabljajo kot gorivo v Termoelektrarni Šoštanj (TEŠ) vsebuje od 16 do 20 % pepela. Zadnji dve desetletji letno izkopljejo okrog 4 milijone t premoga in po njegovem sežigu v elektrarni ostane med 600.000 in 800.000 t pepela. Do konca leta 2008 so v šoštanjski elektrarni pokurili dobrih 150 milijonov t lignita. Pri tem je ostalo blizu 30 milijonov t pepela. Ob nenačrtnem ravnanju lahko odloženi pepel v naravnem okolju povzroča resne težave, z ustreznim pristopom pa je uporaben kot gradbeni material za sanacijo ugreznin. Pri čiščenju dimnih plinov v šoštanjski termoelektrarni (mokri kalcitni postopek) se je pojavil nov material (sadra), ki ga je mogoče ob mešanju s pepelom ustrezno uporabiti za zapolnjevanje oziroma sanacijo dela premogovniške ugreznine ter s tem ohranjati kopno površino. Mešanico pepela in sadre so poimenovali stabilizat. Letno v ugreznino vgradijo med 600.000 in 900.000 t stabilizata in s tem preprečujejo izlitje 6,5 m više ležečega Velenjskega jezera v Družmirsko.

2. PREMOGOVNIK VELENJE, TERMOELEKTRANA ŠOŠTANJ IN NJUN VPLIV NA OKOLJE

V globini 200 do 400 m pod površjem Šaleške doline je največje slovensko nahajališče premoga, ki z debelino do 168 m predstavlja eno najdebelejših znanih plasti premoga na svetu. Prve omembe nahajališč segajo v 18. stoletje, prva vrtanja v leto 1875, prvo jamsko odpiranje pa v leto 1887. Že leta 1904 je bila v bližini premogovnika zgrajena prva termoelektrarna na lignit, konec dvajsetih let dvajsetega stoletja pa so zgradili prvo komercialno termoelektrarno v Velenju. Do konca druge svetovne vojne so v premogovniku

nakopali letno manj kot 300.000 t premoga. Nova Jugoslavija je za svoj razvoj potrebovala velike količine električne energije, zato se je izkop večal in v drugi polovici osemdesetih let dvajsetega stoletja presegel 5 milijonov t letno. V devetdesetih letih se je izkop zmanjšal na 4 milijone t in takšna je letna količina tudi v 21. stoletju. Ves odkopani velenjski lignit porabijo za pridobivanje električne energije v Termoelektrarni Šoštanj [1]. V Premogovniku Velenje so do konca leta 2008 odkopali približno 200 milijonov t lignita.

Podzemno pridobivanje lignita povzroča okoljske spremembe, ki se kažejo predvsem v poškodbah površja in njegovem ugrezanju. Neposredni vplivi odkopavanja debelega sloja premoga se odražajo v rušenju objektov na površini in v siloviti degradaciji prostora v obliki velikih ugrezninskih kotanj, ki jih v ravninskih predelih zapolni voda. Tako so nastala ugrezninska jezera, ki jih lahko po velikosti primerjamo z večjimi slovenskimi naravnimi jezeri. Površina območja, ki ga je doslej zajelo ugrezanje je dobrih 600 ha, največji pogrezek pa že presega 100 m. Prostornina ugreznine, ki jo je povzročilo premogovništvo je znatno presegla 100 milijonov m^3, od tega jezera predstavljajo skoraj 50 milijonov m^3. Največje, Velenjsko jezero, s površino 140 ha enačimo z Blejskim, prostornina Velenjskega pa je od slednjega večja za dobrih 20 %.

Rušilnemu vplivu odkopavanja so bila izpostavljena in porušena naselja: Škale, Pesje, Preloge, Družmirje, vzhodni predel mesta Šoštanj in nazadnje Gaberke. Sekundarni vplivi odkopavanja se na površini odražajo v destabilnosti terena v širši okolici nastalih ugreznin zaradi porušitve naravnega ravnovesja, spremenjenega režima podtalnice ali morebitne napačne rabe novo nastalega prostora (npr. nivo vode v jezerih). Prostor se je pričel opazno spreminjati v 50-ih letih na območju Škal in Pesja, intenzivno pa je pričel spreminjati podobo v 70-ih letih v Prelogah, Družmirju, vzhodnem predelu mesta Šoštanj in v Gaberkah. Porušenih je bilo preko 330 stanovanjskih objektov, šol, cerkva, gasilskih in kulturnih domov ter 490 gospodarskih zgradb.

V zadnjih 20 letih se je občutno spremenila še podoba družmirsko – gabrškega polja. Glavnina odkopov leži pod Velenjskim in Družmirskim jezerom ter prostorom med jezeroma, ki se sproti dograjuje z vgrajevanjem pepela in stabilizata TEŠ.

Termoelektrarna Šoštanj je začela obratovati maja 1956. Zaradi velikih potreb po elektriki v takratni razvijajoči se Jugoslaviji so zmogljivost elektrarne povečevali do druge polovice sedemdesetih let, ko so dosegli moč 755 MW. V Šoštanju so proizvajali tudi do polovice Sloveniji potrebne električne energije. Posledica intenzivne proizvodnje električne energije je bilo močno onesnaževanje okolja, ki je svoj vrh doseglo sredi osemdesetih let 20. stoletja. Z izpusti so bili obremenjeni tako zrak, voda, tla, vegetacija, živali kot tudi ljudje. Sledilo je obdobje ekološke sanacije. Do konca 20. stoletja so onesnaževanje iz elektrarne zmanjšali na sprejemljivo raven, po letu 2000 pa z dodatnimi ukrepi še naprej zmanjšujejo okoljske pritiske [2]. Kljub zglednemu vzdrževanju posameznih elektrarniških enot so te po petih desetletjih zastarele. Iz premoga, ki ga pokurijo v elektrarni, bi bilo mogoče ob novih napravah pridobiti tretjino več električne energije. Najstarejša bloka 1 in 2 so ustavili, a kljub temu povečali moč

elektrarne, saj so dogradili dve plinski turbini s skupno močjo 84 MW. Tako je v letu 2010 skupna moč elektrarne 779 MW. V Termoelektrarni Šoštanj so začeli nov investicijski cikel, s katerim bodo napravo posodobili, da bo v bodoče s sodobnim blokom 6 ekološko še sprejemljivejša in ekonomsko uspešnejša, predstavljala pa bo tudi pomemben razvojni dejavnik in možnost za zaposlitev v Šaleški dolini.

3. ODLAGANJE PEPELA PRED EKOLOŠKIM SANACIJSKIM PROGRAMOM

Do leta 1982 se je elektrofiltrski pepel iz Termoelektrarne Šoštanj odlagal neposredno v Velenjsko jezero. Točnih podatkov o količini materiala ni, ocenjena je količina okoli 15.000.000 m^3. Pepel so v elektrarni pomešali z vodo v razmerju 1:10 in to suspenzijo (pepelno brozgo) hidravlično transportirali v Velenjsko jezero. Posledica odlaganja pepela v jezero je bilo veliko onesnaženje jezera (pH 12), kar je privedlo do propada flore in favne, močno pa je bila onesnažena tudi reka Paka po izlivu vode iz Velenjskega jezera.

V TEŠ so leta 1987 sprejeli celovit Ekološki sanacijski program [3]. Da bi zmanjšali negativne vplive, so pepel začeli vgrajevati v nasip med Velenjskim in Družmirskim jezerom, v usedalnike, ki so bili zgrajeni iz zemeljskih materialov. Pepel se je v usedalnikih sedimentiral, visoko alkalna transportna voda pa je odtekala v Velenjsko jezero in ga onesnaževala. Območje, kjer se je vgrajeval pepel, se ni ugrezalo do leta 1989, ko se je pričelo z odkopavanjem premoga v jami Pesje. Poleg onesnaževanja vode se je pojavil nov negativni okoljski vpliv – prašenje s površine nasipa, pogosto in obsežno predvsem ob vetrovnih dneh. V letih med 1982 in 1996 je bilo v pregrado vgrajenih cca 8.500.000 m^3 elektrofiltrskega pepela. Po letu 1996 so v TEŠ začeli z aditivnim razžveplanjem dimnih plinov. Na bloku 4 je namreč bila prigrajena čistilna naprava in kot odpadni produkt se je pojavila sadra. Ta se je sprva odlagala na ločeno deponijo, kasneje pa se je pričela uporabljati kot sestavina materiala za zapolnjevanje ugreznine.

4. NOVE REŠITVE IN UPORABA PEPELA KOT MATERIALA ZA REKULTIVIRANJE UGREZNINSKEGA OBMOČJA

Ko se je pokazalo in z analizami tudi potrdilo, kako močno pepelna transportna voda onesnažuje Velenjsko jezero in Pako, so se v TEŠ odločili, da transport pepela spremenijo in ga uredijo tako, da se bo transportna voda z nasipa pepela na ugrezninskem območju vračala v ponovno uporabo. Spremenjeni način transporta pepela je bil sestavni del sanacijskega programa, vendar je bil načrtovan kot sklepna faza ekološke sanacije. V naslednjih dveh letih so potekale različne aktivnosti: pripravili so investicijski program, izvedli razpise za gradbena dela in dobavo hidromehanske opreme, podpisali pogodbe, pridobili potrebna dovoljenja. V avgustu 1993 so začeli pripravljati izgradnjo zaprtega krogotoka, objekte in naprave so zgradili septembra 1994, mesec kasneje je zaprti krogotok transportne vode (ZKV) začel obratovati.

Od leta 1994 dalje vse odpadne vode iz TEŠ skupaj s pepelno brozgo odplavljajo v zaprti krogotok vode. Sestavljajo ga trije sklopi: hidravlični transport pepela iz TEŠ na ugrezninsko območje, zbiranje in preusmerjanje vode z območja sanacije ugreznin ter čiščenje in vračanje vode v TEŠ [4, 5]. Sistem zaprtega krogotoka vode, ki je elektrarno stal nekaj manj kot 2,2 milijona EUR, je ukrep, s katerim se je prenehalo močno onesnaževanje Velenjskega jezera in reke Pake. Alkalnost jezera se je v nekaj letih močno znižala, kar je omogočilo vračanje živih organizmov.

Območje sanacije ugreznin je razdeljeno na aktivni in neaktivni del. Aktivni del je tisti, pod katerim trenutno izkopavajo premog, kar povzroča ugrezanje površine. Za zapolnjevanje ugrezninske kotanje se vanjo vgrajuje stabilizat, material mešanice elektrofiltrskega pepela in sadre. V toplem delu leta aktivni del pršijo z jezersko vodo, da preprečujejo prašenje. Neaktivni del ni podvržen ugrezanju povprečno 2 leti, ter je ozelenjen, kar poleg onemogočanja prašenja izboljša tudi videz območja. Po začetku obratovanja naprav za čiščenje dimnih plinov po mokrem kalcitnem postopku na blokih 4 in 5 elektrarne so spremenili način transporta pepela. Pepel mešajo s sadro in tako dobijo stabilizat. Le-tega iz elektrarne transportirajo z zaprtim gumijastim transporterjem do vmesnega skladišča. Tam ga pretovorijo na dumperje in zemeljsko vlažnega prepeljejo ter vgrajujejo na območje sanacije.

4.1 Vgrajevanje stabilizata in pepela na območju, ki se stalno ugreza

Na območju sanacije ugreznin s stranskimi produkti TEŠ, ki se nahaja med Velenjskim in Družmirskim jezerom, nastane letno ugreznina z volumnom okoli 1 mio m^3, na razpolago pa je tudi približno toliko materiala za zasipavanje. Pretežni del območja leži neposredno nad odkopi premoga v jami Pesje. Zaradi odkopavanja premoga se prostor med jezeroma intenzivno ugreza. S prednasipavanjem ugreznine se vzdržuje začetno stanje terena in s tem preprečuje prelitje vode iz Velenjskega jezera na k.+366.8 v 6,5 m niže ležeče Družmirsko jezero. S tem se ohranja teren nad odkopi v prvotnem stanju.

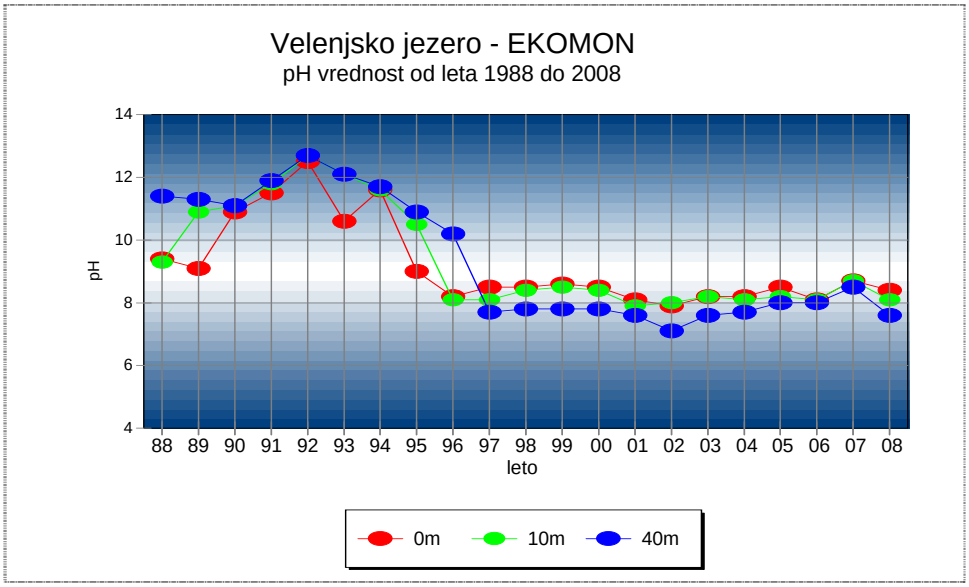
Območje sanacije ugreznin s stabilizatom iz TEŠ meri 62,7 ha. Na ta predel so od leta 1982 do leta 2008 vgradili dobrih 15 milijonov m^3 elektrofiltrskega pepela ter od leta 1995 skoraj 8 milijonov m^3 stabilizata. Pepel vgrajujejo na območje, ki se stalno ugreza. Glavna problema sanacije sta dinamika spreminjanja podlage območja ugreznine in zagotavljanje plastičnega posedanja. Stabilizat je material, ki ima izredno dobre pucolanske lastnosti. Ko je material suh, dosega trdnost okrog 4 MPa, strižni kot 70^0 ter kohezijo 188 kN/m^2. Za območje pogrezanja je torej pretog in je njegovo elastično poleganje nemogoče. Ob deformacijah podlage se bi porušil plastično in nemogoče bi bilo dosegati zvezno zapolnjevanje deformirane ugreznine. Zaradi tega se material 20 dni po vgradnji poruši z ripanjem, s čimer se prepreči njegova vezava in doseže, da se porušen, z zmanjšanimi sposobnosti ponovne vezave, polega elastično [6].

4.2 Spremljanje okoljskih vplivov

V času odlaganja pepela v Velenjsko jezero je le-to bilo brez živih organizmov. S prehodom na odlaganje pepela na kopno ob jezero se stanje jezera ni izboljšalo, pojavil pa se je dodaten problem – prašenje z območja v okolico. Močenje aktivnih delov območja sanacije in prekrivanje neaktivnih delov s plastjo zemlje ter ozelenjevanje je problem zapraševanja okolice rešilo. Izgradnja zaprtega sistema transportne vode za pepel – ZKV pa je pripomogla k oživitvi Velenjskega jezera.

Poleg omenjenih sanacijskih ukrepov, ki sta jih izvedla TEŠ in PV, pa je občina Velenje leta 1993 sprejela Odlok o ureditvenem načrtu odlagališča pepela, žlindre in produktov odžvepljevanja [7]. S tem odlokom je TEŠ in PV zadolžila, da na območju odlagališča in v njegovi okolici uvedeta monitoring okoljskih vplivov. ERICo in Zavod za urbanizem Velenje sta v letu 1994 izdelala projekt »Ekološki monitoring odlagališča pepela, žlindre in produktov odžveplanja (EKO-MON)« v sodelovanju z Ministrstvom za okolje in prostor RS, Hidrometeorološkim zavodom Slovenije, Elektroinštitutom Milan Vidmar in Inštitutom Jožef Stefan. Na osnovi izdelanega projekta (z manjšimi spremembami) so se v letu 1995 začela pripravljalna dela (postavitev merilne opreme,…), v letu 1996 pa z izvajanjem projekta, ki se prilagaja spremembam okoljske zakonodaje. V okviru EKO-MONa se spremljajo vplivi vgrajenega pepela in stabilizata na zrak, vode, tla, hrano in krmo. V različnih vzorcih se določajo fizikalno kemijski parametri, vsebnosti kovin in ionov, opravljajo se pedološke in biološke analize in ugotavlja se tehnološko povečana naravna radioaktivnost v okolju zaradi vgrajenega materiala. Za spremljanje vodne bilance se na območju dnevno spremljajo količine padavin in izhlapevanje. Večletno spremljanje stanja omogoča pridobiti dolgoročno oceno sprememb in hkrati pravočasno ukrepanje v primeru slabšanja stanja. Rezultati ekološkega monitoringa so torej pomembni za načrtovanje potrebnih sanacijskih ukrepov, s katerimi se zmanjšujejo vplivi vgrajenega materiala na okolje.

Rezultati dolgoletnih analiz ekološkega monitoringa kažejo, da ima področje sanacije ugreznin največji vpliv na vode, ki se zbirajo na samem območju, pomembno pa vpliva na Velenjsko jezero in delno na reko Pako. Ravno zaradi tega so izboljšave kot posledica sanacijskih ukrepov najbolj izražene v Velenjskem jezeru.



Graf 1: pH Velenjskega jezera po letu 1997 ne odstopa od normalne vrednosti (vir: Ramšak, EKO-MON, Poročilo za leto 2008).

Zaradi sanacijskih ukrepov, ki jih je TEŠ že izvedel in jih še izvaja na področju sanacije ugreznin (močenje aktivnih površin, prekrivanje neaktivnih površin s plastjo neonesnažene zemlje in ozelenjevanje, zbiranje vseh onesnaženih vod v zaprt sistem,..) v najbližjih naseljih Škale in Pesje ni zaznati merjenega vpliva z območja. Merjeni parametri za zrak so pod zakonskimi mejnimi vrednostmi. Na osnovi zbranih podatkov analiz tal v obeh naseljih je bilo ugotovljeno, da tla niso prekomerno obremenjena s slednimi elementi zaradi zapraševanja s področja sanacije ugreznin in so primerna za pridelavo hrane in krme. Radioaktivnost v obeh naseljih je primerljiva z naravnim okoljem Šaleške doline. Skupna letna efektivna doza za prebivalce je daleč pod zakonskimi mejnimi vrednostmi [8].

4.3 Koriščenje dela nasipa pepela v rekreacijske namene

Na območju premogovniških ugreznin so velik del poškodovanega območja že sanirali. Ta del okolice Velenja je postal športno rekreacijsko območje, ki ga Velenjčani in obiskovalci s pridom koristijo. Kljub dejstvu, da se površina pod območjem sanacije ugreza, sproti urejajo sprehajalno pot okoli Velenjskega jezera, ki poteka po nasipu pepela. Večji del območja, ki ga zapolnjujejo s pepelom je ozelenjen, tako da deluje kot naravno okolje. Tudi če gledamo na pepelni nasip z velenjske strani, se le-ta lepo vključuje v veduto naravnega okolja. Tako se je območje, ki je bilo še pred dvajsetimi leti popolnoma okoljsko degradirano, spremenilo v rekreacijskega. Ne gre zgolj za izboljšanje okolja, ampak tudi za posredno povečanje kvalitete življenja prebivalcev Velenja.

5. SKLEP

Elektrofiltrski pepel, žlindra in stabilizat, ki nastajajo v Termoelektrarni Šoštanj v Šaleški dolini koristijo kot material za sanacijo premogovniških ugreznin. Slednje so posledica podzemnega izkopavanja lignita. Območje sanacije je še aktivno – premogovniški procesi pod njim stalno potekajo. Projektanti so sistem vgrajevanja naštetih materialov prilagodili specifičnim pogojem. Večina negativnih vplivov je uspešno odpravljena, tako da pepelni nasip ne izstopa niti z okoljskega niti z videznega pogleda. Zaprti krogotok transportne vode preprečuje onesnaževanje, saj voda ne vstopa več v sistem naravnega kroženja. Prašenje so preprečili s stalnim ozelenjevanjem neaktivnih in močenjem aktivnih površin. Območje sanacije ugreznin je pomembno zaradi ohranjanja kopne površine, ki bi jo drugače zalila jezera, obenem služi kot jez oziroma nasip med Velenjskim in 6,5 metrov niže ležečim Družmirskim jezerom ter preprečuje drsenje površja zaradi stalnega podzemnega kopanja premoga. Po ekološki sanaciji nekdanje deponije pepela območje dobiva tudi rekreacijsko funkcijo, kar predstavlja nov kakovostni vidik znotraj območja pridobivalnega prostora lignita.

6. LITERATURA

[1] Šterbenk, E., Ževart, M. (2006) TERMOELEKTRARNA ŠOŠTANJ: 50 LET LUČI ZA SLOVENIJO. Termoelektrarna Šoštanj, ERICo Velenje. Šoštanj.

[2] Rotnik, U. (2004) POMEN RAZVOJA ENERGETIKE IN TRAJNOSTNI RAZVOJ. Trajnostni razvoj, družbena in ekonomska nuja. Zbornik 5. konference Društva za kakovost in ravnanje z okoljem. Velenje, 6. februar 2004. Velenje. Str. 33–38.

[3] EKOLOŠKI SANACIJSKI PROGRAM TE ŠOŠTANJ (1997). Šoštanj.

[4] Idejni projekt TEŠ (1993) Zaprti krogotok transportnih voda – ZKV, TEŠ april 1993.

[5] Jurač, E. (1997) Zaprti krogotoki voda za potrebe hidravličnega transporta pepela, Zbornik prvega mednarodnega simpozija Sanacija termoenergetskih objektov, Rogaška Slatina, 28.-30. maj 1997, str.464-467.

[6] Mavec, M. (2004) POSEDANJE POVRŠINE ZARADI ODVODNJAVANJA KROVNINSKIH VODONOSNIKOV: magistrsko delo, Ljubljana, februar 2004.

[7] ODLOK O UREDITVENEM NAČRTU ODLAGALIŠČA PEPELA, ŽLINDRE IN PRODUKTOV OŽVEPLJEVANJA (1993), Uradni vestnik občine Velenje, št. 7/93.

[8] Mljač L., Druks Gajšek P., Ramšak R., Rošer Drev A., Bole M., Vrbič Kugonič N., Miklavžina I., Pavšek, Z. (2008) Ekološki monitoring področja sanacije ugreznin (EKO-MON), Poročilo za leto 2008, ERICo DP- 118/03/09.

NASLOVI AVTORJEV

Emil ŠTERBENK
Marko MAVEC
Liljana MLJAČ

ERICo Institute
Koroška 58, 3320 Velenje
e-mail: erico@erico.si

Branko DEBELJAK

Šoštanj Thermal Power Plant,