

ZAKLJUČNO POROČILO

O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

REPUBLIKA SLOVENIJA
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
REPUBLIKE SLOVENIJE, LJUBLJANA 3

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja (Težišče 15) 2008

Prejeto:

Šifra zadeve:

63113-346 / 15

Sig. z:

Pril:

Vrednost:

2. Šifra projekta:

V2-0378

3. Naslov projekta:

Pomen lastnosti naravnih in obstojnosti umetnih pregrad za odlagališče NSRAO in IJG

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Pomen lastnosti naravnih in obstojnosti umetnih pregrad za odlagališče NSRAO in IJG

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

The role of characteristics of natural and longevity of the engineered barriers for performance of LILW and spent fuel repository

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

Naravne in umetne pregrade za odlagališče NSRAO in IJG; varnostna ocena odlagališča NSRAO in IJG; PA/SA, odlaganje radioaktivnih odpadkov v Sloveniji; korozijski procesi umetnih pregrad.

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

Natural and engineered barriers in LILW and SF repository; PA-SA for LILW and SF repository; deposition of LILW and SF in Slovenia; corrosion of engineered barriers.

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG)

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

-

6. Sofinancer/sofinancerji:

MOP - URSJV

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

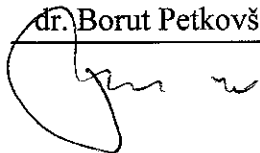
04137

Borut Petkovšek

Datum: 19.11.2008

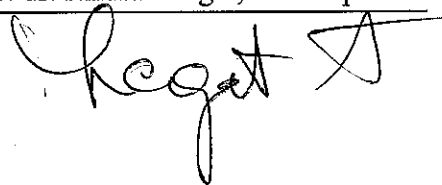
Podpis vodje projekta:

dr. Borut Petkovšek, univ. dipl. inž.



Podpis in žig izvajalca:

doc. dr. Andraž Legat, univ. dipl. fiz.



II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- ☒ a) v celoti
☐ b) delno
☐ c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- ☐ a) da
☒ b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

Najpomembnejše lastnosti naravnih barier, torej tal pod površinskim odlagališčem NSRAO oziroma kamnine, v kateri je zgrajen podzemni objekt NSRAO ali VRAO & IJG, so bile ugotovljene na osnovi preračunov za varnostno oceno odlagališča. Sestavni del varnostne ocene so tudi analize občutljivosti: preračuni količine transportiranih radionuklidov iz odlagališča v odvisnosti od variranja vhodnih parametrov kamnine, pri različnih izbranih scenarijih. Opravljene so bile deterministične in probablistične analize. Rezultati so odvisni od kemijskih lastnosti posameznih radionuklidov (sorpcije). Generalno sta bila iz analize ugotovljena kot najpomembnejša parametra kamnine vodoprepustnost z gradientom in sorpcijski koeficient. Parametri, ki so bili ugotovljeni kot pomembni pri izboru scenarijev pa so še: mehanske lastnosti kamnine (trdnost, deformabilnost, izotropnost, smotesnilne sposobnosti kamnine, nabrekljivost; za VRAO&IJG pa še: toplotna prevodnost, termična ekspanzivnost in temperatura kamnine ter specifična toplota); kemijske lastnosti: pH, ionska izmenjalna kapaciteta, topnost, korozivnost, temperaturna inertnost; hidravlične lastnosti: poleg omenjenih še: (dvojna) poroznost, specifična gostota matriksa, izotropnost, disperzivnost, difuzivnost, koloidni transport, transport raztopin, elektroforeza.

Za površinsko odlagališče sta, poleg vodoprepustnosti, sorpcijskega koeficienta (ki je manj vpliven), efektivne poroznosti, skupne poroznosti in drugih prej naštetih parametrov za podzemno odlagališče NSRAO, pomembna še rezidualna vlažnost in nivo podzemne vode (stalni nivo in nivo ob ekstremih). Metode za ugotavljanje omenjenih lastnosti se trenutno že uporabljajo pri karakterizaciji lokacije odlagališča NSRAO v obeh Vrbinah (Krško in Brežice). Metode so bile predlagane s strani izdelovalcev tega CRP in zunanjih sodelavcev ter usklajene z dodatnimi zahtevami projektanta. Raziskave na lokaciji še potekajo. Gre za in-situ preiskave v vrčinah in za geokemijske, geomehanske, hidrogeološke in sedimentološke laboratorijske preiskave vzorcev kamnine.

Unikatni pristop zahtevajo predvsem preiskave plinoprepustnosti zemljine, ki je specifična na dani lokaciji in preiskave sorpcije za različne radionuklide. Za odlagališče VRAO in IJG pa so unikante preiskave vodoprepustnosti in parametrov transporta vzdolž (neidentificiranih) razpok v čvrsti matični kamnini. Posebne postopke zahtevajo tudi vzorčevnaja kemijsko intaktnih vzorcev za nekatere geokemične preiskave in analize.

Inženirske pregrade odlagališča NSRAO zagotavljajo drude vrste pregrad v sistemu odlagališča, ki omogoča mehansko in kemijsko ločitev radioaktivnih odpadkov od okolja. V preliminarinih zasnovah odlagališča NSRAO so predvidene betonski del (notranje betonske pregrade), kovinske (zabojniki) ter mešane inženirske pregrade (armiranobetonske stene odlagališča).

Po pregledu pridobljenih podatkov o preliminarinih zasnovah površinskega, silosnega in podzemnega odlagališča nizko in srednje radioaktivnih odpadkov ter rezultatov analiz in agresivnosti talne vode na beton, smo proučili možne scenarije degradacijskih procesov betona, korozije jeklene armature v betonu in korozije materiala kovinskih zabojnikov. V prvi fazi razvoja degradacijskih procesov je ogrožen predvsem beton, po začetnih degradacijskih procesih in nastanku poškodb betona pa jeklena armatura, ki je najbližje zunanjim površinam, za tem pa jeklena armatura, ki je bolj oddaljena od zunanje površine pregrad. Podzemno ali silosno odlagališče bo zalila talna voda

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

predvidoma še pred koncem aktivnega dolgoročnega nadzora. V tem primeru bodo hitrejšim degradacijskim procesom izpostavljeni tudi betonski zabojniki, kasneje pa tudi njihova vsebina.

Degradacijski procesi materialov inženirskih pregrad so odvisni predvsem od konstrukcijskih značilnosti objektov, vgrajenih materialov, lege in okoljskih značilnosti. Z izbrane lokacije odlagališča NSRAO v Vrbini pri Krškem smo pridobili osnovne podatke o zemljinah in kemijski sestavi talnih vod ter na podlagi teh ocenili korozivnost talne vode in njene vplive na različne degradacijske procese.

Identificirali smo degradacijske procese, ki bi lahko vplivali na spremembo zahtevanih lastnosti betona kot pomemben del inženirskih pregrad. Za beton nevarne in škodljive komponente vstopajo v beton iz okolja, iz talne vode oz. zemljine. Talna voda tako predstavlja zmerno kemično agresivno okolje za beton, kar vpliva na možno sulfatno korozijo, amonijevo korozijo, reakcije z ogljikovim dioksidom ter na procese zaradi organskih vključkov. Pri laboratorijski preiskavi obstojnosti betonov smo upoštevali kriterij obstojnosti na agresijo podtalnih vod kot tudi kriterij možnosti tehnološke priprave betonov in izvedbe konstrukcij s takim betonom. Preverjali smo vplive na možnost zmanjševanja pojava razpok v masivnih betonskih elementih z omejevanjem krčenja betona in hidratacijske toplote. Laboratorijske preiskave so vključevale pripravo preskušancev iz različnih malt, določevanje lastnosti svežih ter strjenih malt in preiskave vpliva agresivnega medija. Spremljali smo razvoj poškodb na vzorcih malt, spremembe mehanskih lastnosti ter dimenzij ter na izbranih vzorcih opravljeno petrografsko analizo. Rezultati preiskav obstojnosti betonov oz. malt na kemijsko agresijo sintetične raztopine, pripravljene na osnovi poznane kemijske sestave talne vode, so pokazali, da se je glede na upogibne in tlačne trdnosti ter kapilarno vodovpojnost kot najprimernejša izkazala mešanica portlandskega cementa CEM I in žlindrene cementa CEM III, tako brez dodatkov kot tudi z mineralnima dodatkoma. Vpliv dodatka mikrosilike ali EF pepela mešanicam ugodno vpliva na preiskane lastnosti malt.

Prav tako smo preverili vplive na degradacijo kritičnih kovinskih delov inženirskih pregrad (jeklena armatura) ter korozijo kovinskih materialov zabojnikov (različne vrste jekla ter bakra) in obstojnost protikorozijskih zaščitnih sistemov.

Beton v splošnem zaradi visoke alkalnosti deluje zaščitno na jeklo, vendar pa se pasivna plast lahko pri različnih vplivih iz okolja poruši. Kljub majhni vsebnosti kloridnih ionov v talni vodi, se bo korozijska agresivnost betona po karbonatizaciji večala zaradi prisotnosti sulfatnih anionov ter amonijevih kationov ter prisotnosti ogljikovega dioksida. Zaradi postopne rasti korozijskih produktov jekla, ki imajo nekajkrat večji volumen kot je volumen skorodiranega jekla, bodo korozijski produkti verjetno povzročili lokalne delaminacije prekrivne plasti betona. S tem bo omogočen lažji dostop kemijsko agresivne talne vode do jeklene armature. Na mestih lokalnih razpok v masivnem betonu nosilne armiranobetonske konstrukcije bo omogočen lažji dostop kemijsko agresivne talne vode tudi do globlje ležeče jeklene armature. Na lokaliziranih korozijskih poškodbah v bližini razpok so lahko korozijske hitrosti jekla nekajkrat večje, kot pri enakomerni koroziji v betonu.

Na izpostavljenih betonskih vzorcih z vgrajeno jekleno armaturo smo spremljali vse kritične parametre, ki lahko vplivajo na slabšanje lastnosti: pospešena karbonatizacija, močenje in sušenje, močenje s kloridi. Z različnimi elektrokemijskimi metodami ter vgrajenimi uporovnimi senzorji smo ugotavljali odvisnost korozijskih procesov od vrst betona in vplivov okolja, z vgrajenimi senzorji pa smo ugotavljali skupne korozijske poškodbe in korozijske hitrosti preiskovanih kovinskih materialov. Posamezni vzorci so sestavljeni iz armaturne palice ter električnega uporovnega senzorja iz nizkogljičnega

jekla in nerjavnega jekla kvalitete AISI 304. Pri izpostavi s simulirano raztopino talne vode Vrbina ni bilo opaznih večjih korozijskih aktivnosti, ker beton z visoko alkalnostjo relativno uspešno ščiti ogljično jeklo pred korozijo, na nerjavnih jeklih pa v okolici umetnih razpok še ni prišlo do prebitja pasivnega filma. Na vzorcih z umetno razpoko in vgrajenim armaturnim jeklom slabše kvalitete smo opazili korozijske spremembe. Na ER senzorjih za merjenje korozijske hitrosti jekla v relativno kratkem času nismo izmerili sprememb. V okviru našega raziskovalnega dela smo tudi ugotovili, da lahko uspešno spremljamo korozijsko stanje armiranobetonskih vzorcev z vgrajeni električni uporovni (ER) senzorji. Posebna konstrukcija senzorja minimizira temperaturne vplive in omogoča veliko ločljivost pri merjenju spremembe debeline. Konstrukcija senzorja omogoča tudi relativno enostavno vgradnjo v beton. ER senzorji kot in-situ metoda zanesljivo merijo kumulativno korozijsko hitrost, v izbranih intervalih pa lahko določimo tudi hitrost korozije.

Korozijo različnih kovinskih materialov ter vplive nanjo smo izvedli v laboratoriju z uporabo različnih elektrokemijskih tehnik, in sicer elektrokemijsko impedančno spektroskopijo ter potenciodinamske meritve. Za laboratorijske preiskave korozijske obstojnosti smo izbrali običajno jekleno rebrasto armaturo in več vrst armature iz različnih nerjavnih jekel. Elektrokemijske meritve so bile izvedene v sintetični raztopini talne vode ter v simulirani porni vodi betona z različnimi pH in dvema različnima koncentracijama kloridnih ionov, ki vplivajo na korozijo jekel v betonu. Novi beton ima namreč visoko alkalnost okoli 12, s karbonatizacijo pa se pH vrednost betona lahko zniža na 9,5. pH betona močno vpliva na pasivnost ogljičnih jekel, glede pasivnosti nerjavnih jekel pa vpliva karbonatizacije ne poznamo. Pri nerjavnih avstenitnih in avstenitno feritnih jeklih smo opazili, da nižja pH vrednost porne vode betona sploh ne vpliva na njihove korozijske lastnosti. Tudi nizke vrednosti kloridov v okolju nimajo bistvenega vpliva na pojav korozije pri teh jeklih. Ugotovili smo, da bi bil čas do iniciacije korozijskih poškodb pri avstenitnih ali feritno-avstenitnih jeklih verjetno bistveno daljši, kot pri običajnem nizkoogljicnem jeklu, potek nadaljne korozije po iniciaciji začetnih poškodb pa verjetno bistveno počasnejši.

Zabojniki za shranjevanje radioaktivnih odpadkov so lahko v določenih primerih dodatno protikorozijsko zaščiteni z različnimi premaznimi sistemi. V simuliranih pogojih smo preverili obstojnost protikorozijskih zaščitnih sistemov v primeru uporabe slabše korozijsko obstojnih ogljičnih jekel. V podzemnem odlagališču ob visoki prisotnosti vlage in CO₂ v zraku in s tem agresivne ogljikova(IV) kisline, ter kasneje zalitja s talno vodo, lahko na mestih poškodb na premazih pričakujemo precej velike korozijske hitrosti ogljičnega jekla (tudi do 0,5 mm/leto).

Raziskovali smo tudi korozijske procese bakra v bentonitu – simulacija dolgočasovnega odlagališča VRAO/IJG. Dokazali smo, da so korozijske hitrosti bakra v sekundarni zaščiti (bentonit) precej manjše kot v simulirani raztopini talne vode granitnega okolja južne Švedske. V začetni fazi izpostave v bentonitu so bile korozijske hitrosti med 5 in 10 $\mu\text{m}/\text{leto}$, zaradi tvorbe kompaktnih korozijskih produktov in znižanja vsebnosti kisika pa so po 650 dneh izpostave zmanjšale na od 1 do 1,5 $\mu\text{m}/\text{leto}$. Omenjene raziskave bomo nadaljevali, saj še vedno nimamo nedvoumnega odgovora na glavno vprašanje v zvezi s korozijo bakra pri dolgočasovnem odlagališču VRAO/IJG: ali je redukcija vode, oziroma v vodi raztopljenega kisika, edina možna katodna reakcija. Rezultati dosedanjih raziskav so dokazali, da so električni uporovni (ER) senzorji tudi v tem primeru ustrezna komplementarna metoda elektrokemijskim tehnikam - s pravilno vgradnjo ER senzorjev bi bilo verjetno možno spremljati korozijo pri kritičnem začetnem delu odlaganja (nižanje temperature, prehod iz aerobne v anaerobno fazo).

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- ☐ a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- ☒ b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- ☒ c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- ☐ d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- ☒ e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- ☐ a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- ☒ b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- ☒ c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- ☒ d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- ☒ e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- ☐ f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- ☐ g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- ☐ h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- ☐ i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Na osnovi preračunov za varnostno oceno odlagališča smo določili najpomembnejše lastnosti naravnih pregrad verjetnega objekta odlagališča NSRAO ali VRAO & IJG. V okviru varnostne ocene smo izvedli deterministične in probabilistične analize: kot najpomembnejša parametra kamnine smo določili vodoprepustnost z gradientom in sorpcijski koeficient. Pomembni parametri ki izhajajo iz izbora scenarijev za varnostno oceno so še mehanske fizikalne, kemijske in hidravlične lastnosti. lastnosti kamnine, za VRAO&IJG pa dodatno še njihove termično-hidravlično-mehanske lastnosti.

Metodologija za ocenjevanje omenjenih lastnosti se trenutno že uporablja pri karakterizaciji lokacije odlagališča NSRAO v obeh Vrbinah (Krško in Brežice). Uporabljane metode, ki so bile preverjene v okviru CRP, so bile usklajene z dodatnimi zahtevami projektanta.

Ocenili smo kemijsko agresivnost najverjetnejšega okolja odlagališča NSRAO na beton, določili možne degradacijske procese in predvideli možne sestave betonov, ki bi bile dolgotrajno obstojne v omenjenem okolju.

Ovrednotili smo korozijski vpliv najverjetnejšega okolja odlagališča NSRAO na običajno (nelegirano) jeklo in izbrane vrste nerjavnih jekel (armatura v betonu, sodi za shranjevanje NSRAO). Določili smo spodnji nivo kvalitete jekel (vsebnost legiranih elementov), ki bi še zagotavljal dolgočasovno obstojnost/stabilnost inženirskih pregrad.

Izdelali smo posebni izvedbi uporovnih korozijskih senzorjev, ki sta primerni za vgradnjo v beton in sode za shranjevanje NSRAO. Omenjena konstrukcija senzorjev omogoča kontinuirano spremljanje korozije jeklene armature in sodov.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Poznavanje postopka izdelave varnostne ocene in potrebe po poznavanju vhodnih parametrov zanjo vpliva po eni strani na strategijo vodenja projekta izgranje takšnega odlagališča v vseh njegovih fazah, po drugi strani pa omogoča programiranje in optimizacijo raziskav za karakterizacijo matične kamnine odlagališča NSRAO, VRAO&IJG na potencialnih lokacijah.

Metode, ki smo jih razvili za ocenjevanje trajnosti inženirskih pregrad, bodo glavno orodje pri načrtovanju konstrukcijskih detajlov in materialov odlagališča NSRAO. Sistemi za spremljanje stanja, s senzorji vgrajenimi v posamezne elemente odlagališča, bodo lahko vključeni v celovit sistem nadzora odlagališča, tako da bo upravitelj sproti dobival informacije o morebitnih kritičnih degradacijskih procesov (predvsem korozije sodov in armature).

Merilne tehnike bodo primerne tudi za ocenjevanje korozijskih procesov kovinskih zabojnikov (baker, jeklo, nikljeve zlitine) za shranjevanje VRAO/IJG, oziroma njihove predvidene življenjske dobe. Na ta način bomo lahko ocenili primernost materialov, oziroma kombinacije materialov (kovina/bentonit) v izbranem okolju. Predvidevamo, da bi s primerno modifikacijo konstrukcije senzorjev lahko spremljali tudi korozijo v realnem odlagališču VRAO/IJG – predvsem v začetni kritični fazi ohlajanja zabojnika, ko je prisoten še kisik (prehod iz aerobne v anaerobno fazo).

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ a) v domačih znanstvenih krogih;
- ☒ b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- ☒ c) pri domačih uporabnikih;
- ☒ d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Agencija za radioaktivne odpadke Slovenije (ARAO)
SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB)- Švedska družba za jedrsko gorivo in ravnanje z jedrskimi odpadki
Roldan, S.A: Ponferrada - proizvajalec nerjavne armature in pločevine
UGITECH, France - proizvajalec nerjavne armature in pločevine
Salonit Anhovo – proizvajalec posebnih vrst cementa
Trbovlje (Lafarge) - proizvajalec posebnih vrst cementa
SCT- proizvajalec posebnih vrst betona in izvajalec zahtevnih (podzemnih) gradbenih del
IAEA- mednarodna agencija za atomsko energijo

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

V zadnjih 2 letih so bila zaključena 3 diplomska dela, ki so bila delno ali v celoti povezana z omenjenih projektom.
Z raziskavami na tem področju nadaljuje podiplomski študent (mladi raziskovalec), ki bo na omenjeni tematiki predvidoma tudi doktoriral.

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi institucijami.

IAEA, raziskave vključene v skupni projekt
CEA, Francija, delo na vsaj 3 področjih: geologija/modeliranje, kompleksni korozijski procesi, trajnost inženirskih pregrad
SKC-CEN, Belgija, modeliranje transporta radionuklidov iz odlagališča NSRAO v okolje in do človeka v okviru izdelav varnostne ocene (preko IAEA)
Ontario Power Generation: občasni skupni pregledi rezultatov opravljenega dela in primerjava
KTH, Švedska, raziskave za naročnika SKB
CNEA, Argentina, skupne raziskave na področju korozije jekla v betonu
IETcc, Španija, skupne raziskave na področju korozije jekla v betonu
Holcim, Švica

Lafarge, Francija, skupne raziskave na področju korozijskih lastnosti novih (kemijsko obstojnih) betonov

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

IAEA, skupni projekt

CEA, Francija, zaključeni projekti, načrtovani projekti (skupna poročila in članki)

SKC-CEN, Belgija, skupni projekt (skupna poročila)

KTH, Švedska (skupna poročila in članki)

CNEA, Argentina, skupne raziskave, predlog bilateralnega projekta

IETcc, Španija, Holcim, Švica, Lafarge, Francija (predlog skupnega projekta za 7. OP

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

PETKOVŠEK, Borut, KALIN, Jan, KRIVIC, Jure, RATEJ, Jože. Preliminary Stage of PA/SA for HLW & SF Slovenian Reference Case: Generic Repository in Hard Rock. Revised report for ARAO.2008. Ljubljana.

KALIN, Jan, Report on the work done at CEA/Saclay

LEGAT, Andraž. Influence of an organic inhibitor on steel corrosion in simulated pore water studied by means of various electrochemical techniques. Corros. Sci., 2008 (poslan v objavo)

LEGAT, Andraž. Characterization of corrosion processes in laminar electrolyte flow by coupled multi-electrode arrays. J. Electrochem. Soc., 2008 (poslan v objavo)

ŠAJNA, Aljoša, MLADENOVIC, Ana, STRUPI-ŠUPUT, Jerneja, KEPIC, Miran. Problematika brizganega betona s povečano odpornostjo na sulfatno korozijo. V: Konferenca "Novo na področju betona 2007, Lipica, 8.-9.marec 2007. Zbornik referatov. Ljubljana: ZBS, Združenje za beton Slovenije, 2007, str. 67-76

ŠAJNA, Aljoša, MLADENOVIC, Ana, STRUPI-ŠUPUT, Jerneja. Analiza obstojnosti brizganega betona s povečano odpornostjo na sulfatno korozijo. V: Konferenca "Izvajanje betonskih del 2008, Lipica, 22.-23.maj 2008. Zbornik referatov. Ljubljana: ZBS, Združenje za beton Slovenije, 2008, str. 21-28

BREMEC, Tina, ŠAJNA, Aljoša. Uporaba akustične tehnike na betonskih vzorcih. V: Konferenca "Izvajanje betonskih del 2008, Lipica, 22.-23.maj 2008. Zbornik referatov. Ljubljana: ZBS, Združenje za beton Slovenije, 2008, str. 51-61

Aljoša ŠAJNA : »Cement and cementitious materials in the geological disposal of radioactive waste« (<http://www.itc-school.org/index.php/Past-ITC-Courses/Cement-and-cementitious-materials-in-the-geological-disposal-of-radioactive-waste.html>), ki ga je skupaj z ITC - School of Underground Waste Storage and Disposal, Švica na Finskem organiziralo podjetje POSIVA Nuclear waste management expert ter sodelovanje v projektu International Atomic Energy Agency z naslovom »Behaviour of Cementitious Materials in Multipurpose Packaging for Transportation, Long Term Storage and Disposal« (<http://www-crp.iaea.org/html/rifa-show-activecrp.asp>).

ter znanje na področju bakra, ki ga prinaša nova raziskovalka dr. Tadeja Kosec na Zavodu za Gradbeništvo Slovenije:

KOSEC, Tadeja, MILOŠEV, Ingrid, PIHLAR, Boris. Benzotriazole as an inhibitor of brass corrosion in chloride solution. Appl. surf. sci.. [Print ed.], 2007, vol. 253, no. 22, str. 8863-8873.

KOSEC, Tadeja, KEK-MERL, Darja, MILOŠEV, Ingrid. Impedance and XPS study of benzotriazole films formed on copper, copper-zinc alloys and zinc in chloride solution.

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

Corros. sci.. [Print ed.], 2008, vol. 50, no. 7, str. 1987-1997.

KOSEC, Tadeja, MILOŠEV, Ingrid. Inhibicija korozije bakra in njegovih zlitin s cinkom z benzotriazolom v kloridni raztopini = Corrosion inhibition of copper and its alloys with benzotriazole in chloride solutions. Vakuumist, 2007, letn. 27, no. 3, str. 4-9

KOSEC, Tadeja, MILOŠEV, Ingrid. The mechanism of benzotriazole inhibition of copper, its alloys with zinc in chloride solution. V: HORVAT-RADOŠEVIĆ, Višnja (ur.), MANDIĆ, Zoran (ur.), GOJO, Miroslav (ur.). Regional Symposium on Electrochemistry RSE-SEE, 1st Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe, Rovinj, Croatia, 2008. Book of abstracts. Zagreb: Croatian Society of Chemical Engineers, 2008.