Usporedba potencijalne lokacije odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj s njemačkim odlagalištem

Tomić, Marijan

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:656412

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij rudarstva

USPOREDBA POTENCIJALNE LOKACIJE ODLAGALIŠTA NISKO I SREDNJE RADIOAKTIVNOG OTPADA U REPUBLICI HRVATSKOJ I LOKACIJE ODLAGALIŠTA U NJEMAČKOJ

Diplomski rad

Marijan Tomić

R 88

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

USPOREDBA POTENCIJALNE LOKACIJE ODLAGALIŠTA NISKO I SREDNJE RADIOAKTIVNOG OTPADA U REPUBLICI HRVATSKOJ S NJEMAČKIM ODLAGALIŠTEM

MARIJAN TOMIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U diplomskom radu navedene su moguće klasifikacije radioaktivnog otpada, te su objašnjene razlike među njima. Objašnjeno je kako nastaje radioaktivni otpad i prikazane tehnologije zbrinjavanja radioaktivnog otpada. Također su prikazani različiti tipovi odlagališta, te su dani primjeri modernih odlagališta u svijetu. Opisan je projekt izbora lokacije odlagališta, od početaka do danas, u Hrvatskoj i Njemačkoj, kao i zakonodavni aspekti gospodarenja radioaktivnim otpadom. Detaljno je objašnjena višekriterijska metoda izbora lokacije odlagališta u Hrvatskoj upotrebom eliminacijskih i usporedbenih kriterija. Prikazana su određena svojstva Trgovske gore kao potencijalne lokacije za gradnju odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada u usporedbi s njemačkim odlagalištem otpada. Opisana je konkretna lokacija budućeg odlagališta kao i moguća tehničko-tehnološka rješenja. Navedeni problemi koje izaziva pitanje zbrinjavanja radioaktivnog otpada, te objašnjena situacija u kojoj se trenutno nalazi Republika Hrvatska u pogledu gospodarenja radioaktivnim otpadom.

Ključne riječi: Trgovska gora, nisko i srednje radioaktivni otpad, odlagalište radioaktivnog otpada, Konrad, potencijalne lokacije, višekriterijska metoda.

Diplomski rad sadrži: 53 stranice, 7 tablica, 19 slika i 25 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF-a

Ocjenjvači: Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF-a
Dr. sc. Gordan Bedeković, izvanredni profesor RGNF-a
Dr. sc. Trpimir Kujundžić, izvanredni profesor RGNF-a

Datum obrane: 11. prosinac 2015.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

COMPARISON OF POTENTIAL SITE FOR DISPOSAL OF LOW AND INTERMEDIATE LEVEL RADIOACTIVE WASTE IN THE REPUBLIC OF CROATIA WITH GERMAN REPOSITORY

MARIJAN TOMIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining and Geotehnics
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The master's thesis shown possible classifications of radioactive waste, and explained the differences between them. It has been explained how the radioactive waste is produced and displayed the technology for radioactive waste disposal. It also shown different types of repositories and examples of contemporary repositories were given. The project of radioactive waste siting in Croatia and Germany, from the beginning until today, was described, as well as legislative aspects of radioactive waste management. Multi-criteria method of repository site selection in Croatia using elimination and comparative criteria was explained in detail. Certain characteristics of Trgovska gora as a repository for low and intermediate radioactive waste were listed in a comparison with German repository. Specific location of future repository was described as well as possible technical and technological solution. Also the problems derived from the issue of radioactive waste disposal were mentioned, and explained Croatian current situation in the aspect of radioactive waste management.

Keyword: Trgovska gora, low and intermediate waste, radioactive waste repository, Konrad, potential location, Multi-criteria method.

Thesis contains: 53 pages, 7 tables, 19 figures and 25 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Želimir Veinović, Assistant Professor

Reviewers: PhD Želimir Veinović, Assistant Professor
PhD Gordan Bedeković, Associate Professor
PhD Trpimir Kujundžić, Associate Professor

Date of defense: December 11, 2015.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA (RAO) 3

2.1 Klasifikacija radioaktivnog otpada 3

2.2 Izvori i količine RAO 7

2.3 Tehnologija zbrinjavanja RAO 10

2.3.1 Faze rada odlagališta 12

2.4 Tipovi odlagališta NSRAO 13

2.5 Primjeri odlagališta NSRAO u svijetu 16

2.5.1 Španjolsko odlagalište El Cabril 16

2.5.2 Švicarski projekt tunelskog odlagališta 18

2.5.3 Podzemno odlagalište Olkiluoto u Finskoj 19

2.5.4 Njemačko odlagalište RAO Konrad 20

3. IZBOR LOKACIJE ODLAGALIŠTA RAO 22

3.1 Projekt odabira lokacije odlagališta RAO 22

3.1.1 Povijest projekta odabira lokacije odlagališta RAO u Republici Hrvatskoj 22

3.1.2 Povijest projekta odabira lokacije odlagališta RAO u Njemačkoj 24

3.2 Kriteriji za odabir lokacije odlagališta NSRAO u RH 25

3.2.1 Eliminacijski (izlučni) kriteriji 27

3.2.2 Usporedbeni (utežni) kriteriji 32

3.3 Zakonodavni aspekti odlaganja RAO 35

3.3.1 Zakonski akti u Republici Hrvatskoj 35

3.3.2 Zakonski akti u Saveznoj Republici Njemačkoj 37

3.3.3 Međunarodni dokumenti 39

4. TRGOVSKA GORA KAO POTENCIJALNA LOKACIJA ZA ODLAGALIŠTE NSRAO U RH 40

4.1 Usporedba Trgovske gore kao potencijalne lokacije za odlagalište NSRAO s Njemačkim odlagalištem Konrad 40

4.2 Konkretna lokacija odlagališta 42

4.3 Moguća tehničko-tehnološka rješenja odlagališta 44

4.4 Socijalni aspekt 46

4.5 Slijedeći koraci 48

5. ZAKLJUČAK 50

6. LITERATURA 52

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Klasifikacija radioaktivnog otpada prema IAEA-i

Tablica 2-2. Klasifikacija radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj

Tablica 2-3. Procjena postojećeg institucionalnog RAO i IZZ u RH

Tablica 2-4. Procjena ukupne količine NSRAO po završenoj razgradnji NEK

Tablica 3-1. Povijest izbora lokacije odlagališta RAO

Tablica 3-2. Kategorizacija usporedbenih kriterija i njihovih utežnih vrijednosti.

Tablica 4-1. Temeljna obilježja lokacija odlagališta RAO

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Grafički prikaz sheme klasifikacije RAO.

Slika 2-2. Udio nisko, srednje i visoko radioaktivnog otpada u NEK

Slika 2-3. Operativni koraci zbrinjavanja otpada

Slika 2-4. Odlagalište otpada Vaalputs za nisko radioaktivni otpad

Slika 2-5. Odlagalište vrlo nisko radioaktivnog otpada Morvilliers, Francuska

Slika 2-6. Shema smještanja otpada u odlagalištu Konrad, Njemačka

Slika 2-7. Odlagalište NSRAO El Cabril, Španjolska

Slika 2-8. Eksperiment smještanja RAO na Mt. Terri, Švicarska

Slika 2-9. Podzemno odlagalište Olkiluoto, Finska

Slika 2-10. Bivši rudnik željezne rude Konrad.

Slika 2-11. Model odlagališta Konrad s prikazom geološkog sastava

Slika 3-1. Shema stručnog postupka odabira lokacije nisko i srednje radioaktivnog otpada u RH

Slika 3-2. Vrednovanje teritorija relevantnim skupinama kriterija i aktivnosti

Slika 3-3. Predložena potencijalna područja za smještaj odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada.

Slika 3-4. Predložene preferentne lokacije za smještaj odlagališta NSRAO.

Slika 4-1. Lokacija vojnog skladišta „Čerkezovac“

Slika 4-2. Faze rada španjolskog odlagališta NSRAO El Cabril

Slika 4-3. Prosvjedi protiv odlagališta RAO na Trgovskoj gori

POPIS KRATICA

RAO	Radioaktivni otpad
NE	Nuklearna elektrana
NEK	Nuklearna elektrana Krško
VRAO	Visoko radioaktivni otpad
NSRAO	Nisko i srednje radioaktivni otpad
IAEA	International Atomic Energy Agency
NN	Narodne novine
NORM	Naturally Occurring Radioactive Material
II	Iskorišteni izvori ionizirajućeg zračenja
IRB	Institut „Ruđer Bošković“
IMI	Institut za medicinska istraživanja
RH	Republika Hrvatska
ING	Istrošeno nuklearno gorivo
APO	Agencija za posebni otpad
HEP	Hrvatska elektroprivreda
MRK	Među republička koordinacija Hrvatske i Slovenije
ZEOH	Zajednica elektroprivrednih organizacije Hrvatske
UI	Urbanistički institut Hrvatske
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
SL	Službeni list
BiH	Bosna i Hercegovina
NIMBY	Not in my backyard
EU	Europska Unija

1. UVOD

U proizvodnji električne energije u nuklearnim elektranama nastaje radioaktivni otpad (RAO) za koji ne postoji daljnja namjena niti se može reciklirati. Proizvodnja električne energije ovim načinom je 2005. iznosila 15 % ukupne proizvodnje energije u EU (http://www.iaea.org/pris/). Radioaktivni otpad također nastaje u medicini, istraživačkim institutima, industriji, poljoprivredi itd. Takav otpad se mora zbrinuti na odgovarajući način kako ne bi izazvao zagađenje okoliša odnosno naštetio zdravlju ljudi. Za trajno pohranjivanje radioaktivnog otpada grade se odlagališta u kojima će otpad biti izoliran od okoliša i stanovništva tako da se zadovolje propisani opći standardi zaštite od zračenja i posebni zahtjevi sigurnosti radioaktivnog otpada.

Republika Hrvatska trenutno skladišti 7,5 m^3 radioaktivnog otpada na dvije lokacije u centru Zagreba što predstavlja samo kratkotrajno rješenje. Samo zbog tog otpada graditi odlagalište nije isplativo, no kako je Hrvatska suvlasnik Nuklearne elektrane Krško (NEK) zajedno s Republikom Slovenijom postavlja se pitanje skladištenja 18 000 m^3 otpada nastalog tijekom rada, te razgradnje NE Krško.

Jedan od najvećih problema odlaganja otpada, uz tehničko-tehnološki koncept odlaganja, je izbor lokacije odlagališta. Postupak izbora lokacije odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada u RH započeo je 90.-ih godina prošlog stoljeća. Za izbor lokacije korištena je višekriterijska metoda čijom se primjenom došlo do nekoliko preferentih lokacija za odlagalište RAO. Kao najizglednija lokacija pokazala se Trgovska gora iako postoji pitanje je li ta lokacija i najprikladnija.

U Europi postoji više zemalja čiji su nuklearni programi veći od hrvatskog te koje su problem zbrinjavanja radioaktivnog otpada počele rješavati puno ranije. Prema njemačkoj legislativi sav RAO mora biti odlagan u duboke geološke formacije, bez obzira da li se radi o visoko radioaktivnom otpadu (VRAO) ili nisko i srednje radioaktivnom otpadnu (NSRAO), što u Hrvatskoj nije slučaj. Shodno tome Njemačka će svoj NSRAO odlagati u bivši rudnik željezne rude Konrad, koji je trenutno u procesu prenamjene. Ta je lokacija izabrana objektivnom evaluacijom između više potencijalnih lokacija. Izboru lokacija odlagališta prethodilo je opsežno istraživanje.

Iako postoje znatne razlike u količini otpada, zakonskim okvirima, te geografskim i geološkim uvjetima određene značajke tih lokacija moguće je usporediti. Cilj ovog rada je usporedba obilježja tih lokacija, te objektivna evaluacija Trgovske gore kao lokacije za odlaganje RAO u odnosu na lokaciju njemačkog odlagališta koja se kao visoko razvijena zemlja smatra uzorom u pogledu zbrinjavanja i odlaganja radioaktivnog otpada.

2. ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

2.1 Klasifikacija radioaktivnog otpada

Radioaktivni otpad nastaje u različitim vrstama postrojenja, te se pojavljuje u širokom spektru koncentracija radionuklida te u raznim kemijskim i fizikalnim oblicima. Kako bi se olakšalo rukovanje tim otpadom nastale su brojne sheme za klasifikaciju RAO prema fizikalnim, kemijskim i radiološkim svojstvima koja su bitna za gospodarenje tim otpadom. To je dovelo do odudaranja u terminologiji, koja se razlikuje od države do države, pa čak i između pojedinih ustanova unutar iste države. Poteškoće nastaju prilikom provođenja strategija gospodarenja otpadom, odnosno u komunikaciji na nacionalnoj te internacionalnoj razini. Također otežano je uspoređivanje i razumijevanje podataka objavljenih u znanstvenoj literaturi što u javnosti može stvoriti dodatnu konfuziju.

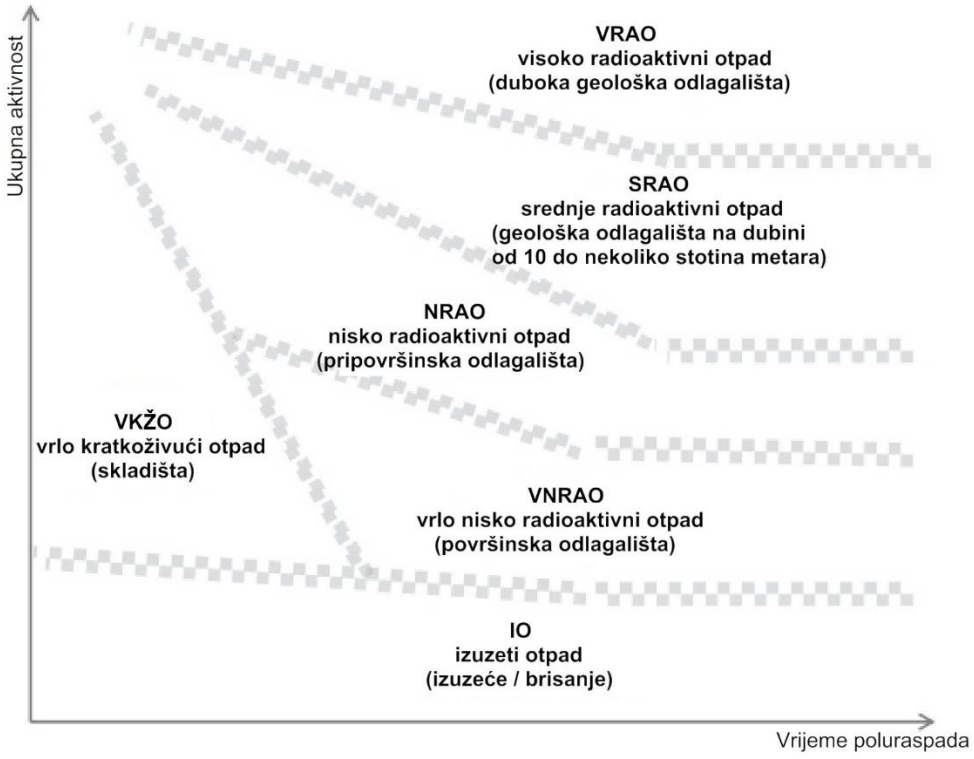
IAEA (International Atomic Energy Agency) je agencija osnovana 1957. u sklopu organizacije Ujedinjenih Naroda čiji je cilj suradnja na području nuklearne energije između država članica, te promoviranje sigurnog korištenja nuklearne tehnologije. Agencija redovito izdaje preporuke i smjernice državama članicama koje potom te preporuke uključuju u svoju nacionalnu regulativu. Tako je izdana preporuka klasifikacije RAO čiji je cilj prvenstveno dugoročna sigurnost, odnosno uspješna strategija odlaganja otpada. Shema klasifikacije RAO modificirana je kroz rad agencije nekoliko puta kako bi se ispravili nedostatci, te primijenila nova iskustva stečena kroz razvoj i rad postrojenja za odlaganje RAO.

Prema dokumentu „Classification of Radioactive Waste“ (IAEA, 2009) radioaktivni otpad razvrstan je u 6 razreda (Tablica 2-1.).

Tablica 2-1. Klasifikacija radioaktivnog otpada (IAEA, 2009)

Izuzeti otpad (eng. Exempt waste, EW)	Otpad koji zadovoljava kriterije za brisanje, izuzeće ili isključenje iz regulatornog nadzora za zaštitu od zračenja.
Vrlo kratkoživući otpad (eng. Very short lived waste, VSLW):	Otpad koji može biti skladišten radi raspada tijekom ograničenog perioda do nekoliko godina te postupno brisan iz regulatornog nadzora. Sadrži radionuklide s vrlo kratkim vremenom poluraspada često korištenim u istraživanjima u medicinske svrhe.

Vrlo nisko radioaktivni otpad (eng. Very low level waste, VLLW):	Nije potrebna izolacija većeg stupnja. Prikladno skladištenje na površinskim odlagalištima s ograničenom regulatornom kontrolom.
Nisko radioaktivni otpad (eng. Low level waste, LLW):	Otpad koji sadrži ograničenu količinu dugoživućih radionuklida. Takav otpad zahtjeva izolaciju visokog stupnja te odlaganje na period od nekoliko stotina godina. Prikladan za odlaganje u površinskim odlagalištima. Ovaj razred sadrži široki spektar otpada. Od kratkoživućih radionuklida do s višom koncentracijom aktivnosti do dugoživućih radionuklida s relativno niskim stupnjem koncentracije aktivnosti.
Srednje radioaktivni otpad (eng. Intermediate level waste, ILW):	Otpad, koji zbog svog sastava, djelomično od dugoživućih radionuklida, zahtjeva veći stupanj izolacije nego što je moguće postići kod površinskih odlagališta. Međutim kod otpada ovog razreda nije potrebna briga zbog otpuštanja topline tijekom skladištenja i odlaganja. Može sadržavati dugoživuće radionuklide, pogotovo koji emitiraju alfa zračenje, te koji se neće raspasti do stupnja koncentracije aktivnosti koji je prihvatljiv za odlaganje u površinskim odlagalištima tijekom vremena u kojem se možemo osloniti na institucionalni nadzor. Stoga otpad ovog razreda zahtjeva odlaganje na većim dubinama, reda veličine od nekoliko desetaka pa do nekoliko stotina metara.
Visoko radioaktivni otpad (eng. High radioactivity waste, HLW):	Otpad čiji je stupanj koncentracije aktivnosti dovoljno visok da generira značajne količine topline nastale procesom radioaktivnog raspada ili otpad s velikim količinama dugoživućih radionuklida na što treba obratiti pozornost prilikom projektiranja odlagališta za takav otpad. Mogućnost odlaganja u dubokim, stabilnim geološkim formacijama najčešće na dubini od nekoliko stotina ili više metara ispod površine.



Slika 2-1. Grafički prikaz sheme klasifikacije RAO (IAEA, 2009).

U Republici Hrvatskoj radioaktivni otpad je klasificiran prema Uredbi o uvjetima te načinu zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih zatvorenih radioaktivnih izvora i izvora ionizirajućeg zračenja koji se ne namjeravaju dalje koristiti (NN, 44/08). S obzirom na koncentraciju aktivnosti ili ukupnu aktivnost i vrijeme poluraspada radionuklida sadržanih u radioaktivnom otpadu, svrstava se u sljedeće razrede (Tablica 2-2.).

Klasifikacija radioaktivnog otpada u Hrvatskoj podudara s klasifikacijom koju je predložila IAEA 1994., a koja je u međuvremenu 2009. izdala novi predložak klasifikacije koji je ranije spomenut.

Tablica 2-2. Klasifikacija radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj (NN, 44/08).

Izuzeti i otpušteni radioaktivni otpad:	Koncentracija aktivnosti ili ukupna aktivnost u radioaktivnom otpadu jednaka ili niža od propisanih razina izuzimanja ili otpuštanja
Nisko radioaktivni kratkoživući otpad:	Radioaktivni otpad sadrži radionuklide s vremenom poluraspada kraćim od 100 dana koji će se raspasti do razine otpuštanja za 3 godine od dana nastanka
Nisko i srednje radioaktivni otpad:	Radioaktivni otpad s vremenom poluraspada kraćim od 30 godina i koncentracijom aktivnosti ili ukupnom aktivnosti koja će i poslije 3 godine biti iznad propisanih razina izuzimanja ili otpuštanja, a proizvodnja topline u radioaktivnom otpadu je niža od 2 kW/m3[1]
Kratkoživući:	Radioaktivni otpad sadrži radionuklide s vremenom poluraspada kraćim od 30 godina (za alfa radionuklide ograničenje koncentracije aktivnosti od 4000 Bq/g u pojedinom pakiranju i 400 Bq/g u prosjeku za sveukupni radioaktivni otpad)
Dugoživući:	Radioaktivni otpad s koncentracijom aktivnosti iznad granica za kratkoživući otpad
Visoko radioaktivni otpad:	Toplinska snaga u radioaktivnom otpadu je iznad 2 kW/m^3 i koncentracija aktivnosti iznad granica za kratkoživući radioaktivni otpad

U Njemačkoj RAO je klasificiran u dvije kategorije prema zahtjevima za odlaganje. Shema klasifikacije otpada razlikuje se od naputka IAEA-e zbog drugačijeg koncepta odlaganja RAO. Te kategorije su:

- Radioaktivni otpad sa zanemarivom emisijom topline
- Radioaktivni otpad koji generira toplinu

[1] kW/m^3 odgovara približno aktivnosti od $5.0 \cdot 10^4$ TBq/m^3 (oko $2 \cdot 10^{10}$ Bq/g ako je gustoća 2,7 t/m^3)

2.2 Izvori i količine RAO

Radioaktivni otpad dolazi iz brojnih izvora, ali najveće količine, u smislu radioaktivnosti i volumena, nastaju proizvodnjom električne energije pomoću nuklearne energije, aktivnostima koje tome prethode kao što je eksploatacija i oplemenjivanjemuranove rude, te u vojnoj industriji proizvodnjom nuklearnog oružja. Ostali izvori uključuju medicinski i industrijski otpad, kao i prirodno radioaktivne materijale (eng. Naturally occuring radioactive materials; NORM) koji mogu biti koncentrirani u procesu eksploatacije, obrade ili korištenja ugljena, te nafte i plina. Također, u procesu korištenja radioaktivnih materijala koji uključuje njihovo dobivanje, obradu, čuvanje, prijevoz i eventualnu preradu, mnogi obični materijali (npr. ambalaža ili procesne tekućine) mogu postati radioaktivni. Takvi materijali koji su postali radioaktivni tijekom procesa korištenja izvorno radioaktivnih tvari čine danas u svijetu po volumenu najveći dio radioaktivnog otpada. Pa shodno tome u nuklearnoj elektrani volumni udio visoko radioaktivnog otpada (istrošeni gorivi elementi) iznosi samo 5 %, a dok udio radioaktivnosti takvog otpada iznosi 99 % u odnosu na nisko i srednje radioaktivni otpad (Slika 2-2).



Slika 2-2. Udio nisko, srednje i visoko radioaktivnog otpada u NEK (www.radioaktivniotpad.org)

U Republici Hrvatskoj radioaktivnog otpada koji je nastao različitim primjenama radionuklida ima relativno malo. Institucionalni radioaktivni otpad (RAO) i iskorišteni izvori ionizirajućeg zračenja (II) u RH nastaju tijekom perioda od 60 godina primjenom izvora ionizirajućeg zračenja u medicini, industriji, znanosti itd. Također u napravama kao što su gromobrani i javljači dima koji su ponegdje još u javnoj upotrebi. Takvih ionizirajućih javljača dima postavljeno je oko 60 000, te oko 500 radioaktivnih gromobrana (Kučar-Dragičević et al., 1996). Dosadašnja praksa zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenih izvora sastojala se od privremenog skladištenja u skladištima u Institutu „Ruđer Bošković“ (IRB) i u Institutu za medicinska istraživanja (IMI) u Zagrebu. Skladište IMI danas je zatvoreno za prihvat novonastalog RAO i II, a u funkciji je bilo od 1959. do 2000. god. Procjenjuje se da je u skladištu IMI-ja pohranjeno oko 1,5 m^3 institucionalnog RAO-a i II-ja, od čega približno 0,5 m^3 zauzimaju paketi s kratko živućim, dok 1 m^3 zauzimaju paketi s dugoživućim radionuklidima. Skladište na IRB izgrađeno je 1967. godine s namjerom skladištenja RAO i II koji nastaje na samom institutu. Tijekom vremena kapacitet skladišta je postao nedostatan uglavnom jer se u skladište počeo dovoziti otpad generiran izvan instituta, te je izvedeno proširenje. Tako je uz postojeću prostoriju volumena 62 m^3 sagrađena nova prostorija za skladištenje volumena 73 m^3, te prostorije za obradu i razvrstavanje. Skladište IRB bilo je ovlašteno za sakupljanje, obradu i skladištenje svih vrsta krutih i tekućih II, i institucionalnog RAO u RH. Prema odluci Vlade RH iz 2009. godine taj je objekt nominiran kao središnje nacionalno skladište. Međutim takva odluka nikad nije provedena zbog protivljenja javnosti te nemogućnosti postizanja dogovora s upravom IRB-a. Kasnije, zbog neprimjerenog skladištenja, skladište IRB-a je zapečaćeno. Prema procjeni u skladištu IRB-a pohranjeno je ukupno oko 6 m^3 institucionalnog RAO i II. Dakle u skladištima u RH trenutno je pohranjeno oko 7,5 m^3 institucionalnog RAO i II, što je detaljnije prikazano u Tablici 2-3. (NN, 125/14).

Procjenjuje se da će se u RH do 2040. godine generirati još oko 10 m^3 institucionalnog RAO-a i II-ja (NN, 125/14). Iako se još uvijek radi o relativnom malim količinama radioaktivnog otpada za skladištenje potrebno je naglasiti da trenutna odlagališta nisu zadovoljavajuća kao dugoročno rješenje budući da se nalaze u izrazito urbanom području glavnog grada RH.

Tablica 2-3. Procjena postojećeg institucionalnog RAO i IZZ u RH (NN, 125/14).

Vrsta RAO	**Skladište IMI, 2006.**		**Skladište IRB, 2011**		**UKUPNO**	
	Volumen (m3)	Aktivnost (Bq)	Volumen (m3)	Aktivnost (Bq)	Volumen (m3)	Aktivnost (Bq)
Kratkoživući	0,5	$6{,}0\times10^{11}$	5,0	$1{,}3\times10^{13}$	5,5	$1{,}4\times10^{13}$
Dugoživući	1,0	$9{,}1\times10^{11}$	1,0	$4{,}9\times10^{11}$	2,0	$1{,}5\times10^{12}$
UKUPNO	1,5	$1{,}5\times10^{12}$	6,0	$1{,}4\times10^{13}$	**7,5**	$\mathbf{1{,}6\times10^{13}}$

Iako trenutna količina radioaktivnog otpada nije dovoljna da bi izgradnja odlagališta samo za taj otpad bila isplativa, ipak potrebno je razmatrati mogućnost izgradnje odlagališta budući da je Republika Hrvatska suvlasnik Nuklearne elektrane Krško (NEK). Između Republike Slovenije i Republike Hrvatske potpisan je bilateralni sporazum prema kojem je RH, u razdoblju od 2023. do 2025. godine, obvezna fizički preuzeti polovicu pogonskog RAO-a i polovicu raspoloživog ING-a (istrošeno nuklearno gorivo) s lokacije NE Krško (NN, 125/14). Predviđa se da će ukupna količina radioaktivnog otpada nastala tijekom rada NEK, te prilikom razgradnje iznositi oko 18 000 m^3 (Tablica 2-4.), što znači da će RH nakon dekomisije NEK morati biti spremna za odlaganje 9 000 m^3 NSRAO od čega je oko 1 % dugoživući NSRAO (Lokner et al., 2004).

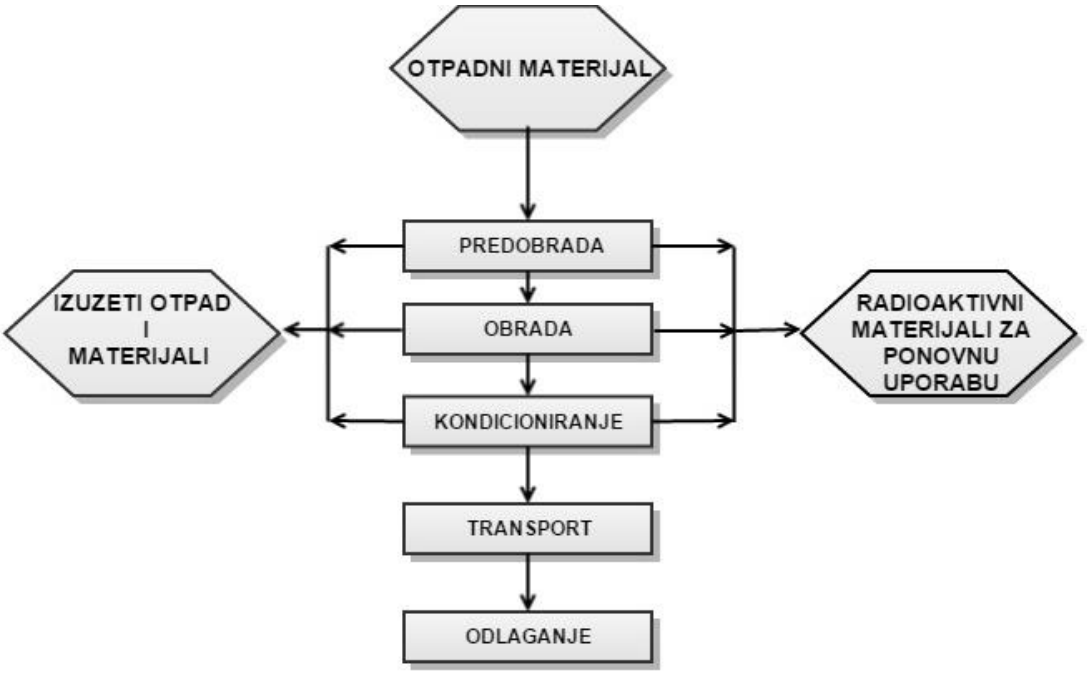
Tablica 2-4. Procjena ukupne količine NSRAO po završenoj razgradnji NEK (Lokner et al., 2004)

IZVOR	**NSRAO [m^3]**	**DUGOŽIVUĆI NSRAO [m^3]**
Rad NEK	3 615	
Zamjena parogeneratora	600	
Ostali zamijenjeni dijelovi	254	
Dekomisija NEK	13 130	200
UKUPNO	17 599	200

Treba spomenuti da u RH, uz već navedene količine radioaktivnog otpada, postoje tri lokacije na kojima se nalazi industrijski otpad vrlo niske specifične radioaktivnosti. U Plominu i Kaštel Sućurcu radi se o pepelu i šljaki koji su nastali izgaranjem ugljena s povišenim koncentracijama urana i radija. Na trećoj lokaciji u Kutini radi se o fosfogipsu koji nastaje preradom fosfatne rude u gnojivo, u kojem se nalazi povišena koncentracija urana. (NN, 125/14)

2.3 Tehnologija zbrinjavanja RAO

Ovisno o podrijetlu, radioaktivni otpad se pojavljuje u različitim fizikalnim stanjima (kruto, tekuće, plinovito), te može imati razne karakteristike kao što su stupanj aktivnosti i vrijeme poluraspada radionuklida sadržanih u otpadu. U životom ciklusu radioaktivnog otpada odlaganje je posljednji korak. Tijekom svog putovanja od lokacije nastanka do završnog odlaganja, radioaktivni otpad gotovo bez iznimke prolazi kroz više koraka kao što su predobrada, obrada, kondicioniranje, skladištenje i transport (Slika 2-3.).



Slika 2-3. Operativni koraci zbrinjavanja otpada

Predobrada otpada je početni korak zbrinjavanja otpada koji se odvija nakon nastanka otpada, a uključuje sve operacije prije obrade otpada kao što su: sakupljanje, segregacija, kemijsko prilagođavanje, dekontaminacija, te moguće privremeno skladištenje.

Obrada radioaktivnog otpada služi u svrhu povećanja sigurnosti i/ili ekonomičnosti operacija mijenjanjem karakteristika radioaktivnog otpada. Temeljni ciljevi obrade otpada su: smanjivanje obujma otpada, uklanjanje radionuklida, te promjena fizikalnog i kemijskog sastava otpada. Tipične operacije kojima se to postiže su: spaljivanje gorivog otpada ili prešanje suhog otpada (smanjivanje volumena), ionska izmjena (uklanjanje radionuklida), precipitacija ili flokulacija (promjena sastava).

Kondicioniranje otpada pokriva operacije u kojima se otpad prevodi u oblik koji je prikladniji za rukovanje, transport, skladištenje i odlaganje. Uključuje imobilizaciju tekućeg opada (solidifikacija ili vitrifikacija), pakiranje u kontejnere različitih veličina i konstrukcija s mogućnosti zapunjavanja materijalima odgovarajućih svojstava.

Radioaktivni otpad može biti uskladišten kao neobrađen, predobrađen, obrađen ili kondicionirani otpad. Svrha i trajanje skladištenje varira ovisno o ciljevima koji mogu biti radioaktivni raspad radi brisanja iz regulatornog nadzora, ili zbog kasnije obrade i/ili odlaganja. Skladištenje uključuje izolaciju otpada, zaštitu okoliša, monitoring, te izvlačenje otpada.

Transport podrazumijeva namjerno fizičko kretanje otpada u specijalno dizajniranom pakiranju s jednog mjesta na drugo. Recimo neobrađen otpad može biti transportiran s mjesta prikupljanja do skladišta ili postrojenja za obradu. Kondicionirani otpad može biti transportiran od postrojenja za obradu do lokacije odlaganja. Najčešći načini transporta otpada su kamionima, tankerima, te željeznicom.

Odlaganje radioaktivnog otpada podrazumijeva smještanje otpada u objekt koji osigurava dugoročnu sigurnost pomoću sustava višestrukih prirodnih i inženjerskih barijera koje sprječavaju otpuštanje radionuklida. Odlagališta se mogu nalaziti na površini ili na različitim dubinama ispod zemlje, a posebnu skupinu čine duboka odlagališta u geološki stabilnim i nepropusnim slojevima, namijenjena visoko radioaktivnom otpadu.

2.3.1 Faze rada odlagališta

Kada se govori o nisko i srednje radioaktivnom otpadu, čija aktivnost pada na razinu prirodne nakon 250-300 godina (pa se tada odloženi otpad više ne može smatrati radioaktivnim), djelovanje odlagališta obuhvaća nekoliko specifičnih etapa:

1) razdoblje punjenja odlagališta otpadom (40-50 godina);

2) razdoblje zatvaranja odlagališta uz stalni institucijski nadzor i mjerenja ekološki bitnih pokazatelja (5-10 godina);

3) razdoblje aktivnog institucijskog nadzora, odnosno, "monitoringa" odlagališta i okolice (do oko 100 godina nakon zatvaranja odlagališta), pri čemu je predviđena stalna prisutnost osoblja na lokaciji odlagališta uz kontrolirani pristup tom području te stalno praćenje ekološki važnih pokazatelja;

4) razdoblje pasivnog institucijskog nadzora (tijekom daljnjih 50 godina), tijekom kojega je ograničeno korištenje lokacije odlagališta za druge namjene.

Nakon toga, kad se radioaktivnost odloženog otpada spusti na razinu prirodne radioaktivnosti, nema više ograničenja za korištenje prostora dotadašnjeg odlagališta u druge svrhe. Sigurnost i integritet odlagališta tijekom cijelog razdoblja njegova djelovanja nadziru mjerodavna državna tijela, a stručnu i savjetodavnu pomoć pružaju stručnjaci IAEA-e. (Schaller, 1997)

2.4 Tipovi odlagališta NSRAO

Važan faktor u gospodarenju i zbrinjavanju nisko i srednje radioaktivnog otpada je koncentracija dugoživućih radionuklida u otpadu. Prihvaćena je praksa odlaganja radioaktivnog otpada s niskom koncentracijom dugoživućih radionuklida u odlagališta na ili blizu površine zemlje, na mjestima s povoljnim geološkim karakteristikama, udaljenim lokacijama, sa suhom klimom, s umjetnim barijerama radi sprječavanja ispuštanja radionuklida iz odlagališta. Za radioaktivni otpad s višim koncentracijama potreban je složeniji sustav zaštite. Idealno, sustav zaštite i zadržavanja radionuklida trebao bi biti kombinacija prirodnih i umjetnih barijera kako bi se postigla potrebna razina sigurnosti.

Okvirno se može reći da su odlagališta projektirana prema otpadu koji se u njih odlaže, ali pri tome treba imati na umu da postoje određene razlike u regulatornim zahtjevima pojedine države, te razlike u stajalištima šire javnosti i lokalnih zajednica.

Odlagališta NSRAO prema Agenciji za posebni otpad (APO) možemo podijeliti na (Levant, 2000)[2]:

1. Pripovršinska odlagališta
    a. Jednostavna pripovršinska odlagališta
    b. Pripovršinska postrojenja za odlaganje s izgrađenim barijerama
2. Podzemna odlagališta
    a. Napušteni rudnici
    b. Namjenski iskopane šupljine

Iako potrebno je nadodati da postoje primjeri odlaganja NSRAO i u odlagališta koja se mogu smatrati dubokim geološkim odlagalištima.

Odlaganje otpada u jednostavna pripovršinska odlagališta najjeftiniji je i najstariji način odlaganja otpada. U prvim odlagalištima otpad se neobrađen polagao u obične zemljane rovove te prekrivao iskopanom zemljom. Određene vrste otpada kao što je nisko radioaktivni otpad odlaže se na pripovršinska odlagališta, s određenim umjetnim barijerama, često i na mjestu

[2] Navedena podjela uglavnom se podudara s IAEA-inom publikacijom IAEA-TECDOC-661 iz 1992.

nastanka (Slika 2-4). Zadržavanje radionuklida osigurava se pravilnim smještanjem, prikladnim pakiranjem, iznad crte vodnog lica, te sprječavanjem protoka kišnice.



Slika 2-4. Odlagalište otpada Vaalputs za nisko radioaktivni otpad, Južnoafrička Republika (IAEA, 2015)

Pripovršinska postrojenja za odlaganje RAO s izgrađenim barijerama omogućuju da se srednje radioaktivni otpad (s ograničenom koncentracijom dugoživućih radionuklida) trajno pohrani na siguran i ekonomski prihvatljiv način. Najčešće su to objekti koji su neznatno ili dijelom ukopani ispod površine zemlje, iako postoje objekti na dubini od nekoliko desetaka metara (Slika 2-5.). Zamišljeno je da izgrađene barijere spriječe izlazak radionuklida nekoliko stotina godina jer NSRAO neće ostati opasno radioaktivan duže od nekoliko stoljeća. Tipične jedinice za odlaganje su armirano betonske građevine dodatno izolirane vodonepropusnim materijalima koje se nakon zatvaranja prekrivaju višeslojnim zemljanim pokrovom. A oko jedinica za odlaganje izgrađuje se mreža kanala za odvođenje oborinskih voda, te za kontroliranje onečišćenja.



Slika 2-5. Odlagalište vrlo nisko radioaktivnog otpada Morvilliers, Francuska (IAEA, 2015)

Podzemna odlagališta definitivno se razlikuju se od pripovršinskih po tome što je razina sigurnosti i zaštite povećana jer se sprječava bilo kakav doticaj ljudi, biljaka i životinja s otpadom na puno duži period. Iako je otpad često u dodiru s podzemnom vodom, ona se na tim dubinama kreće tako sporo da će se eventualno otopljeni radionuklidi raspasti prije nego bi mogli migrirati do površine. I u podzemnim odlagalištima se koriste umjetne barijere, te izolacijski materijali za oblaganje šupljina, ispunu, te zatvaranje prilaza nakon punjenja, međutim puno veći značaj imaju prirodne barijere koje čine nepropusne stijene i tlo.

Podzemno odlaganje u napuštenim rudnicima praktično je i ne mora biti puno skuplje od pripovršinskog odlaganja, jer mnogi od radova izgradnje odlagališta su već napravljeni. Međutim u obzir dolaze samo rudnici koji se nalaze u odgovarajućim geološkim slojevima, te čiji integritet okolne stijene nije doveden u pitanje metodom iskopa rudnika i eksploatacije rude (Slika 2-6.).



Slika 2-6. Shema smještanja otpada u odlagalištu Konrad, Njemačka (IAEA, 2015)

2.5 Primjeri odlagališta NSRAO u svijetu

Za razmatranje opcija u gospodarenju radioaktivnim otpadom potrebno je najprije razmotriti postojeća postrojenja za odlaganje RAO u Europi. Zemlje koje imaju više desetljeća iskustva s odlaganjem RAO, te intenzivne nuklearne programe trebale bi biti putokaz, što se tiče pristupa i planiranja u gospodarenju otpadom, manjim zemljama poput Republike Hrvatske. Iako je razlika u količinama radioaktivnog otpada neusporediva jer bi Hrvatskoj trebale stotine godina da bi akumulirala toliku količinu otpada potrebno je razmotriti primjere iz Španjolske, Švicarske, Finske i Njemačke kako bi se dobio dojam o raznovrsnosti rješenja za odlaganje radioaktivnog otpada.

2.5.1 Španjolsko odlagalište El Cabril

Odlagalište nisko i srednje radioaktivnog otpada koje spada u kategoriju pripovršinskog postrojenja s izgrađenim armirano betonskim strukturama koje omogućuju odlaganja svi vrsta NSRAO osim dugoživućeg otpada. Postrojenje pored jedinica za odlaganje sadrži i sve prateće objekte za obradu, kondicioniranje i ispitivanje otpada (Slika 2-7.). Izgrađeno je u slabo naseljenom brdovitom području stotinjak kilometara od Cordobe.



Slika 2-7. Odlagalište NSRAO El Cabril, Španjolska (http://www.foronuclear.org/)

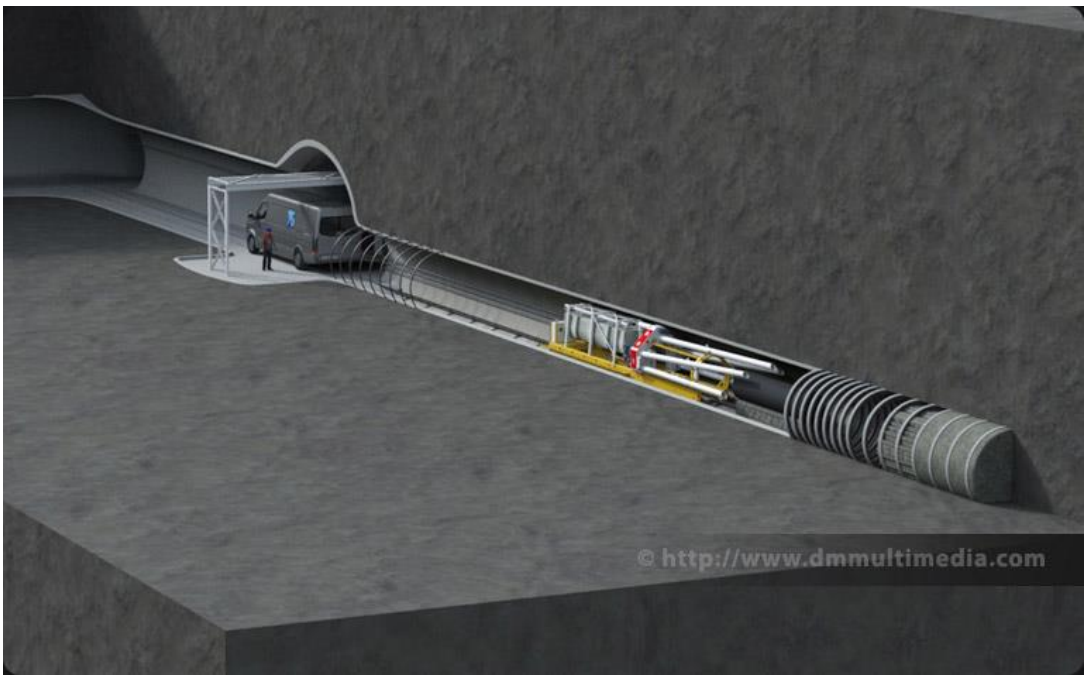
Može primiti oko 50 000 do 60 000 m^3 otpada ukupno ovisno o jačini prešanja prilikom punjenja spremnika. Tijekom odlaganja otpada, pomična krovna konstrukcija zadržava se iznad pojedinog odjeljka sve do ne bude popunjen i zatvoren. Nakon zatvaranja odlagališta predviđa se višestoljetni period institucionalne kontrole, pri čemu će se kontrolirati sva voda koja se eventualno bude procjeđivala kroz odlagalište u sustav drenažnih kanala. Također odlagalište je projektirano na način da je vađenje otpada iz odlagališta moguće iako se takvo što ne planira.

Samo odlaganje otpada vrši se u jedinice za odlaganje (komore) koje su izgrađene u dvije skupine (jedna od 16, druga od 12 komora) na odvojenim armirano-betonskim pločama. Otpad se u 22-litarskim bačvama pakira u betonske blokove veličine 2,25 x 2,25 x 2,20 m^3 i mase oko 25 tona. U svaku komoru stane 320 takvih blokova. Kad se popune sve komore bit će prekrivene višeslojnim zemljanim materijalom na kojem će se zasaditi vegetacija. (Levant, 2000)

2.5.2 Švicarski projekt tunelskog odlagališta

Švicarska priprema projekt odlagališta prema kojem se planira tunelsko odlagalište kapaciteta 80 000 m^3 nisko i srednje radioaktivnog otpada (bez dugoživućeg otpada koji se prema Švicarskoj legislativi svrstava u istu kategoriju kao VRAO).

Posebnost projekta sastoji se u tome da se planira horizontalni pristupni tunel ukopan u padinu brijega, koji vodi do prijemnih i drugih pratećih prostorija, a iza njih se stiže do tunelskih jedinica za odlaganje (Slika 2-8.). Takvim horizontalnim ukopavanje pod brijeg postiže se pokrovni sloj od više stotina metara prirodne stijene iznad samog otpada.



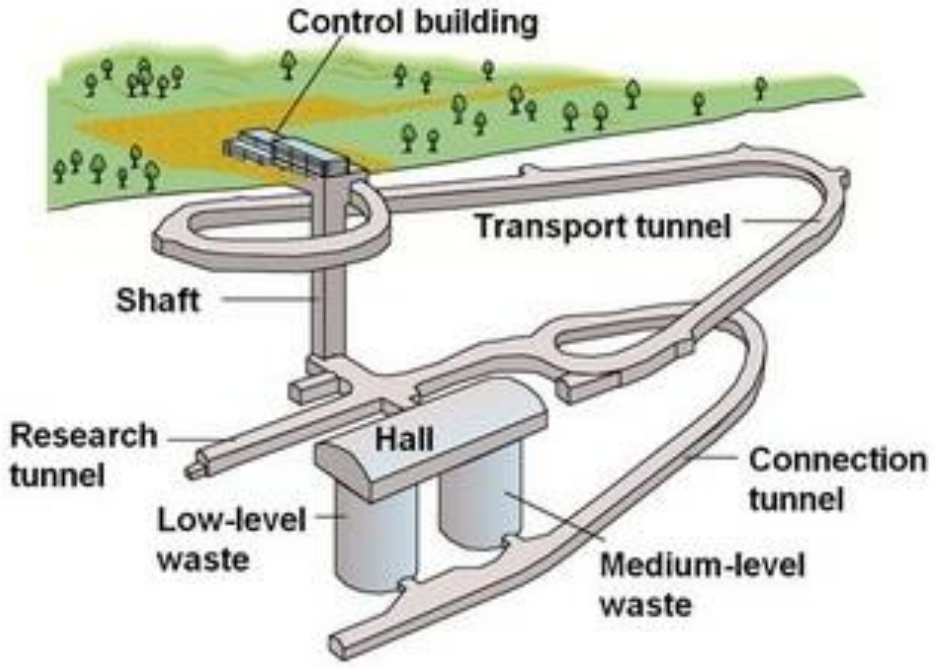
Slika 2-8. Eksperiment smještanja RAO na Mt. Terri, Švicarska
(http://www.dmmultimedia.com/)

Otpad se solidificira i kondicionira različitim materijalima (beton, bitumen, polimeri) prije pakiranja u bačve, koje se potom ugrađuju u betonske spremnike veličine 4,78 x 2,18 x 2,08 m^3 (ili 1,63 m^3). Tunelske jedinice za odlaganje obložene su betonom, a nakon ulaganja u spremnik zapunjavaju se specijalnim cementom. Zatvaranje odlagališta uključuje potpuno zapunjavanje i brtvljenje svi pristupnih tunela i pomoćnih prostorija. (Levant, 2000)

2.5.3 Podzemno odlagalište Olkiluoto u Finskoj

Podzemno odlagalište nisko i srednje radioaktivnog otpada Olkiluoto nalazi se, sukladno finskoj politici, na lokaciji nuklearne elektrane odnosno u neposrednoj blizini nastanka radioaktivnog otpada, a u pogon je pušteno 1992. godine.

Odlagalište se sastoji od dva silosa na dubini od 60 do 95 m u tonalitima. Jedan silos namijenjen je za čvrsti niskoradioaktivni otpad (NRO), a drugi za bitumenizirani srednje radioaktivni otpad (SRO) (Slika 2-9.). Ovisno o vrsti otpada silosi se međusobno razlikuju tako što su stijenke silosa koji je namijenjen za odlaganje NRO izgrađene od mlaznog betona, a silos za bitumenizirani SRO ima debele betonske zidove, dok oba silosa okružuje čvrsta nepropusna stijena. Promjer silosa je 24 m, a visina je 34 m. (Veinović, 2013)



Slika 2-9. Podzemno odlagalište Olkiluoto, Finska (FEI, 2007)

Odlagalište može primiti 42 000 bačvi volumena 200 l, te se planira se da će odlagalište, uz pogonski otpad, također primiti otpad koji nastaje dekomisijom NE. Nakon što se odlaganja otpada završi, sve veze i pristupni putevi prema odlagalištu, bit će zapečaćeni. (FEI, 2007)

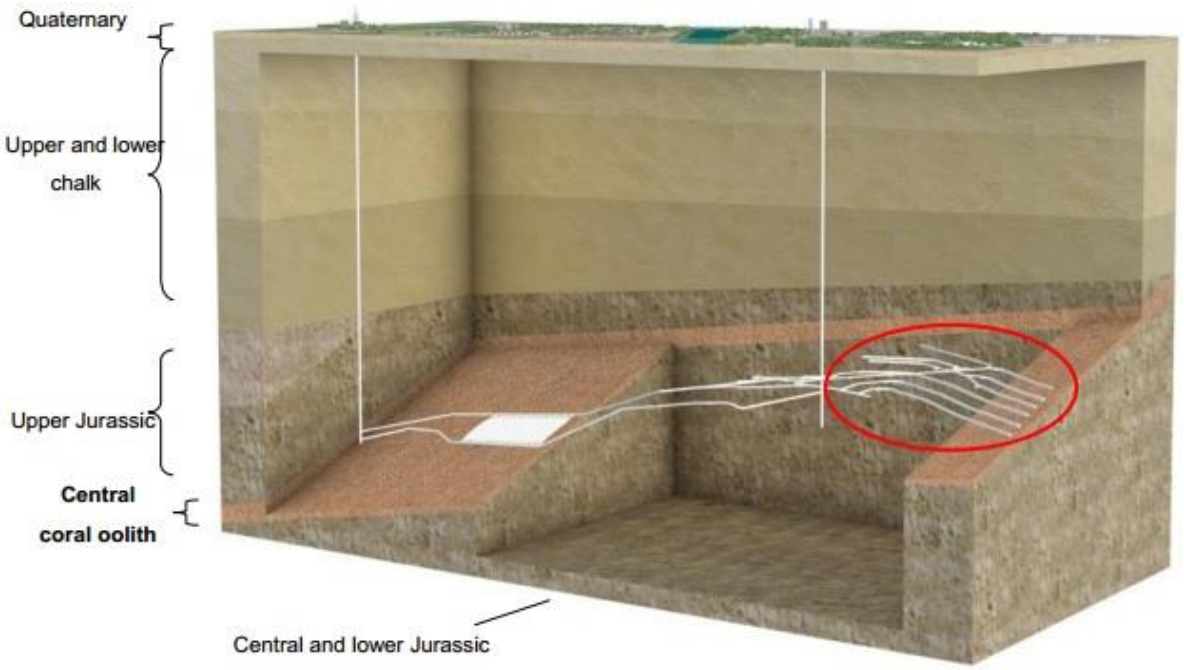
2.5.4 Njemačko odlagalište RAO Konrad

Bivši rudnik željezne rude Konrad smješten je u Njemačkoj pokrajini Donja Saska blizu mjesta Saltzgitter. Zauzima površinu od 1,7 x 3 km^2, te ima 6 nivoa s najvećom dubinom do 1300 m. Rudnik je prestao s proizvodnjom 1976. godine.



Slika 2-10. Bivši rudnik željezne rude Konrad (Röhlig, 2013)

Od 1975. na toj lokaciji počinju preliminarna istraživanja, kako bi se provjerili uvjeti za izgradnju odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada koji nije termički aktivan. Lokacija je povoljna zbog velike dubine odlaganja (oko 1000 m) te debelih naslaga gline i lapora u krovini, te zbog izrazito suhih uvjeta koji vladaju unutar rudnika što su važni kriteriji za odlagalište RAO (Slika 2-11.). Također, planira se iskoristiti jedno u od dva postojeća okna za konstrukciju novog transportnog sustava što je neizbježno za prenamjenu rudnika u odlagalište (Slika 2-10.).



Slika 2-11. Model odlagališta Konrad s prikazom geološkog sastava (Röhlig, 2013)

Otpad bi se odlagao u 11 polja na dubinama od 800 do 1300 m, a godišnji kapacitet odlagališta bio bi 650 000 m^3. Vijek odlagališta prema procjenama trebao bi biti 40 godina, a moglo bi primiti 90 % otpada proizvedenog u Njemačkoj (Brennecke, 2010).

3. IZBOR LOKACIJE ODLAGALIŠTA RAO

3.1 Projekt odabira lokacije odlagališta RAO

3.1.1 Povijest projekta odabira lokacije odlagališta RAO u Republici Hrvatskoj

Prvi poslovi vezani uz izgradnju odlagališta RAO započinju još 1979., u razdoblju izgradnje NE Krško. Tadašnji projekt izgradnje odlagališta bio je nešto drugačijeg karaktera, budući da je u sklopu bivše države bila predviđena izgradnja desetak nuklearki. Stoga je prvotna ideja bila izgraditi središnje odlagalište RAO na teritoriju tadašnje SFRJ. Predloženo je 13 makrolokacija za smještaj odlagališta RAO na području bivše Jugoslavije; kao potencijalne lokacije za smještaj odlagališta u Hrvatskoj tada je predložena okolica Slunja, Kričko brdo kod Novske i područje sjevernog Korduna između Gline, Topuskog i Vrginmosta. Budući da je u međuvremenu napuštena ideja o saveznom nuklearnom programu te se skrb o RAO postupno prepuštala (tadašnjim) republikama-suvlasnicama NE Krško, Hrvatska i Slovenija započele su novu etapu u traženju rješenja za konačni smještaj odlagališta RAO. Te su njihove obaveze oblikovane 1984. „Društvenim dogovorom o uvjetima i načinu rješavanja skladištenja ozračenog nuklearnog goriva i trajnog odlaganja radioaktivnog otpada“. Na temelju kojeg su 1985. Elektroprivreda Hrvatske (danas: HEP), Elektrogospodarstvo Slovenije i Nuklearna elektrana Krško potpisali dokument o zajedničkom i dogovornom rješavanju konačnog pohranjivanja RAO iz NE Krško.

U skladu s tim, 1987. je pri NE Krško osnovana zajednička služba (Služba RAO) koja je preuzela vodstvo projektnih aktivnosti, uključujući i koordinaciju razrade metodologije i postupka izbora lokacije na teritoriju obiju republika. Tijekom te godine izrađen je interni dokument u koje je preliminarno (na temelju postojeće stručne literature), vrednovan teritorij RH radi izdvajanja područja s većim stupnjem prihvatljivosti smještaja odlagališta RAO. U dokumentu su kao potencijalna područja (tzv. makrolokacije) za smještaj odlagališta RAO istaknuti Psunj, Moslavačka i Trgovska gora, s tim da visok stupanj prihvatljivosti pokazuju i masiv Papuk-Krndija, Požeška gora, veći dio Zrinske gore i Petrova gora, te donekle Lasinjsko pobrđe i Dilj. Nakon toga je Služba RAO, kao koordinirajuće tijelo obiju republika-suvlasnica, povjerila tvrtki INA-PROJEKT iz Zagreba da provede vrednovanje teritorija RH i utvrdi prikladna područja za smještaj odlagališta RAO. Budući da su kao najpovoljnije makrolokacije

izabrane Moslavačka i Trgovska gora te Psunj, rezultati te studije podudaraju se s rezultatima prethodno navedenim u dokumentu Službe RAO.

Međutim, 1988. vlada republika Slovenije i Hrvatske osnovale su zajedničko tijelo, Među republičku koordinaciju Hrvatske i Slovenije za područje radioaktivnog otpada (MRK), koja je u slijedećem razdoblju vodila poslove zajedničkog projekta izgradnje odlagališta RAO. MRK je djelovala do proglašenja neovisnosti Hrvatske i Slovenije 1991. godine. U tom trogodišnjem razdoblju ponovno je započet proces izbora lokacija pogodnih za smještaj odlagališta RAO u objema republikama. Tako je hrvatska vlada 1988., preko Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva te Ministarstva energetike i industrije zadužila Zajednicu elektroprivrednih organizacije Hrvatske (ZEOH; danas: Hrvatska elektroprivreda, HEP) da organizira izradu studije koja će sadržavati prostorno-planerske podloge, rezultate istraživanja i ocjenu podobnosti lokacija ne samo za odlagalište nisko i srednje radioaktivnog otpada, već i za termoelektrane i nuklearne elektrane u Hrvatskoj (u daljnjem tekstu: Studija). ZEOH je za stručnog koordinatora izrade Studije odabrao Urbanistički institut Hrvatske (UI). UI je osnovao Stručnu grupu[3] za izradu Studije, koja je okupila naše ugledne stručnjake iz znanstvenih područja važnih za odabir lokacije. Razvoj idejnog rješenja odlagališta povjeren je tvrtki Elektroprojekt iz Zagreba.

Stručna grupa je razradila metodološki postupak izbora, te izlučne kriteriji koji su potvrđeni 1991. godine. Kao rezultat toga Vlada RH je izdala 1991. dokument „Kriteriji za izbor lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte. Isti su kriteriji su službeno objavljeni u „Narodnim novinama“ (NN, 78/92) 1992. u skraćenom obliku.

Nakon prestanka djelovanja MRK, sredinom 1991., HEP, na inicijativu Vlade RH, osniva Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada (danas: Agencija za posebni otpad, APO) i povjerila mu daljnju koordinaciju poslova vezanih uz izbor lokacije odlagališta RAO u RH (Tablica 3-1.). Daljnji tijek projekta izbora lokacije odlagališta nisko i srednje radioaktivnog

[3] U sastav Stručne grupe uključeni su predstavnici sljedećih institucija: Urbanistički institut Hrvatske, Institut „Ruđer Bošković“, Institut za medicinska istraživanja, Institut za elektroprivredu, Državni hidrometeorološki zavod, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Fakultet građevinskih znanosti, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Filozofski fakultet, Institut prometnih znanosti, Državni zavod za zaštitu prirode i Državni zavod za zaštitu spomenika kulture.

otpada u Republici Hrvatskoj opisan je u poglavlju 3.2 Kriteriji za odabir lokacije odlagališta RAO u RH. (Schaller, 1997)

Tablica 3-1. Povijest izbora lokacije odlagališta RAO.(Schaller, 1997)

RAZDOBLJE	KOORDINATOR	TERITORIJALNA RAZINA PROJEKTA
1979.-1984.	JUGEL	Savezni projekt: ukupno 13 mogućih lokacija
1984.-1988.	NE KRŠKO	Slovensko-hrvatski projekt: 3 lokacije u RH
1988.-1991.	MRK - HEP - UI	Hrvatski projekt: metoda i kriteriji odabira
1991.-1999.	HEP - APO	Hrvatski projekt: 4 preferentne lokacije

3.1.2 Povijest projekta odabira lokacije odlagališta RAO u Njemačkoj

U Njemačkoj, rukovanje radioaktivnim otpadom te odlaganje RAO regulirano je u sukladnosti sa Zakonom o atomskoj energiji (eng. Atomic Energy Act). Prema tom dokumentu, nakon kondicioniranja metodom koja ovisi o karakteristikama otpada, pakirani otpad smješta se u privremeno skladište koje osigurava propisno skladištenje do konačnog odlaganja.

U bivšoj Demokratskoj Republici Njemačkoj 1970. za odlaganje nisko i srednje radioaktivnog otpada s niskom koncentracijom alfa-emitirajućih radionuklida određen je rudnik kamene soli Bartensleben u blizini Morslebena, Saska-Anhalt, koji poslije njemačkog ujedinjenja 1990. postaje državno odlagalište. Operacije probnog odlaganja započele su 1971. s prvom pošiljkom nisko radioaktivnog otpada. Nakon toga slijedi daljnje razvijanje i licenciranje, te stvarno odlaganje RAO koje je započelo 1981. u postojećim tunelima i galerijama u najdubljem dijelu rudnika. Do rujna 1998., kad je odlaganje zaustavljeno, ukupni volumen od 36 753 m^3 čvrstog i solidificiranog otpada, te 6 617 zapečaćenih izvora ionizirajućeg zračenja odložen je u odlagalištu. U međuvremenu, podnesen je zahtjev za pečaćenje odlagališta Morsleben.(NEA, 2013)

Napušteni rudnik željezne rude Konrad u Donjoj Saskoj je razmatran je za odlaganje radioaktivnog otpada sa zanemarivom emisijom topline. Procedura licenciranja započela je 1982., a završena je u svibnju 2002. kada tijelo za licenciranje izdaje dozvolu za odlaganje. Međutim, prema dogovoru Federalne vlade i poduzeća za električnu opskrbu, dozvola za početak odlaganja je ukinuta. Ukidanje dozvole značilo je da će konverzija rudnika Konrad u

odlagalište RAO biti moguća samo nakon pravomoćne sudske presude u svezi licence za odlaganje. Parnica je trajala do 2007. kada su pritužbe na odlaganje otpada konačno odbijene tako da je detaljno planiranje te rekonstrukcija rudnika mogla početi. Operacija rušenja objekta iznad površine, koji više nisu potrebni, već je u završnoj fazi, te je počela rekonstrukcija okna Konrad 1 i 2. U podzemlju, popravak vozila te transport i smještanje opreme je u tijeku. Također, odvijaju se radovi na dijelovima rudnika u kojima će biti smješten RAO. Početak operacije odlaganja radioaktivnog otpada ne očekuje se prije 2019. godine. (NEA, 2013)

Također treba napomenuti da se u Njemačkoj već duže vrijeme vodi rasprava oko izbora prikladne lokacije za odlaganje visokoradioaktivnog otpada. Kao najizglednija lokacija činila se solna doma Gorleben, gdje su istraživanja započela još 1986. godine. Međutim, došlo je do zastoja zbog neslaganja različitih strana oko pitanja sigurnosti budućeg odlagališta, te je 2013. daljnje istraživanje obustavljeno kako bi se proces izbora lokacije odlagališta VRAO proveo otpočetka na čitavom geografskom području Savezne Republike Njemačke. Budući da to izlazi iz okvira ovog rada, u problematiku izbora lokacije odlagališta VRAO u Njemačkoj neće se dublje ulaziti.

3.2 Kriteriji za odabir lokacije odlagališta NSRAO u RH

Cilj postupka izbora lokacije odlagališta RAO je pronaći takvo mjesto u Republici Hrvatskoj na kojemu će odloženi RAO biti potpuno odvojen od biosfere, sve do trenutka kad se radioaktivnost odloženog otpada raspadom ne spusti na razinu okoliša. Takva lokacija mora u najvećoj mogućoj mjeri zadovoljavati sljedeće zahtjeve:

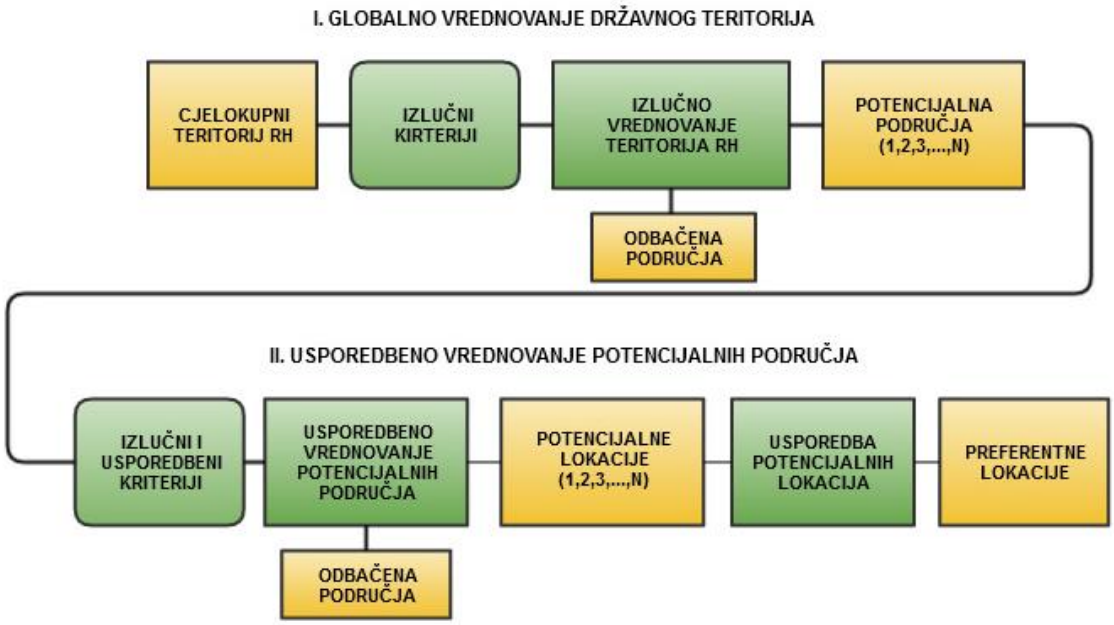
- Značajke lokacije moraju odgovarati predviđenim opcijama tehničkog rješenja odlagališta;
- Lokacija mora biti pogodna za provedbu sigurnosnih analiza i odgovarajućih mjera zaštite okoliša;
- Načini korištenja zemljišta u bližoj i daljoj okolici ne smiju biti u suprotnosti s radom odlagališta

- Lokacija svojim značajkama treba omogućiti ekonomično djelovanje odlagališta; zato se provodi detaljna analiza sigurnosti komplementarnog djelovanja inženjerskih prepreka i matične stijene.

Izbor prikladne lokacije odlagališta RAO jedna je od važnih pretpostavki za provedbu analize sigurnosti odlagališta RAO, a time, u slučaju pozitivnih rezultata, i za konačnu potvrdu prihvatljivosti lokacije. (Schaller, 1997)

Način odabira lokacije odlagališta RAO u RH temelji se na primjeni tzv. višekriterijske analize, tj. vrednovanju teritorija korištenjem dviju vrsta kriterija (eliminacijskih i usporedbenih). Izlučnim ili eliminacijskim kriterijima se odbacuju sva područja koja u bilo kojem detalju ne odgovaraju postavljenim zahtjevima barem jednog kriterija, a usporedbenim ili utežnim kriterijima se unutar već izdvojenih, načelno prikladnih prostora, određuju lokacije koje su prihvatljivije za navedenu namjenu. Usporedbeni kriteriji različite su „težine“, što ovisi o važnosti lokacijskih zahtjeva na koje se odnose.

Sam postupak odabira lokacije odlagališta RAO do unošenja preferentnih lokacija u Program prostornog uređenja (preduvjet za daljnja terenska istraživanja) sastoji se od dvije faze: (1) globalnog vrednovanja državnog teritorija, i (2) usporednog vrednovanja potencijalnih područja. Cilj prve faze je utvrditi ona šira područja koja ispunjavaju zahtjeve svih usvojenih izlučnih kriterija te su, kao potencijalna područja, prostorni okvir za daljnja istraživanja. Područja koja ne udovoljavaju zahtjevima barem jednog od izlučnih kriterija odbacuju se iz daljnjeg postupka izbora. Izdvojena potencijalna područja zatim se, u drugoj fazi postupka, podvrgavaju dodatnom vrednovanju izlučnim kriterijima te detaljnoj komparativnoj analizi primjenom usporedbenih (utežnih) kriterija. Na taj se način unutar potencijalnih područja izdvajaju manje površine, tzv. potencijalne lokacije. Zatim se detaljnim vrednovanjem potencijalnih lokacija, određuju među njima one najprimjerenije, nazvane preferentne lokacije (Slika 3-1).



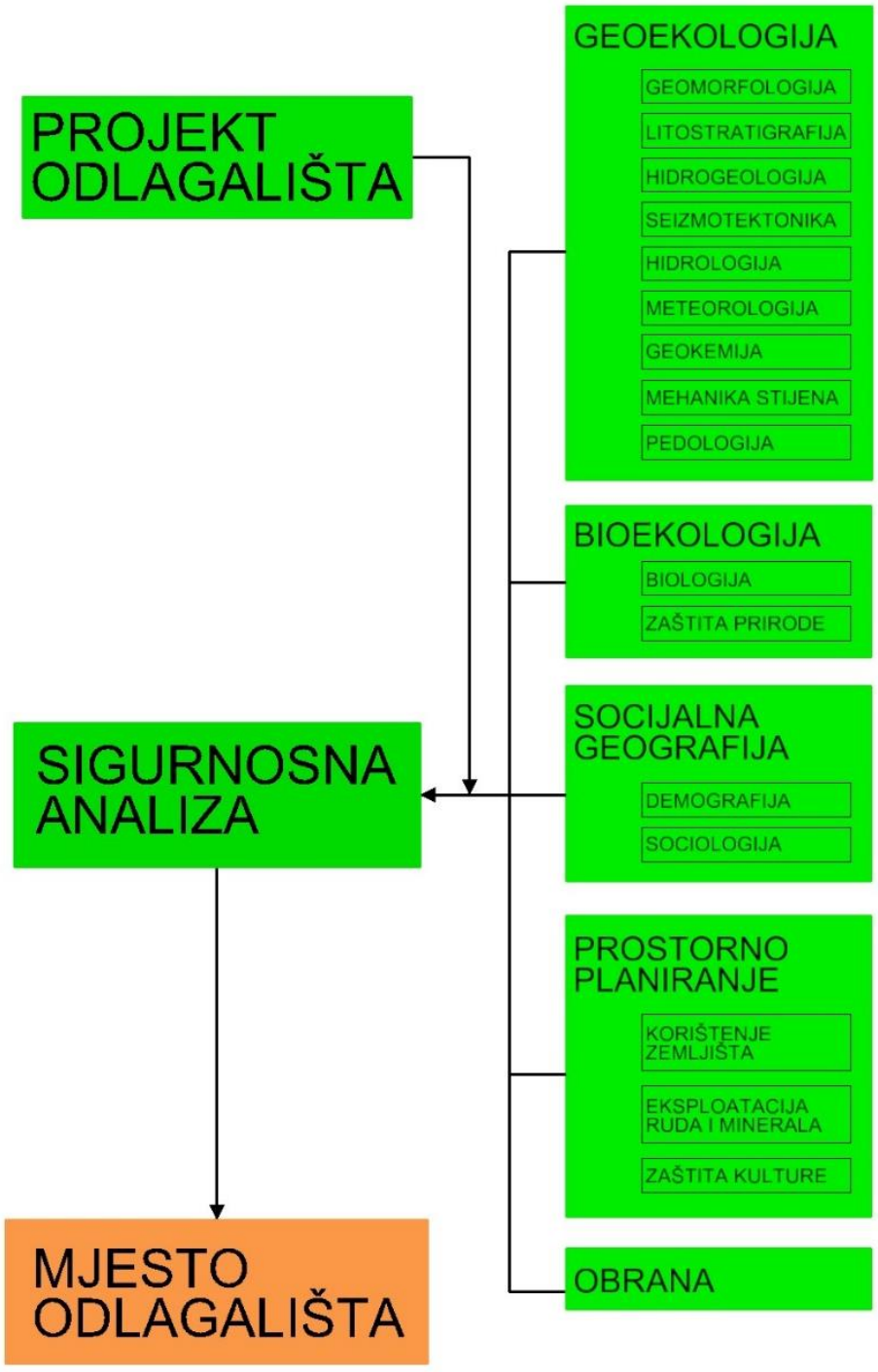
Slika 3-1. Shema stručnog postupka odabira lokacije nisko i srednje radioaktivnog otpada u RH (Schaller, 1997)

Radi pojmovnog razjašnjenja treba reći da su potencijalna područja razmjerno velike površine (100-600 km^2), obilježene takvim svojstvima koja jamče zadržavanje radionuklida unutar prostora za odlaganje. Potencijalne lokacije manje su površine (2-20 km^2) i, kao dijelovi potencijalnih područja posebno izražene kakvoće pružaju visok stupanj sigurnosti okoliša. Nekoliko najkvalitetnijih potencijalnih lokacija, odnosno, njihovih posebno prikladnih dijelova izdvajaju se kao preferentne lokacije (2-10 km^2). (Schaller, 1997)

3.2.1 Eliminacijski (izlučni) kriteriji

Postupak izbora započeo je vrednovanjem cjelokupnog prostora Hrvatske kako bi se već u početnoj fazi iz daljnjih istraživanja odbacio što veći dio teritorija koji ne udovoljava temeljnim zahtjevima za lociranje odlagališta RAO. Ako se na temelju bilo koje od značajki prostora može ustanoviti znatna vjerojatnost od pojave nekog događaja, kojim bi se doveli u pitanje sigurnost okoliša i zdravlje ljudi, te ako su osobine područja takve da bi mogući negativan utjecaj odlagališta na okoliš i ljude bio iznad zakonski propisanih granica, tada se to područje mora odbaciti kao neprihvatljivo. Međutim, osim značajki prostora, u procesu izbora

lokacije ne mogu se zaobići niti parametri vezani uz gospodarsku opravdanost izgradnje i rada odlagališta (Slika 3-2.).



Slika 3-2.Vrednovanje teritorija relevantnim skupinama kriterija i aktivnosti (Schaller, 1997)

Izlučni kriteriji usklađeni su s domaćim zakonskim aktima (Zaključak o utvrđivanju kriterija za izbor lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte (NN, 78/92)), iskustvom zemalja razvijene prakse odlaganja RAO, kao i s tehnološkim zahtjevima izgradnje i rada odlagališta. U nastavku slijedi popis primijenjenih eliminacijskih kriterija s opisom te kartografski prikaz kumulativno odbačenih prostora po svim, do tada redoslijedno navedenim, kriterijima.(Schaller, 1997)

1. Meteorologija i hidrologija – Sigurnost od plavljenja

   Odbacuju se svi prirodni plavni prostori, bez obzira jesu li zaštićeni ili ne. Odlagalište ne smije ni u kojem slučaju biti poplavljeno pa se odbacuju svi prostori koji poplavljivani, kao i oni na kojima je plavljenje moguće (vrednovanje je provedeno na temelju izračuna 1000-godišnjih voda).

2. Geologija i seizmika- Seizmotektonika (ugroženost od potresa)

   Odbacuju se područja u kojima je maksimalni očekivani intenzitet potresa IX MCS ili veći. Smanjenje rizika od posljedica potresa važno je za siguran rad odlagališta RAO, kako ne bi došlo do kontaminacije okoliša i ugrožavanja zdravlja ljudi.

3. Geologija i seizmika – Neotektonika: udaljenost od aktivnih rasjeda

   Odbacuju se prostori u zoni nominiranih aktivnih rasjeda zbog mogućnosti pomaka i pucanja stijena što može izazvati oštećenja objekata.

4. Geologija i seizmika – Litološke i geomorfološke osobine

   Odbacuju se područja s pojačanom erozijom, uzrokovanom litološkim sastavom ili dinamičnim reljefom, a koja su građena od stijena nestabilnih u prirodnim uvjetima i/ili koje su postale nestabilne prilikom graditeljskih djelatnosti. Litološki sastav, geotehničke i geomorfološke osobine ubrajaju se među najvažnije kriterija za ocjenu podobnosti prostora za smještaj RAO.

5. Geologija i seizmika – Hidrogeologija (zaštita vodonosnika)

   Odbacuju se područja zaštite izvorišta pitke vode prema Pravilniku o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite voda za piće (NN 22/86). Podzemna voda je potencijalno najvjerojatniji prijenosni mediji radionuklida iz odlagališta u biosferu. Stoga se već u ovoj fazi odbacuju područja koja pokazuju visok rizik onečišćenja vodonosnika. Budući da je prostor krša obilježen prevladajućim vodotopljivim, karbonatnim stijena sa složenim sustavom pukotina, smjerove i brzinu gibanje podzemnih voda nije moguće točno utvrditi. Prema tome područje krša nije prikladno za smještaj odlagališta RAO.

6. Demografija – Gustoća naseljenosti

   Odbacuju se područja kod kojih je kumulativna gustoća naseljenosti u polumjeru 20 km od lokacije odlagališta veća od 80 stanovnika po km^2 (prosječna gustoća naseljenosti u RH).

7. Namjena i korištenje prostora – Posebna namjena (zahtjevi nacionalne obrane)

   Odbacuju se prostori posebne namjene i njihove zaštitne zone za koje je propisan poseban režim korištenja i zaštite u odnosu na zahtjeve obrane.

8. Namjena i korištenje prostora – Eksploatacija ruda i minerala

   Odbacuju se područja u zoni sadašnje i buduće eksploatacije ruda, minerala, plina, nafte, ugljena i slično radi mogućeg negativnog utjecaja na sigurnost odlagališta.

9. Zaštita okoliša – Zaštita prirodne baštine

   Odbacuju se prostori nacionalnih parkova, nominiranih parkova prirode i ostalih važnijih rezervata prirode. Ovaj kriteriji proizlazi iz „Zakona o zaštiti prirode“, kojim se štite pojedini objekti prirode, odnosno, ekološki najosjetljiviji dijelovi biljnog i životinjskog svijeta.

10. Zaštita okoliša – Zaštita kulturne baštine

Odbacuju se prostori kulturnih dobara navedenih u Popisu svjetske kulturne i prirodne baštine, kao i prostori kulturnih dobara koja su po ukupnosti svojih vrijednosti iznimno važna za društvenu zajednicu.

Nakon preklapanja dijelova teritorija RH, koji su odbačeni po bilo kojem od deset primijenjenih izlučnih kriterija, preostaju povoljni prostori za smještaj odlagališta RAO unutar kojih su potencijalna područja, koja su utvrđena dodatnom podrobnom analizom. Konačno je utvrđeno 7 potencijalnih područja za smještaj odlagališta RAO (Slika 3-3.)



Slika 3-3. Predložena potencijalna područja za smještaj odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada (Schaller, 1997)

3.2.2 Usporedbeni (utežni) kriteriji

Usporedbeni kriteriji su pravila za izbor između alternativnih rješenja (tj. lokacija), a prikazani su u obliku zahtjeva za postizanje željenog cilja. Pri tome se ciljevi mogu odrediti kao idealna (željena) stanja. Ako se ta idealna stanja ne mogu postići, usporedbenim je kriterijem potrebno prikazati stupnjeve prihvatljivosti tj. razinu približavanja prihvatljivosti svakog rješenja idealnom stanju.

Da bi se prepoznali prioriteti, primijenjeni kriteriji su, u skladu sa sadržajem na koje se odnose, izdvojeni u postupku usporedbenog vrednovanje u četiri skupine (Schaller, 1997):

A. Kriteriji koji se odnose na tehničko-tehnološke aspekte;
B. Kriteriji koji razmatraju sigurnost odlagališta RAO;
C. Kriteriji koji se odnose na sigurnost i prihvatljivost uže lokacije;
D. Kriteriji koji vrednuju prihvatljivost šireg područja lokacije.

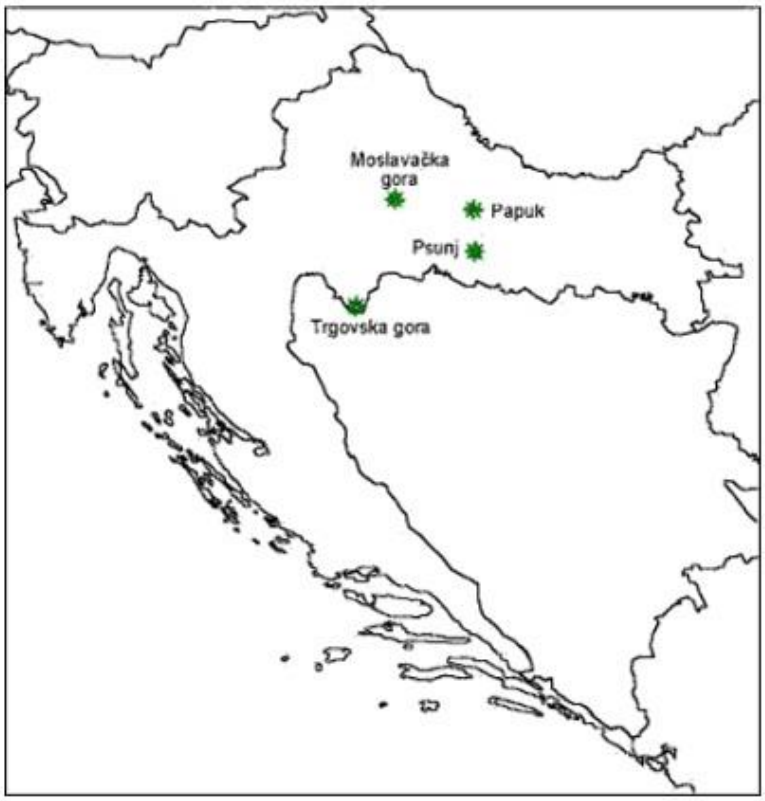
Pri usporedbenom vrednovanju potencijalnih područja bilo je potrebno primijeniti prikladan način vrednovanja i usporedbe alternativnih rješenja. Od većeg broja u svijetu iskušanih tehnika i metoda, odabrana je metoda PROMETHEE („Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations“). Metoda je računalno podržana, a koristi načela višekriterijskih tehnika i načina odlučivanja koji omogućavaju objektivizaciju postupka odabira najprihvatljivijih lokacija, odnosno procjenu stupnja prihvatljivosti svake pojedine lokacije od većeg broja mogućnosti. Važno je svojstvo te metode mogućnost da na temelju brojnih kriterija izražava međuodnose između razmatranih alternativa te ističe područje „boljih rješenja“. Važnost svakog pojedinog (usporedbenog) kriterija izražen je tzv. utežnim faktorima (ponderima) pojedinog kriterija. Utežni je faktor brojčana vrijednost koja izražava relativnu važnost svakog kriterija. Vidljivo je iz Tablice 3-2. da je prednost dana kriterijima sigurnosti odlagališta (B) i užeg područja lokacije (C). Tako kriteriji iz kategorije C obuhvaćaju više od polovice (52%) ukupne utežne vrijednosti svi primijenjenih usporedbenih kriterija.

Tablica 3-2. Kategorizacija usporedbenih kriterija i njihovih utežnih vrijednosti. (Schaller, 1997)

		A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	Ukupno [%]
	Sadržaj kriterija	8	30	52	10	100
1.	**Prijevozne mogućnosti**					3,7
1.1.	Doprema RAO			3,7		
2.	**Meteorologija i hidrologija**					14,3
2.1.	Hidrološki sadržaji		7,5			
2.2.	Meteorološki sadržaji		2,8			
3.	**Geologija i seizmologija**					35,8
3.1.	Seizmotektonika i seizmika	4,0	5,9	3,2		
3.2.	Mehanika tla i stabilnost padina	4,0	9,8	0,8		
3.3.	Hidrogeologija			12,1		
4.	**Demografija**					5,4
4.1.	Osobine naseljenosti			5,4		
5.	**Namjena i korištenje prostora**					22,2
5.1.	Naselja			4,4	3,5	
5.2.	Turizam			3,3	2,5	
5.3.	Poljoprivreda			2,6		
5.4.	Šumarstvo			2,2		
5.5.	Industrija i rudarstvo			1,1		
5.6.	Infrastruktura			1,5		
5.7.	Posebna namjena			1,1		
6.	**Zaštita okoliša**					18,6
6.1.	Zaštita prirodne baštine			3,0	2,5	
6.2.	Zaštita kulturne baštine			1,6	1,0	
6.3.	Stanje tla-biljna proizvodnja		4,0	2,4		
6.4.	Biološko-ekološke vrijednosti			2,5		
6.5.	Radiološki aspekti			1,6		

Usporedbenim vrednovanjem primjenom programa PROMETHEE, unutar potencijalnih područja, utvrđeno je 47 potencijalnih makrolokacija za koje su potom prikupljeni podrobni podaci, obavljena stručna prospekcija i još jednom provjereno vrednovanje izlučnim kriterijima. Na temelju ocjene ključnih, litoloških i hidrogeoloških osobina te opasnosti od plavljenja, neke od tih lokacija su odbačene, tako da su konačno prestale 34 potencijalne lokacije. Te se lokacije nalaze unutar prethodno odabranih osam potencijalnih područja: Petrova gora (i okolica), Trgovska gora-Zrinska gora, Moslavačka gora, Bilogora (bez potencijalnih lokacija), Papuk-Krndija, Požeška gora, te Psunj.

Nakon dodatne analize podataka dobivenih programom PROMETHEE, od 34 potencijalne lokacije izdvojeno je desetak najizglednijih, koje su zatim svrstane u četiri manja područja jedinične površine između 7-22 km^2 (Slika 3-4.). Za ta su područja još jednom provjereni podaci o značajkama terena uže i šire okolice, te je provedeno vrednovanje važnim kriterijima iz svih izdvojenih kriterijskih skupina. Ta su područja nazvana preferentne lokacije i predlažu se za unošenje u Program prostornog uređenja RH. Na svakoj od njih preliminarno su predložene 2-3 mikrolokacije na kojima bi se moglo smjestiti odlagalište. Treba napomenuti da ni preferentne lokacije nisu idealne jer takve ne postoje, međutim one, s obzirom na izvedenu razinu istraživanja, svakako daju jamstva da bi na njima pohranjeni RAO bio posve siguran, te da bi, uz propisno izvedenu inženjersku zaštitu, na njima ne bi moglo doći do migracije radionuklida u biosferu.



Slika 3-4. Predložene preferentne lokacije za smještaj odlagališta NSRAO. (Schaller, 1997)

Izdvojene preferentne lokacije su slijedeće:

Trgovska gora	8 km^2	2 mikrolokacije
Moslavačka gora	20 km^2	3 mikrolokacije
Psunj	14 km^2	4 mikrolokacije
Papuk	8 km^2	2 mikrolokacije

Iako su ove lokacije ravnopravno odabrane, te se stupnjem prihvatljivosti za smještaj odlagališta NSRAO međusobno bitno ne razlikuju, dvije od njih (Papuk i Psunj) odlukom Sabora u srpnju 1997. izbrisane su iz daljnjeg postupka unošenja u Program prostornog uređenja RH. Važno je naglasiti da lokacije postaju otvorene za provedbu detaljne karakterizacije kroz veći broj različitih in situ istraživanja tek unošenjem u Program prostornog uređenja. (Schaller, 1997)

3.3 Zakonodavni aspekti odlaganja RAO

3.3.1 Zakonski akti u Republici Hrvatskoj

Danas se u Republici Hrvatskoj na području zbrinjavanja radioaktivnog otpada, kao i drugih poslova vezanih uz rukovanje izvorima radioaktivnog zračenja te, općenito, zaštitu od ionizirajućih zračenja i nuklearnu sigurnost, primjenjuju zakonski i podzakonski akti doneseni u razdoblju od 1984. do 1988. godine. Oni su u privremenoj upotrebi, na temelju Zakona o preuzimanju saveznih zakona s područja zaštite zdravlja koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuju kao zakoni (NN, 53/91). Novi zakonski akti s područja zaštite od ionizirajućeg zračenja trenutačno su u izradi, a očekuje se da budu pripremljeni u skladu sa suvremenim europskim standardima.

Naš temeljni zakon iz razmatranog područja je Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja i o potrebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije objavljen u Službenom Listu (SL) 1984. godine. Iz ovog je zakona proisteklo 17 pravilnika, koji podrobnije razmatraju pojedine aspekte primjene.

S područja zbrinjavanja RAO primjenjuju se slijedeći pravilnici:

- Pravilnik o načinu skupljanja, evidentiranja, obrade, čuvanja, konačnog smještaja i ispuštanja radioaktivnih otpadnih tvari u čovjekovu okolinu (SL, 40/86).
- Pravilnik o uvjetima za lokaciju, izgradnju, pokusni rad, puštanje u rad i upotrebu nuklearnih objekata (SL, 52/88).
- Pravilnik o izradi i sadržaju izvještaja sigurnosti i druge dokumentacije potrebne za utvrđivanje sigurnosti nuklearnih objekata (SL, 68/88).

Za postupak odabira lokacije odlagališta RAO posebno su važni bili Kriteriji za izbor lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte (NN, 78/92). U ovom su dokumentu navedeni i objašnjeni svi izlučni i usporedbeni kriteriji za izbor lokacija, između ostalog i, odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj. Zbog nužnosti primjene posebnih mjera zaštite okoliša, za odlaganje RAO također je bitan Zakon o prijevozu opasnih tvari (SL, 97/1993). Potrebno je spomenuti i dokument koji su, na temelju prethodno utvrđenog Društvenog dogovora o uvjetima i načinu rješavanja skladištenja ozračenog nuklearnog goriva i trajnog odlaganja radioaktivnog otpada (SL, 68/1984), u Zagrebu 29. ožujka 1985. potpisali „Elektroprivreda Hrvatske“ (danas: HEP), „Elektrogospodarstvo Slovenije“ i Nuklearna elektrana Krško. Njime su se Slovenija i Hrvatska obvezale da, kao ravnopravni suvlasnici, dogovorno riješe problem konačnog zbrinjavanja radioaktivnog otpada.(Schaller, 1997)

Hrvatski je sabor na sjednici 17. listopada 2014. donio Strategiju zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva RH (NN, 125/14) . Prema tom dokumentu Republika Hrvatska će uspostaviti Centar za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, središnje mjesto na kojem će se dugoročno i na siguran način zbrinjavati sav hrvatski radioaktivni otpad.

3.3.2 Zakonski akti u Saveznoj Republici Njemačkoj

Prije 1994., Njemačke su elektrane bile obvezne prerađivati potrošeno gorivo, međutim iduće vlade opredijelile su se za odlaganje potrošenog goriva u duboke geološke formacije. Kako je bilo planirano da se svi tipovi RAO odlažu u podzemna odlagališta, RAO je klasificiran u samo dvije kategorije: radioaktivni otpad sa zanemarivom emisijom topline, te radioaktivni otpad koji generira toplinu.

Zakonska podloga za regulaciju mirnodopske uporabe električne energije u Saveznoj Republici Njemačkoj stvorena je 1959. proširenjem Temeljnog Zakona (eng. Basic Law) (Savezni ustav, njem. Grundgesetz). Tim zakonom, proširena je nadležnost Savezne države na proizvodnju i uporabu nuklearne energije za mirnodopske svrhe, konstrukciju i upravljanje postrojenjima u te svrhe, zaštitu od opasnosti koje proizlaze iz uporabe nuklearne energije odnosno ionizirajućeg zračenja, te odlaganje radioaktivnih tvari. U tom kontekstu, akt o mirnodopskoj uporabi nuklearne energije te zaštita od njenih opasnosti (Zakon o nuklearnoj energiji, u daljnjem tekstu: Zakon; eng. Atomic Energy Act) postaje zakon 23. prosinca 1959. godine, a namijenjen je u svrhu:

- Promocije istraživanja nuklearne energije te razvoja i uporabe nuklearne energije za mirnodopske svrhe;
- Zaštite života, zdravlja i imovine od opasnosti koje se povezuju s nuklearnom energijom i štetnim efektima ionizirajućeg zračenja te pružanje kompenzacije za štetu nastalu od nuklearne energije ili ionizirajućeg zračenja;
- Sprječavanja ugroze unutarnje ili vanjske sigurnosti Njemačke uporabom ili oslobađanjem nuklearne energije;
- Osiguravanja ispunjenja Njemačkih međunarodnih obveza u polju nuklearne energije i zaštite od zračenja.

Vlada Saveze Republike Njemačke, izabrana 1998., odlučila se za postupno ukidanje uporabe nuklearne energije u svrhu proizvodnje električne energije. Takva odluka dovela je do značajnih promjena u nuklearnoj legislativi. Zakonski instrument za provedbu te odluke bio je Zakon o strukturiranom napuštanju nuklearne energije za komercijalnu proizvodnju električne energije (njem. Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen

Erzeugung von Elektrizität) koji je stupio na snagu 22. travnja 2002. godine. Dok je Zakon o nuklearnoj energiji iz 1959. bio usmjeren ka promociji uporabe nuklearne energije te sprječavanju štete nastale uporabom nuklearne energije, novi je zakon drastično promijenio svrhu. Članak o promotivnoj svrsi Zakona je obrisan, a članak 1 novog Zakona o nuklearnoj energiji iz 2002. sada glasi: Svrha ovog zakona je: 1. Postupno ukidanje uporabe nuklearne energije za komercijalnu proizvodnju električne energije na strukturirani način, i osiguravanje kontinuirane operacije sve do trenutka obustave rada.

Do velike je promjene također došlo u sektoru gospodarenja radioaktivnim otpadom. Najveća promjena odnosila se na preradu potrošenog goriva koja, od 1. srpnja 2005., postaje ilegalna, te se potrošeno gorivo smatra radioaktivnim otpadom. Što se tiče radioaktivnog otpada osim potrošenog goriva, proizvođači su obavezni otpad predati u sabirni centar na privremeno skladištenje, kojeg osniva i kojim upravlja Savezna država. Savezne vlasti su odgovorne za uspostavu i upravljanje postrojenjima za sigurno zadržavanje i konačno skladištenje RAO. Konstrukcija i poslovanje tih postrojenja, koje su u nadležnosti Saveznog ureda za zaštitu od zračenja, moraju biti odobrene u skladu programa prostornog uređenja Savezne države u kojoj se postrojenje nalazi.

Prema Pravilniku o zaštiti od zračenja iz 2001., koji provodi i nadopunjava norme navedene u Zakonu o nuklearnoj energiji, posjednik licence dužan je pružiti, unaprijed, plan količine RAO za koji očekuje da će stvoriti njegove aktivnosti te način na koji će otpad biti odložen. Te obavijesti moraju biti predane svake godine 31. prosinca. Posjednik licence također je dužan posjedovati inventar RAO zakonom točno određenog formata. Od velike je važnosti također članak Zakona, kojim se zabranjuje razrjeđivanje RAO, u svrhu smanjivanja radioaktivnosti otpada zbog ispunjavanja odredbi izuzeća iz regulatornog nadzora.(NEA, 2011)

3.3.3 Međunarodni dokumenti

U provedbi postupka odabira lokacije odlagališta RAO, uz domaće zakonske akte, korišteni su standardi i preporuke Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) iz Beča. Ta institucija, čiji je Hrvatska punopravni član od 1992., djeluje u sklopu organizacije Ujedinjenih naroda, a ovlaštena je za sve načine upotrebe nuklearne energije u mirnodopske svrhe. Iako IAEA, kao međunarodna organizacija, nema zakonodavnih ovlasti u zemljama-članicama, svojom važnošću i stručnošću bitno utječe na praksu u tim zemljama.

S područja zbrinjavanja RAO, IAEA je publicirala niz dokumenata koje možemo podijeliti u nekoliko skupina: tzv. sigurnosne osnove (Safety Fundamentals), sigurnosne standarde (Safety Standards), preporuke (Recommendations), sigurnosne upute (Safety Guides), postupke i podatke (Procedures and Data), tehničke izvještaje (Technical Reports) i tehničke dokumente (TEDOC). Svi oni s različitih gledišta i na različitim razinama obveznosti daju obavijesti o pojedinim oblicima djelovanja. Svojim sadržajem oni pokrivaju nekoliko sprecifičnih tematskih područja: (a) planiranje odlaganje RAO; (b) skladištenje prije odlaganja; (c) površinsko odlaganje; (d) odlaganje u dubokim geološkim formacijama; (e) rudarenje i obrada urana i torija; i (f) rasklapanje postrojenja i zaštita okoliša.(Schaller, 1997)

4. TRGOVSKA GORA KAO POTENCIJALNA LOKACIJA ZA ODLAGALIŠTE NSRAO U RH

4.1 Usporedba Trgovske gore kao potencijalne lokacije za odlagalište NSRAO s Njemačkim odlagalištem Konrad

Republika Hrvatska se trenutno nalazi u razdoblju konačne odluke o lokaciji odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada što je, zbog složenosti problematike odlaganja RAO te generalnog stava javnosti oko nuklearne energije i svega s čime se ona povezuje, projekt kojem se pristupa s najvećom ozbiljnošću. Vrednovanje cjelokupnog teritorija RH višekriterijskom metodom dalo je nekoliko preferentnih lokacija od kojih je, kao najprikladniji kandidat, izabrana lokacija na Trgovskoj gori, iako je daljnje istraživanje neophodno za donošenje konačne odluke.

Njemačka je počela s procesom licenciranja odlagališta RAO sa zanemarivom emisijom topline, koji po svojstvima odgovara otpadu koji se u RH klasificira kao nisko i srednje radioaktivni otpad, još 1982. godine. Danas su radovi na odlagalištu Konrad u uznapredovaloj fazi te se početak operacije odlaganja očekuje oko 2020. godine.

Prema tipu odlagališta, Njemačko odlagalište Konrad i buduće hrvatsko odlagalište na Trgovskoj gori, bitno se razlikuju. Sukladno njemačkoj legislativi sav RAO mora biti odlagan u podzemna odlagališta, pa tako i otpad sa zanemarivom emisijom topline u Konradu, dok u Hrvatskoj to nije slučaj, te je u planu, zbog neusporedivo manjeg financijskog troška, izgradnja površinskog odlagališta za nisko i srednje radioaktivni otpad. Treba istaknuti da se Njemačka nalazi pred znatno većim izazovom zbog puno veće količine radioaktivnog otpada koji je potrebno zbrinuti pa tako i posjeduje više iskustva u području rukovanja i odlaganja RAO, što Hrvatska može i treba iskoristiti u procesu odabira lokacije odlagališta NSRAO. Također, iako su u hrvatski projekt uključeni ugledni stručnjaci koji posjeduju ogromno znanje u tom području, tradicionalno je stav hrvatske javnosti blagonaklon prema Njemačkoj, osobito što se tiče njemačke inženjerske preciznosti i dovitljivosti. Stoga sukladno s tom idejom zamišljen je cilj ovoga rada kao usporedba dviju lokacija odlagališta RAO, njemačkog i potencijalnog hrvatskog, prema određenim značajkama koje je moguće usporediti i objektivno vrednovati. (Tablica 4-1.).

Tablica 4-1. Temeljna obilježja lokacija odlagališta RAO

OBILJEŽJE	**TRGOVSKA GORA***	**KONRAD****
Nadmorska visina [m]	320	800 m (ispod površine)
Litološki sastav	pješčenjak, glina, škriljci	ruda željeza, vapnenac, lapor, glina, koraljni oolit
Permeabilnost [ms^{-1}]	$7{,}8 \times 10^{-21} – 6 \times 10^{-19}$	$\sim 9{,}62 \times 10^{-9}$
Poroznost [%]	2,90 - 10,20	2,2 – 15,7
Energija reljefa [m km^2]	120 – 180	/
Nagibi padina [%]	15 – 50*	/
Padinski procesi	slaba erozija	/
Max. očekivani potres [MCS]	VII – VIII*	VI – V
Max. ubrzanje seizm. valova	0,14 g	3900 – 4000 m/s
Udaljenost od aktivnog rasjeda [km]	1 – 2	Nije zabilježen u krednim naslagama
Godišnja količina padalina [mm]	977	/
Površinsko otjecanje [%]	35 – 40*	/
Evapotranspiracija [%]	55	/
Infiltracija [%]	5 – 10*	/
Vodonosnik (akvifer)	lokalni, ograničen, kalcijsko-hidrokarbonatni	regionalni
Mineralizacija podz. vode [mgl^{-1}]	146 – 160	/
Prirodna specif. radioaktivnost podz. vode [Bqm^{-3}] uran-238 torij-232 kalij-40	 17,5 44,0 71,0	/
Starost podzemne vode [god.]	5 – 6*	10^7
Stanovnika/km^2 (r=5 km)	10*	~3 000
Stanovnika/km^2 (r=20 km)	67	98 000 (populacija grada Salzgitter)
Korištenje zemljišta	Neiskorišteno	bivši rudnik željezne rude
(Preferentni) tip odlagališta RAO	Tunelsko, površinsko	podzemno (napušteni rudnik)

* (Schaller, 1997)

** (Commission of the European Communities, 1984)

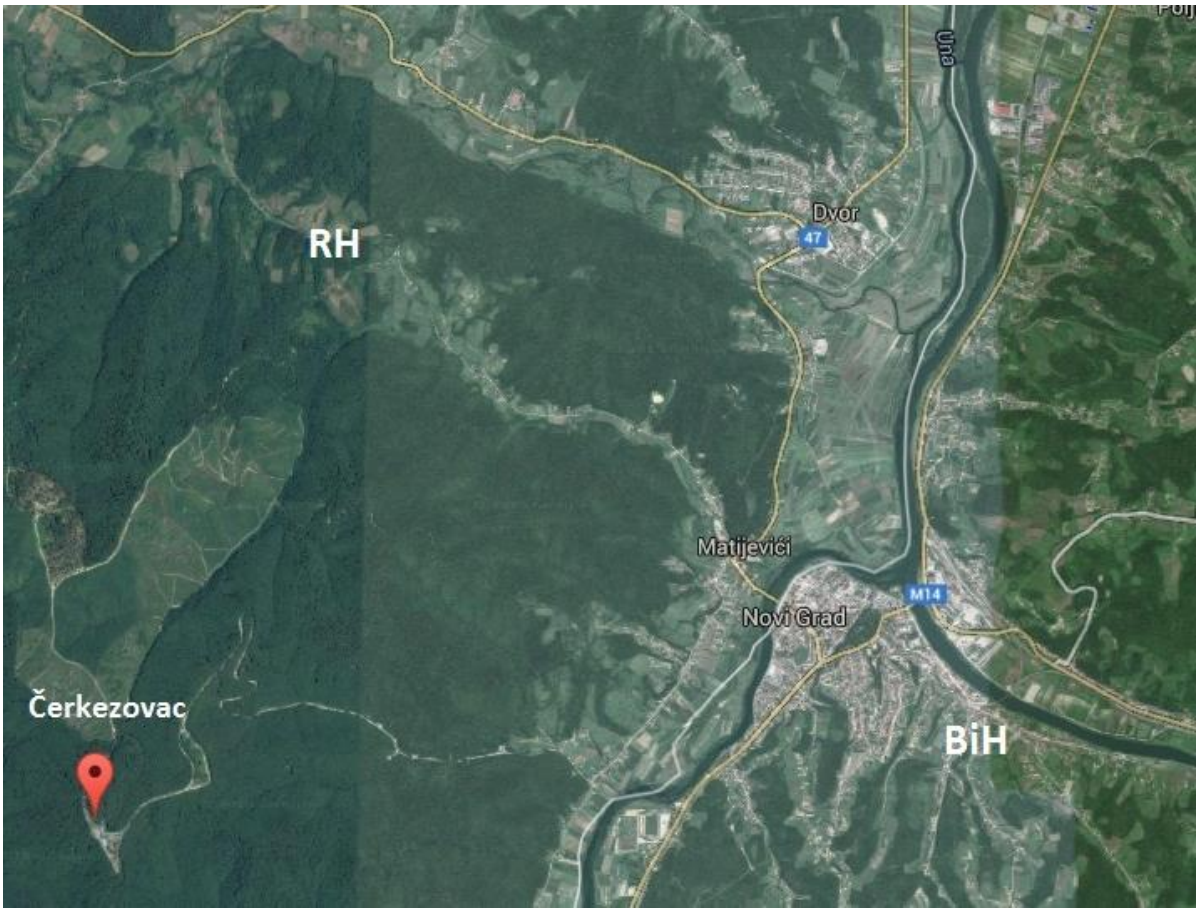
4.2 Konkretna lokacija odlagališta

Odlukom Hrvatskog sabora 1999. u Program prostornog uređenja Republike Hrvatske kao prostor za izgradnju odlagališta NSRAO, od 4 preferentne lokacije, uvrštena je Trgovska gora. U Programu stoji: „Trgovska gora se, na temelju preliminarnih istraživanja, utvrđuje prostorom za izgradnju odlagališta. Na utvrđenom prostoru treba osigurati uvjete za daljnja istraživanja. Potrebna istraživanja treba nastaviti u skladu s međunarodnim standardima i sudjelovanja javnosti. Isto tako treba utvrditi postupke koji će osigurati partnersku ulogu lokalne zajednice s jasnim uvidom u sve aspekte izgradnje i korištenja ovog objekta (nadzor nad sigurnošću, gospodarske koristi i ograničenja, mogući oblici nadoknade lokalnoj zajednici i sl.) (NN, 50/99).

S obzirom da se vojno skladište Čerkezovac, koje Oružane snage Republike Hrvatske smatraju neperspektivnim za postojeće vojne namjene te imaju namjeru u doglednoj budućnosti lokaciju predati na korištenje civilnim vlastima, nalazi na području preferentne lokacije uvrštene u Program prostornog uređenja Republike Hrvatske, bilo je logično da Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost predloži da se upravo na toj lokaciji uspostavi Centar za zbrinjavanje radioaktivnog otpada.

Na prostoru vojnog skladišta Čerkezovac, koje se nalazi u općini Dvor na Uni, nalaze se razni objekti koji bi mogli biti iskorišteni pri uspostavi različitih postrojenja Centra, što je jedan od razloga koji idu u prilog za odabir ove lokacije. Vojarna je smještena u blizini granice s BiH, od koje je udaljena 3-4 km zračne linije, a najbliži grad je Bosanski Novi / Novi Grad (Slika 4-1.). Općina Dvor na Uni, koja obuhvaća sva naselja južno od Zrinske gore pa do granice s BiH, broji, prema popisu stanovništva iz 2011., 5570 stanovnika (Wikipedia), koji se pretežito bave primarnim djelatnostima.

Strategijom prostornog uređenja RH predviđeno je detaljno istraživanje konkretne lokacije vojarne Čerkezovac, iako je poznato da na Trgovskoj gori prevladavaju nepropusne stijene koje su dobra barijera mogućem širenju radioaktivnih tvari u okoliš, da bi se dokazalo da lokacija ima sva druga potreba svojstva te kako bi se otklonile moguće sumnje. Takvo istraživanje moguće je tek nakon što se u dogovoru s lokalnom zajednicom doista odluči da će upravo na lokaciji vojnog skladišta Čerkezovac biti uspostavljen Centar za zbrinjavanje RAO RH.



Slika 4-1. Lokacija vojnog skladišta „Čerkezovac“ (Google maps)

4.3 Moguća tehničko-tehnološka rješenja odlagališta

Skladištenje i odlaganje RAO uobičajena su praksa u mnogim državama. Prema podacima Međunarodne agencije za atomsku energiju, na svijetu trenutno, postoji više od stotinu odlagališta NSRAO. Svako je od njih projektirano i izvedeno u ovisnosti o lokalnim okolnostima, raspoloživim sredstvima i zahtjevima javnosti. Neka od njih su površinska, a neka su geološka tj. smještena ispod razine tla. U EU rade slijedeća površinska odlagališta: u Francuskoj La Manche i L'Aube; u Španjolskoj El Cabril; u Slovačkoj Mochovce; u Češkoj Dukovany; te u Velikoj Britaniji Drigg.

Prema Strategiji zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva RH preferira se, za NSRAO iz NE Krško, površinski tip odlaganja.

Postrojenje se projektira i potom gradi, tako da se NSRAO efikasno izolira pri svim predvidim, iako malo vjerojatnim, okolnostima, ali i pri najnepovoljnijem slijedu događaja. Posebna pažanja posvećuje se praćenju mogućeg utjecaja skladišta ili odlagališta na okoliš. Sadržaj odlagališta izolira se od ljudi i okoliša sustavom prepreka ili barijera. Barijere imaju ulogu sprječavanja širenja i zračenja radioaktivne tvari u okoliš, te s druge strane onemogućuju prodor vode do uskladištenog ili odloženog otpada. Za izolaciju RAO uvijek se koristi više barijera pri čemu svaka ima neku posebnu ulogu.

RAO se pakira u čelične bačve od nehrđajućeg čelika debljine 2 mm (prva barijera). Sadržaj bačve se stabilizira tako da se bačva dopunjuje smolom ili posebnom betonskom smjesom, te se bačve potom umeću u armiranobetonske spremnike (druga barijera). Međuprostor u spremniku ispunjava se te se spremnici zatvaraju poklopcem. Više stotina takvih spremnika slaže se u slojevima u posebnu jednostavnu armiranobetonsku građevinu oblika kasete ili kontejnera (treća barijera). Međuprostori u građevini također se ispunjavanju, a građevina se zatvara armiranobetonskim poklopcem. Dobije se homogeni i mehanički vrlo stabilan blok koji se prekriva s više različitih slojeva prirodnih i umjetnih materijala. Za pokrov se koriste različiti šljunkoviti, pjeskoviti i glinoviti prirodni materijali s lokacije i plastificirane folije. Slojevi pijeska i šljunka prikupljaju oborinske i površinske vode kako bi se spriječio njihov prodor u odlagalište (gornji dio četvrte barijere). Donji dio četvrte barijere čini sama geološka podloga lokacije na kojoj je smještene odlagalište koja svojim prirodnim svojstvima

sprječava mogućnost dodira vode i spremnika NSRAO. Odlagalište može imati više od ovih nekoliko osnovnih barijera. (Fond, 2015)

Poznati primjer takvog odlagališta je španjolsko odlagalište El Cabril, koje je već opisano u ovom radu, hrvatsko bi moglo biti sličnog tipa, samo desetak puta manje. (Slika 4-2.)



Slika 4-2. Faze rada španjolskog odlagališta NSRAO El Cabril (www.radioaktivniotpad.org)

4.4 Socijalni aspekt

Sociološka i slična istraživanja ekoloških i energetskih problema u Hrvatskoj i u inozemstvu su pokazala da su gotovo sva pitanja vezano za opasni otpad, a osobito radioaktivni otpad prihvaćena, od strane javnosti, s nepovjerenjem i sumnjom. Prema tome, način promicanja javnosti kao aktivnog sudionika u procesu donošenja odluka u sektoru gospodarenja radioaktivnim otpadom, a osobito u procesu odabira lokacije odlagališta RAO je ključan.

Odlagališta za odlaganje RAO spadaju u tzv. „kontroverzne objekte“, iako ih javnost može teoretski prihvatit kao objekte vezena za zaštitu okoliša, nitko ne prihvaća gradnju takvog objekta u svojoj blizini (tzv. NIMBY efekt: „Not in my backyard“). Kao što je poznato, ovakav stav javnosti, koja predstavlja jedan od glavnih faktora u gospodarenju RAO, izazvan je nedostatkom informacija kao i nepovjerenjem prema informacijama koje su dostupne. U cilju rješavanja problema, aktivnosti svih sudionika uključenih u gospodarenje RAO trebale bi biti otvorene javnosti kako bi se omogućilo donošenje objektivnih odluka. Međutim povjerenje javnosti se ne može pridobiti bez iskrenih, potpunih i konstantnih informacija za što je potrebno znatno podići stupanj obaviještenosti i poznavanja problematike.

Mogućnost odlaganja radioaktivnog otpada na Trgovskoj gori naišla je na protivljenje stanovnika općine Dvor (Slika 4-3.). Općinsko vijeće Dvora jednoglasno je zauzelo stav kojim se protive gradnji odlagališta na toj lokaciji, a gradonačelnik Petrinje predstavio je peticiju „Ne nuklearnom otpadu na Trgovskoj gori“ rekavši kako bi otpad direktno ugrozio Petrinju, koja od lokacije udaljena dvadesetak kilometara zračne linije. Načelnik Dvora u izjavi za medije tvrdi: „Nismo dobili sve odgovore. Nije bilo odgovora o utjecaju na okoliš, o rizicima od potresa, o sastavu tla na lokaciji. Nakon što su vijećnici i mnogobrojni Dvorani saslušali prezentaciju i čuli odgovore na pitanja Vijeće je jednoglasno zauzelo stav protiv odlagališta na području Dvora. Uz to, putem zborova građana nastavit ćemo informiranje građana o situaciji i o svemu onda obavijestiti povratno Zavod.“ Dodao je kako je prema svim do sada iznesenim reakcijama građana i Vijeća Dvor protiv Centra za zbrinjavanje nuklearnog otpada na svom području. Također institucije BiH apelirale su prema Ministarstvu vanjskih poslova RH protiv odlagališta otpada u neposrednoj blizini granice. (Prerad, 2015)



Slika 4-3. Prosvjedi protiv odlagališta RAO na Trgovskoj gori. (Prerad, 2015)

Opće prihvaćena je praksa da se lokalnoj zajednici, u čijoj se blizini planira izgradnja objekata za gospodarenje RAO, nudi naknada kako bi se lakše pridobilo povjerenje stanovništva. Takva naknada službeno je ponuđena općini Dvor, koja bi ako pristane na odlaganje RAO na svom području, dobivala 8 milijuna kuna godišnje, koliko iznosi i godišnji proračun općine (Prerad, 2015). Iako riječ naknada sugerira kako se radi o naknadi za štetu ili o naknadi za strah to nije točno. Ponuđena sredstva lokalnoj zajednici koja pristane da se u njezinoj sredini izgrade skladišta i odlagalište trebalo shvatiti prije svega kao dodanu vrijednost. Naime, ta sredstva nadoknađuju moguće gubitke koje bi stanovnici općine Dvor na Uni mogli imati zbog izgradnje i rada Centra te štetu zbog psihološkog utjecaja na život, no ona su ponuđena zato da budu poticaj kojim se može znatno poboljšati stanje lokalne zajednice, od unapređenja infrastrukture do poticanja zapošljavanja mladih stručnih ljudi, što bi doprinijelo kvaliteti života i razvitku. Ta bi dodana vrijednost mogla značajno promijeniti regionalni položaj inače nerazvijene općine. (Fond, 2015)

4.5 Slijedeći koraci

Za zbrinjavanje svoje polovice NSRAO iz NEK, Hrvatska očito ima dvije opcije: da sa Slovenijom dogovori odlaganje u odlagalištu u Krškom, ili da izgradi svoje odlagalište na Trgovskoj gori. I bez vremenskih ograničenja koje nameće EU Direktiva, odluku o tome Hrvatska ne bi smjela puno odgađati jer će za desetak godina (u periodu od 2023. do 2025. godine, prema odredbi Međudržavnog ugovora o NEK), morati preuzeti taj otpad ako u međuvremenu ne dogovori zajedničko rješenje sa Slovenijom. A budući da neće stići ostvariti potrebne preduvjete za preuzimanje NSRAO iz NEK, ako ne pokrene odgovarajuće pripreme unutar par godina, Hrvatskoj će nakon toga preostati samo opcija da dogovara odlaganje u Krškom pod uvjetima koje odredi Slovenija. Želi li Hrvatska doista sebe dovesti u takav pregovarački položaj? Koji je hrvatski nacionalni interes u toj stvari? I zašto Slovenija žuri s izgradnjom svojega odlagališta? Obje države planiraju uložiti znatna sredstva (nekoliko stotina milijuna eura) u zbrinjavanje NSRAO iz NEK, i ta se sredstva već prikupljaju u nacionalnim fondovima za razgradnju NEK. U takvim okolnostima, kompetentna državna politika trebala bi se prilikom izbora opcija odlaganja rukovoditi racionalnim motivima i nacionalnim interesima. Kad već mora ulagati sredstva u zbrinjavanje NSRAO iz NEK, gradnja odlagališta na vlastitom teritoriju može i jednoj i drugoj državi biti u nacionalnom interesu iz više razloga.

Vlastito odlagalište ima strateški značaj za eventualni budući razvoj nuklearnog programa u državi. To je osobito aktualno u Sloveniji, koja već neko vrijeme razmatra mogućnost gradnje drugog bloka elektrane odnosno novog reaktora. Za Hrvatsku je slična mogućnost za sada tek hipotetska. Odlagalište na vlastitom teritoriju dramatično olakšava zbrinjavanje ostaloga RAO koji ne potječe iz NEK. Za Sloveniju je ta pogodnost puno značajnija nego za Hrvatsku jer ima puno više takvog otpada. Gradnja i pogon odlagališta nije beznačajan gospodarski projekt za države veličine Hrvatske ili Slovenije. U njemu sudjeluju građevinske i druge tvrtke, zapošljavaju se radnici, izgrađuje se infrastruktura te izravno pomaže proračun lokalnih zajednica. Velika je gospodarska razlika između pukog financiranja takvog projekta u drugoj državi (ili još skupljeg plaćanja "komercijalnog" odlaganja, samo zato što "ne želimo imati ništa s tim otpadom") i realizacije takvog projekta u svojoj državi. No, ta se gospodarska razlika može značajno umanjiti ako Hrvatska dogovori zajedničku gradnju i korištenje odlagališta u Sloveniji. Gradnja, pa i ravnopravno sudjelovanje u gradnji odlagališta, razvijaju

specifične i interdisciplinarne kompetencije, što je osobito značajno u malim državama poput Hrvatske i Slovenije. Takve kompetencije nisu ograničene samo na zbrinjavanje RAO, nego su izravno primjenljive u različitim aspektima gospodarenja opasnim otpadom i zaštite okoliša.

Stoga je krajnje vrijeme da Hrvatska pokrene intenzivne pripreme za uspostavu odlagališta NSRAO na Trgovskoj gori, bez obzira na to hoće li se ono doista graditi, jer bez toga neće moći kompetentno odlučivati o svojim gospodarskim i strateškim interesima u zbrinjavanju RAO, niti će moći kompetentno i uvjerljivo pregovarati o mogućim zajedničkim rješenjima sa Slovenijom. Ako ne uspije uskoro demonstrirati da zna kako može izgraditi vlastito odlagalište, ni Hrvatska sama neće znati je li takva opcija realistična i koliko joj se isplati. (Knapp et al., 2013)

5. ZAKLJUČAK

Razmišljanje o potrebi za odlagalištem nisko i srednje radioaktivnog otpada javlja se već izgradnjom NE Krško, no pravi projekt počinje krajem 80.-ih te početkom 90.-ih godina kada se započinje s postupkom izbora lokacije odlagališta. Najprije je razrađen metodološki postupak izbora lokacije zajedno s izlučnim kriterijima za izbor lokacije odlagališta, te se nakon toga moglo započeti s vrednovanjem teritorija Republike Hrvatske višekriterijskom metodom. Nakon preliminarnih istraživanja dobivene su 4 preferentne lokacije od kojih je, odlukom Hrvatskog Sabora 1999., u Program prostornog uređenja, kao prostor za izgradnju odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada, uvrštena Trgovska gora.

Da je odlaganje radioaktivnog otpada vrlo složen, ali svakako rješiv problem pokazano je na primjernu Njemačke koja je odabrala lokaciju za odlaganje nisko i srednje radioaktivnog otpada unatoč dugotrajnosti i osjetljivosti procesa zbog političkih, socijalnih i gospodarskih razloga. Konkretna ocjena Trgovske gore u odnosu na njemačko odlagalište Konrad, zbog ogromnih različitosti u legislativi, kapacitetu te samoj geopolitičkoj i gospodarskoj situaciji u kojoj se zemlje nalaze, nije u potpunosti moguća, ali se ipak dolazi do zaključka da obje lokacije zadovoljavaju osnovne uvjete za izgradnju odlagališta.

Jasno je pak da savršena lokacija za gradnju odlagališta ne postoji, pa se tako i izborom Trgovske gore javljaju određeni problemi kojima treba pristupiti ozbiljno i metodološki. Kao jedan od najvećih problema nameće se nepovjerenje javnosti prema projektu odlagališta radioaktivnog otpada koje je izazvano sumnjom u dostupne informacije kao i nedostatak istih. Gradnja odlagališta na Trgovskoj gori već je naišla na otpor javnosti čiji općenito negativan stav prema tom problemu također često podupiru neki mediji objavljivanjem populističkih članka vezanih uz radioaktivni otpad. Ovaj problem moguće je jedino riješiti ukoliko se zainteresirana javnost uključi u proces pravovremenim, iskrenim, potpunim i konstantnim informiranjem što se može postići, između ostalog, objavljivanjem sadržaja na web stranicama, brošurama, predavanjima i radionicama kako bi se proširilo razumijevanje problematike gospodarenja radioaktivnim otpadom. Također jedan od većih problema koji treba spomenuti je udaljenost objekta s državnom granicom. Za očekivati je da će doći do političkih problema s Bosnom i Hercegovinom, koja će gotovo sigurno zauzeti negativan stav prema odlagalištu, jer je lokacija

odlagališta na Trgovskoj gori u njenoj neposrednoj blizini.. Na što bi trebalo obratiti posebnu pozornost pogotovo ako se uzme u obzir kompliciranа politička situacija na ovim prostorima.

Osim gradnje odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada na svom teritoriju Republika Hrvatska ima mogućnost da sa Slovenijom dogovori odlaganje svoje polovice otpada u odlagalištu u Krškom. Ako se uskoro ne donese konačna odluka o gradnji odlagališta na Trgovskoj gori opcija odlaganja otpada u Sloveniji ostat će jedina opcija zbog vremenskih ograničenja koja nameće EU. To bi moglo dovesti RH u nepovoljan pregovarački položaj jer će u tom slučaju morati ispoštovati sve uvjete koje odredi Slovenija.

Iako lokacija odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada na Trgovskoj gori nije idealna ona je ipak, kada se uzmu svi aspekti u obzir, dovoljno dobra. Naravno postoje određeni problemi s kojima se, kao što je prikazano, suočavaju i gospodarski moćnije države koji su premostivi ukoliko ih krene rješavati ozbiljno i odmah. Treba napomenuti da je vrijednost projekta izgradnje odlagališta nekoliko stotina milijuna eura, te bi gradnja odlagališta na vlastitom teritoriju trebala biti od nacionalnog interesa iz više razloga. To je ogroman gospodarski projekt u kojem bi sudjeluju građevinske i druge tvrtke, zapošljavaju se radnici, izgrađuje se infrastruktura, te se izravno pomaže lokalnoj zajednici sa sredstvima koja se ionako moraju uložiti u zbrinjavanje RAO.

6. LITERATURA

BRENNECKE P, 2010. Introduction to the Konrad repository, Federal Office for Radiation Protection, Salzgitter

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1984. Research project for the determination of the suitability of the mine 'Konrad' as a final repository for radioactive waste products, Luxembourg

FEI, 2007. Nuclear Waste Management in Finland, Helsinki

FOND ZA FINANCIRANJE RAZGRADNJE I ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA I ISTROŠENOGA NUKLEARNOG GORIVA NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO (u tekstu: Fond), 2015., Brošura: 10 odgovora na 10 mogućih pitanja o zbrinjavanju radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj

IAEA, 2009. Classification of Radioactive Waste: General Safety Guide.Vienna.

KLAUS-JÜRGEN R, 2013. The German Programme for the Disposal of Radioactive Waste, Institute of Disposal Research, Workshop on Radioactive Waste Disposal, Stockholm

KNAPP, A., LEVANT, I., LOKNER, V., ŠAPONJA-MILUTIONOVIĆ, D., 2013. Vrijeme za kompetentne odluke o zbrinjavanju radioaktivnog otpada u Hrvatskoj, Tehničko veleučilište Zagreb, Zagreb

KUČAR-DRAGIĈEVIĆ, S., SCHALLER, A., SUBAŠIĆ, D., 1996. Moguća tehnološka rješenja odlaganja nisko- i srednje- radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj, APO, Zagreb

LEVANAT, I., 2000. Radioaktivni otpad, APO, Zagreb.

LOKNER, V., LEVANAT, I., RAPIĆ, A., ŢELEZNIK, N,. MELE, I., JENKO, T., 2004. Program razgradnje NEK i odlaganja NSRAO i ING.

NN, 50/99. Program prostornog uređenja Republike Hrvatske,Narodne Novine

NN, 44/08. Uredba o uvjetima te načinu zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih zatvorenih radioaktivnih izvora i izvora ionizirajućeg zračenja koji se ne namjeravaju dalje koristiti, Narodne Novine

NN, 14/125. Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora istrošenog nuklearnog goriva, Narodne Novine

NEA, 2011. Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries: Germany

NEA, 2013. Radioactive waste management programmes in OECD/NEA member countries: Germany

SCHALLER, A., 1997. Izbor mjesta odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada u Republici Hrvatskoj, APO.

VEINOVIĆ, Ž., 2013. Duboka Geološka odlagališta, predavanje: Podzemna odlagališta otpada. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Popis internetskih izvora:

PRERAD, D., 2015. Radioaktivni otpad skladištit će se u vojarni Čerkezovac na Trgovskoj gori.; URL: http://www.vecernji.hr/hrvatska/radioaktivni-otpad-skladistit-ce-se-u-vojarni-cerkezovac-na-trgovskoj-gori-999524 (15.10.2015.)

IAEA, Power reactor information system; URL: http://www.iaea.org/pris/ (18.09.2015.)

FOND ZA FINANCIRANJE RAZGRADNJE NEK ; URL: http://radioaktivniotpad.org/

URL: https://www.iaea.org/

URL: http://www.foronuclear.org/

URL: (http://www.dmmultimedia.com/)

WIKIPEDIA, Dvor (općina); URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Dvor_(op%C4%87ina)

GOOGLE MAPS ;URL: https://www.google.hr/maps/