

Dokument:	NSRAO2-POR-030	Naročnik:
Ident., Ozn. ARAO	02-08-011-004	REPUBLIKA SLOVENIJA Gregorčičeva ulica 20, 1000 Ljubljana
Datum:	april 2018	
Revizija	2	
Število izvodov:		Po pooblastilu:  ARAO, Ljubljana, Celovška cesta 182, 1000 Ljubljana
Objekt:	Odlagališče NSRAO Vrbina, Krško	
Izvajalec:	ARAO, Ljubljana	
Odgovorni vodja projekta	mag. Sandi Viršek, univ. dipl. inž. geoteh. in rud.	
Naslov dokumenta:		
<div>osnutek Varnostnega poročila za odlagališče NSRAO Vrbina, Krško</div> <div>Poglavje 5 Povezetek projektnih osnov</div>		

## SLEDLJIVOST

Revizija:	Datum (predhodne) revizije:	Kratek opis sprememb, glede na predhodno revizijo:	Opombe:
1	maj 2017	dopolnitev po recenziji	
2	april 2018	dopolnitev po pregledu pooblaščenca za jedrsko in sevalno varnost	

## VSEBINA

<b>5</b>	<b>POVEZETEK PROJEKTHNIH OSNOV .....</b>	<b>2</b>
5.1	SPLOŠNO .....	2
5.2	PROJEKTNE OSNOVE IN NAČELA.....	3
5.2.1	PROJEKTHNA NAČELA .....	3
5.2.2	IZBIRA IN RAZVRSTITEV PREDPOSTAVLJENIH ZAČETNIH DOGODKOV V KATEGORIJE .....	6
5.2.3	ANALIZA PREDPOSTAVLJENIH ZAČETNIH DOGODKOV .....	6
5.2.4	IZBOR SCENARIJEV DOGODKOV ZA OBDOBJE OBRATOVANJA .....	7
5.2.5	IZBOR SCENARIJEV RAZVOJA ODLAGALIŠČA PO ZAPRTJU .....	9
5.2.6	INVENTAR RADIOAKTIVNIH ODPADKOV, ZMOGLJIVOSTI ODLAGALIŠČA IN POMOŽNIH SISTEMOV.....	10
5.2.7	OBRAMBA V GLOBINO .....	17
5.2.8	VARNOSTNE FUNKCIJE .....	17
5.2.9	DETERMINISTIČNI PRISTOP K PROJEKTIRANJU .....	18
5.2.10	NAČELO ENOJNE ODPOVEDI .....	19
5.2.11	DRUGE VARNOSTNE ZAHTEVE ALI NAČELA.....	19
5.2.12	VERJETNOSTNA MERILA PROJEKTIRANJA .....	30
5.2.13	VARSTVO PRED SEVANJEM .....	30
5.2.14	ODSTOPANJA OD PREDPISOV IN STANDARDOV NEVEDENIH V PODPOGLAVJU 4.1 .....	30
5.3	VARNOSTNA KLASIFIKACIJA IN KATEGORIZACIJA SSK .....	30
5.3.1	Opredelitev podlag za določitev SSK-jev.....	30
5.3.2	Določitev skupkov konstrukcij, sistemov in komponent .....	31
5.3.3	Opis SSK - Odlagalni Objekt .....	35
5.3.4	Opis SSK - Tehnološki objekt.....	44
5.3.5	Opis SSK – Upravno - servisni objekt .....	46
5.3.6	Opis SSK - Objekti fizičnega varovanja .....	48
5.3.7	Opis SSK - Zunanja ureditev.....	48
5.3.8	Opis SSK - Infrastrukturni vodi in priključki.....	49
5.3.9	Opis SSK - Objekti za monitoring .....	51
5.3.10	Varnostna klasifikacija SSK .....	51
5.4	PROJEKTIRANJE IN GRADNJA.....	54
5.4.1	ČLOVEŠKI FAKTOR .....	55
5.5	KVALIFIKACIJE SSK NA VPLIVE OKOLJA.....	55
5.6	LITERATURA.....	57

## KRATICE IN POJMI

DA – dizel agregat

ICRP – International Commission on Radiological Protection

NRC - Nuclear Regulatory Commission, neodvisna agencija v ZDA

## **5 POVEZETEK PROJEKTHNIH OSNOV**

### **5.1 SPLOŠNO**

Projektne osnove so bile pripravljene, v skladu s Prilogo 5 pravilnika JV 5 [1]. Projektne osnove za odlagališče NSRAO Vrbin, Krško – faza presoje vplivov na okolje [2] so izdelane kot samostojen dokument v skladu s Prilogo 5 pravilnika JV 5 [2] in v skladu z razvojem projekta, zahtevami investitorja in zahtevami zakonodaje predstavljajo nadgradnjo izdelanih Projektnih osnov za odlagališče NSRAO na potencialni lokaciji Vrbin v občini Krško, ki jih je leta 2009 izdelal IBE d.d.[16] ter nadgradnjo Projektnih osnov za odlagališče NSRAO Vrbin, Krško - faza presoje vplivov na okolje, Revizija 1 [3].

V tem poglavju osnutka Varnostnega poročila so Projektne osnove na splošno predstavljene, podrobnosti pa so opredeljene v naslednjih podpoglavjih. Hkrati je 5 poglavje osnVP in njegova podpoglavja zasnovana nekoliko drugače kot dokument Projektne osnove [2], saj poglavje sledi vsebini predlagani v smernici URSJV za pripravo varnostnega poročila [4]

V referenčnem dokumentu Projektnih osnov [2] so v 2. poglavju predstavljena izhodišča, namen in obseg Projektnih osnov. V 3. poglavju je predstavljen koncept odlaganja, kot je zasnovan v Idejnih zasnovah Rev. C [5], v 4. pa so podani splošni projektni pogoji za odlagališče NSRAO.

V 5. poglavju so predstavljeni ključni podatki o odpadkih, ki naj bi bili odloženi v odlagališče. Splošne zahteve glede odpadkov so predstavljene v 6. poglavju, seveda pa bodo ti morali izpolnjevati merila sprejemljivosti za odlaganje, ki so predstavljena v poglavju 11.1. tega osnutka Varnostnega poročila.

V nadaljevanju je v poglavju 7 predstavljena lokacija Vrbin, kjer bo zgrajeno odlagališče. Lokacija je opisana glede na različne možne vidike vpliva lokacije na odlagališče in obratno, in odlagališča na samo okolje.

Nato so v 8. poglavju podrobneje predstavljeni scenariji oz. stanja odlagališča in začetni dogodki, iz katerih scenariji izhajajo. Projektne osnove delijo scenarije na scenarije med obratovanjem odlagališča in scenarije po zaprtju.

Ena od osnovnih nalog Projektnih osnov je določitev skupkov konstrukcij, sistemov in komponent, kot jih določa pravilnik JV5 [1]. Ti so razdeljeni, glede na skupine objektov na odlagališču in sicer na skupke konstrukcij, sistemov in komponent (SSK) odlagalnih, tehnoloških, upravno servisnih objektov, objektov fizičnega varovanja, zunanje ureditve infrastrukturnih vodov in priključkov, ter objektov za izvajanje monitoringa. Skladno z zahtevo JV 5 in stopenjskim pristopom, so SSK-ji določeni na podlagi inženirske presoje skupine strokovnjakov iz različnih področij na podlagi rezultatov varnostnih analiz in nato varnostno klasificirani. Razdeljeni so v SSK-je pomembne za jedrsko in sevalno varnost, ter SSK-je nepomembne za jedrsko in sevalno varnost. Vsi SSK-ji so podrobneje opisani in predstavljeni v poglavju 6 tega dokumenta, varnostna klasifikacija pa v poglavju 5.3. tega dokumenta.

Za SSK-je, za katere so bile do sedaj (faza pridobivanja okoljevarstvenega soglasja) prepoznane posebne zahteve, so le-te v nadaljevanju podrobneje opredeljene (poglavje 11 Projektnih osnov). Zahteve so razdeljene po področjih na:

obratovalne pogoje in omejitve,

zahteve glede objektov in konstrukcij,  
 zahteve glede seizmičnih obremenitev,  
 zahteve glede arhitekturnih rešitev, krajinske ureditve in človeške dejavnosti,  
 zahteve glede tehnoloških sistemov,  
 zahteve glede strojnih inštalacij in opreme,  
 zahteve glede električnih inštalacij in opreme,  
 zahteve glede računalniškega vodenja in nadzora,  
 zahteve glede telekomunikacij,  
 zahteve glede razmestitev objektov, sistemov in naprav,  
 zahteve glede varstva pred sevanji in omejitev doz,  
 zahteve glede varstva okolja in obratovalnega monitoringa,  
 zahteve glede požarnega varstva,  
 zahteve glede varstva pred poplavami in meteorološkimi vplivi,  
 zahteve glede zagotavljanja varnosti in zdravja pri delu,  
 zahteve glede fizičnega varovanja objektov in omejevanja dostopa ter vnosa in iznosa  
 snovi,  
 zahteve glede zagotavljanja neoviranega dostopa,  
 zahteve glede na varnostne analize in glede pripravljenosti na izredne dogodke,  
 zahteve glede na funkcionalna analizo,  
 zahteve glede dokumentiranja,  
 zahteve glede prevoza odpadkov,  
 druge zahteve.

Ob koncu dokumenta (12. poglavje Projektnih osnov) so opredeljene še zahteve glede obnavljanja Projektnih osnov.

## **5.2 PROJEKTNE OSNOVE IN NAČELA**

### **5.2.1 PROJEKTNA NAČELA**

Osnovna projektna načela za odlagališče NSRAO sledijo priporočilom v dokumentu Fundamental safety Principles [6], ki jih povzema tudi Resolucija o jedrski in sevalni varnosti [7] in ciljem v Resoluciji o nacionalnem programu ravnanja z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom [8]. Osnovna načela, ki povzeta po obeh resolucijah in so upoštevana pri projektiranju odlagališča NSRAO so:

1. načelo: Odgovornost za varnost,
2. načelo: Vloga državne uprave,
3. načelo: Vodenje in upravljanje v zvezi z varnostjo,
4. načelo: Upravičenost objektov in dejavnosti,
5. načelo: Optimizacija varstva,
6. načelo: Omejitev tveganja posameznikov,
7. načelo: Zaščita sedanjih in prihodnjih generacij,
8. načelo: Preprečevanje nesreč,
9. načelo: Pripravljenost in odziv v primeru izrednega dogodka,

10. načelo: Zaščitni ukrepi za zmanjševanje tveganja za obstoječa tveganja za sevanja in za sevanja, ki niso pod upravnim nadzorom.

Pri projektiranju so bila zahtevana in smiselno upoštevana tudi priporočila ICRP (International Commission on Radiological Protection) [9] in priporočila iz IAEA dokumenta Disposal of Radioactive Waste [10].

Načrtovano odlagališče NSRAO zadošča tudi naslednjim osnovnim kriterijem:

odlagališče je namenjeno odlaganju radioaktivnih odpadkov,  
odlagališče mora v najboljši možni meri izolirati odpadke od biosfere in zmanjšati možnost, ter posledice, nenamernega človekovega vdora,  
odlagališče mora omejevati, zmanjšati in upočasnjevati migracijo radionuklidov v biosfero, odlagališče in koncept odlaganja, morajo zagotavljati, da je količina radionuklidov, ki lahko doseže biosfero vseskozi taka, da je vpliv na okolje in človeka sprejemljiv (pod dopustnimi mejami).

Pri tem so kriteriji in načela ustrezno obravnavani stopenjskim pristopom.

Stopenjski pristop skladno z NRC-jevo definicijo [11] pomeni, da so procesi za zagotovitev ustreznega nivoja analiz, dokumentacije in ukrepov sorazmerni z:

- relativno pomembnostjo za varnost, nadzor nad jedrskimi snovmi in za fizično varovanje,
- velikostjo možnih nevarnosti,
- fazo v življenjski dobi objekta,
- načinom uporabe oz. namembnostjo objekta,
- značilnimi lastnostmi objekta,
- relativno pomembnostjo sevalnih in nesevalnih nevarnosti in
- drugimi relevantnimi dejavniki;

Stopenjski pristop uporabljen v Projektnih osnovah [2] in ostalih dokumentih pripravljenih za odlagališče NSRAO pomeni, da se pomembnim značilnostim posveti večja pozornost (npr. se podrobneje oziroma izdatneje projektirajo ali opišejo) in manj pomembnim značilnostim manj pozornosti (npr. se projektirajo ali opišejo manj podrobno). Zaradi uporabe načela stopenjskega pristopa za projektiranje odlagališča NSRAO, ki je jedrski objekt, a njegova varnost temelji večinoma na pasivnih varnostnih funkcijah, so zahteve podane tako, da se varnostne funkcije in sistemi oziroma pregrade za preprečevanje širjenja radioaktivnosti v okolje projektirajo in uporabijo na način, v katerih bi morebitna nesreča povzročila manjše ali neznatne posledice za okolje in ljudi.

Varnost odlagališča je prikazana s pripravo Varnostnih analiz [12], [13], ki so povzete v tem osnutku Varnostnega poročila in detajlno obdelane v okviru dokumentacije varnostnih analiz [14].

Skladno z zahtevo 3. člena pravilnika JV5 [1] so bila pri projektiranju objekta odlagališča NSRAO upoštevana naslednja načela (v oklepaju je pojasnjena aplikacija načel na objekt odlagališča NSRAO):

- načelo obrambe v globino, (večpregradni sistem – več SSK-jev opravlja enako funkcijo, uporabljenih je več funkcij za doseganje varnosti),

- načelo enojne odpovedi, (v okviru varnostnih analiz se obravnava scenarij zgodnje porušitve vseh inženirskih pregrad),
- načelo neodvisnosti, (posamezni SSK-ji so fizično ločeni),
  - v okviru varnostnih analiz so posamezni SSK ji obravnavani kot ločene inženirske pregrade, vsaka s svojimi lastnostmi,
- načelo raznovrstnosti, (enako varnostno funkcijo opravljajo različni SSK-ji),
  - v okviru varnostnih analiz (poglavje 7.3.3.4.1.) in Tabele 5-6 tega poglavja so prikazane enake varnostne funkcije, ki jih opravljajo različni SSK-ji)
- načelo redundance, (dokazano preko varnostnih analiz – scenarij popolna odpoved inženirskih barier, varnostne funkcije posameznih pregrad so podvojene)
- načelo varne odpovedi, (vsi SSK ji so projektirani na način, da kljub njihovi odpovedi ne predstavljajo nevarnosti za sam objekt)
- načelo preverjenih komponent (uporablja se mednarodno preizkušene prakse in dognanja, v primeru opreme, ki obstaja bo uporabljena prevarejena oprema ali tehnologija) in
- načelo stopenjskega pristopa (stopenjski pristop se upošteva skladno z mednarodno dobro prakso in priporočili).

Skladno z zahtevami 7. in 8. člena pravilnika JV5 [1] je potrebno, skladno s stopenjskim pristopom, za odlagališče NSRAO zagotavljati:

Osnovno varnostno funkcijo:

- zadrževanje radioaktivnih snovi v trdni in tekoči obliki v vseh stanjih objekta tudi med scenarijem normalnega razvoja,

in navedene projektne osnove SSK.

#### **5.2.1.1 Splošne projektne osnove**

Skladno s 4. členom pravilnika JV 5 [1] so za odlagališče NSRAO upoštrevane naslednje splošne projektne osnove.

Pripravljene Projektne osnove [2] so del tega osnutka Varnostnega poročila, ki pa je del Poročila o vplivih na okolje [15] v postopku pridobitve predhodnega soglasja o jedrski in sevalni varnosti.

V projektnih osnovah je bilo zahtevano:

- izbrati pričakovane obratovalne dogodke in projektne dogodke izmed vseh predpostavljenih začetnih dogodkov v skladu z drugim odstavkom 11. člena tega pravilnika, ki bi lahko vplivali na varnost sevalnega ali jedrskega objekta in katerih verjetnost nastanka ni zanemarljivo nizka;
- zagotoviti, da bodo spoštovana varnostna določila iz varnostnega poročila, upoštevajoč vse faze objekta: projektiranje, gradnjo, poskusno obratovanje, obratovanje, prenehanje obratovanja, mirovanje, razgradnjo, zaprtje odlagališč oziroma zaključek morebitnih rudarskih del, v primeru dolgoročnega nadzora odlagališč pa mora to zagotoviti izvajalec dolgoročnega nadzora;
- za objekt dokazati, da so uporabljeni projektni standardi in materiali primerni za zagotavljanje varnega obratovanja, upoštevajoč predvideno obratovalno dobo objekta oziroma, če je objekt odlagališče, tudi čas po njegovem zaprtju, dokler mora odlagališče opravljati izolativno funkcijo;
- upoštevati staranje SSK in zagotavljanje izvajanja varnostnih funkcij v vsej obratovalni dobi oziroma, če je objekt odlagališče, tudi v času po njegovem zaprtju ter predvideti ukrepe za njihovo vzdrževanje, preizkušanje in preglede;



- zagotoviti, da bo preprečena ali, če je preprečitev neuspešna, ublažena čezmerna izpostavljenost ionizirajočemu sevanju zaradi projektnih nesreč in razširjenih projektnih nesreč kategorije A, tako da ni potrebe po zaščitnih ukrepih, kot so jodna profilaksa, zaklanjanje ali evakuacija;
- s projektnimi rešitvami v vseh stanjih objekta (vključno z razgradnjo) zagotoviti čim manjšo količino in aktivnost radioaktivnih odpadkov;
- zagotoviti, da doze sevanja prebivalstva in delavcev (individualne in skupinske) ter vplivi na okolje v vseh stanjih objekta (vključno z razgradnjo) ne presegajo predpisanih meja in so tako majhni, da je to smiselno mogoče izvesti;
- zagotoviti zaščito pred radiološkimi posledicami objekta v takem obsegu, da zdravje ali življenje nobenega prebivalca ni izpostavljeno bistveno večjemu tveganju, kakor bi bilo, če ne bi bilo objekta;
- z upoštevanjem načela obrambe v globino zagotoviti več ravni obrambe, vključno z nizom fizičnih pregrad za preprečitev in, če je preprečitev neuspešna, omilitve nenadzorovanih izpustov radioaktivnih snovi v okolje, ter s kombinacijo varnostnih funkcij zagotoviti visoko učinkovitost pregrad;
- zagotoviti, da se prepreči ogroženost celovitosti posamezne fizične pregrade;
- zagotoviti, da ne bo odpovedala posamezna fizična pregrada med izvajanjem svoje funkcije;
- zagotoviti, da ne bo porušena fizična pregrada zaradi posledic porušitve druge fizične pregrade;
- zagotoviti, da nadzorni in opozorilni sistemi ustrezajo obratovalnim potrebam objekta ter obratovalnemu osebju omogočajo dobro razumevanje in učinkovit odziv ob projektnih dogodkih in nesrečah;
- zagotoviti, da projektne osnove vsebujejo zahteve o požarni varnosti, pripravljene na podlagi analize požarne nevarnosti in ob uporabi načela obrambe v globino;
- če je objekt odlagališče radioaktivnih odpadkov, zagotoviti, da v skladu s scenarijem normalnega razvoja obremenitev okolja z radioaktivnimi snovmi in sevanjem ne presega predpisanih obremenitev.

## 5.2.2 IZBIRA IN RAZVRSTITEV PREDPOSTAVLJENIH ZAČETNIH DOGODKOV V KATEGORIJE

Scenariji za odlagališče NSRAO so bili pripravljene skladno z mednarodnimi priporočili [16], [17] in dobro prakso. Bolj podroben opis izbora scenarijev je opredeljen v okviru poročil o izvedbi varnostnih analiz in preračunov, za čas obratovanja v poročilu Operational Safety Assessment Report for Scenarios, Models and Results of Calculations [18] in za čas po zaprtju v poročilu Report on initial scenarios under post – closure conditions [19]. V nadaljevanju je predstavljen povzetek metodologije izbora scenarijev in sama izbira.

Glavno merilo za razvrstitev predpostavljenih začetnih dogodkov in razvoj scenarijev je bila mednarodna praksa z postavljenimi listami začetnih dogodkov, ter strokovna presoja.

## 5.2.3 ANALIZA PREDPOSTAVLJENIH ZAČETNIH DOGODKOV

Skladno s priporočili Praktičnih smernic o vsebini varnostnega poročila [4] je izbira in razvrstitev predpostavljenih začetnih dogodkov razvrščena v dve podskupini:

- začetni dogodki za obratovanje, zapiranje in razgradnjo odlagališča
- določitev lastnosti, dogodkov procesov (FEPov) za obdobje po zaprtju odlagališča

Za izbiro začetnih dogodkov med obratovanjem (ki vključuje tudi fazo mirovanja), zapiranjem in razgradnjo odlagališča, je bila uporabljena lista začetnih dogodkov, kot jo priporoča IAEA v

GSG -3 [16] in je dopolnjena s pričakovanimi obratovalnimi dogodki, kot so definirani v dokumentu Referenčna dokumentacija - Obratovanje [20].

Za izbiro scenarijev po zaprtju odlagališča je bila pripravljena posebna baza FEPov [19], ki vsebuje FEP listo, ki izhaja iz ISAM projekta [21]. FEPi so bili pregledani in izločeni tisti, ki niso relevantni za odlagališče NSRAO Vrbinja. Iz preostalih FEPov so bili razviti ustrezni scenariji.

#### 5.2.4 IZBOR SCENARIJEV DOGODKOV ZA OBDOBJE OBRATOVANJA

Za obdobje obratovanja odlagališča NSRAO ločimo scenarij normalnega razvoja dogodkov, ki predvideva, da se vsi dogodki, procesi odvijajo skladno z načrtovanim, in da lastnosti posameznih SSK-jev ne odstopajo od načrtovanih [14] in scenarije nenormalnega razvoja dogodkov, ki se lahko dogodijo na odlagališču in med transportom.

Scenarij normalnega obratovanja in normalnega razvoja dogodkov po zaprtju odlagališča predstavlja naslednji potek dogodkov in procesov:

- Odpadki se za odlaganje pripravijo v NEK, pakirajo se v KPE, ki ustreza merilom sprejemljivosti,
- Izvede se transport odpadkov do odlagališča NSRAO (odgovoren pripravljalec odpadkov na odlaganje – NEK),
- Na odlagališču se izvede sprejem odpadkov, ki vključuje vizualno kontrolo KPE, meritev sevanja na površini KPE, preverjanje dokumentacije,
- Ob izpolnjevanju vseh zahtev se nadaljuje odlaganje. Pri tem se KPE transportira do nadstrešnice in odlagalnega silosa, kjer se KPE odloži s portalnim žerjavom na v naprej določeno pozicijo v odlagalnem silosu,
- V silosu med obratovanjem deluje drenažni sistem, ki zajema in odvaja potencialno proniklo vodo,
- V primeru scenarija SA. 3 po odložitvi slovenske polovice obratovalnih odpadkov nastopi faza mirovanja, ki predstavlja podfazo faze obratovanja – le da ni odlaganja KPE.
- Po zapolnitvi silosa (ali pa tudi že med obratovanjem) se zapolni prazne prostore med zabojniki in steno silosa s polnilnim materialom. Na vrhu odlagalne enote se izvede betonska plošča.
- Nad tem se vgradi plast gline, ki predstavlja dodatno pregrado med silosom in kvartarnim vodonosnikom (in ustrezno poruši dele silosa nad koto terena).

Pričakovani obratovalni dogodki (nenormalno obratovanje), ki bodo obvladovani preko internih pravilnikov in navodil in za katere je ocenjeno, da nimajo vpliva na jedrsko in sevalno varnost so:

- presežena avtorizirana mejna doza;
- izguba zunanjega električnega napajanja;
- okvara vozila za prevoz NSRAO na območju odlagališča;
- okvara dvigala nad silosom;
- okvara črpališča v silosu in ob kontrolnem bazenu;
- odpoved sistema za javljanje požara;
- odpoved protipožarnega sistema;
- odpoved sistema za evidentiranje podatkov o NSRAO;
- odpoved naprav za merjenje izpustov in radiološki monitoring; in
- zavrnitev pošiljke z NSRAO.

Pričakovani obratovalni dogodki so tudi anomalije pri polnjenju praznin v silosu, manjše kolizije transportnih naprav, odpovedi pomožnih sistemov (npr. ogrevanja), ipd.

Izredni projektni dogodki in nesreče (projektni dogodki) pa so:

- požar,
- padec zabojnika
- padec letala (ki vključuje eksplozijo in požar),
- teroristični napad
- potres (po potresu sledi zaustavitev obratovanja in preveritev SSK)

Za naštetе dogodke je skladno z zahtevo smernice PS 1.03 [4] potrebno analizirati:

- delovanje sistemov in orodij za manipulacijo z radioaktivnimi odpadki (poglavje 6 tega osnVP),
- delovanje sistemov in orodij za zadrževanje izpustov v okolje (poglavje 6 tega osnVP),
- delovanje sistemov za monitoring izpustov v okolje (poglavje 6 tega osnVP),
- funkcionalnost inženirskih in geoloških pregrad (poglavje 7 tega osnVP),
- program pregledovanja in vzdrževanja (poglavje 9 tega osnVP).

#### **5.2.4.1 Scenarij požara**

Požar je kot scenarij obravnavan kot posledica več začetnih dogodkov. Razdeljen je na dva podscenarija. Prvi je požar tehnološkem objektu, drugi pa požar, ki nastane zaradi padca letala na silos – v kombinaciji eksplozije. Pri tem je konzervativno privzeto, da požar zajame pakete iz najbolj aktivnih tokov odpadkov iz NEK in CSRAO. Vpliv dogodka je ocenjen za predstavnike delavcev pa tudi za prebivalstvo na tem območju. Varnostne analize opredelijo scenarij bolj podrobno, v okviru načrtovanja SSK pa naj se opredeli ustrezne projektne rešitve, ki naj omilijo posledice scenarija.

#### **5.2.4.2 Scenarij padec zabojnika**

Scenarij padca zabojnika vključuje tri podscenarije:

- Padec zabojnika s treh metrov znotraj tehnološke zgradbe,
- Padec zabojnika z višine 50 metrov in 35 metrov v silos .
- Ocenjen je vpliv dogodkov na predstavnike delavcev pa tudi na prebivalstvo na temobmočju.

#### **5.2.4.3 Scenarij eksplozije**

Scenarij eksplozije vključuje med drugim tudi začetna dogodka terorističnega napada in padec letala. V primeru terorističnega napada je privzeto, da teroristi obidejo sistem varovanja in postavijo večjo količino eksploziva znotraj tehnološkega objekta. V primeru padca letala pa je privzeto, da se na tehnološki objekt zruši srednje veliko transportno ali veliko bojno letalo. Pri tem se v tehnološkem objektu nahaja količinsko in kvalitetno najneugodnejši možni inventar, ki se lahko nahaja v tem objektu. Ocenjene so doze na posameznika v različnih oddaljenostih od eksplozije.

## **5.2.5 IZBOR SCENARIJEV RAZVOJA ODLAGALIŠČA PO ZAPRTJU**

Nominalni scenarij – scenarij normalnega razvoja dogodkov odlagališča NSRAO po zaprtju predstavlja naslednji potek dogodkov in procesov:

- Po zaprtju se prične s fazo aktivnega in pasivnega nadzora odlagalnih enot, ki traja 300 let.
- Inženirske bariere pričnejo postopno degradirati.
- Predpostavljeno je, da se v okolici odlagališča (100 m) nahaja naselje, kjer živi družina, ki za svojo oskrbo uporablja vodnjak izvrtan v kvartarni vodonosnik.

Nominalni scenarij scenarij normalnega razvoja dogodkov vsebuje tudi nekaj podscenarijev.

- Alternativen model degradacije inženirskih pregrad, kjer pregrade odpovedujejo zaporedoma,
- Upoštevanje biosfere brez vodnjaka - vsa potrebna voda se zajema iz reke,
- Upoštevanje biosfere, kjer se voda iz vodnjaka uporablja za namakanje poljščin,
- Upoštevanje biosfere, kjer se voda iz vodnjaka uporablja za napajanje živine.

Scenariji spremenjenega razvoja dogodkov po zaprtju odlagališča so:

- Zgodnja porušitev umetnih - inženirskih pregrad
- Meandriranje reke in površinska erozija
- Nenameren vdor človeka
- Sprememba hidroloških pogojev

### **5.2.5.1 Scenarij zgodnje porušitve inženirskih pregrad**

Ta scenarij predstavlja veliko število potencialnih začetnih FEPov (Features, Events, Processes), ki lahko vplivajo na sposobnost izolacije radioaktivnih odpadkov in zadrževanja radionuklidov. Ti FEP-i vključujejo naslednje začetne dogodke:

- večji potresni dogodek izven projektnih osnov,
- napake pri izdelavi ali gradnji in
- nepravilno obratovanje.

Scenarij zgodnje odpovedi je ovrednoten na enak način kot nominalni scenarij, le ob predpostavki zelo hitre degradacije fizikalnih lastnosti inženirskih komponent. Ta se prične ob koncu institucionalnega nadzora in po enem letu vse fizikalne lastnosti inženirskih pregrad, preidejo v stanje "odpovedi". Tako konservativna predpostavka je privzeta zato, da vključuje učinke različnih dogodkov in procesov, ki bi lahko vplivali na hitrost degradacije SSK-jev odlagališča.

### **5.2.5.2 Scenarij Meandriranje reke in površinska erozija**

Naravne sile ali človekova dejavnost lahko v prihodnosti vpliva na to, da se lokacija toka reke Save spremeni in ta lahko teče nad odlagališčem. V tem primeru bo prišlo do erozije dela kvartarnih plasti in spremembe hitrosti in smeri vode v kvartarnem vodonosniku. Z vidika geologije ni možno, da bi bila v 10 000 letih erozija tako močna, da bi dosegla globino silosa in odloženih odpadkov. Glavni efekt spreminjanja toka reke je spreminjanje hitrosti in smeri toka podzemne vode ob (in skozi) odlagališču.

### **5.2.5.3 Scenarij nenamernega vdora človeka**

Glede na lokacijo odlagališča in koncept odlaganja (pod podtalnico) je verjetnost za dogodek nenamernega vdora človeka zelo majhna. Glavni možni scenarij je vdor z vrtanjem, do

katerega lahko pride po koncu institucionalnega nadzora (300 let po zaprtju). Ocenjena je doza na vrtalca, kot tudi na prebivalca, ki bi po vrtanju živel na tem območju.

#### **5.2.5.4 Scenarij sprememba hidroloških pogojev**

Večje število FEP-ov vodi k spremembi regionalnih hidroloških pogojev, ki jih moramo upoštevati pri varnostni oceni. Ti FEP-i so:

- naravne ali antropogene klimatske spremembe,
- izgradnja jezov ali drugih projektov na reki Savi in
- ostali indirektni ukrepi, ki spreminjajo obnašanje podzemne vode na lokaciji.

Ključni vplivi teh sprememb na odlagališče so sprememba smeri in hitrosti toka v bližnji okolici odlagališča in kvartarnem vodonosniku.

## **5.2.6 INVENTAR RADIOAKTIVNIH ODPADKOV, ZMOGLJIVOSTI ODLAGALIŠČA IN POMOŽNIH SISTEMOV**

### **5.2.6.1 Splošne zahteve glede odpadkov**

#### **I. Predpisane zahteve sevalne in jedrske varnosti**

1) ReNPRRO16–25 [22] v poglavju 4.4. določa, da se po osnovnem scenariju, če ne bo dogovora z Republiko Hrvaško o skupnem odlaganju, v odlagališče v Vrbini odloži polovica NSRAO iz NEK (NSRAO iz obratovanja in razgradnje NEK ter drugi NSRAO, kot so zamenjana in odstranjena oprema ...). Poleg naštetega se na odlagališče odložijo še NSRAO iz CSRAO v Brinju, NSRAO iz razgradnje CSRAO ter reaktorja TRIGA Mark II ter NSRAO, ki bodo nastali pri delovanju in zapiranju odlagališča. Če bo dosežen dogovor z Republiko Hrvaško v skladu z meddržavno pogodbo BHRNEK se v skladu z razširjenim scenarijem v odlagališče v Vrbini odložijo vsi NSRAO iz NEK (NSRAO iz obratovanja in razgradnje NEK ter drugi NSRAO, kot so zamenjana in odstranjena oprema ...) skupaj z NSRAO iz CSRAO v Brinju, NSRAO iz razgradnje CSRAO ter reaktorja TRIGA Mark II ter NSRAO, ki bodo nastali pri delovanju in zapiranju odlagališča. Odlagališče je treba projektirati tako, da bodo lahko v njem odložene vse vrste NSRAO, ki bodo nastali v Sloveniji. Izjeme so lahko zgolj manjše količine dolgoživih ali drugačnih radioaktivnih odpadkov, ki bi zahtevali nesorazmerno zapletene in drage postopke priprave na odlaganje.

2) ZVISJV [23] v 93. členu določa, da mora imetnik radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva zagotoviti, da se:

- z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom ravna na predpisan način in
- v največji možni meri izogne prelaganju bremen odlaganja radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva na prihodnje generacije.

Poleg tega mora imetnik radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva mora podatke o nastajanju radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva posredovati v centralno evidenco radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva.

3) Po pravilniku JV7 [24], 4. člen odstavek (2) je potrebno radioaktivne odpadke v trdni obliki glede na stopnjo in vrsto radioaktivnosti razvrstiti v naslednje kategorije:

1. prehodni radioaktivni odpadki;
2. zelo nizko radioaktivni odpadki
3. nizko in srednje radioaktivni odpadki - NSRAO)
  - 3.1 kratkoživi NSRAO,
  - 3.2 dolgoživi NSRAO,
4. visoko radioaktivni odpadki (v nadaljnjem besedilu: VRAO)
5. radioaktivni odpadki z naravnimi radionuklidi, ki nastajajo pri pridobivanju in predelavi jedrskih mineralnih surovin ali v drugih industrijskih procesih in niso zaprti vir sevanja v skladu s predpisom, ki ureja uporabo virov sevanja in sevalne dejavnosti.

Prav tako JV7 [24] v svojem 18. členu (3) odstavek določa, da je dovoljeno odlagati le radioaktivne odpadke, ki ustrezajo merilom sprejemljivosti za sprejem v odlaganje.

- 4) Pravilnik JV5 [1] v prilogi 5, poglavje 11 določa skupne pogoje za skladišče in odlagališče. Poleg pogojev iz poglavij iz 1. do 7. točke te priloge mora odlagališče in morebitni obrati za pripravo oziroma predelavo odpadkov pred odlaganjem smiselno izpolnjevati tudi zahteve iz projektnih osnov za skladišče radioaktivnih odpadkov iz priloge 3 tega pravilnika.

Priloga 3 v poglavju 2 glede zadrževalnih pregrad in sistemov določa, da morajo radioaktivni odpadki biti pakirani na način, ki omogoča varno ravnanje z njimi brez izpustov radioaktivnosti v okolje ali obsevanja prek dovoljenih omejitev. Vsak tako narejen paket mora biti projektiran vsaj za obratovalno dobo odlagališča.

Priloga 3 v poglavju 3 glede ravnanja s paketi radioaktivnih odpadkov določa, da mora biti s projektom zagotovljena ustrezna oprema in embalaža za ravnanje s poškodovanimi paketi radioaktivnih odpadkov v doglednem času po odkritju poškodbe.

Pisni postopki upravljavca, ki opisujejo način sprejema radioaktivnih odpadkov, morajo vsebovati tudi navodila, kako varno ravnati z radioaktivnimi odpadki, ki ne ustrezajo merilom sprejemljivosti za sprejem v odlaganje.

## **II. Mednarodni standardi, načela in direktive**

Pri projektiranju naj bodo smiselno upoštevani naslednji varnostni standardi IAEA in WENRA:

IAEA:

- 1) Safety Fundamentals SF1: Fundamental Safety Principles, 2006; (2.2. Cilji varnostnih temeljev veljajo za vse objekte in dejavnosti skozi vse življenjske faze objekta ali vira sevanja, ki vključuje planiranje, izbor lokacije, načrtovanje, izdelavo, gradnjo, poskusno in redno obratovanje kot tudi razgradnjo in zaprtje. Ti vključujejo tudi predviden transport in ravnanje z radioaktivnimi odpadki.
- 2) Safety Requirements
  - General Safety Requirements GRS Part 5: Predisposal Management of Radioactive waste, 2009, določa odgovornosti za ravnanje z odpadki pred odlaganjem, korake, ki jih je potrebno izvesti pred odlaganjem ter razvoj in delovanje objektov kjer je aktivnosti pred odlaganjem potrebno izvesti. V skladu z zahtevami v poglavju 4 je potrebno vse odpadke ustrezno označiti, karakterizirati, klasificirati jih primerno obdelati ter po potrebi skladiščiti v skladu z merili sprejemljivosti in voditi evidenco nastajanja ter poskrbeti, da bodo odpadki nastajali v najmanjših možnih količinah.
- 3) Safety Guides



- General Safety Guide GS-G-3.3: The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste, 2008, podaja predloge za vzpostavitev sistema vodenja pri pripravi, ravnanju in skladiščenju RAO.
- General Safety Guide GS-G-3.4: The Management System for the Disposal of Radioactive Waste, 2008, podaja predloge za vzpostavitev sistema vodenja v predvidenih življenjskih fazah odlagališča.

#### WENRA:

- Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels [25]. V točki 2.1.5, DI-20, je predvideno, da upravljavec odlagališča v vseh življenjskih fazah odlagališča ustrezno zagotavlja, preverja in dokumentira podatke o inventarju na odlagališču sprejetih in odloženih odpadkov. V skladu z točko 2.2.3, DI-34 mora upravljavec odlagališča pri obratovanju odlagališča upoštevati značilnosti odpadkov kot so podatki o aktivnosti in proizvedeni toploti in plinih.

### III. Priporočila in študije

- 1) PS 1.03[4] v poglavju 5.2.6 določa, da je potrebno na podlagi obstoječega in pričakovanega inventarja radioaktivnih odpadkov v Republiki Sloveniji upoštevajoč mase, prostornine ter lastnosti odpadkov in ostalih podatkov, navesti zmogljivosti odlagališča ter pomožnih objektov za obdelavo in skladiščenje skupaj z dinamiko obratovanja.

Opisati je treba dinamiko, količine, vrste in kategorije radioaktivnih odpadkov:

- ob sprejemu, za vsak proces obdelave in za odlaganje (primarni RAO),
- nastajanje odpadkov pri delovanju odlagališča (sekundarni RAO) ter
- odpadkov, ki bodo nastali pri razgradnji objektov odlagališča.

Za vse vrste in kategorije odpadkov zgoraj naštetega porekla je treba podati vse podatke, na podlagi katerih bo možno ugotoviti skladnost z merili sprejemljivosti za sprejem, posamezni proces, paket, odlagalno enoto in celotno odlagališče.

Za podatke o odpadkih je poleg navedenih dejanskih vrednosti treba podati tudi vrednosti, ki so uporabljene pri varnostni analizi.

Za radioaktivne odpadke, ki nastajajo zaradi izvajanja dejavnosti na odlagališču je treba podati tudi podatke o mestih njihovega nastajanja med obratovanjem odlagališča.

Za radioaktivne odpadke, ki bodo nastali zaradi razgradnje objektov ali pri zapiranju odlagališča, je treba podati tudi informacijo o dejavnostih razgradnje, pri katerih bodo nastajali odpadki.

PS 1.03 v poglavju 11.1: merila sprejemljivosti naj bodo določena kot del obratovalnih pogojev in omejitev. Navedeni morajo biti ukrepi, če prejeti odpadki ne ustrezajo merilom sprejemljivosti. Merila sprejemljivosti se izdelajo za vsako posamezno fazo ravnanja z radioaktivni odpadki na odlagališču, kot na primer: sprejem, proces obdelave, začasno skladiščenje, paket, odlagalno enoto in odlagališče ter drugo.

### IV. Prostorski akti, mnenja in projektni pogoji

Uredba o DPN [26] določa, da se zgradi jedrski objekt za trajno odlaganje nizko- in srednje radioaktivnih odpadkov, ki nastajajo v Republiki Sloveniji, z zmogljivostjo odlaganja 9.400 m<sup>3</sup> in z možnostjo razširitve odlagalnih kapacitet odlagališča.

## V. Zahteve investitorja

- 1) V InvP Rev.C [27] je v skladu z usmeritvami dispozicije za izdelavo investicijskega programa in upoštevanje predvideno podaljšanje obratovalne dobe NEK kot osnovna količina NSRAO, ki jih bo treba odložiti (projektna vrednost), privzeta polovica celotne količine odpadkov, ki bo v NEK nastala do konca podaljšane obratovalne dobe leta 2043, tej količini pa je dodana polovica količine odpadkov iz razgradnje ter obstoječi podatki o neelektrarniških odpadkih. Podatki o količinah NSRAO iz NEK so povzeti po dokumentu Preliminary Decommissioning Plan NPP Krško, Rev. 5 [28].

### 5.2.6.2 Osnovni podatki o NSRAO

Ionizirajoče sevanje je škodljivo za živa bitja, zato moramo z radioaktivnimi odpadki ravnati tako, da preprečimo čezmerno obsevanje ljudi in okolja. Poskrbeti moramo, da radioaktivni odpadki ne povzročajo neposrednega obsevanja in preprečiti onesnaženje okolja z radionuklidi.

Individualna in kolektivna zaščita ljudi in okolja, kot osnovni cilj ravnanja z RAO in IG, se nanaša na vse objekte in dejavnosti, ter na vse faze delovanja jedrskega ali sevalnega objekta ali vira sevanja, vključno z načrtovanjem, izbiro lokacije, projektiranjem, gradnjo, obratovanjem, mirovanjem med obratovanjem, razgradnjo in zaprtjem ter dolgoročnim nadzorom in vzdrževanjem, če gre za odlagališče. Prav tako mora biti zajet tudi prevoz RAO in IG.

Za doseg osnovnega cilja ravnanja z RAO in IG se uporablja varno ravnanje, shranjevanje, skladiščenje vseh radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva v vseh fazah njihovega obstoja, čemur v skladu z določeno časovno dinamiko sledijo ustrezne trajne rešitve odlaganja. Naštete postopke pa je potrebno izpeljati učinkovito, racionalno, pregledno in v skladu z zakonodajo.

Največji delež proizvedenih radioaktivnih NSRAO v Sloveniji nastane pri obratovanju NEK. Ostali NSRAO pa nastajajo v industriji, medicini, raziskovalnih ustanovah in raziskovalnem reaktorju TRIGA. Velik delež odpadkov bo nastal tudi z razgradnjo NEK, manjši pa z razgradnjo raziskovalnega reaktorja Triga, CSRAO in samega odlagališča NSRAO in iz dejavnosti priprave odpadkov na odlaganje, ki bo potekalo v NEK.

Opadki, ki bodo v skladu z merili sprejemljivosti odloženi v odlagališče NSRAO Vrbin, Krško izvirajo iz naslednjih virov:

- iz obratovanja NEK,
- razgradnje NEK,
- razgradnje raziskovalnega reaktorja Triga,
- odpadki, ki so uskladiščeni v Centralnem skladišču RAO v Brinju in odpadki iz njegove razgradnje,
- odpadki iz obratovanja odlagališča in dejavnosti priprave odpadkov na odlaganje v NEK,
- odpadki iz razgradnje objektov in sistemov odlagališča v Vrbin ter razgradnje objektov za pripravo odpadkov na odlaganje v NEK.

Projektna rešitev odlagališča predvideva, da so na odlagališču zagotovljene odlagalne zmogljivosti za odlaganje polovice celotne pričakovane količine NSRAO iz obratovanja in razgradnje NEK ter celotno količino NSRAO, ki so uskladiščeni v Centralnem skladišču RAO v Brinju in odpadki iz njegove razgradnje, celotne količine NSRAO iz razgradnje reaktorja



TRIGA, ter celotne količine NSRAO iz priprave na odlaganje v NEK ter obratovanja in razgradnje odlagališča.

Ocene o količini nastalih odpadkov temeljijo na obstoječih virih, kot so podatkovne baze o že nastalih in skladiščenih odpadkih [29], programih oz. načrtih razgradnje in na oceni nastajanja za bodoče odpadke, ki temeljijo na predpostavkah o zgodovini obratovanja in uporabljenih postopkih obdelave in zmanjševanja prostornine in vsebujejo tudi majhno stopnjo konservativnosti. Ocenjene količine odpadkov iz NEK in iz razgradnje objektov in sistemov odlagališča v Vrbin ter dejavnosti priprave odpadkov na odlaganje v NEK vključujejo tudi del odpadkov za katere je po Pogodbi med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške o ureditvi statusnih in drugih pravnih razmerij, povezanih z vlaganjem v Nuklearno elektrarno Krško, njenim izkoriščanjem in razgradnjo (BHRNEK) [30] odgovorna Republika Hrvaška. V dokumentu je posebej označeno kjer hrvaški del odpadkov ni vključen.

Predstavljene količine odpadkov veljajo za količine odpadkov, ki se trenutno nahajajo v skladišču NEK in CSRAO, za oceno nastalih obratovalnih NSRAO v NEK in CSRAO do konca predvidene obratovalne dobe ter za ocenjene količine nastalih NSRAO, ki bodo nastali ob razgradnji jedrskih objektov in ne vključujejo sprememb prostornin zaradi postopkov obdelave in priprave v skladu z merili sprejemljivosti za odlaganje v odlagališču NSRAO Vrbin, Krško. Končne odlagalne količine NSRAO so lahko drugačne zaradi različnih postopkov priprave na odlaganje in pakiranja v končno pakirno enoto.

#### **5.2.6.2.1 NSRAO iz NEK**

Količine odpadkov so povzete za obdobje obratovanja NEK do 2043 na osnovi poročil SAC&WAC Inventory report [31][32], dokumentov pregleda in dopolnitev nanje [33], letnih poročil URSJV o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v Republiki Sloveniji [29] ter Preliminarnega načrta razgradnje NEK (PDP) [28]. Projektna količina zabojnikov za odlaganje je določena na podlagi IDZ [5].

V zadnjih desetih letih je v NEK nastajalo približno do 40 m<sup>3</sup> ali manj odpadkov letno, ki jim s postopki obdelave še dodatno zmanjšajo prostornino. V preteklih letih je bila z metodami zmanjševanja prostornine, kot so stiskanje, superkompaktiranje, sušenje, sežiganje in taljenje, zmanjšana prostornina nastalih NSRAO v NEK tako, da je bilo do konca leta 2016 skupaj v skladišču uskladiščenih 2.271 m<sup>3</sup> trdnih NSRAO s skupno aktivnostjo gama 17,1 TBq in skupno aktivnostjo alfa 0,025 TBq. Odpadke, namenjene za sežig in taljenje, izločijo in zaradi pomanjkanja prostora začasno premestijo v zgradbo za dekontaminacijo, kjer je bilo konec leta 2016 shranjenih tudi 260 paketov stisljivih NSRAO, ki so pripravljeni za naslednje pošiljanje na sežig[8], [34].

V prostoru za shranjevanje starih uparjalnikov je bilo konec leta 2014 shranjenih še dodatnih 1.001,9 m<sup>3</sup> kontaminirane opreme (vključujoč dva stara uparjalnika) [34].

##### **5.2.6.2.1.1 *NSRAO iz obratovanja NEK***

V primeru podaljšane življenjske dobe NEK do leta 2043 in na podlagi dosedanje dinamike nastajanja obratovalnih NSRAO v zadnjih nekaj letih in nadaljevanjem postopkov obdelave in predelave z namenom zmanjšanja volumna nastajanja RAO in že nastalih RAO, znaša ocenjena skupna količina nastalih obratovalnih odpadkov 3612 m<sup>3</sup> skupne aktivnosti 124 TBq. V to oceno niso vključeni odpadki, ki so shranjeni v prostoru za shranjevanje starih uparjalnikov in so na osnovi poročil SAC&WAC [31] [33] in preliminarne načrta razgradnje NEK [28] vključeni v količine odpadkov iz razgradnje NEK. Celotna količina zabojnikov, kjer je zajet

slovenski in hrvaški del za odlaganje NSRAO iz obratovanja NEK znaša 1067 N2 zabojnikov, projektna količina zabojnikov, ki vključuje le slovensko polovico NSRAO iz obratovanja NEK znaša 533 zabojnikov N2 [5].

#### 5.2.6.2.1.2 **NSRAO iz razgradnje NEK**

Z podaljšanim obratovanjem NEK do leta 2043 in predvidenem scenariju takojšnje razgradnje bo nastalo približno 5307 t NSRAO skupne aktivnosti  $2,4 \times 10^5$  TBq, ki jih bo potrebno odložiti v skladu z merili sprejemljivosti. To je ocena za primarne in sekundarne NSRAO, ki vključuje tudi aktivirane nizko in srednje radioaktivne komponente iz notranjosti reaktorja (291 t) in dele reaktorske posode (16 t). V oceni je upoštevana še količina NSRAO, ki bo nastala z obdelavo že zamenjanih starih uparjalnikov (161 t), [28]. Celotna količina zabojnikov, kjer je zajet slovenski in hrvaški del za odlaganje NSRAO iz razgradnje NEK znaša 661 N2 zabojnikov, projektna količina zabojnikov, ki vključuje le slovensko polovico NSRAO iz razgradnje NEK znaša 330 N2 zabojnikov [5].

#### 5.2.6.2.2 **Ne-elektrarniški odpadki**

##### 5.2.6.2.2.1 *NSRAO iz CSRAO*

NSRAO malih povzročiteljev nastajajo v okviru različnih dejavnosti v industriji, medicini in znanosti. Skladiščenje pred odlaganjem se izvaja v objektu CSRAO v Brinju. Odpadki so pakirani v sodih, originalni zaščitni embalaži (zaprti viri) ali kot posebni odpadki, kamor spadajo kosovni odpadki večjih dimenzij ali nepravilnih oblik. Ob koncu leta 2016 je bilo v CSRAO uskladiščeno 832 paketov z NSRAO s skupno prostornino  $92,9 \text{ m}^3$  in skupno aktivnostjo 2,8 TBq kar znaša približno 80 % zasedenosti skladišča. Glede na sedanjo ureditev skladiščenja je administrativna skladiščna zmogljivost  $115 \text{ m}^3$  RAO od tega  $107,5 \text{ m}^3$  za redne skladiščne zmogljivosti in  $7,5 \text{ m}^3$  za izredne prevzeme [8],[34].

Na osnovi večletnih izkušenj se v naslednjih letih pričakuje letne vnose RAO v CSRAO med 2 in  $3 \text{ m}^3$  ali manj, glede na to, da je večino zgodovinskih odpadkov ARAO že prevzel [8].

Skupna ocenjena količina uskladiščenih odpadkov v CSRAO znaša  $224 \text{ m}^3$  skupne aktivnosti 8,29 TBq in sicer za primer obratovanja skladišča do leta 2050 [31]. V tej oceni je upoštevana tudi količina  $2 \text{ m}^3$  RAO, ki bo predvidoma nastala ob razgradnji CSRAO [8][35]. V skladu s poglavjem 4.4 iz ReNPRRO16-25 in merili sprejemljivosti [50] bo mogoče v odlagališče NSRAO odložiti vse NSRAO iz CSRAO. Projektna količina odlagalnih zabojnikov za odložitev NSRAO, ki so uskladiščeni v Centralnem skladišču RAO v Brinju in odpadkov iz njegove razgradnje znaša 76,5 zabojnikov N2 [5].

##### 5.2.6.2.2.2 *NSRAO iz razgradnje reaktorja TRIGA*

Na podlagi izkušenj z razgradnjo raziskovalnih reaktorjev TRIGA s podobno zgodovino obratovanja in ob predpostavki, da bodo vsi odpadki pri razgradnji radioaktivni, znaša ocenjena količina nastalih NSRAO 227,5 t oz. okrog  $50 \text{ m}^3$  nepakiranih NSRAO skupne aktivnosti 5,13 TBq[31], [8] kar znaša 40,5 odlagalnih zabojnikov N2 [5].

#### 5.2.6.2.3 **NSRAO iz obratovanja in razgradnje odlagališča ter obratovanja in razgradnje objekta za pripravo NSRAO v NEK**

Ocenjena količina odpadkov, ki bodo nastali iz priprave na odlaganje v NEK in delovanja odlagališča znaša  $16 \text{ m}^3$  skupne aktivnosti 1,1 GBq, pri čemer je predpostavljeno, da polovica

teh odpadkov nastane v NEK, kjer se izvaja proces priprave na odlaganje in polovica zaradi obratovanja odlagališča [31].

Ocenjena količina nepakiranih NSRAO, ki bodo nastali pri razgradnji odlagališča NSRAO in razgradnji objektov za pripravo NSRAO na odlaganje v NEK znaša približno 31 t skupne aktivnosti 0,1 TBq[31]. Projektna odlagalna količina zabojnikov za odlaganje NSRAO iz obratovanja in razgradnje odlagališča ter obratovanja in razgradnje objekta za pripravo NSRAO v NEK znaša skupaj 10 zabojnikov N2 [5].

NSRAO iz obratovanja odlagališča in iz priprave na odlaganje	Masa v tonah
Stisljivi	2
Nestisljivi	14,1
Skupaj	16,1
NSRAO iz razgradnje odlagališča in razgradnje objektov za pripravo na odlaganje v NEK	Masa v tonah
Kontaminirane komponente	17
Kontaminiran beton	8,7
Gorljivi	1,4
Negorljivi	4,2
Skupaj	31,3

Tabela 5-1: Odpadki nastali na odlagališču NSRAO

#### 5.2.6.2.4 Ocena skupne količina odpadkov za odlaganje in odlagalne prostornine po fazah odlaganja

Zmogljivost odlagališča zadošča za odložitev polovice NSRAO, ki bodo nastali med obratovanjem NEK do leta 2043 in razgradnjo NEK (tabela 2), ter za odložitev NSRAO drugih slovenskih povzročiteljev. NSRAO, ki jih bo treba odložiti, bodo vstavljeni v 990 odlagalnih zabojnikov (projektna količina zabojnikov). Za odložitev projektne količine zabojnikov bo treba zgraditi en odlagalni silos.

vir	količina	število odlagalnih zabojnikov N2	
		celotna količina NSRAO	projektna količina NSRAO
<b>NSRAO iz NEK</b>			
obratovanje	3612 m <sup>3</sup>	1067	533
razgradnja in ostali NSRAO	4665 t	661	330
<b>NSRAO malih povzročiteljev</b>			
CSRAO	224 m <sup>3</sup>	76,5	76,5
razgradnja TRIGA	228 t	40,5	40,5
<b>Priprava na odlaganje, delovanje in razgradnja odlagališča</b>	47,4 t	18	10
<b>skupaj</b>		<b>1862</b>	<b>990</b>

Tabela 5-2: Pričakovane skupne količine NSRAO po viru nastanka [5], [28].

Za potrebe ocene odloženih količin NSRAO je privzeto, da bodo v prvi fazi delovanja odlagališča od 2022 do 2024 odloženi odpadki, ki bodo nastali do konca leta 2024, ko odlagališče preide v fazo mirovanja. Do konca leta 2024 bo tako odloženih 461 zabojnikov ali 71% vseh obratovalnih NSRAO iz NEK. Ostali obratovalni odpadki in vsi odpadki iz razgradnje NEK bodo odloženi v obdobju 2050-2061 po ponovnem začetku obratovanja odlagališča v letu 2050. Za neelektromiške odpadke iz CSRAO in TRIGE je privzeto enako razmerje kot za obratovalne odpadke iz NEK, za odpadke iz priprave na odlaganje pa enaka predpostavka kot za odpadke iz razgradnje NEK.

### 5.2.7 OBRAMBA V GLOBINO

Skladno s stopenjskim pristopom je načelo obrambe v globino v največji možni meri upoštevano že pri samem izboru koncepta odlaganja in obratovanja odlagališča NSRAO. Odlagalni koncept je tako zasnovan kot večpregradni sistem, kjer več SSK-jev opravlja enako funkcijo, za doseganje varnosti je uporabljenih več varnostnih funkcij. Z več pregradnim pristopom se zmanjšuje verjetnost neželjenih oz. nepredvidenih dogodkov. Varnostne funkcije, ki jih opravljajo posamezni SSK ji so predstavljene v poglavju 5.2.8.

Skladno z kategorizacijo in varnostno klasifikacijo, ki je podana v poglavju 5.3.10, lahko vidimo, da varnostno funkcije opravlja vzporedno več SSK-jev. Število posameznih SSK-jev, ki opravljajo posamezno varnostno funkcijo za odlagalni silos je predstavljeno v nadaljevanju.

P - fizično zadrževanje	4 SSK
C - kemično zadrževanje	4 SSK
H - hidrološki tip	7 SSK
I – vdor	5 SSK
S - strukturna stabilnost	4 SSK
Š - ščitenje	3 SSK
Su - podporna funkcija	10 SSK
V – varovanje	8 SSK

Vsak SSK je bil načrtovan tako, da izpolnjuje osnovne varnostne funkcije, kombinacija varnostnih funkcij je bile preverjena v okviru varnostnih analiz (poglavje 7), njihovo preizkušanje, vzdrževanje in obratovanje pa v poglavjih 6 in 8. V okviru varnostnih analiz je bila s scenarijem Zgodnja porušitev inženirskih pregrad preverjena tudi možnost, če bi prišlo do neizpolnjevanja varnostnih funkcij posameznih SSK-jev (inženirskih).

### 5.2.8 VARNOSTNE FUNKCIJE

#### 5.2.8.1 Pasivne in aktivne varnostne funkcije

Peti člen pravilnika JV5 [1] navaja, da je zaželeno, da se pri projektiranju jedrskega ali sevalnega objekta uporablja pasivne varnostne funkcije, saj se s tem zmanjša stopnja odvisnosti od aktivnih varnostnih funkcij, nadzora in človeškega posredovanja za zagotavljanje varnosti.

Odlagališče NSRAO je zasnovano tako, da vključuje čim več pasivnih varnostnih funkcij, kar vpliva tudi na zagotavljanje robustnosti jedrskega objekta. Varnostne funkcije so opredeljene v naslednjem poglavju.

#### 5.2.8.2 Osnovne varnostne funkcije

V nadaljevanju so povzete varnostne funkcije in zahteve, ki izhajajo iz njih. Povzete so po dokumentih v okviru izdelave varnostnih analiz [36].

Skladno z 67. točko 2. člena JV5 [1] je varnostna funkcija »učinek, ki mora biti dosežen, ali delo, ki mora biti opravljeno za zagotovitev sevalne oziroma jedrske varnosti«.

Vse varnostne funkcije, glede dolgoročne jedrske in sevalne varnosti, so razvrščene v 5 osnovnih tipov. Ti so:

- P (physical containment) - fizično zadrževanje**, preprečevanje migracije radionuklidov s fizičnimi pregradami,
- C (chemical containment) - kemično zadrževanje**, preprečevanje migracije radionuklidov s kemičnimi pregradami, z uporabo sorbcije in meje topnosti,
- H (hydrological) - hidrološki tip**; predstavljajo naravne in umetne pregrade, ki zmanjšujejo pretok podzemne vode skozi odlagališče,
- I (intrusion) - vdor**; predstavljajo naravne in umetne pregrade, ki zmanjšujejo verjetnost ali vpliv vdora človeka v odlagališče,
- S (structural stability) strukturna stabilnost**; uporaba, predvsem betonskih pregrad, za zagotavljanje strukture - geometrije odlagališča,

Dodatno so opredeljene še varnostne funkcije, ki izhajajo predvsem iz obratovalne, jedrske in sevalne varnosti. To so:

- Š (shielding) ščitenje**; predstavljajo pregrade, ki ščitijo pred sevanjem, ki izhaja iz radioaktivnih odpadkov,
- V (varovanje)**; predstavlja fizično in tehnično varovanje, ki preprečuje nenameren dostop do odpadkov in poskus zlonamernih dejanj v povezavi z radioaktivnimi odpadki,
- Su (supporting) podporna funkcija**, to ni prava varnostna funkcija, vendar SSK s to funkcijo omogoča izvedbo ostalih SSK-jev, ki opravljajo prave varnostne funkcije, podpodporne funkcije spadajo tudi postopki in navodila, ki so pripravljeni za delovanje SSK-jev.

Varnostne funkcije, ki jih morajo opravljati posamezni SSK ji, so definirane v poglavju 5.3, kjer je navedena tudi razvrstitev varnostnih funkcij pomembnih za jedrsko in sevalno varnost na pasivne in aktivne.

## 5.2.9 DETERMINISTIČNI PRISTOP K PROJEKTIRANJU

Projektiranje odlagališča se je v celoti izvajalo v skladu s konservativnim determinističnim pristopom, večji del podprt z izvajanjem izračunov in analiz za varnost pomembnih projektnih parametrov in procesov v objektu, ki nastanejo po predpostavljenih začetnih dogodkih. S presojami, analizami in izračuni je bilo preverjeno in potrjeno, da dovoljene vrednosti osnovnih varnostnih parametrov objekta niso presežene in da so zagotovljene ustrezne varnostne meje.

Način uporabe meril za doseganje ustreznih projektnih rešitev in varnostnih mej je bil odvisen od vrste projektne dejavnosti in je bil po posameznih vrstah predvsem naslednji:

1. Uporaba standardnih analiz in izračunov (npr. v skladu z Evrokod) z varnostnimi mejami v obliki standardiziranih varnostnih faktorjev;
2. Uporaba inženirsko uveljavljenih analiz (npr. hidravličnih, sevalnih) z upoštevanjem konservativnih vhodnih podatkov in z usmerjanjem projektiranja k rešitvam, ki zagotavljajo varnostno mejo (npr. povečanje premera pretočnega elementa, dodatna debelina stene); in
3. Vpeljava uveljavljenih projektnih rešitev na podlagi inženirske presoje, za katere je iz referenčnih objektov poznana ustreznost in varnostna rezerva za predvidene projektne dogodke in stanje.

## **5.2.10 NAČELO ENOJNE ODPOVEDI**

Skladno s stopenjskim pristopom je bilo načelo enojne odpovedi upoštevano pri projektiranju v smislu ohranjanja varnostnih funkcij v primeru odpovedi. Osnovne varnostne funkcije, ki so predstavljene v poglavju 5.2.8 tega osnVP predstavljajo nabor vseh varnostnih funkcij, ki jih ima odlagališče NSRAO, glede na dobro mednarodno prakso. SSK ji so projektirani tako, da jih več hkrati izpolnjuje osnovne varnostne funkcije. Posamezne operative varnostne funkcije so predstavljene v poglavju 5.3.10 tega osnVP. Večina operativnih varnostnih funkcij je pasivnih in se v primeru odpovedi ene SSK med seboj prekrivajo tako, da njeno operativno varnostno funkcijo prevzame drug SSK. Tak pristop pripomore tudi k varnemu zapiranju odlagališča.

## **5.2.11 DRUGE VARNOSTNE ZAHTEVE ALI NAČELA**

V tem poglavju so predstavljene zahteve za osnovne tehnične lastnosti odlagališča, ki se nanašajo na predvidene objekte in vse življenjske faze odlagališča. Podane so zahteve o vrsti odlagališča, njegovih potrebnih zmogljivostih ter gradnji, obratovanju in zapiranju.

Zahteve podane v tem poglavju so zahteve, ki so zapisane v strateških in investicijskih dokumentih države, se nanašajo na splošno veljavne mednarodne smernice o odlagališčih NSRAO, ki veljajo ne glede na izbrani koncept odlagališča ali pa so splošne zahteve za življenjske faze in predvidene objekte, ki so se razvile z razvojem in optimizacijo projekta izgradnje odlagališča ter spremembo zakonodaje in so povzete po Projektnih osnovah za osnutek Varnostnega poročila [2].

### **5.2.11.1 Namen gradnje odlagališča (potrebne obratovalne zmogljivosti in zahteve)**

#### **I. Predpisane zahteve sevalne in jedrske varnosti**

- 1) Namen gradnje odlagališča, potrebne obratovalne zmogljivosti in funkcionalne zahteve so določene v ReNPRRO16-25 [8]:

Odlagališče mora biti opremljeno s tehnološkimi sistemi in napravami, ki so po tehnični plati nujno potrebni za odlaganje že pripravljenih odlagalnih zabojnikov. Priprava vseh NSRAO na odlaganje poteka v NEK, ki poskrbi tudi za prevoz zabojnikov, pripravljenih za odlaganje, do odlagališča. Za pripravo na odlaganje se uporabljajo odlagalni zabojniki, ki omogočajo razmeroma enostaven prevoz in ravnanja z njimi. Optimizirana zasnova odlagališča omogoča širitev odlagališča tako glede odlagalne zmogljivosti kot tudi glede zmogljivosti tehnoloških sistemov in naprav. Odlagališče bo grajeno postopno in z modularno gradnjo, ki bo omogočala prilagajanje potrebnim odlagalnim zmogljivostim, ponoven začetek obratovanja po obdobju mirovanja odlagališča in prilagajanje dejavnikom, ki lahko vplivajo na gradnjo, zmogljivost in delovanje odlagališča, kot so novi načini in tehnike odlaganja odpadkov, izboljšane ocene količine NSRAO iz razgradnje.

Pripravo vseh NSRAO na odlaganje v NEK omogoča ZVISJV [23], ki v 95. členu upravljavcu jedrskega objekta dopušča skladiščenje in obdelavo radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva za potrebe izvajalca obvezne državne gospodarske javne službe ravnanja z radioaktivnimi odpadki, če za tako ravnanje pridobi dovoljenje organa, pristojnega za jedrsko varnost.



## **II. Prostorski akti, mnenja in projektni pogoji**

1) V 5. členu Uredbe o DPN [26] je določena namembnost območja odlagališča:

- Na območju državnega prostorskega načrta se zgradi jedrski objekt za trajno odlaganje nizko- in srednje radioaktivnih odpadkov, ki nastajajo v Republiki Sloveniji.
- Odlagališče obsega vhodni del, ožje območje odlagališča in proste površine.

7. člen te uredbe med drugim določa, da se:

- Odlagališče izvede z zmogljivostjo odlaganja 9400 m<sup>3</sup> odpadkov, ki nastajajo v Republiki Sloveniji.
- Odpadki odložijo v odlagalne zabojnike, ti pa v odlagalna silosa, od katerih ima vsak koristno prostornino 20.000 m<sup>3</sup> in dno na globini 50–60 m glede na koto nasipa. Odlagalna silosa se umestita zahodno od tehnološkega objekta, ob južni meji območja državnega prostorskega načrta.
- Nad vsakim odlagalnim silosom se že pred začetkom gradnje postavi hala tlorisnih dimenzij največ 60 m × 41 m in višine največ 20 m. Po zaprtju silosa se hala odstrani.

38. člen določa dopustna odstopanja funkcionalnih, oblikovalskih in tehničnih rešitev, določenih s to uredbo, tudi za število in velikost silosov ter količine odpadkov:

- Velikost in število silosov se lahko spremenita, če se med nadaljnjimi raziskavami in načrtovanjem izkaže, da je to zaradi naknadno ugotovljenih geoloških, geomehanskih in hidrogeoloških lastnosti mikrolokacije ter zaradi preostalih tehnološko-tehničnih zahtev za odlaganje radioaktivnih odpadkov potrebno oziroma bolj smiselno.
- Dopustna so odstopanja od podatkov, prikazanih v kartografskih prilogah, in od količin, določenih s to uredbo, ki so posledica natančnejše stopnje obdelave projektov in rezultatov varnostnih analiz.

2) URSJV, priporočila in projektni pogoji k DPN, 1.B.15.

Potrebne kapacitete odlagališča naj bodo jasno opredeljene kot vhodni podatek v varnostne analize. Poleg inventarja NSRAO iz obratovanja in razgradnje NEK naj se pri načrtovanju kapacitet odlagališča in izdelavi varnostnih analiz upošteva možnost podaljšanja življenjske dobe NE Krško do leta 2043, možnost gradnje nove jedrske elektrarne, odpadke iz Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov in raziskovalnega reaktorja TRIGA v Brinju ter druge radioaktivne odpadke, ki nastajajo v Sloveniji.

## **III. Zahteve investitorja**

1) Študija Razvoj rešitev tehnologije odlaganja [37] predlaga smiselno alternativo privzetih rešitev v IDP kot optimizacije rešitev pri katerih je investicija zmanjšana v največjem možnem obsegu, obratovanje odlagališča pa skrajno optimizirano. Zahteve za optimizacijo rešitev so naslednje:

- odlagališče je opremljeno le s tehnološkimi sistemi in napravami, ki so (po tehnični plati) nujno potrebni za odlaganje že pripravljenih odlagalnih zabojnikov;

- priprava NSRAO na odlaganje se ne izvaja na lokaciji odlagališča NSRAO;
  - za pripravo na odlaganje se uporablja odlagalne zabojnike, ki zagotavljajo relativno enostavno izvedljivost transporta in ravnanja z njimi;
  - število redno zaposlenih na odlagališču je kar se da majhno; ter
  - optimirana zasnova odlagališča omogoča širitev odlagališča; tako glede odlagalne zmogljivosti kot tudi glede zmogljivosti tehnoloških sistemov in naprav.
- 2) V InvP Rev.C [27] je določeno, da mora zmogljivost odlagališča zadoščati za odložitev polovice NSRAO, ki bodo nastali med obratovanjem in razgradnjo NEK, ter za odložitev vseh NSRAO drugih slovenskih povzročiteljev. Za odložitev projektne količine zabojnikov bo treba zgraditi en odlagalni silos.
- 3) Po Inventory report [31] mora predvidena projektna odlagalna zmogljivost odlagališča zadoščati za 12000 t nepripravljenih NSRAO.

#### **5.2.11.2 Zahteve glede tehnoloških zmogljivosti in drugih lastnosti odlagališča**

##### **I. Predpisane zahteve sevalne in jedrske varnosti**

- 1) Po 6. členu JV5[1] je pri projektiranju jedrskega objekta zaželeno uporabljati pasivne varnostne funkcije in s tem zmanjšati stopnjo odvisnosti od aktivnih varnostnih funkcij, nadzora in človeškega posredovanja za zagotavljanje varnosti.

Investitor ali upravljavec odlagališča mora projektirati odlagališče tako, da so tehnične pregrade fizikalno in kemično skladne med seboj, z odloženimi odpadki in lastnostmi lokacije.

Po prilogi 3 in 5 pravilnika JV5 morajo biti SSK, pomembni za varnost, projektirani tako, da zdržijo vplive naravnih pojavov, kakršni so potresi, tornadi, udari strel ali poplave, vključno s kombinacijo naštetega, in da preprečijo masivno zrušitev struktur objektov ali padce težkih predmetov zaradi te zrušitve na radioaktivne odpadke ali na SSK, pomembne za varnost. SSK za ravnanje s paketi morajo biti projektirani z upoštevanjem ukrepov za varstvo pred ionizirajočim sevanji, enostavnega vzdrževanja ter zmanjševanja verjetnosti in posledic dogodkov in nesreč. V odlagališču mora biti zagotovljena ustrezna oprema in embalaža za ravnanje s poškodovanimi paketi radioaktivnih odpadkov v kratkem času po odkritju poškodbe.

V odlagališču morajo biti zagotovljene rezervne skladiščne zmogljivosti ob izrednih dogodkih in poskrbljeno za ustrezne prezračevalne sisteme, ki zagotavljajo zadrževanje zračnih radioaktivnih delcev med normalnimi in nenormalnimi dogodki. Zadrževalni sistemi morajo imeti zagotovljen redni monitoring v takšnem obsegu, da upravljavec objekta lahko zazna, kdaj so potrebni popravni ukrepi za vzdrževanje varnega skladiščenja.

- 3) V skladu z Uredbo o območjih omejene rabe prostora zaradi jedrskega objekta in o pogojih gradnje objektov na teh območjih (UV3, Uradni. list. RS št. 36/2004, 1003/2006, 92/2014) mora biti središče jedrskega objekta od obstoječih in predvidenih površin za pozidavo oddaljeni najmanj za razdaljo, ki določa najmanjšo velikost širšega območja nadzorovane rabe in ga določi URSJV glede na največji projektni izpust radioaktivnih snovi iz jedrskega objekta v postopku izdaje soglasja o sevalni in jedrski varnosti.

##### **II. Mednarodni standardi, načela in direktive**



- 1) Iz dokumenta IAEA Safety Standards Series (SSS), No. SSR-2/1, Specific Safety Requirements - Safety of Nuclear Power Plants: Design, 2012, izhajajo zahteve, da morajo biti objekti, sistemi in komponente, vključno s programsko opremo za vodenje in nadzor, ki so pomembni za jedrsko in sevalno varnost najprej identificirani in nato razvrščeni glede na njihovo pomembnost za varnost. Objekti, sistemi in komponente, pomembne za jedrsko in sevalno varnost, morajo biti projektirani, zgrajeni in vzdrževani tako, da njihova kakovost in zanesljivost ustreza njihovi razvrstitvi.

### **III. Prostorski akti, mnenja in projektni pogoji**

- 1) V 6. členu Uredbe o DPN je določena namembnost posameznih delov odlagališča.

Na območju za odlaganje odpadkov se umestita odlagalna objekta – dva vkopana silosa z dostopnim jaškom in revizijskimi hodniki. Silos je zaključen s halo in spremljajočimi manipulacijskimi površinami. Del območja za odlaganje odpadkov je predviden za razširitev odlagalnih kapacitet odlagališča.

7. člen te uredbe med drugim določa da:

- Se objekti na vhodnem delu, upravno-servisnem delu odlagališča ter na območju za obdelavo in pripravo odpadkov na odlaganje dimenzionirajo in umestijo v prostor glede na gradbeno-tehnične zahteve in zmožljivost odlagališča ter se načrtujejo kot samostojne zgradbe ali skupaj v sklopu enega ali več objektov.
- Umestitev odlagalnih in drugih objektov je dovoljena na površinah določenih za gradnjo objektov. Gradbena meja, prek katere objekti odlagališča ne smejo posegati, je prikazana v grafičnem delu tega državnega prostorskega načrta.
- Na robu ožjega območja odlagališča se postavi transparentna ograja. Območje za odlaganje odpadkov ter objekti za obdelavo in pripravo odpadkov na odlaganje se zavarujejo z dodatno ograjo. Višina in natančna lokacija ograj se določita v elaboratu fizičnega varovanja odlagališča.

Zgoraj podane zahteve iz Uredbe o DPN je potrebno upoštevati skladno z drugimi zahtevami in razvojem projekta, ki predvideva izgradnjo enega odlagalnega silosa v primeru osnovnega scenarija in dveh odlagalnih silosov v primeru razširjenega scenarija ob pogoju, da bo z Republiko Hrvaško dosežen dogovor o skupnem odlaganju.

- 2) URSJV, priporočila in projektni pogoji k DPN, 1.B.15.

V nadaljnjih analizah je potrebno uporabiti dejanski inventar vseh NSRAO v Sloveniji in posvetiti več pozornosti vsebnosti radionuklidov, ki relativno največ prispevajo k sevalni obremenitvi okolja.

#### **5.2.11.3 Zahteve glede faznosti gradnje in delovanja odlagališča**

##### **I. Predpisane zahteve sevalne in jedrske varnosti**

- 1) V ReNPRRO16-25 [8], strategija številka 4, je za osnovni in razširjen scenarij odlagališča predvidena dinamika obratovanja, mirovanja, razgradnje, zapiranja ter izvajanja dolgoročnega nadzora in vzdrževanja odlagališča.

- 2) Po 4. členu JV5[1] mora investitor, ki namerava graditi sevalni ali jedrski objekt, ali upravljavec, ki namerava tak objekt razgraditi v projektnih osnovah zagotoviti, da bodo spoštovana varnostna določila iz Varnostnega poročila, upoštevajoč vse življenjske faze objekta: projektiranje, gradnjo, poskusno obratovanje, obratovanje, prenehanje obratovanja, mirovanje, razgradnjo, zaprtje odlagališč, v primeru dolgoročnega nadzora odlagališč pa mora to zagotoviti izvajalec dolgoročnega nadzora. Faza mirovanja v primeru odlagališča je vmesna faza med obratovanjem in zaprtjem ali ponovnim obratovanjem odlagališča, ki je namenjena optimizaciji obratovanja odlagališča. V fazi mirovanja mora biti odlagališče v varnem stanju objekta v katerem so zagotovljene varnostne funkcije.

Če se gradnja, obratovanje, razgradnja ali zaprtje na odlagališču izvajajo hkrati, se morajo dela izvajati tako, da nimajo negativnega vpliva na obratovalno varnost in varnost po zaprtju.

Upravljavec odlagališča mora med gradnjo in obratovanjem objekta zbirati informacije, ki lahko prispevajo k vedenju o lastnosti lokacije in odzivu lokacije na prisotnost odlagališča.

## **II. Mednarodni standardi, načela in direktive**

- 1) IAEA Technical Report Series no. 417: Considerations in the Development of Near Surface Repositories for Radioactive Waste, 2003 v poglavju 2.2. določa življenjske faze v delovanju odlagališča NSRAO:

- Predobratovalna faza, ki obsega izbiro odlagalnega koncepta, iskanje in določitev lokacije ter predvsem postopke pridobivanja zahtevanih dovoljenj in gradnje odlagališča. Običajno faza traja od 5 do 10 let, lahko tudi več.
- Obratovalna, kjer je odlagališče odprto in deluje oz. obratuje. Paketi z RAO, ki ustrezajo merilom sprejemljivosti so sprejeti na lokacijo in odloženi v odlagalne module. Hkrati obratujejo vsi pomožni objekti in sistemi za obdelavo in pripravo odpadkov. Ob koncu obratovalnega obdobja je potrebno pričeti s postopki za zaprtje. Sledi razgradnja objektov in sistemov ter odlaganje kontaminiranih materialov. Odlagališče se običajno zatesni in namesti ustrezen prekrov. V času zaprtja je potrebno izvajati nadzor, ki je lahko aktiven npr. v obliki monitoringa, vzdrževanja sanacije, ... in pasiven z omejevanjem dostopa do odlagališča ali hrambe zapisov o delovanju odlagališča. Običajno faza traja od 30 do 50 let, lahko tudi več.
- Faza po zaprtju z izvajanjem načrta dolgoročnega nadzora in vzdrževanja po odločbi organa pristojnega za jedrsko in sevalno varnost. Za preprečitev vdorov na odlagališče je potrebno zagotavljati kontroliran dostop na lokacijo odlagališča.

- 2) Potrebno je upoštevati priporočila iz dokumenta IAEA-TECDOC-1256: Technical considerations in the design of near surface disposal facilities for radioactive waste, 2001, glede izgradnje odlagališča, ki se nanašajo predvsem na postopke gradnje in izbiro materialov za gradnjo ter materialov za polnila iz poglavja 3.4.1, in priporočila glede obratovanja odlagališča v poglavju 3.4.2 o obdelavi, pripravi RAO, transportu ter vzdrževanju aktivnih in pomožnih sistemov odlagališča. Obdelavo in pripravo odpadkov na odlaganje je mogoče izvajati tudi na lokaciji nastajanja odpadkov.

## **III. Prostorski akti, mnenja in projektni pogoji**

- 1) Poglavje IX. Uredbe o DPN omogoča etapnost izvedbe prostorske ureditve. Etape morajo biti funkcionalno zaključene celote ter se lahko gradijo in uporabljajo ločeno ali sočasno.

#### **IV. Zahteve investitorja**

- 1) V InvP Rev.C [27] je glede obratovanja odlagališča privzeta rešitev s prekinitvijo obratovanja po odložitvi razpoložljivih odpadkov in s ponovnim zagonom odlagališča v fazi razgradnje NEK. Za osnovni scenarij za odlagališče so privzeta naslednja časovna obdobja delovanja:

- Faza načrtovanja odlagališča do pridobitve gradbenega dovoljenja za jedrski objekt se je začela v letu 2010 in bo zaključena s pridobitvijo gradbenega dovoljenja za jedrski objekt;
- Faza triletna gradnje odlagališča po pridobitvi gradbenega dovoljenja;
- Faza dveletnega poskusnega obratovanja ob koncu katere bo pridobljeno uporabno dovoljenje in na podlagi tega dovoljenje za obratovanje;
- Faza rednega obratovanja z začetkom leta 2022, ki traja do leta 2024, ko bodo odloženi vsi NSRAO iz NEK in drugi slovenski NSRAO, ki bodo ustrezali merilom sprejemljivosti. Odlagališče bo v letu 2025 prešlo v fazo mirovanja. Odlagališče bo začelo ponovno obratovati leta 2050 in bo delovalo ves čas razgradnje do leta 2061.
- Faza mirovanja v letu 2025, ko bo odlagališče v stanju mirovanja vse do ponovnega obratovanja 2050
- Faza zapiranja in razgradnje odlagališča 2061-2062, v letu 2061 se bo izvedla razgradnja odlagališča in v letu 2062 zapiranje odlagališča;
- Faza priprave na oddajo odlagališča v dolgoročni nadzor po zaprtju odlagališča
- Faza izvajanja aktivnega dolgoročnega nadzora, ki bo trajal od nekaj deset let do največ 300 let po zaprtju (dolžina bo določena na podlagi varnostne analize);
- Faza pasivnega dolgoročnega nadzora, ki bo trajal največ 500 let po zaprtju odlagališča (dolžina bo določena na podlagi varnostne analize);
- Faza neomejene rabe lokacije odlagališča po koncu pasivnega nadzora, ko preide območje odlagališča v neomejeno rabo.

- 2) V časovnem obdobju mirovanja odlagališča je potrebno predvideti zmanjšan obseg posameznih funkcij odlagališča do takšne mere, kot so nujno potrebne, da se zagotovi varno mirovanje odlagališča do naslednje faze odlaganja [4].

##### **5.2.11.4 Zahteve glede zapiranja in razgradnje (pripravljenost na razgradnjo)**

#### **I. Predpisane zahteve sevalne in jedrske varnosti**

- 1) Po ZVISJV [23] razgradnja objektov vključuje postopke dekontaminacije in odstranitev objekta ali postopke demontaže ter odstranitev radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva iz objekta, zaprtje odlagališča, ki sledi končani razgradnji odlagališča pa je dokončanje vseh ukrepov, ki jih je treba izvesti za zagotovitev dolgoročne varnosti odlagališča. Po 61. členu mora imeti upravljavec jedrskega objekta za izvajanje predpisanih ukrepov sevalne ali jedrske varnosti zagotovljena finančna sredstva do zaključka razgradnje in za njegov dolgoročni nadzor po njegovem zaprtju. Sredstva morajo biti zadostna tudi za plačilo vseh stroškov ravnanja z radioaktivnimi odpadki, ki nastajajo med njegovo razgradnjo ali dekontaminacijo.

- 2) V skladu z ReNPRRO16-25 [8] bo za osnovni in razširjen scenarij glede na analizo potreb po nadaljnjem odlaganju, odločeno, ali odlagališče obratuje še po letu 2061 ali pa se v letu 2062 zapre ter se začeta izvajati dolgoročni nadzor in vzdrževanje.
- 3) Skupna konvencija o varnosti ravnanja z izrabljenim gorivom in varnosti ravnanja z radioaktivnimi odpadki (MKVIGRO) [38] v 13. členu določa, da mora Republika Slovenija kot pogodbenica pri izbiri lokacije predlaganih objektov sprejeti primerne ukrepe, s katerimi zagotovi, da se določijo in izvedejo postopki za predlagani objekt za ravnanje z radioaktivnimi odpadki za ovrednotenje vseh bistvenih dejavnikov v zvezi z lokacijo, ki lahko vplivajo na varnost takšnega objekta med njegovo obratovalno življenjsko dobo, kot tudi v zvezi z odlagališčem po zaprtju.

MKVIGRO[38] v 14. členu med drugim določa, da:

- so v fazi projektiranja upoštevani konceptualni načrti, in če je treba, tehnični ukrepi za razgradnjo objekta za ravnanje z radioaktivnimi odpadki, ki ni odlagališče odpadkov,
- so v fazi projektiranja pripravljeni tehnični ukrepi za zaprtje odlagališča.

V 16. členu o obratovanju objektov je navedena zahteva, da mora Republika Slovenija kot pogodbenica sprejeti primerne ukrepe, s katerimi zagotovi, da:

- se pripravijo in dopolnijo načrti za razgradnjo objekta za ravnanje z radioaktivnimi odpadki, kjer je treba, ob uporabi informacij, pridobljenih med obratovalno življenjsko dobo določenega objekta, ter da jih pregleda upravni organ;
- se pripravijo in dopolnijo načrti za zaprtje odlagališča, če je treba, ob uporabi informacij, pridobljenih med obratovalno življenjsko dobo določenega objekta, ter da jih pregleda upravni organ.

- 4) Pravilnik JV5[1] v 12. členu določa pripravljenost objekta na razgradnjo:

- Projekt sevalnega ali jedrskega objekta mora biti pripravljen tako, da se omogoči njegova razgradnja po zaključku njegovega obratovanja s čim manjšo sevalno obremenitvijo osebja in prebivalstva ter da se med razgradnjo prepreči nepotrebna kontaminacija okolja.
- S projektom sevalnega ali jedrskega objekta je treba zagotoviti, da se ohranijo vsi podrobni podatki o objektu, potrebni za njegovo razgradnjo, ki nastajajo v vseh fazah objekta, od umeščanja v prostor, projektiranja, gradnje, poskusnega obratovanja in obratovanja do prenehanja obratovanja, in sicer najmanj podatki o uporabi objekta, dogodkih in nesrečah, inventarju radionuklidov, hitrosti doz in ravneh kontaminacije.
- Podatki iz prejšnjega odstavka morajo zagotavljati, da so projekt in spremembe sevalnega ali jedrskega objekta ter zgodovina obratovanja ustrezno vključeni v program razgradnje objekta.

Po 49. členu JV5 mora upravljavec jedrskega objekta v vseh fazah njegovega obratovanja in razgradnje voditi evidence, s katerimi zagotovi, da so vse količine radioaktivnih snovi v objektu znane, zaradi česar je olajšana razgradnja Po 50. členu JV5 mora program razgradnje temeljiti na varnostnih analizah, oceni radiološkega stanja objekta in najnovejših podatkih o objektu. Pri pripravi programa razgradnje je treba za zagotavljanje sevalne in jedrske varnosti uporabiti stopenjski pristop: strategijo razgradnje in ustrezne načrte je treba

prilagoditi zahtevnosti objekta, vrsti radioaktivnih snovi v njem in času v življenjski dobi objekta, v katerem se program izdeluje.

Program razgradnje mora biti pripravljen, pregledan in posodobljen v skladu z 50. in 51. členom JV5[1].

Po JV5 mora investitor ali upravljavec odlagališča projektirati odlagališče tako, da upošteva morebitne spremembe oziroma motnje v odlagalnem sistemu, ki bi lahko vplivale na varnost po zaprtju in zagotoviti, da med razgradnjo nastaja čim manjša količina in aktivnost radioaktivnih odpadkov.

## **II. Mednarodni standardi, načela in direktive**

- 1) IAEA Safety Standards Series, No. SSR-5, [10] v zahtevi št. 19 o zapiranju objektov za odlaganje določa, da se naj odlagališče zapre na način, ki zagotavlja varnost za tiste varnostne sisteme, ki so bili identificirani kot pomembni za jedrsko in sevalno varnost tudi po zaprtju. Zaprtje mora biti obravnavano že v začetni zasnovi objekta in ga je potrebno posodobljati z razvojem projektne dokumentacije. Pred pričetkom gradbenih aktivnosti mora biti dovolj dokazov, da bodo npr. materiali za polnila, tesnila, in drugi delovali skladno z projektnimi zahtevami. Odlagališče se mora zapreti v skladu s pogoji določenimi za zaprtje, ki jih je določil in potrdil organ pristojen za jedrsko varnost v dovoljenju za zaprtje odlagališča. Postopek zatesnitve praznin s polnilom in namestitve kape z nizkoprepustnim materialom, se lahko odloži za določeno obdobje po končanem obratovanju odlagališča, da se npr. omogoči nadzor za oceno nujnih vidikov povezanih z varnostjo po zaprtju ali iz razlogov, ki se nanašajo na sprejemljivosti javnosti.
- 2) Projektant naj upošteva zahteve podane v IAEA General Safety Requirements Part 6, No. GSR Part 6, Decommissioning of Facilities, 2014, kjer je določeno, da razgradnja objektov vključuje tehnične in administrativne postopke skupaj z dekontaminacijo in odstranitvijo objektov ali postopkov demontaže, ki omogočajo nadaljnje postopke zapiranja odlagališča. V primeru razgradnje odlagališča ni predvidena odstranitev objektov v katere so odloženi radioaktivni odpadki in izrabljeno gorivo kot so npr. odlagalne celice ali moduli, odlagalni silos, odlagalni zabojniki in vsebniki. Planiranje razgradnje jedrskega objekta se mora začeti že v fazi načrtovanja objekta in se nadaljevati v vseh nadaljnjih življenjskih fazah objekta do končne razgradnje. V vseh življenjskih fazah objekta ja z namenom priprave ustreznega programa razgradnje potrebno hraniti in posodabljati različne zapise in poročila o izgradnji in obratovanju objekta ter vse nastale spremembe.

## **III. Priporočila in študije**

- 1) PS 1.03 [4] v poglavju 12 določa, da mora biti odlagališče zaprto na takšen način, da ne bodo nikoli presežene predpisane dozne omejitve za posameznika iz prebivalstva po zaprtju odlagališča. To je treba dokazati z varnostnimi analizami na način, ki bo jasno razumljiv.

### **5.2.11.5 Zahteve glede dolgoročnega nadzora odlagališča**

#### **I. Predpisane zahteve sevalne in jedrske varnosti**

- 1) ZVISJV [39] v 73. členu določa da se mora z načrtom dolgoročnega nadzora objektov odlagališča prikazati:

obseg in vsebino obratovalnega monitoringa radioaktivnosti za odlagališče in monitoringa naravnih pojavov, ki vplivajo na dolgoročno stabilnost odlagališča, in delovanje posameznih delov odlagališča,

merila, na podlagi katerih se glede na rezultate obratovalnega monitoringa iz prejšnje alineje in inšpekcijskega nadzora odloča o izvedbi vzdrževalnih del na odlagališču.

- 1) 2) Po 25. členu JV5 [1] mora investitor k vlogi za pridobitev soglasja h gradnji odlagališča radioaktivnih odpadkov ali izrabljenega goriva med ostalim priložiti tudi Varnostno poročilo o objektih odlagališča za obdobje po njegovem zaprtju, načrt dolgoročnega nadzora objektov odlagališča in finančna jamstva za plačilo stroškov dolgoročnega nadzora odlagališča po njegovem zaprtju. Po 43. členu JV5 je potrebno v Varnostno poročilo sevalnega ali jedrskega objekta, ki se gradi, poskusno obratuje, obratuje, je prenehal obratovati ali se razgrajuje, vključiti načrt dolgoročnega nadzora za odlagališče radioaktivnih odpadkov. Varnost po zaprtju odlagališča in obdobju dolgoročnega nadzora mora biti načrtovana in zagotovljena izključno pasivno.

Izvajalec dolgoročnega nadzora odlagališča mora zagotoviti, da bodo po zaprtju odlagališča ob izvajanju dolgoročnega nadzora in vzdrževanja spoštovana varnostna določila iz varnostnega poročila.

V skladu s 56. členom JV5 za hranjenje dokumentarnega gradiva jedrskih objektov mora izvajalec dolgoročnega nadzora zaprtega odlagališča roke hranjenja dokumentarnega gradiva določiti v internih aktih v skladu s pomembnostjo za sevalno in jedrsko varnost in ga hraniti v ustreznih klimatskih razmerah, zavarovano pred vlomom, požarom, vodo, biološkimi, kemičnimi, fizikalnimi in drugimi škodljivimi vplivi, ter zagotavljati dostopnost ves čas trajanja hrambe.

- 3) JV10 [40] v 26. členu zahteva, da se obseg in trajanje poobratovalnega monitoringa radioaktivnosti določi glede na pričakovani vpliv na okolje v okolici zaprtega sevalnega ali jedrskega objekta. Izvajanje poobratovalnega monitoringa radioaktivnosti URSJV določi v soglasju k vlogi za izdajo dovoljenja za prenehanje obratovanja sevalnega ali jedrskega objekta.
- 4) MKVIGRO [38] v 13. členu določa, da mora vsaka pogodbenica pri izbiri lokacije predlaganih objektov sprejeti primerne ukrepe, s katerimi zagotovi, da se določijo in izvedejo postopki za predlagani objekt za ravnanje z radioaktivnimi odpadki za ovrednotenje verjetnih varnostnih učinkov takšnega objekta na posameznike, družbo in okolje ob upoštevanju možnega razvoja pogojev na lokaciji odlagališča po zaprtju.

Glede na 15. člen vsaka pogodbenica sprejme primerne ukrepe, s katerimi zagotovi, da se pred začetkom gradnje odlagališča opravita sistematična varnostna in okoljska presoja za obdobje po zaprtju in se rezultati ovrednotijo po merilih, ki jih določi upravni organ.

V 17. členu so določeni institucionalni ukrepi po zaprtju s katerimi upravljavec odlagališča zagotovi, da se po zaprtju odlagališča:

- ohrani dokumentacija o lokaciji, projektu in inventarju tega objekta, ki jih zahteva upravni organ;
- izvede aktivni ali pasivni institucionalni nadzor, kot so nadzorovanje ali omejitve dostopa, če je potrebno, in
- če se ob aktivnem institucionalnem nadzoru odkrije nepredvideni izpust radioaktivnih snovi v okolje se, če je potrebno, izvajajo intervencijski ukrepi.



## II. Mednarodni standardi, načela in direktive

1) IAEA Safety Standards Series, No. SSR-5 [10] v zahtevi št. 22 pod točkami 5.6., 5.7 in 5.8 določa, da dolgoročna varnost ne sme biti odvisna samo od aktivnega nadzora in je potrebno projektirati tudi pasivne kontrole oz. sisteme kot so oznake, hramba zapisov, zaščitne ograje..., da se npr. zmanjša možnost nepooblaščenega dostopa in zunanjih vdorov na lokacijo. Tveganje za slednje je potrebno zmanjšati še s pravilno izbiro lokacije in načrtov objektov (točka 5.10).

2) IAEA TECDOC-1572: Disposal Aspects of Low and Intermediate Level Decommissioning Waste, [41] v poglavju 4.1.2 o institucionalnem nadzoru po zaprtju odlagališča določa, da je ta sestavljen:

iz aktivne faze, ki vključuje nadzor in vzdrževanje odlagališča, spremljajočih objektov in, če je potrebno tudi sanacijske ukrepe  
in pasivna faze, ki omejuje uporabo aktivnosti in prostora na območju odlagališča.

Pričakovano trajanje institucionalnega nadzora po zaprtju lahko traja največ nekaj sto let in je običajno natančno določeno v nacionalni strategiji za ravnanje z RAO. V večini držav obdobja nadzora trajajo od 50 let za zelo nizko radioaktivne odpadke in do 300 let za nizko in srednje radioaktivne kratkožive RAO.

3) IAEA Technical Report Series no. 417: Considerations in the Development of Near Surface Repositories for Radioactive Waste [42] v poglavju 2.2.3. določa, da je v obdobju po zaprtju odlagališča vsako odstopanje v delovanju odlagalnega sistema od pričakovanega, ki se pokaže v času izvajanja nadzora in vzdrževanja potrebno ustrezno raziskati in sanirati. Ob koncu trajanja institucionalnega nadzora po zaprtju se pričakuje, da bo aktivnost v odpadkih padla na sprejemljive vrednosti in odlagališče več ne bo predstavljalo tveganja za ljudi in okolje.

Trajanje aktivnega in pasivnega nadzora mora biti določeno na osnovi več faktorjev oz. lastnosti:

Opadkov,  
Lokacije,  
Zasnovi objektov in sistemov ter,  
Potrebnih stroškov.

Institucionalni nadzor odlagališča je običajno potreben in učinkovit največ nekaj stoletij.

4) Potrebno je upoštevati smernice, ki se nanašajo na odlagališča NSRAO v dokumentu IAEA Safety Standards for protecting people and the environment: Monitoring and Surveillance of Radioactive Waste Disposal Facilities, Specific Safety Guide No. SSG-31 [43]. Dolgoročni nadzor mora vključevati načrt prehoda iz aktivnega nadzora odlagališča v pasivni nadzor. Projekt razvoja in izgradnje odlagališča mora med drugim predvideti tudi kdaj bodo doseženi pogoji za odpravo aktivnega nadzora in vzdrževanja odlagališča, ko bo dolgoročna varnost zagotovljena z omejitvami rabe prostora in bo radiotoksičnost odpadkov predstavljala dopustno razumno tveganje v primeru scenarija nenamernega človeškega vdora.

## III. Priporočila in študije

- 1) PS 1.03 [4] v poglavju 12.1 določa, da je obvezni sestavni del Varnostnega poročila, glede na 43. člen pravilnika JV5 [1] tudi načrt dolgoročnega nadzora odlagališča. V tem poglavju naj bo podan povzetek načrta dolgoročnega nadzora. Za posamezno obdobje dolgoročnega nadzora je potrebno definirati njegovo trajanje.

Načrt dolgoročnega nadzora ureja:

- aktivni dolgoročni nadzor odlagališča, ki zajema monitoring stanja odlagališča in sanacijske ukrepe, če so ti potrebni in
- pasivni dolgoročni nadzor, ki vsebuje in obsega način in oblike označevanja lokacije odlagališča, hrambo in dostopnost osnovne dokumentacije o zapiranju odlagališča ter druge podatke, potrebne za izvedbo s projektom predvidenih ukrepov za izolacijo.
- Aktivni del nadzora mora vsebovati najmanj:
  - obseg in vsebino monitoringa radioaktivnosti za odlagališče in monitoringa naravnih pojavov, ki vplivajo na dolgoročno stabilnost odlagališča, in delovanje posameznih delov odlagališča,
  - prikaz obdobjih ogledov,
  - opis potrebnih rednih vzdrževalnih, čistilnih in preventivnih del na sistemih, ki bodo še v funkciji, merilni opremi in drugih objektih in napravah, povezanih z monitoringom ter stabilnostjo in celovitostjo odlagališča ter
  - merila na podlagi katerih se glede na rezultate monitoringa in inšpekcijskega nadzora odloča o izvedbi vzdrževalnih del na odlagališču.

Pasivni del nadzora mora vsebovati najmanj:

program hranjenja zapisov o odlagališču in omejevanja rabe prostora na lokaciji odlagališča.

- 2) Dokument US DOE Long-term Stewardship Planning Guidance for closure sites [44] določa vsebino in poglavja načrta dolgoročnega nadzora. V načrtu je potrebno določiti jasne cilje in obseg ter organiziranost izvajanja nadzora, pristojnost in odgovornost izvajalca nadzora, podati opis projektiranih kontrol odlagališča, načrt rabe zemljišč, financiranje in kadrovske načrte ter poskrbeti za arhiviranje podatkov, zapisov in dokumentacije ter sodelovanja javnosti.
- 3) Upošteva se smernice v poglavju 3 iz NUREG 1388: Environmental Monitoring of Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility [45], ki za cilj dolgoročnega nadzora in vzdrževanja določa skladnost s pogoji in omejitvami zapiranja odlagališča, da zagotavlja in podatke in meritve za podporo pričakovanemu dolgoročnemu razvoju odlagališča po zaprtju ter informacije za javnost. V času dolgoročnega nadzora in vzdrževanja odlagališča je predlagan občasen fizični nadzor ter monitoring radioaktivnosti okolja.

#### **IV. Zahteve investitorja**

Projektant naj upošteva, da se predvidoma aktivni dolgoročni nadzor prične v začetku leta 2066, ko so opravljene vse dejavnosti priprave na oddajo v nadzor po obdobju predaje odlagališča v dolgoročni nadzor in vzdrževanje odlagališča (2063-2065) in ko izvajalec nadzora in vzdrževanja prevzame odlagališče v dolgoročni nadzor in vzdrževanje [46].



Aktivni dolgoročni nadzor in vzdrževanje bo predvidoma trajalo 50 let v obdobju 2066-2116, razen, če bo na podlagi varnostne analize ter obratovalnih izkušenj dolžina trajanja določena drugače [46].

Po koncu aktivnega dolgoročnega nadzora in vzdrževanja bo odlagališče prešlo v fazo pasivnega dolgoročnega nadzora, ki bo predvidoma trajala največ 300 let po zaprtju odlagališča (2117-2447) razen, če bo na podlagi varnostne analize ter obratovalnih izkušenj dolžina trajanja določena drugače [46].

#### **5.2.12 VERJETNOSTNA MERILA PROJEKTIRANJA**

Verjetnostna varnostna pravila pri projektiranju odlagališča NSRAO niso bila uporabljena. Odlagališče je konceptualno gledano »dokaj« preprost jedrski objekt in zato verjetnostna merila niso bila uporabljena. V okviru varnostnih analiz pa so bile izvedene občutljivostne analize, ki so pomagale pri optimizaciji rešitev projekta, kot tudi razumevanju varnostnih analiz. Skladno s stopenjskim pristopom se za odlagališče NSRAO ne uporablja verjetnostnih meril projektiranja saj izvedene deterministične in verjetnostne varnostne analiza skladno s 15. členom JV 5 [1]:

- temeljijo na utemeljenih in konzervativnih metodah, predpostavkah ali argumentih,
- vsebujejo zagotovilo, da so negotovosti in njihovi vplivi upoštevani. To zagotovilo je podano v obliki konzervativnih predpostavk, upoštevanja varnostnih dejavnikov ali analiz negotovosti in občutljivosti,
- dokazujejo, da so v projektne osnove vključene zadostne varnostne rezerve, ki zagotavljajo pokritost vseh projektnih dogodkov,
- so preverljive in ponovljive.

#### **5.2.13 VARSTVO PRED SEVANJEM**

Varstvo pred sevanji podrobneje obravnavata poglavji 7 in 13 tega osnVP.

#### **5.2.14 ODPSTOPANJA OD PREDPISOV IN STANDARDOV NEVEDENIH V PODPOGLAVJU 4.1**

SSK ji načrtovani in opisani v tem osnVP so v celoti skladni z zahtevami in standardi. podrobneje so SSK ji predstavljeni v poglavju 6 tega osnVP.

### **5.3 VARNOSTNA KLASIFIKACIJA IN KATEGORIZACIJA SSK**

#### **5.3.1 OPREDELITEV PODLAG ZA DOLOČITEV SSK-JEV**

Projektne osnove se, kot jih zahteva 70a. člen ZVISJV [39] pripravljajo v vseh »življenjskih« fazah jedrskega objekta, predvsem kot del Varnostnega poročila.

Projekt odlagališča NSRAO je trenutno v fazi priprave dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja. Eden od pomembnih korakov te faze je tudi pridobitev okoljevarstvenega soglasja, ki vključuje tudi predhodno soglasje o sevalni in jedrski varnosti, ki ga izda organ, pristojen za jedrsko varnost. Za pridobitev predhodnega soglasja je bil pripravljen osnutek Varnostnega poročila v okviru Poročila o vplivih na okolje in pripadajoče projektne osnove.

SSK-ji v teh projektnih osnovah so določeni in opisani na podlagi dokumentacije projekta, dostopne v fazi priprave teh projektnih osnov. Projekt kot tak, se v tej fazi zelo hitro razvija in dograjuje. V okviru priprave tega osnVP in Projektnih osnov – v fazi pridobivanja okoljevarstvenega soglasja, so definirani in opisani posamezni SSK - ji, glede na projektne rešitve iz IDP [47] in dokumentov, ki so te projektne rešitve optimirali [37], [48], [49] ter Idejnih zasnov rev. C [5].

Za pridobitev Gradbenega dovoljenja bo pripravljeno Varnostno poročilo in nova revizija Projektnih osnov, ki bodo vključevali projektne rešitve, določene s PGD.

### 5.3.2 DOLOČITEV SKUPKOV KONSTRUKCIJ, SISTEMOV IN KOMPONENT

#### 5.3.2.1 Definicije in uvod

Skladno z definicijo iz JV5 [1] predstavlja SSK kratico:

"..., ki označuje skupek konstrukcij, sistemov in komponent. Konstrukcije so pasivni elementi, kakršni so zgradbe in ščiti. Sistem tvori več komponent, ki so sestavljene tako, da opravljajo svojo (aktivno) funkcijo. Med SSK se uvršča tudi programska oprema za instrumentacijo in regulacijo. Če je objekt skladišče ali odlagališče radioaktivnih odpadkov, se med SSK uvrščajo tudi paketi radioaktivnih odpadkov."

Tudi v IAEA slovarju [50] najdemo definicijo, ki se v prevodu glasi:

"SSC (strukture, sistemi, komponente). Splošen izraz, ki vključuje vse elemente (predmete) objekta ali aktivnosti, ki doprinesejo k zaščiti in varnosti, človeški faktor je pri tem izključen. Strukture so pri tem pasivni elementi: zgradbe, zadrževalni hram, ščitenje ipd. Sistem predstavlja več komponent, združenih tako, da opravljajo specifično (aktivno) funkcijo. Komponenta je posamezni element sistema. Npr.: kabli, tranzistorji, motorji, releji, magnetni ventili, cevi, črpalke, rezervoarji, ..."

V skladu z JV5 morajo biti SSK, pomembni za varnost, projektirani tako, da zdržijo vplive naravnih pojavov, kakršni so potresi, tornadi, udari strel ali poplave, vključno s kombinacijo naštetega, in da preprečijo masivno zrušitev struktur objektov ali padce težkih predmetov zaradi te zrušitve na radioaktivne odpadke, na izrabljeno gorivo ali na SSK, pomembne za varnost.

V nadaljevanju so določeni SSK-ji za načrtovano odlagališče radioaktivnih odpadkov v Vrbini Krško skladno z do sedaj pripravljeno projektno dokumentacijo, študijami optimizacije in izvedenimi varnostnimi analizami [5], [47], [37], [49], [48], [19] ter zahtevami Pravilnika JV 5 [1]. SSK-ji so v tem poglavju določeni in opisani, varnostno klasificirani in kategorizirani pa bodo v naslednjih poglavjih.

#### 5.3.2.2 Določitev objektov

Namen poglavja je skladno z IDZ [5] in izvedenimi varnostnimi analizami določiti različne objekte, ki bodo zgrajeni v okviru odlagališča NSRAO, ter določiti katere aktivnosti v njih potekajo, ter, če je možno, v kakšnem obsegu.

Objekt	Aktivnosti, ki potekajo v objektu
Odlagalni objekt	Odlaganje odpadkov
	Zbiranje in kontrola drenažne vode
	Okoljski monitoring
	Obratovalni monitoring (tako radioaktivnosti, kot ostalih parametrov)

Tehnološki objekt	Operativno vodenje odlagalnega objekta
	Rezervno el. napajanje
	Kontrolna točka (črna, bela garderoba,...)
	Izvajanje varstva pred sevanji
	Nadzor monitoringa (prikazovalniki meritev, ...)
	Skladišče za RAO (morebiti nastale na odlagališču)
Upravno - servisni objekt	Kotlovnica
	Protipožarna postaja
	Delavnica
	Upravljanje odlagališča
	Hranjenje zaupnih dokumentov, računalniško – komunikacijski sistemi,
	Vodenje fizičnega varovanja (varnostnik, kontrola kamer, ...)
Objekti fizičnega varovanja	Izvajanje fizičnega varovanja odlagališča
Zunanja ureditev	Zbiranje meteorne in drenažne vode
	Interne transportne poti
Infrastrukturni vodi in priključki	Zagotavljanje vode
	Zagotavljanje elektrike
	Zagotavljanje kanalizacije (meteorne in fekalne)
	Zagotavljanje telekomunikacijskih priključkov
	Zagotavljanje cestne povezave
Objekti za monitoring	Izvajanje monitoringa

Tabela 5-3: Objekti na odlagališču NSRAO Vrbin, Krško in aktivnosti, ki bodo v objektih potekale

### 5.3.2.3 Določitev SSK

Zaradi bolj sistematičnega pristopa k določevanju SSK jev so ti razdeljeni glede na objekte in naprave kot so opredeljeni v IDZ [5] in so opredeljeni že v predhodnem poglavju.

- odlagalni objekt
- tehnološki objekt
- upravno - servisni objekt
- objekti fizičnega varovanja
- objekti zunanje ureditve
- infrastrukturni vodi in priključki
- objekti za monitoring

Prepoznani SSK-ji so navedeni v naslednji tabeli:

Oznaka SSK	Objekti, naprave	Opis SSK	Opombe
O1	Odlagalni objekt	Končna pakirna enota (KPE)	Končna pakirna enota kot jo določajo merila sprejemljivosti.
O2	Odlagalni objekt	Polnilo	Material, ki bo služil kot polnilo za vmesen prostor med končnimi pakirnimi enotami in steno silosa
O3	Odlagalni objekt	Silos	Silos kot odlagalna enota. Od spodnjega dela silosa do vrha silosa (betonska plošča, ki zapira silos) - sekundarna obloga

O4	Odlagalni objekt	Drenažni sistem	Sistem, ki omogoča dreniranje potencialno pronikle vode. Do zajema le-te lahko pride zunaj silosa ali med primarno in sekundarno oblogo. Vključuje drenažni sistem z napravo in sistemom za zbiranje in prečrpavanja.
O5	Odlagalni objekt	Zapora med silosom in vodonosnikom	Po projektu glinen čep
O6	Odlagalni objekt	Polnilni material od zgornje kote glinenega čepa do površine	Material podoben naravnemu materialu, s katerim se v območju nad koto glinenega čepa in površine vzpostavi primarno stanje.
O7	Odlagalni objekt	Konstrukcija, ki omogoča izkop gradbene jame	Gradbena konstrukcija, ki je potrebna za izvedbo izkopa - primarna obloga.
O8	Odlagalni objekt	Protipoplavna zaščita - nasip	
O9	Odlagalni objekt	Hala nad silosom	
O10	Odlagalni objekt	Odlagalno - transportne naprave	Naprave, namenjene transportu končnih pakirnih enot v silos, transportu polnilnega in ostalega materiala ter po potrebi delavcev
O11	Odlagalni objekt	Elektro instalacije	Razsvetljava, moč, zasilna razsvetljava, DA (rezervna oskrba z električno energijo)
O12	Odlagalni objekt	Protipožarni sistem	
O13	Odlagalni objekt	Sistemi fizičnega varovanja	
O14	Odlagalni objekt	Sistemi monitoringa	
O15	Odlagalni objekt	Strojne instalacije	Prezračevanje,
O16	Odlagalni objekt	Sistem varstva pred sevanji	
O17	Odlagalni objekt	Telekomunikacije	Telefonija, antenski sistemi, računalniški razvodi in oprema, govorne naprave in ozvočenje, ...
T1	Tehnološki objekt	Zgradba - gradbena konstrukcija	
T2	Tehnološki objekt	Protipoplavna zaščita - nasip	
T3	Tehnološki objekt	Elektro inštalacije	Razsvetljava, moč, zasilna razsvetljava, DA (rezervna oskrba z električno energijo)

T4	Tehnološki objekt	Strojne inštalacije	Prezračevanje, vodovod, ogrevanje – hlajenje, tehnološki razvodi (voda, plini)
T5	Tehnološki objekt	Kanalizacijski sistemi	Vertikalna in horizontalna kanalizacija
T6	Tehnološki objekt	Sistemi fizičnega varovanja	
T7	Tehnološki objekt	Sistem varstva pred sevanji	Kontrolna vstopna in izstopna točka (ljude, oprema, materiali)
T8	Tehnološki objekt	Telekomunikacijski sistemi	Telefonija, antenski sistemi, računalniški razvodi in oprema, govorne naprave in ozvočenje, ...
T9	Tehnološki objekt	Protipožarni sistem	
T10	Tehnološki objekt	Monitoring	Obratovalni in okoljski monitoring znotraj tehnološkega objekta
US1	Upravno-servisni objekt	Zgradba - gradbena konstrukcija	
US2	Upravno-servisni objekt	Protipoplavna zaščita	
US3	Upravno-servisni objekt	Elektro inštalacije	Vključno z rezervnim električnim napajanjem
US4	Upravno-servisni objekt	Strojne inštalacije	Prezračevanje, vodovod, ogrevanje – hlajenje, tehnološki razvodi (voda, plini), požarni sistem
US5	Upravno-servisni objekt	Kanalizacijski sistem	Vertikalna in horizontalna kanalizacija
US6	Upravno-servisni objekt	Sistemi fizičnega varovanja	
US7	Upravno-servisni objekt	Telekomunikacijski sistemi	Telefonija, antenski sistemi, računalniški razvodi in oprema, govorne naprave in ozvočenje, ...
US8	Upravno-servisni objekt	Protipožarni sistemi	
F1	Objekti fizičnega varovanja	Zunanja ograja	
F2	Objekti fizičnega varovanja	Notranja ograja	
F3	Objekti fizičnega varovanja	Ostali sistemi fizičnega varovanja	
Z1	Zunanja ureditev	Nasip	Nasip predstavlja protipoplavno zaščito
Z2	Zunanja ureditev	Transportne ureditve	
Z3	Zunanja ureditev	Ozelenjene površine	
Z4	Zunanja ureditev	Zunanja razsvetljava	

Z5	Zunanja ureditev	Zbiranje in odvajanje padavinskih in odpadnih vod	Vključuje tudi kontrolni bazen (IDP).
Z6	Zunanja ureditev	Zunanji razvod vodovoda in hidrantno omrežje	
I1	Infrastrukturni vodi in priključki	Elektro	
I2	Infrastrukturni vodi in priključki	Telekomunikacije	
I3	Infrastrukturni vodi in priključki	Vodovod	
I4	Infrastrukturni vodi in priključki	Fekalna kanalizacija	
I5	Infrastrukturni vodi in priključki	Meteorna kanalizacija	
I6	Infrastrukturni vodi in priključki	Cestna povezava	
M1	Objekti za monitoring	Monitoring	V okviru obratovanja odlagališča se bo izvajalo več vrst obratovalnega monitoringa – okoljski, radiološki, ...

Tabela 5-4: prepoznani SSK ji za odlagališče NSRAO

### 5.3.3 OPIS SSK - ODLAGALNI OBJEKT

#### 5.3.3.1 01 - Končna pakirna enota

Končna pakirna enota (KPE) za odlaganje NSRAO v odlagališču je skladno z merili sprejemljivosti pripravljen zabojnik ustreznih dimenzij. Odpadke se glede na posamezne tokove odpadkov in njihovo obliko vlaga v KPE. Praznine med vloženimi odpadki se ustrezno zapolni s polnilno malto. KPE je ustrezno opremljena za izvedbo transporta.

Skladno z IDZ Rev.C [5], se bo za odlaganje NSRAO uporabil zabojnik N2b z armiranobetonskimi stenami, pokrovom in dnom. Življenjska doba predvidenega zabojnika je 300 let, potem pa se prične degradacija.

Osnovna geometrija zabojnika je določena na podlagi postavitve 4 TTC jev, vendar tako, da so notranji vogali ojačani. Geometrijski podatki za zabojnik so navedeni v spodnji tabeli:

Parameter	Enota	Vrednost
<b>Geometrijski podatki o zabojniku</b>		
<b>Zunanje mere</b>		
Širina	m	1,95
Dolžina	m	1,95
Višina	m	3,30
Posneti zunanji robovi sten (v obeh smereh)	m	0,20
<b>Notranje mere – dno zabojnika</b>		
Širina	m	1,49
Dolžina	m	1,49

Notranje mere – vrh zaboja		
Širina	m	1,55
Dolžina	m	1,55
Višina – pred montažo pokrova	m	3,07
Višina – po montaži pokrova	m	2,87
Debelina spodnje plošče	cm	23
Debelina stene na vrhu	cm	20
Debelina stene na dnu	cm	23
Geometrijski podatki o pokrovu – največje dimenzije		
Širina	m	1,66
Dolžina	m	1,66
Širina podpore	cm	5,5
Debelina pokrova	cm	20
Debelina pokrova nad podporami	cm	20
Prostornina zaboja		
Bruto prostornina – zunanja zasedba prostora	m <sup>3</sup>	12,28
Neto prostornina – po montaži pokrova	m <sup>3</sup>	6,31
Masa		
Pokrov	t	1,36
Prazen zabojnik s pokrovom	t	14,92
Največja dovoljena masa polnega zaboja	t	40

Tabela 5-5: Geometrijske karakteristike zaboja N2b [5].

Betonski zabojnik – končna pakirna enota mora kot eden od najpomembnejših elementov inženirskega dela večpregradnega sistema za preprečevanje prehajanja radioaktivnih snovi iz odlagališča v okolico delovati kot:

- biološki ščit v času pred odložitvijo,
- mehanska zaščita NSRAO med skladiščenjem in odlaganjem,
- osnovni element varnosti med izvajanjem transporta in internega transporta (premeščanja) NSRAO v zaboju,
- osnovni gabaritni kriterij v procesu priprave odpadkov na odlaganje in
- osrednji predmet ravnanja z NSRAO na območju odlagalnega silosa.

Osnovne značilnosti zaboja N2b so:

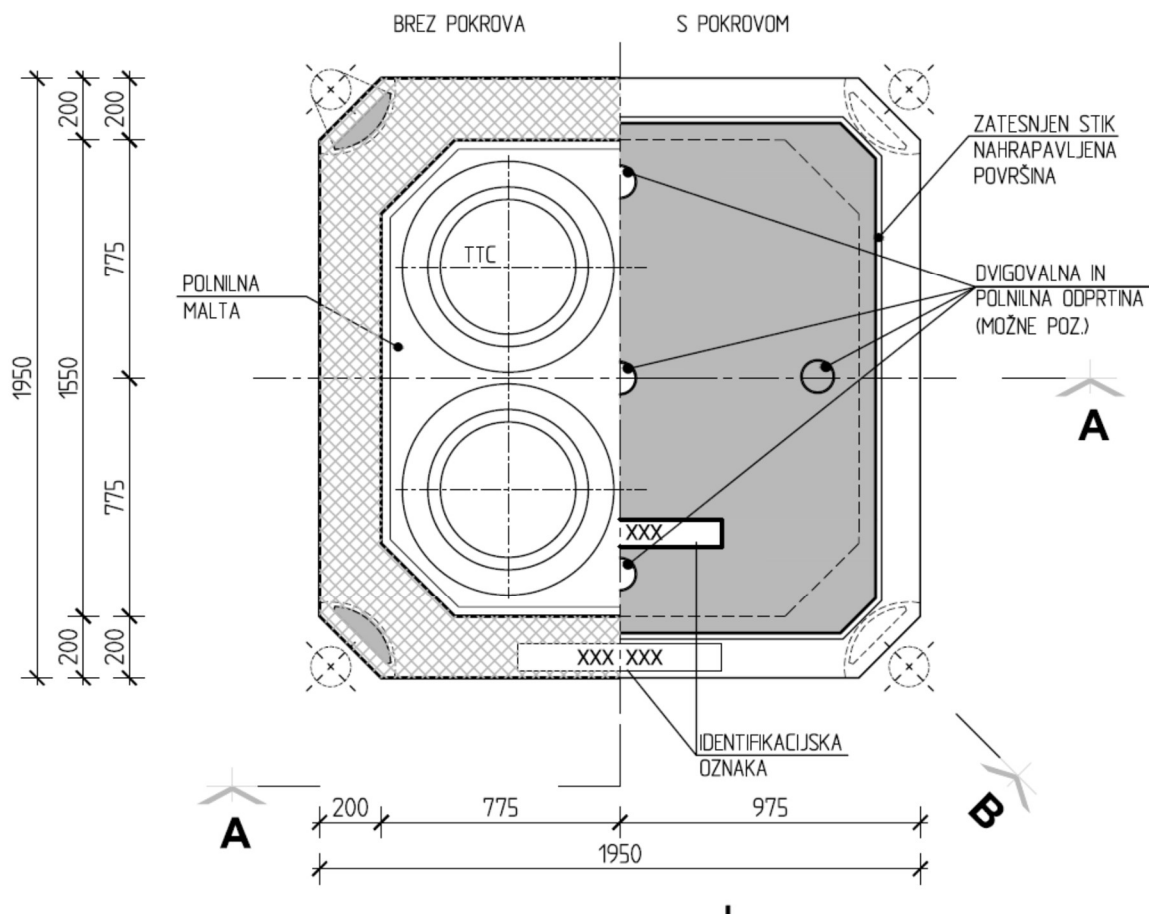
- zabojnik se pri dvigovanju prime od spodaj - jeklena konstrukcija s kolesi se spusti z vrha do dna zaboja in ga objame, vrtljive noge se obrnejo v za to pripravljene ure na spodnji strani kontejnerja,
- dvigovanje od spodaj predstavlja varnejše in bolj kontrolirano dvigovanje in spuščanje zaboja,
- s predlagano dvigalno tehniko se izognemo pojavu nateznih napetosti v betonu med premeščanjem (dvigovanjem in spuščanjem) zaboja,
- potrebna distanca med kontejnerji pri uporabljeni dvigalni tehniki je cca 20 cm (zaradi obodne jeklene konstrukcije prijemala in obračajočih se dvigalnih nog),



- zunanji vogali zabojnika so posneti za 20 cm,

Zabojnik je konstruiran tako, da bo vse možne vplive in kombinacije vplivov prenašala samo armiranobetonska konstrukcija brez dodatno vgrajenih jeklenih elementov. Prav tako ne bo nobenih jeklenih elementov oziroma ojačitev na zunanjih površinah zabojnika.

Predlagan zabojnik je po transportni regulativi načrtovan kot IP-2 oziroma Tip A zabojnika.



Slika 1: Tloris zabojnika – KPE [5].

Vsak zabojnik bo imel identifikacijsko oznako.

### 5.3.3.2 02 – Polnilo

Je ustrezen material (beton), ki se uporabi za zapolnitev praznin, ki nastanejo pri odložitvi končnih pakirnih enot, med stenami odlagalnega silosa in KPE, ter med samimi KPE, med posameznimi KPE je predvidena reža 20 cm. Na vsak drugi sloj odpadkov je predvidena izravnalna betonska plast v debelini do 20 cm, vendar le, če bo to potrebno.

### 5.3.3.3 03 – Silos

Silos je odlagalna enota – objekt v odlagališču NSRAO. Ima obliko valja in je vkopan v za vodo slabo prepustne plasti. V silos se odlagajo KPE, vmesne prostore pa se zapolni s polnilom.

Skladno z IDZ [5] je predvidena izgradnja enega silosa na skrajnem JV delu lokacije odlagališča. Lokacija omogoča tudi razširitev odlagališča z izgradnjo dodatnih silosov, če bi se po tem pojavila potreba.



Nasipni plato na katerem je predviden silos se nahaja na koti 155,20 m n.m., varnostni parapet silosa pa se nahaja še 1,3 m višje, in predstavlja zaščitno ograjo ter še dodatno varnost pred največjo verjetno visoko vodo – PMF.

Silos je zasnovan kot armiranobetonska cilindrična konstrukcija svetlega premera 27,3 m in višine (globine) 55 m. Znotraj silosa poteka vertikalni komunikacijski trakt jaškaste oblike, v katerega so nameščene stopnice, dvigalo in dva jaška za potek inštalacijskih vodov in transport opreme.

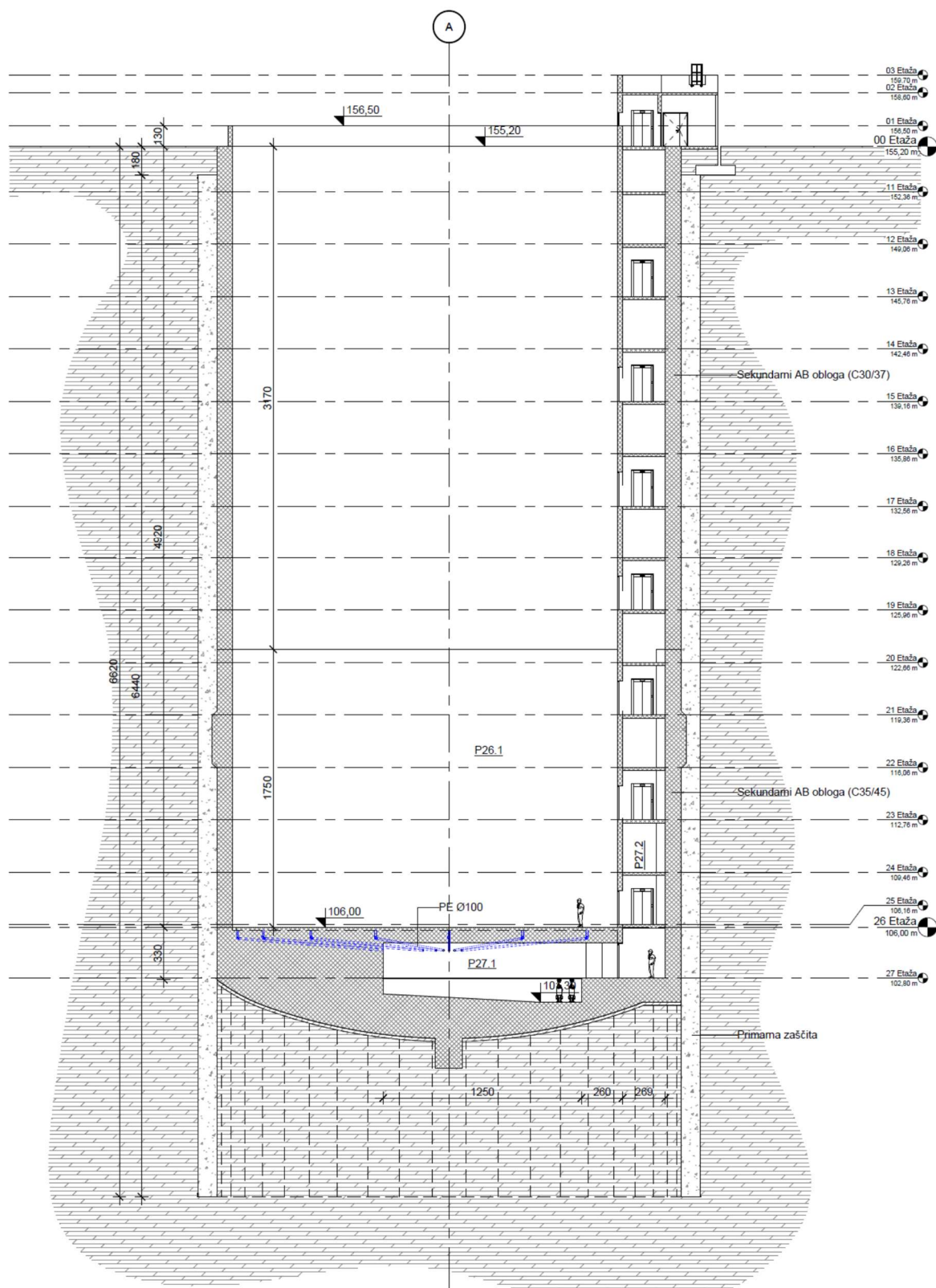
Neto tlorisna površina silosa omogoča razporeditev 99 zabojnikov v enem nivoju. Višina objekta je koncipirana tako, da se 10 nivojev zabojnikov vključno s predvideno zaporno plastjo (armirano betonska plošča, glina) nahaja pod nivojem obstoječega vodonosnika. Vertikalni komunikacijski trakt ima po višini predvidene začasne izhode v notranjost silosa, ki bodo olajšali dostop do delovnih horizontov v času polnjenja odlagališča. Ti izhodi se bodo z napredovanjem polnjenja silosa postopno ukinjali oz. zabetonirali.

Izkop silosa se bo izvajal ob predhodni izvedbi potrebnih primarnih geotehničnih ukrepov. Za zavarovanje izvedbe izkopov je planirana predhodna izvedba debelostenske armirano betonske diafragme po celotni globini izkopov silosa. Pri samem izkopu je potrebno posebno pozornost nameniti možnosti hidravličnega loma dna v času gradnje. Predvidena debelina primarne obloge je 1,2 m. Na dnu bo izvedena armirano betonska konstrukcija talnega oboka silosa. Dno silosa bo masivna betonska konstrukcija, v okviru katere bo izveden trajni drenažni bazen, za zbiranje eventualno pronicajoče vode med obratovanjem silosa. Drenažni bazen bo dostopen preko vertikalnega komunikacijskega trakta.

Med primarno in sekundarno oblogo bo položena PEHD folija, ki bo uporabljena kot dodatna hidroizolacijska zaščita. Sekundarna obloga je predvidena v debelini 1 m in bo v spodnjem delu lokalno odebeljena, zaradi varnosti proti izplavanju silosa ob nastopu polnega hidrostatskega pritiska (vzgon).

Po zapolnitvi silosa s KPE je predvidena izravnava zgornjega dela silosa in izgradnja armirano betonske plošče v debelini 120 cm.

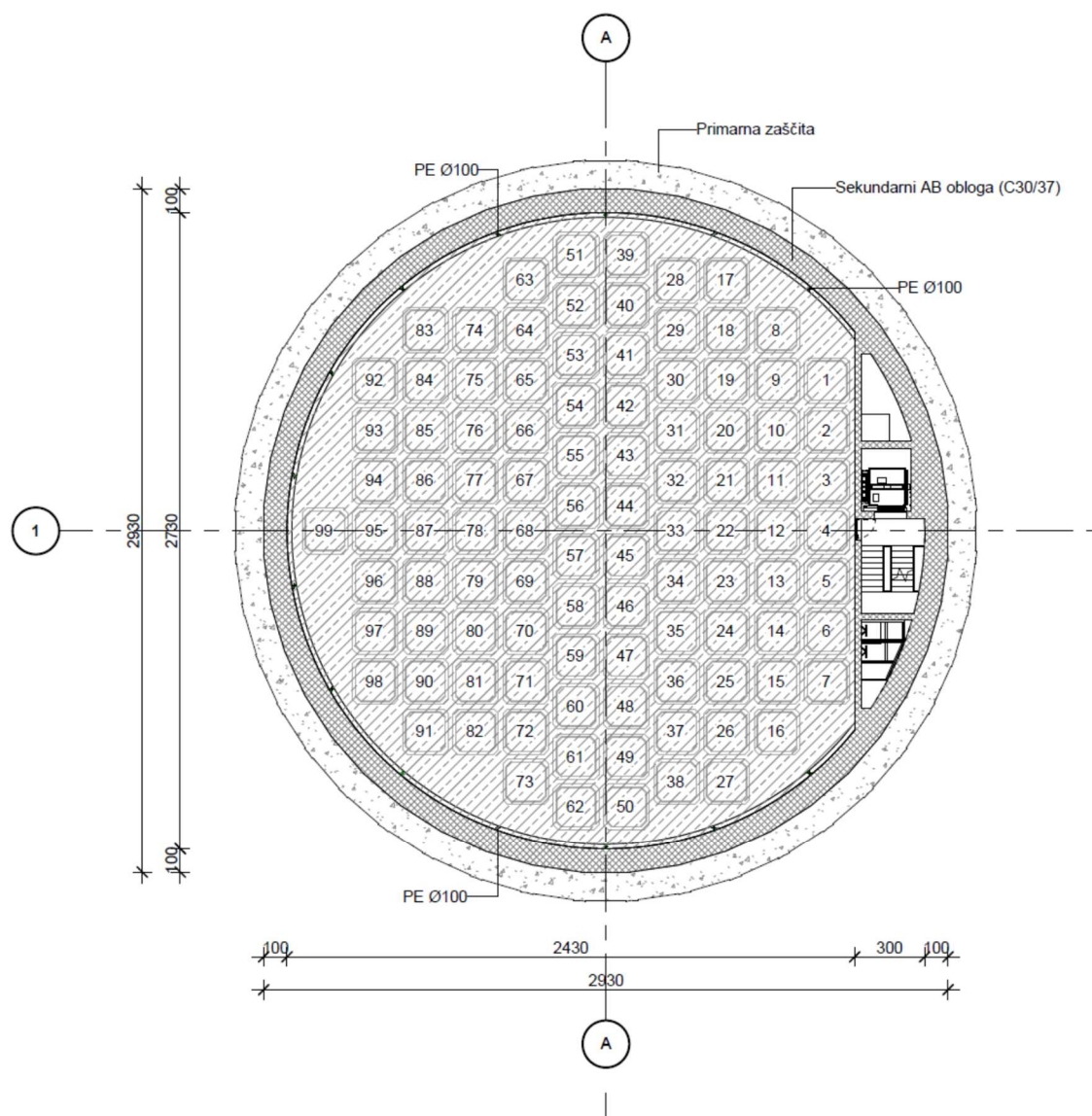
Vse dimenzije konstrukcijskih elementov so povzete po Idejnih zasnovah rev. C [5] in so stvar projekta oz. projektantskega dimenzioniranja posameznih konstrukcijskih elementov.



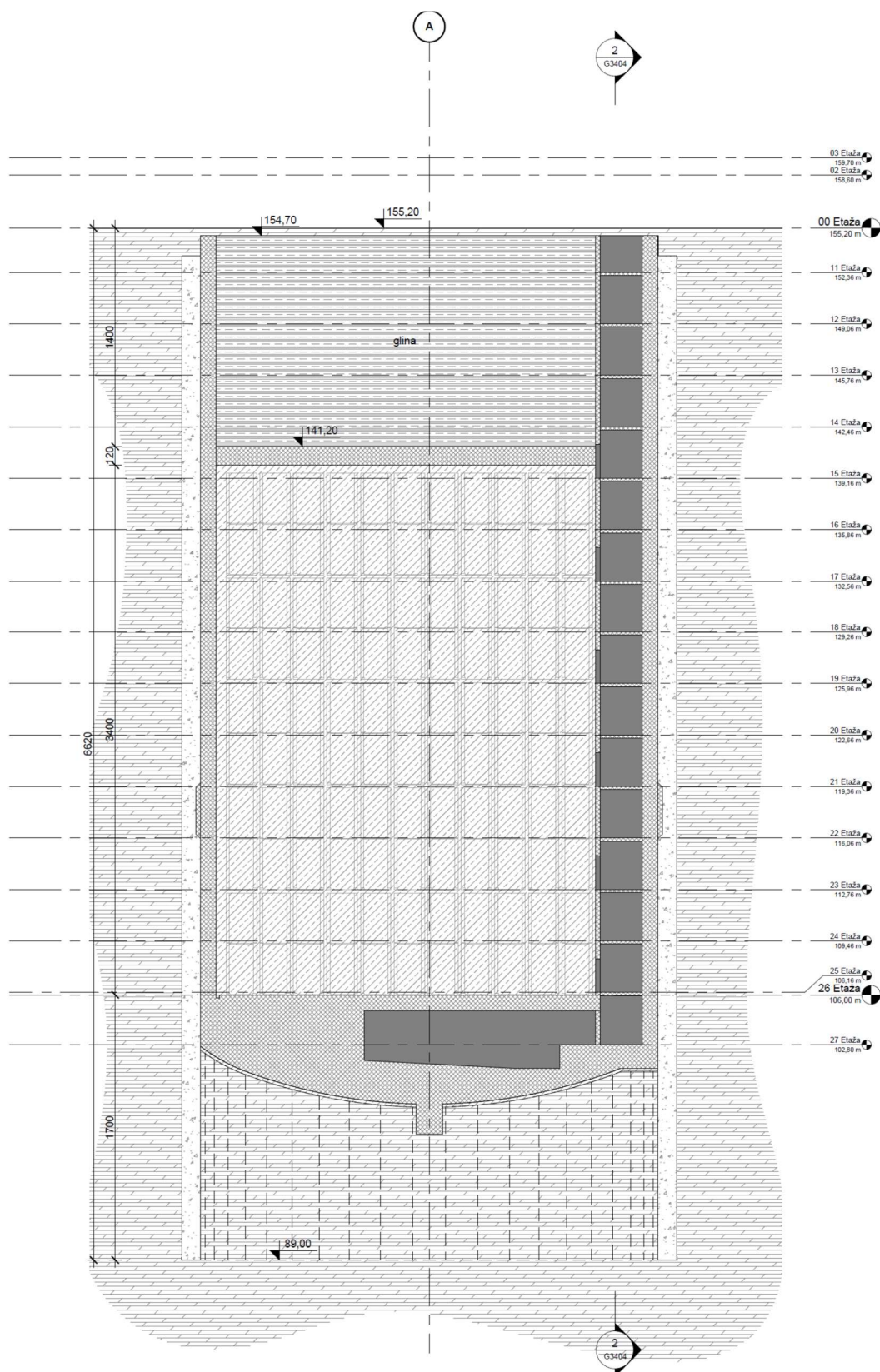
3 Vz dolžni pre rez (Pred polnjenem)

1 : 200

Slika 2: Shematsko prikazan odlagalni silos pred pričetkom polnjenja [5].



Slika 3: Prikaz polnjenja silosa – prva etaža [5].



1 Vz dolžni prerez (Končno stanje)

1 : 200

Slika 4: Koncept zaprtja silosa po koncu obratovanja [5].



#### **5.3.3.4 04 – Drenažni sistem**

Drenažni sistem skrbi za odvajanje morebitne pronikle vode v odlagalni silos ali iz njegove okolice. Sestavljen je iz sistema za zbiranje pronikle vode, sistema za vzorčenje in izvajanje kontrole kakovosti vzorčene vode, ter transportnega sistema do SSK Z5 – zbiranje in odvajanje padavinskih odpadnih vod ali transporta do točke, kjer se potencialno kontaminirana voda ustrezno preda v transport za ustrezno obdelavo take vode.

Drenažni sistem na dnu silosa sestavlja serija radialno položenih PEHD drenažnih cevi DN 200 zbranih v centralnem delu t.j. v najnižji točki temeljne plošče silosa. Zbirne drenažne cevi drenažnega sistema potekajo do črpalnega bazena. Drenažne cevi bodo položene tudi vertikalno na obodu silos. Te se bodo nameščale sproti s polnjenjem silosa in bodo ravno tako povezane z drenažnim sistemom na dnu silosa.

Voda zbrana v zbiralnem bazenu bo radiološko pregledana, potem pa glede na meritve preko zbiralnega bazena (Z5) odvedena v kanalizacijsko omrežje (čistilna naprava) ali, v primeru kontaminiranosti, ustrezno predelana na lokaciji ali oddana v predelavo.

Po koncu obratovanja silosa in ob njegovem zaprtju bo zatesnjen tudi drenažni sistem.

#### **5.3.3.5 05 – Zapora med silosom in vodonosnikom**

Ta SSK ščiti odlagalno enoto – silos pred vplivom podtalnice, ki se nahaja v kvartarnem vodonosniku, nad zgornjim nivojem silosa. Namen zapore je ustvariti hidravlično pregrado med zaprtim silosom in podzemno vodo iz kvartarnih plasti v času po zaprtju silosa.

Za izvedbo te zapore je predviden sloj gline nad armirano betonsko vrhno ploščo silosa, do kote, skoraj do površine.

#### **5.3.3.6 06 – Polnilni material na nivoju vodonosnika**

Za zapolnitev praznine, ki bo nastala po zaprtju odlagalnega silosa med zgornjo koto zapore med silosom in vodonosnikom ter površino, se uporabi naravni material, ki je ostal pri izkopu (prod) ali podobni material. Namen tega je, da se v plasti nad glineno zaporo vzpostavi primarno stanje, predvsem zaradi razloga, da na površini ne izdanja glinena plast, ki bi lahko dolgoročno predstavlja potencialno zanimivo surovino.

#### **5.3.3.7 07 – Konstrukcija za izkop gradbene jame**

Za izgradnjo odlagalne enote – silosa je potrebno zagotoviti varovanje gradbene jame pred vdorom podzemne vode iz kvartarnih plasti in omogočiti ustrezno izvedbo gradbene jame.

V IDZ [5] je za zavarovanje izvedbe izkopov planirana predhodna izvedba debelostenske armirano betonske diafragme po celotni globini izkopa silosa. Na dnu bo izvedena armirano betonska konstrukcija talnega oboka silosa. Armirano betonska diafragma bo ščitila gradbeno jamo pred vdorom podzemne vode iz kvartarnih plasti.

Pri izkopu bo potrebno poskrbeti tudi za razbremenjevanje hidrostaticnega pritiska na dnu izkopne jame, za kar so predvidene razbremenjevalne vrtnice.

#### **5.3.3.8 08 – Protipoplavna zaščita – nasip, nadvišanje silosa**

Ta SSK ščiti odlagalno enoto – silos, med obratovanjem, pred maksimalnimi možnimi poplavami za to lokacijo. Zagotavljati pa mora tudi ustrezno trdnost, da so na njem zgrajeni objekti, skladno z zahtevano potresno varnostjo, ter zagotavljati ustrezno odpornost na bočno erozijo v primeru poplav. Nadvišanje silosa nad koto nasipa nudi odlagalnemu silosu še

dodatno varnost pred poplavami in ima hkrati lahko tudi druge funkcije – ograja okoli silosa, ipd.

Skladno z IDZ [5] je predvidena višina platoja na koti 155,20 m n.m., parapet silosa pa ima višino 1,3 m glede na koto nasipa in predstavlja zaščitno ograjo, ter še dodatno zaščito pred poplavo.

#### **5.3.3.9 09 – Hala nad silosom**

Nadstrešnica je SSK, ki ščiti gradbeno jamo, silos in odlagalno - transportne naprave, med obratovanjem, pred vplivom atmosferilij. Pokriva celotno tlorisno področje silosa, skupaj z manipulativnimi - prekladalnimi površinami.

#### **5.3.3.10 010 – Odlagalno – transportne naprave**

SSK, ki omogoča izvedbo odlaganja KPE v silos, ustrezno pozicioniranje in varno obratovanje. Omogoča tudi izvajanje transporta različnih materialov, ki jih bo potrebno dostaviti v silos med obratovanjem (polnilni material ipd.) Po potrebi mora omogočati tudi ustrezen transport delavcev v silos in iz njega. Pri tem je potrebno predvideti tudi možnost vstavljanja NSRAO v silos, brez pakiranja v KPE (npr. posamezne velike komponente).

Predvidena [5] je izvedba portalnega žerjava, ki ga bo mogoče upravljati iz kontrolne sobe ali lokalno.

#### **5.3.3.11 011 - Elektro instalacije**

So vse konstrukcije, sistemi in komponente znotraj odlagalnega objekta, ki posredujejo pretok električne energije od vključno elektro razdelilne omarice v odlagalnem objektu do naprav porabnika. Te zajemajo elektroenergetske inštalacije različnih napetosti, med katere spadajo:

- Instalacije razsvetljave
- Instalacije elektromotorskih pogonov
- Instalacije elektrotoplotnih postrojev

Elektro instalacije morajo biti protipožarno usklajene z zahtevami Študije požarne varnosti.

#### **5.3.3.12 012 – Protipožarni sistem**

Je SSK, ki v odlagalnem objektu skrbi za požarno varnost. Zajema celoten sistem požarne varnosti v odlagalnem objektu.

Protipožarna zaščita mora upoštevati načelo obrambe v globino tako, da se zagotovijo:

- ukrepi, ki preprečujejo nastanek požarov,
- hitro zaznavanje, nadzor in pogasitev vsakega požara ter
- preprečitev širitve požara in njegovih posledic na katerem koli območju, kjer bi lahko bila ogrožena varnost odlagališča, ali do tega območja.

Požarna varnost zgradbe:

- Projektirana mora biti tako, da je požarno čim varnejša in po potrebi razdeljene na požarne sektorje in požarne celice.
- Požarni sektorji morajo preprečiti, da bi požar obremenilno vplival na opremo, pomembno za varnost, in ločiti redundantne ali raznovrstne proge posameznih varnostnih sistemov med seboj.
- Zgradba, v kateri so radioaktivne snovi in v kateri bi požar lahko povzročil radioaktivne izpuste, mora biti projektirana tako, da bi bili ob požaru taki izpusti čim manjši.

- Projekt mora zagotoviti požarne poti za vse, ki sodelujejo pri obvladovanju požara in evakuacijske poti za zaposlene v objektu.

#### **5.3.3.13 013 – Sistemi fizičnega varovanja**

Je SSK, ki v okviru odlagalnega objekta pokriva izvedbo fizičnega in tehničnega varovanja.

#### **5.3.3.14 014 – Sistemi monitoringa**

V ta SSK spadajo vse konstrukcije, sistemi in komponente za izvajanje monitoringa v okviru odlagalnega objekta, in sicer za:

- Obratovalni monitoring,
- Okoljski monitoring,
- Monitoring stanja objekta.

#### **5.3.3.15 015 – Strojne instalacije**

V ta SSK prištevamo naslednje instalacije, ki se nahajajo v okviru odlagalnega objekta.:

- Prezračevanje in klimatizacija
- Hidrantni sistem

Strojne instalacije morajo biti protipožarno usklajene z zahtevami Študije požarne varnosti.

#### **5.3.3.16 016 - Sistem varstva pred sevanji**

Območje odlagalnega objekta je v celoti radiološko nadzorovano območje. O17 predstavlja skupek vseh komponent, sistemov in konstrukcij, ki omogočajo vzpostavitev, obratovanje in nadzor radiološko nadzorovanega območja.

#### **5.3.3.17 017 - Telekomunikacijski sistemi**

Telekomunikacijski sistemi zajemajo instalacije telekomunikacijskih naprav v odlagalnem objektu med katere spadajo:

- Telefonske in računalniške instalacije (vključuje tudi programsko opremo)
- Instalacije govornih naprav in ozvočenja
- Antenske instalacije

### **5.3.4 OPIS SSK - TEHNOLOŠKI OBJEKT**

#### **5.3.4.1 T1 - Zgradba - gradbena konstrukcija**

SSK T1 predstavlja gradbeno konstrukcijo - zgradbo Tehnološkega objekta. Ta je namenjen [8] :

- začasnemu skladiščenju in sanaciji morebiti poškodovanih zabojnikov odpadkov,
- meritvam,
- nadzoru nad tehnološkimi postopki ter,
- preostalim potrebnim tehnološkim in servisnim funkcijam odlagališča kot tudi funkcijam za zagotavljanje jedrske in sevalne varnosti.

V tehnološkem objektu je tudi kontrolna točka vstopa in izstopa iz radiološko nadzorovanega območja. Tehnološki objekt bo zgrajen v dveh fazah.

Prva faza TO;



- kontrolna točka s pripadajočimi prostori;
- shramba sekundarnih radioaktivnih odpadkov in merilnica;
- servisni, energetski in tehnični prostori za potrebe TO, 1. faza; ter
- skupni in pomožni prostori,

Druga faza TO:

- rezervne skladiščne zmogljivosti z vročo delavnico in skladiščem sekundarnih NSRAO;
- strojnica prezračevanja in merilnica za potrebe delovanja 2. faze TO

#### **5.3.4.2 T2- Protipoplavna zaščita**

Ta SSK ščiti tehnološki objekt med obratovanjem, pred maksimalnimi možnimi poplavami za to lokacijo. Zagotavljati pa mora tudi ustrezno trdnost, da so na njem zgrajeni objekti, skladno z zahtevano potresno varnostjo, ter zagotavljati ustrezno odpornost na bočno erozijo v primeru poplav.

V IDZ [5] je predvideno, da bodo vsi objekti, pomembni za jedrsko in sevalno varnost (odlagalni in tehnološki objekti) zgrajeni na protipoplavnem nasipu - nasutem platoju, ki bo varoval objekte pred največjo verjetnostno poplavo (PMF). Vrhnja kota nasipa je 155,20 m n.m.

#### **5.3.4.3 T3 - Elektro inštalacije**

So vse konstrukcije, sistemi in komponente znotraj tehnološkega objekta, ki posredujejo pretok električne energije od vključno elektro razdelilne omarice v tehnološkem objektu do naprav porabnika. Te zajemajo elektroenergetske inštalacije različnih napetosti, med katere spadajo:

- Instalacije razsvetljave
- Instalacije elektromotorskih pogonov
- Instalacije elektrotoplotnih postrojev
- Instalacije rezervnega napajanja
- Elektro instalacije morajo biti protipožarno usklajene z zahtevami Študije požarne varnosti.

#### **5.3.4.4 T4 - Strojne inštalacije**

V ta SSK prištevamo naslednje inštalacije, ki se nahajajo v okviru tehnološkega objekta:

- Vodovod,
- Ogrevanje,
- Prezračevanje in klimatizacija,
- Strojne instalacije morajo biti protipožarno usklajene z zahtevami Študije požarne varnosti.

#### **5.3.4.5 T5 - Kanalizacijski sistemi**

Ta SSK predstavljajo vse konstrukcije, sistemi in komponente, ki so v tehnološkem objektu namenjeni notranji kanalizaciji za odvajanje in čiščenje odpadnih voda in bodo priključene na javno kanalizacijsko omrežje.

#### **5.3.4.6 T6- Sistemi fizičnega varovanja**

Je SSK, ki v okviru tehnološkega objekta pokriva izvedbo fizičnega in tehničnega varovanja.

#### **5.3.4.7 T7 - Sistem varstva pred sevanji**

Območje tehnološkega objekta je deloma v območju radiološko nadzorovanega območja deloma pa izven tega območja. T7 predstavlja skupek vseh komponent, sistemov in konstrukcij, ki omogočajo vzpostavitev, obratovanje in nadzor radiološko nadzorovanega območja, ter izvajanje zahtevanih dejavnosti varstva pred sevanji znotraj radiološko nadzorovanega območja tehnološkega objekta.

#### **5.3.4.8 T8 - Telekomunikacijski sistemi**

Telekomunikacijski sistemi zajemajo instalacije telekomunikacijskih naprav v tehnološkem objektu med katere spadajo:

- Telefonske in računalniške instalacije
- Instalacije govornih naprav in ozvočenja
- Antenske instalacije

#### **5.3.4.9 T9 – Protipožarni sistem**

Je SSK, ki v tehnološkem objektu pokriva zahteve požarne varnosti.

Protipožarna zaščita mora upoštevati načelo obrambe v globino tako, da se zagotovijo:

- ukrepi, ki preprečujejo nastanek požarov,
- hitro zaznavanje, nadzor in pogasitev vsakega požara ter
- preprečitev širitve požara in njegovih posledic na katerem koli območju, kjer bi lahko bila ogrožena varnost odlagališča, ali do tega območja.

Požarna varnost zgradbe:

- Projektirana mora biti tako, da je požarno čim varnejša in po potrebi razdeljene na požarne sektorje in požarne celice.
- Požarni sektorji morajo preprečiti, da bi požar obremenilno vplival na opremo, pomembno za varnost, in ločiti redundantne ali raznovrstne proge posameznih varnostnih sistemov med seboj.
- Zgradba, v kateri so radioaktivne snovi in v kateri bi požar lahko povzročil radioaktivne izpuste, mora biti projektirana tako, da bi bili ob požaru taki izpusti čim manjši.
- Projekt mora zagotoviti požarne poti za vse, ki sodelujejo pri obvladovanju požara in evakuacijske poti za zaposlene v objektu.

#### **5.3.4.10 T10 - Monitoring**

SSK zajema vse potrebne skupke konstrukcij, sisteme in komponente, ki omogočajo izvajanje obratovalnega, radiološkega in okoljskega monitoringa v Tehnološkem objektu ter ustrezno shranjevanje pridobljenih podatkov. Omogočati mora tudi ustrezno primerjavo in obveščanje, če je to potrebno.

### **5.3.5 OPIS SSK – UPRAVNO - SERVISNI OBJEKT**

#### **5.3.5.1 US1 - Zgradba - gradbena konstrukcija**

SSK US1 predstavlja gradbeno konstrukcijo – zgradbo Upravno servisnega objekta. Skladno z IDZ [5] so v upravnem delu objekta locirani prostori in sistemi, ki so namenjeni dejavnostim vodenja odlagališča ter s tem povezanim servisnim in administrativnim dejavnostim ter dejavnostim kontrole vnosa predmetov in vstopa oseb (zaposlenih in obiskovalcev), kontrole uvoza vozil (z RAO in ostalih vozil) ter nadzora nad odlagališčem.

Servisni del objekta je namenjen energetskim dejavnostim, preskrbi s požarno vodo, zbiranju komunalnih odpadkov, skladiščenju opreme in geoloških vzorcev (jeder) ter delavnici.

Zgradba se nahaja izven radiološko nadzorovanega območja.

#### **5.3.5.2 US2 - Protipoplavna zaščita**

Ta SSK ščiti servisni objekt med obratovanjem, pred poplavami z določeno povratno dobo za to lokacijo. Zagotavljati pa mora tudi ustrezno trdnost, da so na njem zgrajeni objekti, skladno z zahtevano potresno varnostjo, ter zagotavljati ustrezno odpornost na bočno erozijo v primeru poplav.

V Idejnem projektu [47] je bilo sicer predvideno, da zadošča, da se upravni objekt ščiti pred poplavo s 1000 – letno povratno dobo. Zaradi racionalizacije gradnje in enotnega platoja je v IDZ [5] je predvideno, da bo upravno servisni objekt zgrajen na protipoplavnem - nasutem platoju z vrhnjo koto 155,2 m. n. m. kar predstavlja varovanje pred maksimalno možno poplavo.

#### **5.3.5.3 US3 - Elektro inštalacije**

So vse konstrukcije, sistemi in komponente znotraj upravno servisnega objekta, ki posredujejo pretok električne energije od vključno elektro razdelilne omarice v tehnološkem objektu do naprav porabnika. Te zajemajo elektroenergetske inštalacije različnih napetosti, med katere spadajo:

- Instalacije razsvetljave
- Instalacije elektromotorskih pogonov
- Instalacije elektrotoplotnih postrojev
- Elektro instalacije morajo biti protipožarno usklajene z zahtevami Študije požarne varnosti.

#### **5.3.5.4 US4 - Strojne inštalacije**

V ta SSK prištevamo naslednje instalacije, ki se nahajajo v okviru servisnega objekta:

- Vodovod,
- Ogrevanje,
- Prezračevanje
- Strojne instalacije morajo biti protipožarno usklajene z zahtevami Študije požarne varnosti.

#### **5.3.5.5 US5 - Kanalizacijski sistem**

Ta SSK predstavljajo vse konstrukcije, sistemi in komponente, ki so v upravno servisnem objektu namenjeni notranji kanalizaciji za odvajanje in čiščenje odpadnih voda in bodo priključeni na javno kanalizacijsko omrežje.

#### **5.3.5.6 US6 - Sistem fizičnega varovanja**

Je SSK, ki v okviru servisnega objekta pokriva izvedbo fizičnega in tehničnega varovanja.

#### **5.3.5.7 US7- Telekomunikacijski sistemi**

Telekomunikacijski sistemi zajemajo instalacije telekomunikacijskih naprav v servisnem objektu med katere spadajo:

- Telefonske in računalniške instalacije
- Instalacije govornih naprav in ozvočenja

- Antenske instalacije

#### **5.3.5.8 US8 – Protipožarni sistem**

Je SSK, ki v upravno servisnem objektu pokriva zahteve požarne varnosti.

Protipožarna zaščita mora upoštevati načelo obrambe v globino tako, da se zagotovijo:

- ukrepi, ki preprečujejo nastanek požarov,
- hitro zaznavanje, nadzor in pogasitev vsakega požara ter
- preprečitev širitve požara in njegovih posledic na katerem koli območju, kjer bi lahko bila ogrožena varnost odlagališča, ali do tega območja.

Požarna varnost zgradbe:

- Projektirana mora biti tako, da je požarno čim varnejša in po potrebi razdeljene na požarne sektorje in požarne celice.
- Požarni sektorji morajo preprečiti, da bi požar obremenilno vplival na opremo, pomembno za varnost, in ločiti redundantne ali raznovrstne proge posameznih varnostnih sistemov med seboj.
- Projekt mora zagotoviti požarne poti za vse, ki sodelujejo pri obvladovanju požara in evakuacijske poti za zaposlene v objektu.

### **5.3.6 OPIS SSK - OBJEKTI FIZIČNEGA VAROVANJA**

#### **5.3.6.1 F1 - Zunanja ograja**

Predstavlja SSK, ki poteka po zunanji meji prostora odlagališča NSRAO in omejuje neposredni dostop do same lokacije odlagališča – kontrolirano območje.

#### **5.3.6.2 F2 - Notranja ograja**

Predstavlja SSK, ki znotraj odlagališča NSRAO ločuje radiološko nadzorovano območje od ostalega območja odlagališča.

#### **5.3.6.3 F3 - Ostali sistemi fizičnega varovanja**

Ta SSK predstavlja vse ostale sisteme, konstrukcije in komponente, ki so na širšem področju odlagališča pomembni za izvedbo fizičnega in tehničnega varovanja.

### **5.3.7 OPIS SSK - ZUNANJA UREDITEV**

#### **5.3.7.1 Z1 - Nasip**

Ta SSK ščiti celotno odlagališče med obratovanjem, pred poplavami z določeno povratno dobo za to lokacijo. Zagotavljati pa mora tudi ustrezno trdnost, da so na njem zgrajeni objekti in infrastruktura, skladno z zahtevano potresno varnostjo ter zagotavljati ustrezno odpornost na bočno erozijo v primeru poplav.

#### **5.3.7.2 Z2 - Transportne ureditve**

Ta SSK predstavljajo vse ureditve, ki omogočajo in zagotavljajo izvedbo vseh vrst transporta na odlagališču. Predstavlja pa transportne ureditve znotraj zunanje ograje odlagališča.

#### **5.3.7.3 Z3 - Ozelenjene površine**

Ta SSK predstavlja vse ozelenjene površine v okviru odlagališča NSRAO. Po potrebi zavzema tudi pas zunaj zunanje ograje odlagališča.

#### **5.3.7.4 Z4 - Zunanja razsvetljava**

Ta SSK predstavljajo vsi sistemi, naprave in komponente, ki omogočajo izvedbo zunanje razsvetljave odlagališča NSRAO.

#### **5.3.7.5 Z5 - Zbiranje in odvajanje padavinskih in odpadnih vod**

To so sistemi, naprave in komponente, ki omogočajo ustrezno zbiranje, po potrebi kontroliranje in odvajanje padavinskih odpadnih voda.

IDZ predvideva, da se padavinske odpadne vode s streh na celotnem območju odlagališča preko peskolovov speljejo v ponikovalnico. Padavinske vode z utrjenih površin pa se speljejo v ponikovalnico preko lovilnikov olj.

#### **5.3.7.6 Z6 - Zunanji razvod vodovoda in hidrantno omrežje**

Zunanji razvod vodovoda poteka znotraj ograje odlagališča in je namenjen oskrbi vseh objektov na odlagališču s pitno in požarno vodo ter sočasno služi kot zunanje hidrantno omrežje za gašenje požarov. Postavitev in število hidrantov mora biti skladno s študijo požarne varnosti.

### **5.3.8 OPIS SSK - INFRASTRUKTURNI VODI IN PRIKLJUČKI**

#### **5.3.8.1 I1 - Elektro**

V ta SSK spada električni priključek ter ustrezni razvodi, do posameznih razdelilnih omaric oz. porabnikov.

V okviru IDZ sta predvidena dva elektroenergetska priključka. Prvi priključek (SN priključek) predstavlja vključitev odlagališča v elektroenergetski sistem, drugi priključek (NN priključek) pa vključitev črpališča za prečrpavanje kanalizacijske odpadne vode novega črpališča.

Elektroenergetski priključek odlagališča NSRAO mora zagotavljati energetska napajanje vseh objektov, sistemov in naprav, ki so potrebni za delovanje odlagališča kot samostojnega jedrskega objekta.

Celotni elektroenergetski priključek je v skladu z veljavnimi tehničnimi standardi in smernicami ter zahtevami Elektro Celje, ki upravlja z elektroenergetskimi vodi in dobavlja električno energijo na tem področju in zajemajo naslednja področja:

- priključitev na obstoječo transformatorsko postajo,
- postavitev transformatorja moči 400 kVA na platoju odlagališča,
- postavitev novih SN in NN omar,
- elektroenergetski razvod SN vodov.

V sklopu izgradnje odlagališča NSRAO je predvideno napajanje iz TP Kostak – Deponija 20/0,4 kV s TR moči 1 MVA in sicer:

- SN priključek (20kV) za samo odlagališče (nova TP ARAO 20/0,4 kV s TR moči 400 kVA)
- NN priključek (0,4 kV) za novo črpališče kanalizacije (tipska izvedba z dvema črpalkama 5,5 kW).

Sisteme in sestavne dele pomembne za varnost mora napajati s potrebno električno energijo, kot zasilnim virom, tudi dizel agregat in sicer v vseh stanjih objekta ter med projektnim dogodkom. Ob izgubi zunanjega napajanja se pomembni SSK napajajo iz dizel agregata (DA). Oskrba z električno energijo iz DA se predvidi pri črpalkah rezervoarja za zbiranje vode v tehnološkem objektu, za dvigalo in črpalke v odlagalnem objektu, za kontrolni bazen in za

črpališče požarne vode v sklopu upravno servisnega objekta. DA za varnostno napajanje mora imeti zagotovljeno zalogo goriva za 24-urno obratovanje na polni moči. V primeru izpada zunanjega napajanja se dejavnosti sprejema in odlaganja NSRAO prekinejo takoj, dejavnosti neodelagalnih del na območju silosa pa v najkrajšem možnem času oz. najkasneje v osmih urah po izpadu.

Za napajanje občutljivih porabnikov, ki morajo imeti zagotovljeno stalno neprekinjeno napajanje, tako ob izpadu omrežja oziroma DA napetosti, je za vsako funkcionalno enoto odlagališča predvidena ustrezna UPS naprava.

#### **5.3.8.2 I2 - Telekomunikacije**

Skladno z IDZ [5] je potrebno objekte odlagališča priključiti na komunikacijsko omrežje. Telekomunikacijski priključek odlagališča NSRAO na obstoječo TK omrežje se izvede z novim optičnim kablom. Trasa novega optičnega kabla bo potekala med jaškom pri uvozu na deponijo Kostak Krško in upravno-servisnim objektom odlagališča USO. Na tej trasi bo zgrajena kabelska kanalizacija v obliki PE/HD cevi, v katero se bo uvlekel optični kabel.

#### **5.3.8.3 I3 - Vodovod**

V IDZ [5] je vodovodni priključek načrtovan tako, da je odlagališče prek vodomernega jaška priključeno na vodovodno omrežje na območju rekonstruirane Vrbinske ceste.

Cevovodi se položijo na posteljico iz drobnega peska. Nad osjo cevovoda se po osnovnem nasipu položi PVC označevalni trak v modri barvi z napisom POZOR VODOVOD

Vodovod poteka preko vodomernega jaška, kjer se vgradi vodomer.

#### **5.3.8.4 I4 - Fekalna Kanalizacija**

Skladno z IDZ [5] je kanalizacija komunalnih vod na odlagališču NSRAO zasnovana tako, da odvaja sanitarne vode iz objektov ter tehnološke vode, ki se zbirajo v zbiralnikih: zbiralni bazen v silosu, zbiralni jašek v TO, 2. faza in kontrolni bazen, ter zbiralni rezervoar v TO 1. faza. Zbrane tehnološke vode v bazenu se kontrolirajo, in če ustrezajo zahtevam predpisanih pogojev za izpust v javno kanalizacijsko omrežje, se jih lahko izpusti v javni kanalizacijski sistem.

Zaradi konfiguracije terena in ovir na trasi, je le-ta razdeljena na:

Prosto padni / gravitacijski del: od ograje odlagališča NSRAO do črpališča pri uvozu k Centru za zbiranje komunalnih odpadkov Kostak d.d. in

- Tlačni del od črpališča do priključitve na obstoječe črpališče Libna.

Z izgradnjo novega odlagališča je celotna kanalizacija iz vseh objektov priključena na centralno kanalizacijo - smer Spodnji Stari Grad. Zaradi višinske razlike nove in obstoječe kanalizacije, je na desni strani pri uvozu na deponijo Kostak načrtovana izgradnja vkopanega prečrpališča.

#### **5.3.8.5 I5 - Meteorna kanalizacija**

Meteorno kanalizacijo se skladno z IDZ [5] spelje v ponikovalnico v okviru odlagališča. Odvodnjavanje parkirišča je urejeno tako, da se voda steka ob robnikih do cestnih požiralnikov in nato skozi lovilec olj v ponikovalnico.

Odvajanje padavinske odpadne vode znotraj ožjega ureditvenega območja NSRAO mora biti razdeljeno:

- odvajanje prometnih površin, ki jih je potrebno pred izpustom očistiti v koalescenčnem lovilcu olj, in na
- strešne vode, ki jih ni potrebno očisti v koalescenčnem lovilcu olj. S tem je zmanjšana količina meteornih voda, ki jih je potrebno pred izpustom očistiti.

Meteorne vode (očiščene) in strešne vode nato ponikajo v skupnem ponikovalnem polju, ki je načrtovano v JV delu zemljišča NSRAO.

#### 5.3.8.6 I6 – Cestna povezava

Skladno z IDZ [5] se dostop do odlagališča izvede po cestnem priključku z Vrbinske ceste. Vrbinska cesta se rekonstruira od priključne ceste za NSRAO do načrtovanega krožišča Spodnji Stari Grad v dolžini 460 m.

### 5.3.9 OPIS SSK - OBJEKTI ZA MONITORING

#### 5.3.9.1 M1 - Monitoring

V okvir tega SSK spadajo vsi sistemi, komponente in konstrukcije ki v okviru zunanjšega dela odlagališča omogočajo izvedbo obratovalnega monitoringa odlagališča in okolja, ter ustrezno shranjevanje pridobljenih podatkov. Omogočati mora tudi ustrezno primerjavo in obveščanje, če je to potrebno.

#### 5.3.10 VARNOSTNA KLASIFIKACIJA SSK

Varnostna klasifikacije je, skladno z JV5, razvrščanje SSK glede na zahtevane varnostne funkcije za zagotovitev jedrske varnosti in razvrščanje SSK glede na njihovo pomembnost za jedrsko varnost v varnostne kategorije.

Skladno s stopenjskim pristopom in Pravilnikom JV 5 [1], ki zahteva, da je potrebno vse SSK klasificirati v varnostne razrede smo za odlagališče NSRAO definirali dva varnostna razreda (kategoriji). To sta:

- SSK-ji pomembni za jedrsko in sevalno varnost (POM): v to kategorijo spadajo tisti SSK ji, katerih odpoved bi relativno močno spremenila rezultate varnostne ocene, oz. bi zahtevala večjo spremembo modelov vključenih v varnostno oceno.
- SSK-ji nepomembni za jedrsko in sevalno varnost (NEPOM): v to kategorijo spadajo tisti SSK ji, katerih odpoved ne bi močno spremenila rezultatov varnostne ocene, oz. ne bi zahtevala večjo spremembo modelov vključenih v varnostno oceno.

Varnostna klasifikacija je bila, skladno s stopenjskim pristopom in zahtevami JV 5 izvedena na podlagi rezultatov varnostnih analiz in inženirske presoje skupine strokovnjakov iz različnih področji, ki so tudi pripravljali Projektne osnove. Zaradi stopenjskega pristopa varnostna kategorizacija SSK jev ni bila izvedena.

Spodnja tabela prikazuje varnostno klasifikacijo za posamezne SSK-je, ki so določeni v poglavju v prejšnjem poglavju.

Oznaka SSK	Opis SSK	Varnostna funkcija (poglavje 5.2.8.)	Varnostna klasifikacija	Pasivna (P) ali aktivna (A) funkcija	Komentar



O1	Končna pakirna enota	P, C, H, I, S, Š	POM	P	
O2	Polnilo	P, C, H, S, Š	NEPOM		
O3	Silos	P, C, H, I, S	POM	P	
O4	Drenažni sistem	H	POM	A	Med obratovanjem
O5	Zapora med silosom in vodonosnikom	P, C, H, I	POM	P	Zapora izvaja funkcijo izolacije silosa in s tem odpadkov pred vodonosnikom.
O6	Polnilni material na nivoju vodonosnika	I	NEPOM		Polnilni material izvaja funkcijo izolacije silosa in s tem odpadkov pred vodonosnikom.
O7	Konstrukcija, ki omogoča izkop gradbene jame	S	NEPOM		
O8	Protipoplavna zaščita - nasip	H, Su	POM	P	
O9	Hala nad silosom	H, Š, Su	NEPOM		Hala nad silosom, je nadstrešnica, ki varuje silos pred vremenskimi vplivi.
O10	Odlagalno - transportne naprave	Su	POM	A	
O11	Elektro instalacije	Su	NEPOM		
O12	Protipožarni sistem	Su	POM	A	
O13	Sistemi fizičnega varovanja	V, I, Su	POM	A	
O14	Sistemi monitoringa	Su	NEPOM		
O15	Strojne inštalacije	Su	NEPOM		
O16	Sistem varstva pred sevanji	Su	POM	A/P	
O17	Telekomunikacijski sistemi	Su	NEPOM		
T1	Zgradba - gradbena konstrukcija	P, I, S, Š, V	POM	P	
T2	Protipoplavna zaščita	H, Su	POM	P	
T3	Elektro inštalacije	Su	NEPOM		
T4	Strojne inštalacije	Su	NEPOM		
T5	Kanalizacijski sistemi	P, Su	POM	A	V okviru sistemov mora biti omogočen sistem zajema in kontrole odpadnih voda, ki bi lahko bile kakorkoli kontaminirane.
T6	Sistemi fizičnega varovanja	I, V, Su	POM	A	

T7	Sistem varstva pred sevanji	Su	POM	A/P	
T8	Telekomunikacijski sistemi	Su	NEPOM		
T9	Protipožarni sistem	Su	POM	A	
T10	Monitoring	Su	NEPOM		
US1	Zgradba - gradbena konstrukcija	Su	NEPOM		
US2	Protipoplavna zaščita	Su	NEPOM		
US3	Elektro inštalacije	Su	NEPOM		
US4	Strojne inštalacije	Su	NEPOM		
US5	Kanalizacijski sistem	Su	NEPOM		
US6	Sistemi fizičnega varovanja	V, Su	NEPOM		
US7	Telekomunikacijski sistemi	Su	NEPOM		
US8	Protipožarni sistem	Su	NEPOM		
F1	Zunanja ograja	V	POM	P	
F2	Notranja ograja	V	NEPOM		
F3	Sistemi fizičnega varovanja	V	NEPOM		
Z1	Protipoplavna zaščita	Su	NEPOM		
Z2	Transportne ureditve	Su	NEPOM		
Z3	Ozelenjene površine	Su	NEPOM		
Z4	Zunanja razsvetljava	V, Su	NEPOM		
Z5	Zbiranje in odvajanje padavinskih odpadnih vod	Su	NEPOM		
Z6	Zunanji razvod vodovoda in hidrantno omrežje	Su	NEPOM		
I1	Elektro	Su	NEPOM		
I2	Telekomunikacije	Su	NEPOM		
I3	Vodovod	Su	NEPOM		
I4	Kanalizacija	Su	NEPOM		
I5	Meteorna kanalizacija	Su	NEPOM		
I6	Cestni priključek	Su	NEPOM		
M1	Monitoring	Su	NEPOM		

Tabela 5-6: Varnostna klasifikacija in varnostne funkcije za posamezne SSK je

## 5.4 PROJEKTIRANJE IN GRADNJA

Tehnične zahteve za SSK je definirane zgoraj so podane v Projektnih osnovah [2] v poglavju 11 in so razdeljene na:

- Obratovalne pogoje in omejitve,
- Zahteve glede objektov in konstrukcij,
- Zahteve glede seizmičnih obremenitev,
- Zahteve glede arhitekturnih rešitev, krajinske ureditve in človeške dejavnosti,
- Zahteve glede tehnoloških sistemov,
- Zahteve glede strojnih inštalacij in opreme,
- Zahteve glede električnih inštalacij in opreme,
- Zahteve glede računalniškega vodenja in nadzora,
- Zahteve glede telekomunikacij,
- Zahteve glede razmestitve objektov, sistemov in naprav,
- Zahteve glede varstva pred sevanji in omejitev doz,
- Zahteve glede varstva okolja in obratovalnega monitoringa,
- Zahteve glede požarnega varstva,
- Zahteve glede varstva pred poplavami in meteorološkimi vplivi,
- Zahteve glede zagotavljanja varnosti in zdravja pri delu,
- Zahteve glede fizičnega varovanja objektov in omejevanje dostopa ter vnosa in iznosa snovi,
- Zahteve glede zagotavljanja neoviranega dostopa,
- Zahteve glede na varnostne analize in glede pripravljenosti na izredne dogodke,
- Zahteve glede na funkcionalno analizo,
- Zahteve glede dokumentiranja,
- Zahteve glede prevoza odpadkov,
- Druge zahteve.

Podrobnejši opisi SSK jev pomembnih za jedrsko in sevalno varnost so predstavljeni v 6. poglavju tega osnVP. Ravno tako so v Projektnih osnovah[2], poglavje 4, predstavljeni splošni projektni pogoji in načela, ki so povzeti tudi v poglavju 5.2 tega dokumenta.

Gradnja vseh objektov pomembnih za sevalno in jedrsko varnost je podrobneje predstavljena v Idejnih zasnovah [5] in povzeta v 6. poglavju tega dokumenta.

Osnova za seizmično klasifikacijo inženirskih pregrad je podana v poglavju 4.5 tega dokumenta.

Posamezni SSK ji in konstrukcije objektov, ki so pomembni za jedrsko varnost in opravljajo poleg konstrukcijskih tudi druge varnostne funkcije so opisane v poglavju 6 tega dokumenta.

Razgradnja odlagališča je opisana v poglavju 16 tega dokumenta.

Izvedba zaprtja odlagališča NSRAO je predstavljena v 12. poglavju tega dokumenta.

Rešitve predlagane v Idejnih zasnovah [5] so bile preverjene z varnostnimi nalizami, ki so opisane v poglavju 7 tega dokumenta. S tem je podano zagotovilo, da načrtovano odlagališče zadošča Projektnim osnovam [2].

#### **5.4.1 ČLOVEŠKI FAKTOR**

Človeški faktor je prinačrtovanju odlagališča NSRAO upoštevan v največji možni meri.

Objekti so zasnovani tako, da z dimenzijami, kapacitetami ter izborom finalnih obdelav ustrezajo tehnološkemu pogoju in zahtevam. Hkrati je bila posebna pozornost tako pri razmestitvi objektov v prostor, kot pri njihovem arhitekturnem oblikovanju posvečena tudi njihovi primerni usklajenosti oz. prilagoditvi okolici. V ta namen je bila ustanovljena tudi posebna – arhitekturna komisija.

Predvideno je, da bodo objekti zagotavljali ustrezne pogoje za zdravo, varno in udobno uporabo, bivanje in delo vseh uporabnikov objektov ter drugih oseb, hkrati pa bodo izpolnjevali vse bistvene zahteve za gradbene objekte [5] (mehanska odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higienska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice, varnost pri uporabi, zaščita pred hrupom ter varčevanje z energijo in ohranjanje toplote). Vse omenjene zahteve bodo upošteevane tudi v nadaljnjih fazah projektiranja.

Projektiranje odlagališča se v celoti izvaja v skladu s konservativnim determinističnim pristopom, večji del podprt z izvajanjem izračunov in analiz za varnost pomembnih projektnih parametrov in procesov v objektu, ki nastanejo po predpostavljenih začetnih dogodkih. S presojami, analizami in izračuni naj bo preverjeno in potrjeno, da dovoljene vrednosti osnovnih varnostnih parametrov objekta niso presežene in da so zagotovljene ustrezne varnostne meje.

Način uporabe meril za doseganje ustreznih projektnih rešitev in varnostnih mej je bil odvisen od vrste projektne dejavnosti in je bil po posameznih vrstah predvsem naslednji:

1. Uporaba standardnih analiz in izračunov (npr. v skladu z Evrokod) z varnostnimi mejami v obliki standardiziranih varnostnih faktorjev;
2. Uporaba inženirsko uveljavljenih analiz (npr. hidravličnih, sevalnih) z upoštevanjem konservativnih vhodnih podatkov in z usmerjanjem projektiranja k rešitvam, ki zagotavljajo varnostno mejo (npr. povečanje premera pretočnega elementa, dodatna debelina stene); in
3. Vpeljava uveljavljenih projektnih rešitev na podlagi inženirske presoje, za katere je iz referenčnih objektov poznana ustreznost in varnostna rezerva za predvidene projektne dogodke in stanje.

### **5.5 KVALIFIKACIJE SSK NA VPLIVE OKOLJA**

V okviru varnostnih analiz (poglavje 7) so posamezni SSK ji povezani z njihovimi varnostnimi funkcijami (te so definirane v poglavju 5.3.10 tega osnVP) preko posameznih lastnosti, ki so jim predpisane. V okviru analiz je bil preverjen vpliv odlagališča ob predpostavljenih pogojih na okolje, pa tudi degradacija, oz. vpliv okolja na posamezne SSK je. (poglavje 7 tega osnVP) S tem so bile posamezne varnostne funkcije SSKjev potrjene, kot sprejemljive. Predstavljeni so tudi možni modeli degradacij posameznih SSK jev in odlagališča kot celote. Analiziran je tudi primer odpovedi SSK jev, ki bi se lahko zgodil zaradi različnih vzrokov – scenarij zgodnje porušitve inženirskih pregrad.

Seznam materialov in opreme, ki se bo uporabljal za izgradnjo odlagališča NSRAO, bo priložen v naslednji fazi projekta. Morajo pa tako materialji, kot oprema skladno s Projektnimi osnovami

[2] izpolnjevati vse zahteve Zakona o varstvu okolja [51] in ostale zakonodaje in bodo dodatno podane v okljevartvnm soglasju.

Pri načrtovanju odlagališča je bilo tako potrebno še dodatno upoštevati:

- zagotoviti čim manjše nastajanje sekundarnih odpadkov pri izgradnji in obratovanju, tako radioaktivnih kot neradioaktivnih odpadkov,
- omogočiti ločevanje sekundarnih odpadkov skladno z zakonodajo,
- zagotoviti, da zaradi gradnje ne pride do večje degradacije kopenskih in vodnih ekosistemov v okolici posega.
- pri gradnji je treba upoštevati vse zahteve Uredbe o odpadkih [52],

Ustrezno so bili upoštevani tudi:

- mednarodni standardi, načela in direktive,
- priporočila in študije,
- prostorski akti, mnenja in projektni pogoji,

ki so podrobneje predstavljeni v poglavju 11.12.1 Projektnih osnov [2].

Degradacija odlagališča po zaprtju in njegov vpliv na okolje je podrobno predstavljen v okviru izdelave varnostnih analiz za odlagališče NSRAO – 7. poglavje tega dokumenta.

Posamezni SSK ji in njihova kalsifikacija na vplive okolja je opisan v poglavju 6 tega osnutka Varnostnega poročila.

## 5.6 LITERATURA

- [1] *Pravilnik o dejavnih sevalne in jedrske varnosti (JV5)*. (Uradni list RS, št. 74/16 ).
- [2] *Projektne osnove za odlagališče NSRAO Vrblina, Krško - faza presoje vplivov na okolje, Revizija 2 02-08-011-002/NSRAO2-POR-013-01*. ARAO, 2018.
- [3] *Projektne osnove za odlagališče NSRAO Vrblina, Krško - faza presoje vplivov na okolje, Revizija 1 02-08-011-001/NSRAO2-POR-013-01*. ARAO, 2016.
- [4] "Praktične smernice PS 1.03- Vsebina varnostnega poročila za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov," 2012.
- [5] *Odlagališče NSRAO Vrblina, Krško, Idejna zasnova Rev.C*. 2016.
- [6] *Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1*. Vienna: IAEA, 2006.
- [7] *Resolucija o jedrski in sevalni varnosti v republiki Sloveniji za obdobje 2013-2023*. Uradni list RS, št. 56/2013.
- [8] *Resolucija o nacionalnem programu ravnanja z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom za obdobje 2016–2025 (ReNPRRO16–25)*. (Ur.l. RS, št. 31/2016).
- [9] *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier*. ICRP, 2007.
- [10] *Disposal of Radioactive Waste, No. SSR-5*. IAEA, 2011.
- [11] *10 CFR 830.3 - Definitions*, <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/10/830.3>. .
- [12] *The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, SSG-23*. IAEA, 2012.
- [13] *Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, No. SSG-29*. IAEA, 2014.
- [14] *Safety Analysis and Waste Acceptance Criteria Preparation for Low and Intermediate Level Waste Repository in Slovenia - General overview of Safety Assessment Report*. Konzorcij EISFI (ENCO, INTERA, STUDSVIK, FACILIA, IRGO), 2012.
- [15] *Poročilo o vplivih na okolje za odlagališče NSRAO Vrblina, Krško*. ERICo, HSE Invest d.o.o., ZVD d.o.o., KOVA d.o.o., 2017.
- [16] *The Safety Case and Safety Assessment for the Pre-disposal Management of Radioactive Waste, GSG-3*. Vienna: IAEA, 2013.
- [17] *Safety Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4*. IAEA.
- [18] *Safety Analysis and Waste Acceptance Criteria Preparation for Low and Intermediate Level Waste Repository in Slovenia, Operational safety assessment Report on Scenarios, Models and Results of Calculations, ARAO, EISFI-TR-(11)-11 Vol.3, NSRAO2-OPS-004-01-e*. Konzorcij EISFI (ENCO, INTERA, STUDSVIK, FACILIA, IRGO), 2012.
- [19] *REPORT ON INITIAL SCENARIOS UNDER POST - CLOSURE CONDITIONS, EISFI-*

- TR-(11)-07, Rev 1, NSRAO2-PCS006-01-eng. Konzorcij EISFI (ENCO, INTERA, STUDSVIK, FACILIA, IRGO), 2012.
- [20] IBE, *Odlagališče NSRAO Vrblina, Krško, Referenčna dokumentacija - Obratovanje*, NSRAO2-POR-020-00 02-08-011-003, NRVB 5x/M23. .
- [21] IAEA, *Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, Results of a Coordinated Research Project, Volume 1: Review and Enhancement of Safety Assessment Approaches and Tools*, IAEA - ISAM. 2004.
- [22] *Resolucija o Nacionalnem programu ravnanja z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim jedrskim gorivom za obdobje 2006-2015*. Uradni list RS, št. 15/2006.
- [23] *Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti /ZVISJV/*. (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 70/08 – ZVO-1B, 60/11 in 74/15).
- [24] *Pravilnik o ravnanju z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom (JV7)*. (Uradni list RS, št. 49/06).
- [25] WENRA, "Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels," 2014.
- [26] *Uredba o državnem prostorskem načrtu za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov na lokaciji Vrblina v občini Krško, Ur.l. RS 114/2009*. 2009.
- [27] *Odlagališče NSRAO Vrblina, Krško, Investicijski program, Rev. C.*, IBE, d.d., 2013.
- [28] "Preliminary Decommissioning Plan (PDP) for NPP Krško, Revision 5," 2010.
- [29] *Razširjeno poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v Republiki Sloveniji leta 2015*. URSJV, 2016.
- [30] *Pogodba med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške o ureditvi statusnih in drugih pravnih razmerij, povezanih z vlaganjem v Nuklearno elektrarno Krško, njenim izkoriščanjem in razgradnjo (BHRNEK), Ur. l. RS, št. 23/2003*. 2003.
- [31] Consortium EISFI, "Inventory report, Del.1.13, Technical Report ARAO, EISFI-TR-(11)-12 Vol.1, Rev.4," 2014.
- [32] Consortium EISFI, *Safety Analysis and Waste Acceptance Criteria Preparation for Low and Intermediate Level Waste Repository in Slovenia, Inventory report. Report No. EISFI-TR-(11)-12 Vol.1 Rev.4, NSRAO2-WAC-002-01-eng*. Konzorcij EISFI (ENCO, INTERA, STUDSVIK, FACILIA, IRGO), 2015.
- [33] *Review and Comments on SAC&WAC reports, Doc. no.: NRVB---5X8810*. 2014.
- [34] URSJV, "Razširjeno letno poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v Republiki Sloveniji za leto 2014," 2015.
- [35] *Program razgradnje za CSRAO, Revizija 0*. 04-01-026-002, ARAO, 2012.
- [36] *System Description and Safety functions Report, Rev. 2*. NSRAO2-PCS-005-01- eng, ARAO (ENCO, INTERA, STUDSVIK, FACILIA, IRGO), 2012.
- [37] *Revizija in optimizacija projektnih rešitev iz IDP - Tehnologija odlaganja, NSRAO2-ŠTU-003-01, NRVB 3x1060*. IBE d.d., 2011.
- [38] *Zakon o ratifikaciji skupne konvencije o varnosti ravnanja z izrabljenim gorivom in varnosti ravnanja z radioaktivnimi odpadki /MKVIGRO/*. (Uradni list RS - Mednarodne



pogodbe, št. 3/99).

- [39] *Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV)*. (Uradni list RS, št. 102/04 - uradno prečiščeno besedilo, 70/2008 - ZVO-1B, 60/2011, 74/2015).
- [40] *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*. (Uradni list RS, št. 20/20, 97/20).
- [41] *Disposal Aspects of Low and Intermediate Level Decommissioning Waste, IAEA TECDOC-1572*. IAEA, 2007.
- [42] *Considerations in the Development of Near Surface Repositories for Radioactive Waste, IAEA Technical Report Series no. 417*. IAEA, 2003.
- [43] *Safety Standards for protecting people and the environment: Monitoring and Surveillance of Radioactive Waste Disposal Facilities, Specific Safety Guide No. SSG-31*. IAEA, 2014.
- [44] *Long-term Stewardship Planning Guidance for closure sites*,. U. S. Department of Energy.
- [45] *Environmental Monitoring of Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility, NUREG 1388*. NRC, 1989.
- [46] *Načrt dolgoročnega nadzora in vzdrževanja po zaprtju odlagališča NSRAO, referenčna dokumentacija za OsnVP, NSRAO2-POR-008-00 02-08-011-003*. ARAO, 2016.
- [47] *Odlagališče NSRAO Vrbin, Krško, Idejni projekt Rev. A*. NSRAO-Vrb-IDP 01/09, IBE d.d., 2009.
- [48] *Optimizacija neodlagalnega dela odlagališča*. NSRAO2-ŠTU-014-01, IBE d.d., 2014.
- [49] *Revizija in optimizacija projektnih rešitev iz IDP - SILOS*. NSRAO2-ŠTU-002-01, IBE d.d., 2011.
- [50] IAEA, "IAEA safety glossary: terminology used in nuclear safety and radiation protection," 2007.
- [51] *Zakon o varstvu okolja (ZVO-1)*. (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16).
- [52] *Uredba o odpadkih*. (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15).