

PANAUDOTO BRANDUOLINIO KURO IR
ILGAAMŽIŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ
GALUTINIO SUTVARKYMO, DEDANT
JUOS Į GILUMINĮ ATLIEKYNĄ, ĮRENGTĄ
MOLIUOSE, BENDROJI KONCEPCIJA

SANTRAUKA

TURINYS

Santrumpos / 3

01. ĮVADAS / 4

02. MOLIO FORMACIJOS IR APRIBOJIMAI / 4

03. PROJEKTO RENGIMO PAGRINDAI IR VEIKSNIAI, ĮTAKOJANTYS GA
AIKŠTELĖS PARINKIMĄ / 5

04. ATLIEKYNO PROJEKTO RENGIMAS / 6

05. GA ĮGYVENDINIMAS / 9

06. BENDROS PASTABOS IR REKOMENDACIJOS / 12

Nuorodos / 12

SANTRUMPOS

ALARA	/	(angl. As Low As Reasonably Achievable) taip mažai, kaip įmanoma pagrįstai pasiekti - radiacinės saugos principas, nustatantis, kad apšvita turi būti tokia maža, kokią tik įmanoma ir tikslinga pasiekti atsižvelgiant į ekonominius ir socialinius veiksnius
GA	/	Giluminis radioaktyviųjų atliekų atliekynas
DRA	/	Didelio aktyvumo radioaktyvios atliekos
VRA-IA	/	Vidutinio aktyvumo ilgaamžės radioaktyvios atliekos
VRA-TA	/	Vidutinio aktyvumo trumpaamžės radioaktyvios atliekos
MRA ir VRA	/	Mažo ir vidutinio aktyvumo radioaktyvios atliekos
MRA-IA	/	Mažo aktyvumo ilgaamžės radioaktyvios atliekos

MRA-TA	/	Mažo aktyvumo trumpaamžės radioaktyvios atliekos
Konceptija	/	Radioaktyviųjų atliekų giluminio atliekyno moliuose bendroji koncepcija
PBK	/	Panaudotas branduolinis kuras
RA	/	Radioaktyviosios atliekos
IAE	/	Ignalinos atominė elektrinė
LGT	/	Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos
TATENA	/	Tarptautinė atominės energijos agentūra
TGM	/	Tunelinė gręžimo mašina

Šią santrauką parengė VĮ Ignalinos atominė elektrinė pagal konsorciumo, sudaryto iš Suomijos įmonės „Posiva Solutions Oy“, Suomijos techninių tyrimų centro „VTT Technical Research Center of Finland Ltd“ ir Šveicarijos nacionalinės radioaktyviųjų atliekų tvarkymo agentūros (NAGRA), 2023–2024 metais atliktą darbą, kurio pagrindu buvo parengta panaudoto branduolinio kuro ir ilgaamžių radioaktyviųjų atliekų galutinio sutvarkymo, dedant juos į giluminį atliekyną, įrengtą moliuose, bendroji koncepcija.

01

ĮVADAS

Apie dokumentą

Suomijos įmonės „Posiva Solutions Oy“ vadovaujamas konsorciumas 2023–2024 metais parengė radioaktyviųjų atliekų giluminio atliekyno (toliau – GA) bendrąją koncepciją (toliau – Koncepcija) molio geologinėse formacijose Lietuvoje. Koncepcija parengta vadovaujantis radioaktyviųjų atliekų (toliau – RA) padėjimą atliekynuose reglamentuojančiais Lietuvos Respublikos teisės aktais, TATENA rekomendacijomis, esama pasauline praktika bei atsižvelgiant į specifines sąlygas Lietuvoje: geologines sąlygas, RA savybes, preliminarius RA kiekius ir kt.

Koncepcijoje preliminariai įvertintas geologinės aplinkos tinkamumas GA įrengti, nustatyti apribojimai geologinei aplinkai, įrengimui reikalingi inžineriniai komponentai, taikoma

technologija, parengtas projekto įgyvendinimo bendrasis planas bei biudžetas, nustatyta bazinė GA infrastruktūra. Koncepcijoje pateikimas išvadų ir rekomendacijų paketas būsimai aikštelės parinkimoveiklai bei būsimoms projekto rengimo ir saugos vertinimų iteracijoms.

Tikslas – saugus RA sutvarkymas

GA koncepcija molyje, kaip talpinančioje uolienoje, atsižvelgiant į įgyvendinimo galimybes, parengta siekiant svarbiausio GA tikslo – užtikrinti saugų PBK ir ilgaamžių RA sutvarkymą, dedant juos į giluminį atliekyną. Saugus padėjimas užtikrinamas per radionuklidų izoliavimo, sulaukymo, sulėtinimo ir vėlinimo bei ilgalaikio stabilumo (geologija, klimatas, atliekyno

medžiagų suderinamumas) aukšto lygio saugos principais pagrįstą saugos koncepciją, taip pat atsižvelgiant į įgyvendinamumo galimybę.

Koncepcijos rengimas ir prielaidos

Koncepciją sudaro bendras aikštelės (GA įrengimui) aprašymas, kurioje molio geologinė formacija nurodoma kaip talpinanti uoliena. Koncepcijos rengime neatsižvelgiama į konkrečią vietovę, o apibūdinama situacija, kuri, remiantis turima informacija, yra tikėtina Lietuvos teritorijoje.

02

MOLIO FORMACIJOS IR APRIBOJIMAI

Triaso ir kambro formacijos

Koncepcijoje aprašomos dvi molio formacijos – Nemuno-Palangos apatinio triaso (toliau – triasas) ir Baltijos apatinio kambro (toliau – kambras) – kurios šiuo metu laikomos potencialiai tinkamomis GA įrengimui molio uolienomis Lietuvoje. Koncepcijos aprašymas remiasi su GA vietos nustatymu susijusiais geologiniais tyrimais Lietuvoje, kurie atliekami nuo 2000 m.

Svarbu pažymėti, kad formacijos gylis ir formacijos storio kintamumas yra svarbi informacija GA išdėstymo projektui bei jostatybai ateityje. Remiantis TATENA rekomendacijomis, pasauline patirtimi ir pagrindiniais geologiniais kriterijais (formacijos slūgsojimo gylis, storis, struktūra, tekstūra, susidarymas, kitimas, mineralinė ir cheminė uolienų sudėtis) 2003 m. Lietuvoje buvo detalizuotos visų tinkamų formacijų slūgsojimos sąlygos ir išskirti tinkamame gylyje (ne mažesniame nei 200 m) slūgsančių tinkamo storio (ne mažiau nei 50 m) geologinių formacijų paplitimo plotai.

Triasas

Apatinio triaso molio formacija paplitusi vakarinėje ir pietvakarinėje Lietuvos dalyse. Bendras formacijos storis 50–250 m. Formacijos kraigas šiaurinėje Lietuvos dalyje slūgso apie 50 m gylyje ir laipsniškai gilėja pietų – pietvakarių kryptimi į daugiau nei 500 m gylį.

Visame triaso formacijos plote yra išgręžta 2 600 gręžinių ir tik 214 iš jų pasiekė jo padą. Be to, gręžinių pasiskirstymas nėra tolygus: 214 gręžinių atlikta apie 67 % formacijos plote, o apie 33 % potencialaus triaso formacijos ploto netirta gręžiniais ar geofiziniais metodais [Lazauskienė ir kt., 2020].

Kambras

Kambro formacija aptinkama Rytų Lietuvoje, kur formacijos viršūnė aptinkama 200 - 800 m gylyje ir gylėja į šiaurės vakarus. Formacijos storis rytinėje dalyje siekia 110 m, o vakaruose sumažėja iki 10-20 m [Lazauskienė ir kt., 2020].

Bendras kambro formacijos plotas ištirtas naudojant 65 gręžinius, kurie daugiausia buvo padaryti pietinėje formacijos dalyje (apie 23 %

ploto), tačiau nė vienoje tyrimo vietovėje nebuvo daromi gręžiniai, kurie būtų išgręžti į kambro formaciją ar per ją. Kambro formacija taip pat nebuvo tirta seisminiais tyrimais, išskyrus nedidelius plotus aplink IAE. Dėl šios priežasties gręžinių, išgręžtų už GA tiriamų teritorijų ribų, duomenys buvo naudojami apytiksliai įvertinti tyrimo teritorijose esančių formacijų savybes.

03

PROJEKTO RENGIMO PAGRINDAI IR VEIKSNIAI, ĮTAKOJANTYS GA AIKŠTELĖS PARINKIMĄ

Projekto rengimo pagrindo metodas

Rengiant GA koncepciją molyje, kaip talpinančioje uolienoje, naudojamas metodas, kurio esmė – atsižvelgiant į projekto įgyvendinimo galimybes siekti svarbiausio GA tikslo – užtikrinti PBK ir RA atliekų „saugų padėjimą“. Saugos koncepcija, skirta įgyvendinti aukšto lygio saugos principą „saugus padėjimas“, remiasi keturiais saugos principais ir atitinkamai saugą užtikrinančiomis funkcijomis.

Saugos principai ir bendrosios po uždarymo saugą užtikrinančios saugos funkcijos

SAUGOS PRINCIPAI	BENDROSIOS SAUGOS FUNKCIJOS	
IZOLIAVIMAS	<ul style="list-style-type: none"> o Riboja procesų poveikį paviršiui o Riboja žmogaus įsibrovimo riziką 	<ul style="list-style-type: none"> o Saugo nuo natūralaus srauto greito pateikimo
SULAIKYMAS	<ul style="list-style-type: none"> o Saugo nuo korozijos apkrovų o Saugo nuo mechaninių apkrovų 	<ul style="list-style-type: none"> o Užtikrina kritiškumo saugą
SULĖTINIMAS IR VĖLINIMAS	<ul style="list-style-type: none"> o Lėtasišmetimas iš atliekų matricos o Sulėtinimas ir vėlinimas artimoje aplinkoje 	<ul style="list-style-type: none"> o Sulėtinimas ir vėlinimas tolimoje aplinkoje o Saugo nuo natūralaus srauto greito pateikimo
STABILUMAS	<ul style="list-style-type: none"> o Užtikrina stabilumą šiluminių (vidinių ir išorinių) trikdžių atžvilgiu o Užtikrina stabilumą hidraulinių (vidinių ir išorinių) trikdžių atžvilgiu 	<ul style="list-style-type: none"> o Užtikrina stabilumą mechaninių (vidinių ir išorinių) trikdžių atžvilgiu o Užtikrina stabilumą cheminių (vidinių ir išorinių) trikdžių atžvilgiu

Pradiniame GA programos etape dažnai trūksta informacijos apie talpinančią uolieną arba atliekų srautus, arba ji yra neišsami.

Todėl remiantis ekspertų žiniomis, formuluojamos prielaidos, kurios įgalintų vykdyti preliminarų inžinerinių barjerų sistemos projektavimą ir atliekyno išdėstymą bei planą. Tuo pačiu įgalintų atlikti preliminarius saugos vertinimus, kurie bus sprendimų priėmimo proceso pagrindu.

Tokiame ankstyvame Lietuvos GA programos etape projekto rengimo pagrindas dažniausiai susijęs su prielaidomis, susijusiomis su būsimo aikštelės atliekų srautais ir talpinančios uolienos savybėmis.

Įgavus papildomų žinių, nauja informacija bus naudojama siekiant patikrinti atitiktį projekto rengimo pagrindo reikalavimams arba, prireikus, atnaujinti talpinančią uolieną ir (arba) atliekų srautus apibūdinantį koncepcijos modelį. Papildoma informacija taip pat bus naudojama atnaujinant saugos analizes.

Ilgalaikiai su sauga susiję reikalavimai

Kokybiniai reikalavimai laikomi pakankamais, kuomet galima rengti tinkamą GA koncepcijos projektą, kartu išlaikant lankstumą renkantis tinkamas molio formacijas. Surinkus papildomą geologinę informaciją, taip pat bus atliekamas GA eksploatacijos vertinimas ir saugos analizė bei, siekiant nustatyti pagrindinius parametrus, kuriuos reikės toliau tirti, jautrumo tyrimai. Tai padės priimti sprendimus, susijusius su aikštelės parinkimu ir tolesniu GA projekto vystymu.

Įgyvendinimo (galimybės) reikalavimai

Prieiga į požeminę dalį

Siekiant užtikrinti ilgalaikę saugą, sumažinant iki minimumo trikdžius geologiniam barjerui, taikomi prieigos į požeminę dalį reikalavimai. Šachtos (ir rampos) nuo žemės paviršiaus iki talpinančios uolienos pereina per visus sluoksnius, esančius virš talpinančios uolienos. Natūralių sąlygų sutrikdymas turi būti sumažintas iki minimumo. Parenkant aikštelę reikia įvertinti virš talpinančios uolienos esančių sluoksnių uolienų savybes. Pirmenybė turi būti teikiama pakankamai geras izoliacines savybes virš talpinančios uolienos esantiems uolienų sluoksniams.

Turi būti įrengta tokia prieiga į požeminę dalį, kuri įgalins saugią ir efektyvią GA statybą, eksploatavimą ir uždarymą, kad būtų užtikrintas transportavimas (darbuotojų, statybinių medžiagų, atliekų, medžiagų inžineriniams barjerams, atskiri maršrutai gelbėjimuisi, evakuacijai) ir įrengtos reikalingos sistemos.

Padėjimo patalpos ir atliekyno išdėstymas

RA padėjimo patalpų skerspjūvis ir ilgis turi suteikti pakankamai erdvės sutalpinti PBK, MRA ir VRA konteinerius. Šios koncepcijos tikslais daroma prielaida, kad minimalus PBK padėjimo tunelių vidinis diametras apytiksliai yra 2,5 m, įvertinant apytiksliai 1 m konteinerių diametrą ir 0,75 m buferį aplink konteinerį.

Kadangi PBK, MRA ir VRA smarkiai skiriasi tiek savybėmis, tiek kiekvienai atliekų rūšiai taikomais projektiniais sprendimais, projektuojant laikomasi bendro principo, kad padėjimo patalpos, kuriose laikomos skirtingos atliekos, turi būti fiziškai atskirtos. Išdėstant padėjimo patalpas GA schemeje, reikia išlaikyti atstumus tarp padėjimo patalpų, kad būtų išvengta nepalankios trukdžių sąveikos ir kelių greitam radionuklidų išmetimui. Siūlomas apytiksliai 50–100 m atstumas.

RA talpinimo patalpų išdėstymas turi leisti laikytis ilgalaikės, branduolinės ir eksploatacinių augos bei aplinkosaugos reikalavimų.

Atstumas tarp konteinerių ir tunelių yra papildoma projektavimo priemonė susijusi su ilgalaikė sauga, leidžianti valdyti vienas kitam prieštaraujančius apribojimus, susijusius su temperatūra dėl panaudoto branduolinio kuro skilimo skleidžiamos šilumos ir brinkstančio molio mineralų šiluminio jautrumo. Atstumas tarp konteinerių ir tunelių turėtų būti optimizuotas taip, kad būtų laikomasi šiluminių apribojimų, kartu mažinant PBK konteinerių skaičių ir poveikį.

Siekiant maksimaliai padidinti galimos radionuklidų migracijos atstumą aukštyn ir žemyn, padėjimo patalpos turėtų būti išdėstytos talpinančios uolienos formacijos viduryje.

Pagalbiniai inžineriniai komponentai

GA statybai, eksploatavimui ir uždarymui reikalingi pagalbiniai požeminiai statiniai.

Pagalbinių įrenginių išdėstymas turėtų leisti vykdyti minėtas veiklas užtikrinant branduolinę ir eksploatacines saugą, visų dalyvaujančių asmenų (įskaitant lankytojų) sveikatą ir saugą, aplinkos apsaugą ir atitiktį visuomeninius poreikius (įskaitant žemėtvarkos planavimą, poveikį aplinkai).

Be to, pagalbinės požeminės konstrukcijos neturėtų trikdyti geologinio barjero ir inžinerinės barjerų sistemos. Išdėstant požemines

konstrukcijas, būtina laikytis atstumų tarp padėjimo patalpų ir pagalbinių požeminių angų (pvz., šachtų), kad būtų išvengta nepageidaujamos trukdžių sąveikos (uolienu įtempimų, kasimo efektų, temperatūros, dujų slėgio, geochemijos) ir kad būtų išvengta kelių greitam radionuklidų išmetimui.

04

ATLIEKYNŲ PROJEKTO RENGIMAS

Prielaidos, taikytos MRA-VPA konteinerių tipo parinkimui

Inžinerinių barjerų, pagalbinių komponentų ir GA išdėstymo projektavimas iš dalies grindžiamas apytiksliais atliekų konteinerių tūriais ir mase, RA ar RA konteinerių aktyvumu ir skaičiumi bei matmenimis.

Pateikiami du MRA-VRA tvarkymo variantai. Pirmajame variante daroma prielaida, kad šiuo metu naudojami saugojimo konteineriai taip pat gali būti naudojami galutiniam padėjimui. Antrajame variante kai kurių atliekų talpinimas didelėse betoninėse dėžėse siūlomas kaip

alternatyva, vietoj esamų saugojimo konteinerių naudojimo.

Visos MRA ir VRA turi būti dedamos į atliekų konteinerius, tame tarpe ir eksploatacines nutraukimo metu susidarančios atliekos.

Priklausomai nuo supakuotų atliekų geometrijos, MRA-VRA atliekų konteinerius galima naudoti viduje talpinant atliekas statines arba jų nenaudojant. Vidutinio aktyvumo atliekoms, turinčioms didelį specifinį aktyvumą, tinka ir būtų efektyvūs MRA-TA ir VRA-TA arba dideli betoniniai konteineriai, nes jie užtikrina gerą konstrukcinį atsparumą ir ekranavimą.

Didelis gelžbetoninis konteineris taip pat gali būti alternatyva žemo ir vidutinio aktyvumo atliekoms, galbūt didesniems komponentams.

Preliminarūs atliekų priėmimo kriterijai

Ankstyvuose GA programos, tokios kaip Lietuvos GA programa, etapuose parenkama aikštelė ir GA koncepcija apibrėžiama taip, kad visi atliekų srautai, kuriuos numatoma padėti, tikrai būtų priimti ir saugiai padėti.

Preliminarūs atliekų priėmimo kriterijai pagrįsti galiojančiais reglamentais ir pagrindiniais saugaus radioaktyviųjų atliekų dėjimo GA principais:

- o Skystosios atliekos turi būti koncentruotos ir atitinkamai apdorotos.
- o Padėti GA skirtos atliekos turi būti galutinai apdorotos.
- o Padėti GA skirtuose konteineriuose neturi būti daug degių ar sprogių junginių, jų viduje neturi susidaryti dideli dujų kiekiai arba gamintis per daug šilumos.

Preliminarūs ir bendrieji atliekų priėmimo kriterijai lemia su įgyvendinimu susijusias atliekų formų imobilizavimo, perpakavimo ir (arba) galutinio sutvarkymo veiklas, taip pat, priklausomai nuo atliekų srautų, tvarkymo ir apsaugos nuo jonizuojančiosios spinduliuotės reikalavimus. Galutiniai atliekų priėmimo kriterijai gali būti nustatyti tik pasirinkus GA aikštelę.

Radioaktyviosios atliekos, inžineriniai barjerai ir sulaikymas

- o Eksploatacinės metalo atliekos - tai yra užterštos metalinės dalys, kurių specifinis aktyvumas nėra labai didelis. Atliekos gali būti skirstomos į D ir E klases. Šias

atliekas numatoma padėti GA, naudojant VRA-IA konteinerius.

- o Eksploatacines nutraukimo metu susidarančios ir eksploatacijos metu susidariusios mažo aktyvumo D klasės serpentinito atliekos. Daroma prielaida, kad visos serpentinito atliekos dedamos į statines, kurios vėliau bus talpinamos didesniuose konteineriuose.
- o Grafito atliekas sudaro šie srautai: eksploatacijos metu susidariusios ir eksploatacines nutraukimo metu susidarysiančios grafito atliekos.

Grafito sudėtyje yra daug ilgalaikių radionuklidų, kurie yra probleminiai ilgalaikiam galutinio padėjimo saugumui. Siekiant sumažinti radionuklidų išmetimą, pakuotės turi būti užpildytos cemento užpildu.

Eksploatacines metu susidariusio grafito atliekos susideda iš mažesnių komponentų ir tik iš dalies užterštų atliekų. Todėl projektinis sprendimas yra naudoti metalinius konteinerius. Didelio savitojo aktyvumo grafitą rekomenduojama dėti į betoninius konteinerius.

- o Panaudotų uždaryjū šaltinių pakavimo ir šalinimo projektinis sprendimas yra naudoti VRA-IA metalinius konteinerius, nes jie pakankamai užtikrina apsaugą nuo jonizuojančiosios spinduliuotės ir turi gerą mechaninį stiprumą. Panaudoti uždaryjū šaltiniai bus talpinami į statines.
- o PBK konteinerio tikslas - atlaikyti mechanines apkrovas ir koroziją ir užtikrinti visišką sulaikymą tūkstančiams metų po atliekyno uždarymo. Projektinis sprendimas – plieninis konteineris.

Padėjimo patalpų ir uždarymo inžinerinių barjerų sistemos projektavimas

Inžineriniai barjerai skirti DRA padėjimo patalpoms

Praktiškai DRA padėjimo patalpos barjerai yra skirti palaikyti konteinerių ir talpinančios uolienos eksploatacines savybes. Bentonito buferio matmenys nustatomi atsižvelgiant į konteinerių matmenis, siekiant, kad konteinerio ir uolienos barjero storis būtų pakankamas. Molio, kaip talpinančios uolienos, geologinės charakteristikos sąlygoja, kad konteinerius geriausia dėti horizontalioje padėtyje, siekiant užtikrinti kuo homogeniškesnes talpinančios uolienos sąlygas artimiausioje konteinerio aplinkoje. Numatomas atliekyno tunelio skersmuo yra 3,1 m, mažiausias buferio storis aplink konteinerį - 80 cm. Toks storis palieka tam tikrą atsargą betoniniam įdėklui aplink konteinerį.

MRA ir VRA padėjimo patalpų inžineriniai barjerai

MRA ir VRA padėjimo patalpose inžineriniams barjerams taikomi šiek tiek mažiau griežti su

ilgalaike sauga susiję reikalavimai, kaip DRA atveju. Projektavimo reikalavimus atitinkantis projektinis sprendimas - cementas (skiedinys) MRA ir VRA padėjimo patalpų užpildui. MRA ir VRA atliekų padėjimo patalpų inžinerinių barjerų koncepcijos projekte daroma prielaida, kad cementinė medžiaga naudojama užpildyti erdvę tarp pačių atliekų konteinerių bei tarp atliekų konteinerių ir padėjimo tunelio sienų.

Bus dedama vienuolika MRA ir VRA konteinerių viename padėjimo patalpos skerspjūvyje ir aštuoni VRA-IA konteineriai viename skerspjūvyje, darant prielaidą, kad padėjimo tunelio vidinis skersmuo - 6,5 m. Koncepcijos projekte taip pat daroma prielaida, kad tarp kiekvienos pakuočių eilės išilgine kryptimi yra 10 cm tarpas.

Uždarymo inžineriniai barjerai

Detalus hidraulinių ir kitų dangčių projektavimas turi būti atliktas ateityje, atsižvelgiant į kiekvienoje dangčio vietoje vyraujančias hidrogeologines ir mechanines sąlygas. Uždarymo medžiagos turi būti parenkamos atsižvelgiant į talpinančios uolienos hidraulines savybes skirtinguose gylio lygiuose ir turi būti optimizuotos vėlesniuose atliekų tvarkymo programos etapuose. Šioje koncepcijoje daroma prielaida, kad GA lygmenyje uždarymo medžiagą sudaro 40 % bentonito ir 60 % užpildo (smulkinta uoliena arba smėlis/žvyras) ir yra pakankamas dujų pralaidumas. Hidrauliniai kamščiai prie šachtų susideda iš betono ir bentonito. Taip pat gali prireikti tam tikrų filtravimo medžiagų / įdėklų / konstrukcijų, kad bentonitas nesimaišytų su šachtose esančiomis dengiančiomis uždarymo medžiagomis. Numatoma, kad dangčiai, reikalingi apsaugoti nuo netyčinio žmogaus įsibrovimo, yra storesni, ~5 m storio betoniniai dangčiai.

Pagalbiniai inžineriniai komponentai

Prieiga prie atliekyno

Prieiga prie požeminio GA paprastai yra per

rampą arba šachtą. Rampoje gali būti naudojama ratinė įranga arba konvejeriai, o šachtoje - liftas arba keltuvas. GA esant giliai, rampos ilgis gali būti labai ilgas, todėl šiame GA planavimo etape šachta pasirenkama kaip pagrindinė prieigos galimybė.

Be pagrindinių šachtos komponentų, reikalingi ir kiti komponentai. Šachta turi būti apsaugota tinkamu uolienos sutvirtinimu. Uolienų sutvirtinimas priklauso nuo gylio išilgai šachtos ir uolos kokybės. Arčiau paviršiaus tvirtinimui prie uolienos gali pakakti varžtų ir užpildo bei atitinkamo cemento mišinio panaudojimo purškiant, tačiau GA lygyje, kur, kaip talpinanti uoliena, yra molis, gali prireikti surenkamo betoninio sutvirtinimo.

Radioaktyviųjų atliekų šachta

Visoms radioaktyviosioms atliekoms reikalinga atskira šachta, kuri užtikrina, kad į GA būtų galima transportuoti techninės priežiūros įrangą ir medžiagas net ir tuo mažai tikėtiniu atveju, jei transportuojant būtų pažeistas konteineris. Tai taip pat užtikrina, kad personalas ir radioaktyvios atliekos būtų atskirti.

Radioaktyviųjų atliekų šachta turi būti pakankamai didelė, kad būtų galima transportuoti ir panaudoto kuro konteinerius, ir MRA ir VRA konteinerius. Taip pat reikia užtikrinti, kad tiek antžeminiuose, tiek požeminiuose įrenginiuose būtų pakankamai vietos konteinerius pakrauti ir iškrauti į keltuvas ir iš jo.

Ventiliacijos sistemos

GA ventiliacija reikalinga tiek statybos, tiek eksploatacinių metu. GA koncepcijos projekte nagrinėjama ventiliacijos sistemą sudaro pagrindinė ventiliacijos sistema ir antrinės sistemos. Tai užtikrina viso atliekyno ventiliaciją, įskaitant šachtas, tunelius ir technines patalpas.

Tunelio gręžimo mašinos kamera

Tunelinė gręžimo mašina (toliau - TGM) šachtos keltuvas į požemines patalpas transportuojama atskirais komponentais. Prieš montuojant, šalia šachtos turi būti iškasta požeminė surinkimo kamera. Surinkimo kamera turi būti 1,5 karto didesnė, nei TGM plotis ir aukštis. Susijusiai įrangai skirta patalpa gali būti tokio pat skersmens kaip ir centriniai tuneliai. Tikslūs tunelio matmenys turi būti parinkti vėlesniame etape, kai bus turima konkretesnės informacijos apie uolienų stiprumą.

Centriniai tuneliai

GA be DRA, MRA ir VRA padėjimo tunelių ir kitų požeminių įrenginių, reikalingas jungiamųjų centrinių tunelių tinklas. Dabartiniais tikslais centrinių tunelių planuojama iškasti naudojant TGM.

Matmenų nustatymas

Centriniai tuneliai turi būti pakankamai dideli, kad TGM galėtų judėti, taip pat paliekant pakankamai vietos personalui, ventiliacijai ir kitoms pagalbinėms sistemoms. Taip pat turi būti vietos PBK ir MRA ir VRA konteineriams transportuoti. Jame taip pat gali tilpti visi suplanuoti MRA ir VRA konteineriai bei galima transportuoti PBK konteinerius, jei jie transportuojami horizontaliai.

DRA padėjimo patalpų tuneliai

Tunelius siūloma kasti, naudojant TGM. Tuneliai formuojami horizontaliai, įrengiamas uolienos sutvirtinimas. Statybos ir eksploatacijos metu turi būti įrengtos ventiliacijos, apšvietimo, elektros ir galimai vamzdinių sistemos. Šios sistemos pašalinamos prieš padedant PBK konteinerius ir įrengiant inžinerinius barjerus. TGM juda išilgai centrinio tunelio ir pradeda kasti kreivę, kol pasiekiami pageidaujama padėjimo tunelio kryptis.

Matmenų nustatymas

DRA atliekų padėjimo patalpų tunelių matmenys pirmiausia turi būti tokie, kad juose būtų pakankamai vietos tiek atliekų konteineriams padėti tiek ir aplink juos įrengti buferį. Tačiau tunelių dydis turi didelę įtaką kaštams, todėl neturėtų būti planuojamas per didelėmis apimtimis.

Konteinerių ir buferio transportavimo į padėjimo vietas įranga turi būti parinkta tokia, kad ji tilptų iškastuose tuneliuose.

Be konteinerio ir inžinerinių barjerų, reikia atsižvelgti į uolieną, kuri vykdytų atramos funkciją ir neišvengiamus uolienų masės įtempimus. Apvaskalo surenkamosios dalys tiekiamos į numatytą vietą kartu su TGM.

MRA ir VRA kavernos (ertmės uolienoje) / tuneliai

MRA ir VRA kavernos bus didesnių matmenų nei DRA padėjimo tuneliai. Kadangi užtikrinti ilgalaikius saugos reikalavimus MRA ir VRA konteineriams reikia mažiau inžinerinių barjerų medžiagų, juos galima krauti šalia vienas kito ir vienas ant kito. MRA ir VRA kavernos turi būti įrengiamos tam tikru atstumu nuo DRA padėjimo tunelių, tačiau tame pačiame gylyje.

Radioaktyviųjų atliekų saugykla

Prieš transportuojant į požemines patalpas, gali būti reikalinga antžeminių radioaktyviųjų konteinerių saugykla. Esant poreikiui, atsižvelgiant į eksploatacijos procedūras ir logistiką, tokia saugykla gali būti įrengta kapsuliavimo ir atliekų pakavimo įrenginiuose. Radioaktyviųjų atliekų transportavimo šachtoje reikalinga konteinerių iškrovimo vieta, kurioje konteineriai iškraunami iš šachtos ir pakraunami į transportavimo įrangą. Taip pat reikalingos pagalbinės patalpos: saugykla statybai naudojamiems įrankiams ir medžiagoms; patalpa transporto priemonėms ir įrangai laikyti.

Priežiūros patalpos

Priežiūros patalpos reikalingos įrangai ir mašinoms prižiūrėti, pvz., įrangai taisyti, keisti, perdažyti ir plauti. Ypač kalbant apie šachtų transportą, reikalingos visiškai sukomplektuotos priežiūros patalpos po žeme, kad visos surinktos įrangos nereikėtų išardyti ir kelti į paviršių. Taip pat priežiūros patalpose turi būti suvirinimo, dažymo, tekinimo ir tepimo įrenginiai. Požeminėse priežiūros patalpose turi būti pakankamai vietos ir galimybių surinkti visą požeminę įrangą.

Uolienos sutvirtinimas

Uolos sutvirtinimo tikslas – neleisti iškastam tuneliui pasislinkti daugiau nei numatyta ir neleisti jam sugriūti. Neįmanoma išvengti bet kokio įtempio, todėl jį reikia atsižvelgti iškastuose profiliuose. Gerai suprojektuotas uolienos sutvirtinimas užtikrina saugią atliekyno tunelių ir patalpų statybą ir eksploataciją, įskaitant bet kokios būtiną įrangos naudojimą. Po uždarymo užpildžius atliekyną, uolienos sutvirtinimo poreikio nelieka. Tačiau GA eksploatacinis laikas gali būti labai ilgas, todėl reikia iš anksto įvertinti ilgalaikius padarinius, pvz., galimas deformacijas. Uolienos sutvirtinimui gali būti naudojami varžtai, purškiamas betonas arba betoninis apvaskalas (įdėklas) ir plieninės atramos.

Matmenų nustatymas

Nustatyta, kad naudojant slankiojantį plieninį sutvirtinimą su betoniniu įdėklu (apvaskalu), uolienos sutvirtinimas būtų tinkamas, pasirenkant 0,2 m, 0,4 m ir 0,5 m betono apvaskalo storį. Šie dydžiai naudojami TGM surinkimo kamerali, centriniams tuneliams, DRA padėjimo patalpų tuneliams ir MRA ir VRA kavernoms. Nuodugnesnė analizė turi būti atlikta parinkus aikštelę ar kai bus turima išsamesnė informacija apie molį.

Elektros energijos tiekimas ir paskirstymas

Pirmasis GA elektros energijos tiekimo ir paskirstymo sistemos projektavimo žingsnis yra pakankamo elektros energijos tiekimo atliekyno aikštelėje užtikrinimas. Norint turėti elektros tiekimą, aikštelėje turi būti pastatyta pastotė, jei tokios dar nėra. Taip pat reikalingas avarinis elektros tiekimas, kad darbuotojai galėtų būti evakuoti net elektros energijos tiekimo nutrūkimo metu.

Iš pastotės elektros kabeliais elektra paskirstoma į reikiamas vietas GA aikštelėje. Naudojami ir stacionarūs ir mobilūs kabeliai. Stacionarūs kabeliai naudojami antžeminiams įrenginiams ir elektros energijos paskirstymui po žeme statybos ir eksploatacijos metu. Kasybos įranga, tokia kaip TGM, kurios veikimui reikalinga elektros energija, prijungiama mobiliaisiais kabeliais. Įtampa ir apimtis priklausys nuo saugyklos išdėstymo.

Ryšų ir stebėjimo sistemos

Ryšų, valdymo ir stebėjimo sistemos yra būtinos statybos ir eksploatacijos etapuose. GA ryšių sistemą sudaro informacijos šaltiniai ir siųstuvai, tinklas ir informacijos imtuvai. Visiems atskiriems komponentams egzistuoja įvairių tipų sistemos, tačiau jos priklausys nuo kitų GA naudojamų sistemų ir įrangos.

Pirmųjų GA statybos etapų metu, pagrindinė stebėseną susijusi su statyba, įranga bei saugos ir aplinkosaugos klausimais ir gali apimti tokius aspektus, kaip šachtos iškasimo gylis, vandens pritekėjimo greitis, statybinių medžiagų kiekis, naudojamos transporto priemonės ir įranga, degalų sąnaudos bei darbuotojų skaičius aikštelėje. Statybos ir eksploatacijos etape vykdoma oro kokybės ir radiacijos stebėseną.

Įėjimo kontrolė

Kaip ir darbuotojų judėjimo sekimo atveju, aikštelėje ir atliekyno reikalinga fizinės prieigos kontrolė. Aikštelė yra aptveriamą tvora, kurioje yra vartai darbuotojams, transportui ir medžiagoms, ties vartais stebint jų patekimą į objektą. Analogiškai, patekimas į šachtas ribojamas įėjimo kontrolės priemonėmis,

užtikrinant, kad į jas pateks tik turintys leidimą darbuotojai. Aikštelėje taipogi įrengiamos x stebėjimo sistemos: kameros ar judesio detektoriai.

Vandens tiekimo sistema

Geriamas ir techninis vanduo

GA statybos ir eksploatacijos metu vanduo reikalingas daugeliui procesų. Todėl vandens tiekimas turi būti užtikrintas ne tik antžeminėje dalyje, bet ir atliekyno lygyje. Vanduo, priklausomai nuo jo naudojimo tikslo, turi būti visiškai švarus/išvalytas, pavyzdžiui darbuotojų higieniniams poreikiams, arba pakankamai švarus įrangai plauti ar kitiems techniniams darbams atlikti. Gėlas vanduo turi būti tiekiamas į aikštelę prisijungiant prie esamų tinklų arba turi būti išvalytas aikštelėje. Šios projekto koncepcijos metu numatoma, kad gėlas vanduo gali būti tiekiamas į požemines patalpas per vieną iš šachtų.

Vandens šalinimo sistemos

Numatoma, kad GA yra įrengiamas mažo filtracijos koeficiento molyje. Todėl vandens pritekėjimas į GA turi išlikti minimalus. Tačiau šachtos gali būti nutiestos per didelio laidumo sluoksnius, dėl ko galimas tam tikro kiekio vandens pritekėjimas. Be to GA statybų ir eksploatacijos metu reikės išpumpuoti nuotekas. Todėl atliekyno reikalinga vandens šalinimo sistema.

Vandens šalinimo sistemą sudaro drenažas, nuotekų surinkimo/nusodinimo vietos, siurbliai, vamzdiniai ir talpos. Jei vandens pritekėjimas pakankamai didelis, drenažas gali būti įrengtas išilgai centrinio tunelio ir padėjimo tunelių statybų ir eksploatacijos metu. Surinkimo/nusodinimo vietos naudojamos surinkti vandenį ir užtikrinti pakankamai laiko kietosioms dalelėms nusėsti. Siurbliai ir vamzdžiai reikalingi transportuoti vandenį į paviršių arba vandens valymo įrenginius. Nuotekų vanduo į paviršių turi būti šalinamas per atskirą sistemą arba centralizuotai surenkamas ir transportuojamas į paviršių per šachtas kilnojamose talpose.

Darbuotojams skirtos patalpos

Darbuotojams skirtos patalpos apima persirengimo, maitinimo, higienos ir pirmosios pagalbos punktus, avarines slėptuves.

Kiti įrenginiai

Priešgaisrinė sistema

Priešgaisrinę sistemą sudaro gaisro aptikimo, perspėjimo ir gesinimo sistemos. Priešgaisriniai jutikliai turi reaguoti į tokius gaisro indikatorius, kaip anglies monoksidas arba dūmai. Šie jutikliai turi būti įrengti pakankamai arti vienas kito, kad laikotarpis, kol gaisro indikatorius pasieks jutiklį nebūtų per ilgas. Nustačius gaisrą, pavojaus signalas turi būti perduodamas visiems

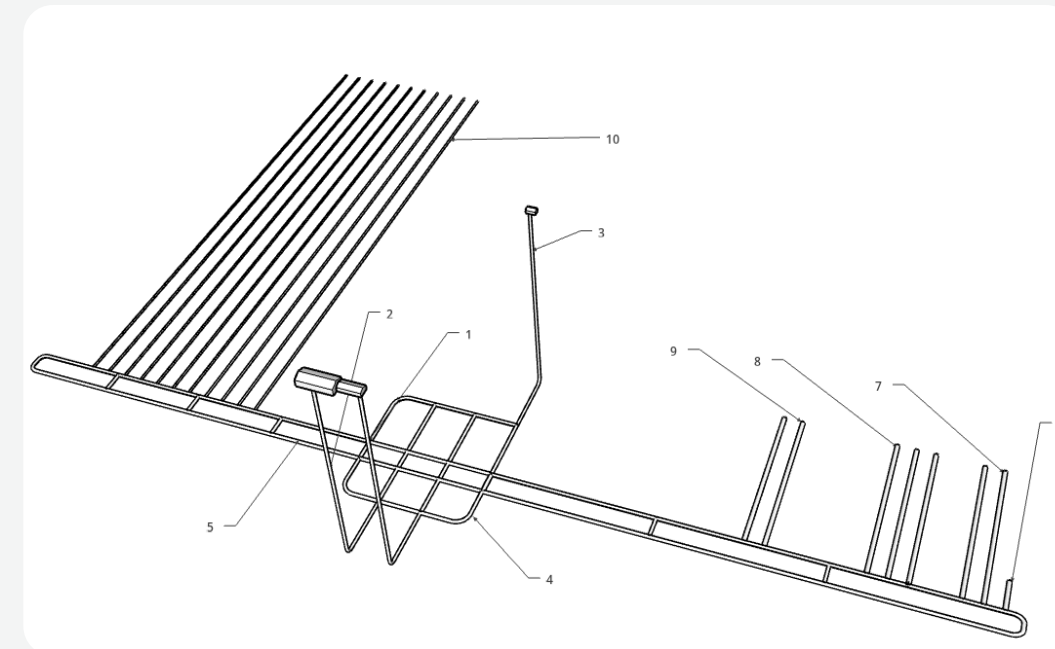
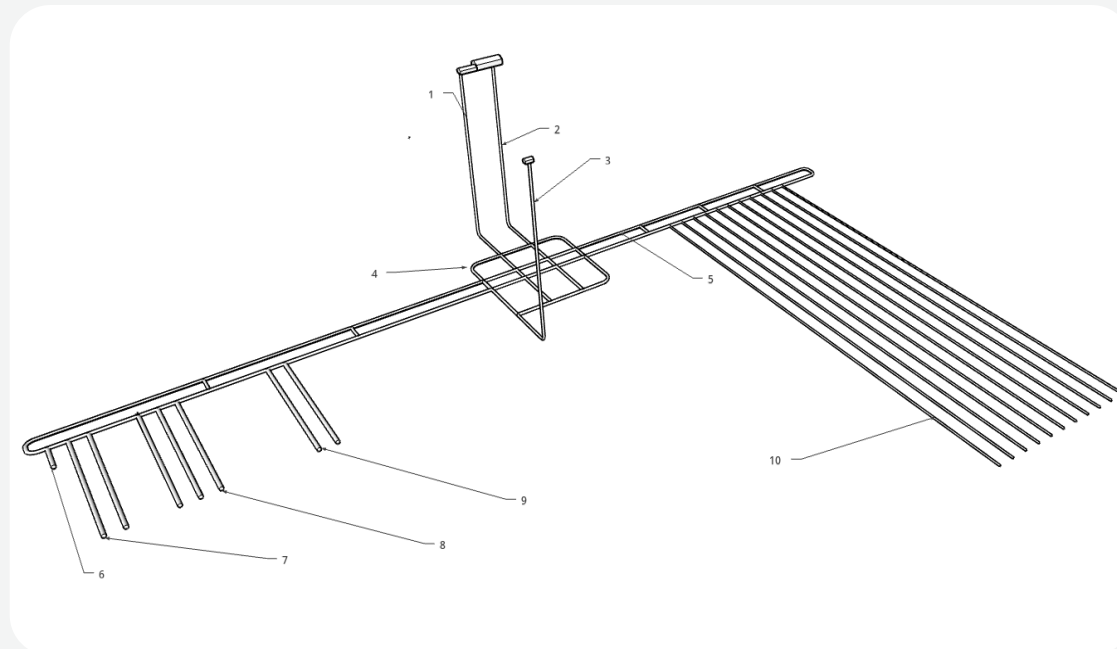
darbuotojams požeminiame lygyje ir paviršiuje. Toks perdavimas tiesiogiai darbuotojams gali būti vykdomas avariniais šviestuvais, garsiniu signalu ar bevielės komunikacijos priemonėmis. Suveikus priešgaisrinei signalizacijai prasideda priešgaisriniai darbai. Patartina apsvarstyti priešgaisrinių pertvarų įrengimą MRA ir VRA kavernoje, papildant jomis priešgaisrines sistemas. Šios pertvaros apribotų ugnies plitimą.

Iškastinės uolienos sandėliavimo vieta

Požeminių patalpų įrengimo metu susidarys dideli iškastinės uolienos kiekiai. Paviršiuje turi būti pakankamai vietos saugoti darbų metu iškastas uolienas arba jos turi būti transportuojamas kitur.

Atliekyno schema

Preliminarus GA komponentų išdėstymas pateiktas pav.



Preliminari GA išdėstymo schema.

1. Prieigos šachta, 2. Šachta radioaktyvioms medžiagoms, 3. Vėdinimo šachta, 4. Aptarnavimo zona, 5. Centriniai tuneliai, 6. MRA-IA ir VRA-IA grafito atliekos, 7. MRA ir VRA trumpaamžės grafiko atliekos, 8. MRA-TA ir VRA-TA, 9. MRA-IA ir VRA-IA, 10. PBK padėjimo tuneliai

MRA ir VRA kavernų ir PBK padėjimo tunelių skaičius yra apspręstas supakuotų atliekų kiekio ir tunelių projekto. Numatyta, kad ypač PBK padėjimo tuneliai gali būti įrengiami ir GA eksploataavimo metu. Todėl reikia atskirti kasimo ir eksploataavimo darbus, kurie bus vykdomi naudojantis atskiromis šachtomis ir centriniais tuneliais.

GA bus įrengtas talpinančios uolienos viduryje ir jos lygyje maksimaliai panaudojant pačios uolienos apsaugines (barjero) savybes. Centrinio tunelio ilgis priklauso nuo MRA ir VRA kavernų ir PK padėjimo tunelių kiekio ir ilgių.

05

GA ĮGYVENDINIMAS

Su GA statyba, eksploatacija ir uždarymu susiję aspektai

Bendras tikslas – užtikrinti, kad visas numatytas radioaktyviausias atliekas būtų galima saugiai padėti GA, o užsandarinus ir uždėjus uždarymo konstrukcijas, GA užtikrintų tinkamą ir reikalaujamą saugos lygį. Siekiant užtikrinti ilgalaikę saugą, statybų, eksploataavimo ir uždarymo metu vykdoma veikla neturi kelti pavojaus aplinkinių talpinančių uolienų su barjero funkcijomis susijusioms savybėms. Tačiau dėjimo programa taip pat turi užtikrinti eksploatacinę, branduolinę saugą, taip pat saugumą ir apsaugos priemones.

Kadangi talpinanti uoliena atlieka svarbią barjero funkciją, visuose procesuose turi būti užtikrinta, kad talpinanti uoliena nebūtų paveikta ar pažeista daugiau, nei tai yra visiškai būtina. Tikslinės talpinančios uolienos savybės turi būti išlaikytos statant ir eksploatuojant GA. Gamtinių sąlygų trikdžių mažinimas yra vienas iš pagrindinių GA įgyvendinimo principų. GA eksploataavimas turi užtikrinti, kad pradinė būseną atitiktų ilgalaikius saugos reikalavimus.

Radioaktyviosios atliekos negali būti dedamos į GA be tinkamos pakuotės. Atliekų konteineriai turi išlikti priimtinos būklės juos dedant į galutinio padėjimo vietas, o aplinkos sąlygos neturi būti neigiamai paveiktos atliekant tokias dėjimo operacijas. Turi būti suplanuoti ir atlikti bandomieji transportavimai, įrodant, kad pasirinkta technika yra tinkama atliekų konteinerių padėjimui.

Eksploatacinė ir branduolinė sauga GA

Be ilgalaikės saugos, GA programoje turi būti atsižvelgta ir į papildomus saugos aspektus, tokius kaip eksploatacinė ir branduolinė sauga. Svarstant saugos lygius, reikia atskirti radiacinę saugą ir branduolinę saugą. Radiacinė sauga – tai personalo ir visuomenės apsauga nuo žalingo radiacijos poveikio. Įprastai projektuojant ir planuojant veiklą GA objekte, turi būti vadovaujama ALARA principu.

Branduolinė sauga GA kontekste reiškia objekto saugos palaikymą, užkertant kelią radioaktyviųjų medžiagų išmetimui į aplinką eksploatacijos metu ir po GA uždarymo.

Reikalavimai įrenginio projektavimui

Vienas iš svarbiausių saugos tikslų - GA eksploatacijos metu ir po jo uždarymo turi būti išvengta radionuklidų išmetimo arba jis turi būti sumažintas iki minimumo. Dažniausiai tai pasiekama suprojektuojant konteinerius taip, kad nebūtų radioaktyviųjų medžiagų nuotėkio konteinerius pervežant ar juos tvarkant.

Siekiant užtikrinti ilgalaikę saugą, vienas iš pagrindinių principų yra apriboti trikdžius natūralioms sąlygoms, tai reiškia, kad įrenginio statyba paprastai vykdoma laipsniškai ir paraleliai įrenginio eksploataavimui. GA išdėstymas turi būti suplanuotas taip, kad statyba ir eksploataacija nepakenktų palankioms talpinančios uolienos savybėms ir nekeltų jokios eksploatacinės ir

branduolinės saugos rizikos.

Radioaktyviųjų atliekų paėmimo iš saugyklų galimybė turi būti įmanoma nepažeidžiant konteinerių. Konteinerių konstrukcija (geometrija ir matmenys) turi būti tokia, kad perkeliant iš saugyklų būtų galima juos pakelti. Siekiant, kad būtų užtikrintas išmetimų nebuvimas, PBK konteineriai turi būti suprojektuoti taip, kad atlaikytų su tvarkymu ir pervežimu susijusias apkrovas bei projekte numatytus nelaimingus atsitikimus (pvz., kritimus).

Galiausiai, požeminio įrenginio projektavime turėti būti numatytos avarinės sistemos: evakuacijos planai ir maršrutai (pvz., šachtos, keliai), avarinės patalpos, ryšių sistemos ir oro kokybės stebėsenos sistemos.

Turėtų būti suplanuota gaisro gesinimo priemonių sistema, pvz., gaisriniai hidrantai arba purkštuvų sistemos. Kontroliuojamose zonose, kuriose galimas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis, turi būti numatyta atskira šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistema.

GA eksploatavimo metu susidarys eksploatacinės atliekos. Tai bus, pvz., panaudotos asmeninės apsaugos priemonės, laikinosios ekranavimo medžiagos ir šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų filtrai. Šiuos naujus atliekų srautus taip pat reikės apdoroti arba šalinti. Tokių atliekų srautų apdorojimas arba padėjimas turi būti įtrauktas į detalų GA projektą. Visos atliekos, susidarančioms kontroliuojamose zonose, kuriose galimas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis, turi būti laikomos radioaktyviosiomis atliekomis.

Reikalavimai įrenginio statybai ir eksploatacijai

Pradinėje stadijoje atsižvelgiama į atliekų formas, atliekų konteinerius, atitinkančius atliekų priėmimo kriterijus bei konteinerių užkrovimo planus, inžinerines barjerų sistemas, taip pat į esamas ir numatomas konkrečios aikštelės artimos ir tolimos aplinkos sąlygas GA

eksploatacijos metu. Statant ir eksploatuojant GA, talpinančios uolienos ir inžineriniai barjerai turi atitikti pradinės stadijos aprašymą, kuris naudojamas kaip įvestis atliekant saugos analizę po uždarymo. Šiuo tikslu turi būti parengti inžinerinių barjerų gamybai ir montavimui arba požeminių angų statybai skirti kokybės užtikrinimo ir kokybės kontrolės planai ir darbo instrukcijos.

Eksploatacijos metu atsirasiantys nukrypimai, incidentai gali turėti įtakos pradinei stadijai, todėl jų iki protingai pasiekiamo lygio reikėtų vengti. Leistini nuokrypiai bei priimtini nukrypimai nuo reikalavimų bei korekcinės priemonės turėtų būti apibrėžti atsižvelgiant į jų poveikį ilgalaikiai saugai.

Vienas iš pagrindinių eksploatacinių iššūkių yra išvengti įrenginių užteršimo arba, jei taip nutinka, apriboti taršos plitimą. Štai kodėl turi būti nustatytos kontroliuojamos zonos, kuriose galimas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis. Jose turi būti įrengta jonizuojančiosios spinduliuotės dozių stebėseną. Siekiant, kad darbuotojams, kurie dirbs su ar arti branduolinių medžiagų, nebūtų viršytos jonizuojančiosios spinduliuotės dozės ribos, kontroliuojamų zonų ribos turi būti nustatytos vadovaujantis teisės aktais.

Kai kurių MRA ir VRA atliekų srautų, jau apdorotų MRA-TA ir VRA-TA ir VRA-IA saugojimo pakuotėse, perpakavimas nereikalingas, jei jie atitinka ilgalaikės saugos, branduolinės ir radiacinės saugos reikalavimus padėjimui GA.

Siekiant, kad būtų apribota su įgyvendinimu susijusi rizika, dėjimo ir statybos veiklos turėtų būti vykdomos skirtingu laiku ir (arba) skirtingose vietose. Turi būti nustatyti reikalavimai, kuriais būtų siekiama išvengti vienu metu atliekamų darbo veiksmų, kurie gali kelti rizikas statybos ir eksploatacijos metu. Tipiškas reikalavimas - tunelio gręžimo darbai negali būti atliekami toje pačioje vietoje, kur tuo metu perkeliama PBK konteineris.

Atliekų konteinerių tvarkymo ir perkėlimo / transportavimo reikalavimai

Didelė radiacinės saugos rizika kyla, kai PBK konteineriai transportuojami šachta žemyn į GA ir toliau į galutinio padėjimo vietas. Tokių pervežimų metu rizika yra didžiausia, radiacijos sąlygos kinta.

Kai atliekų konteineriai iškraunami nuo transportavimo įrenginių, radiacijos dozės galios gali būti didesnės ir reikia taikyti atitinkamas radiacinės saugos priemones. Atliekų konteinerių perkėlimas GA viduje neprivalo atitikti transportavimo kriterijų keliais, tačiau, jei reikia, tokie pervežimai turi būti atliekami naudojant tinkamais apsauginiais ekranais aprūpintais transportavimo įrenginiais ar transporto priemonėmis.

Nors PBK/DRA konteineriai bus tvarkomi nuotoliniu būdu, MRA konteineriai gali būti tvarkomi naudojant įprastus įrenginius (t. y. kranus ir šakinius krautuvus). Siekiant įrodyti, kad pasirinkta įranga ir technika yra tinkami atliekų konteinerių padėjimui, turi būti suplanuoti ir atlikti bandymai ir bandomieji projektai.

Tvarkant atliekas nelaimingi atsitikimai gali pažeisti MRA ir VRA konteinerius ir sukelti radioaktyviųjų medžiagų sklaidą. Turi būti parengti avariniai planai, kuriais vadovaujantis tokia situacija būtų suvaldyta. Nors daroma prielaida, kad PBK konteineriai nėra užteršti, turi būti atliekami jų patikrinimai.

Reikalavimai kontroliuojamajai zonai, kurioje galimas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis

Kontroliuojamajai zonai priskiriamos patalpos, kuriose normaliomis darbo sąlygomis reikia arba, įvykus radiologiniam incidentui gali prireikti taikyti konkrečias radiacinės saugos priemones, kad būtų kontroliuojama profesinė apšvita

arba apribojami jos mastai ir užkertamas kelias radioaktyviajai taršai plisti už kontroliuojamosios zonos ribų. Prie kontroliuojamosios zonos ribos turi būti įrengta darbuotojų ir įrankių radioaktyviojo užterštumo stebėseną.

Kontroliuojamąsias zonas rekomenduojama suskirstyti į laisvai prieinamas zonas, ribotos prieigos zonas arba zonas, kuriose draudžiama patekti arba patekti leidžiama labai trumpai.

Eksploatacijos ir branduolinės saugos tikslais, kontroliuojamosiose zonose turėtų būti įrengta atskira šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistema, išmetamas oras turi būti stebimas. Esant galimiems nelaimingų atsitikimų scenarijams, turi būti aprašyti būtini reagavimai skirti veiksmai.

Reikalavimai personalo radiacijos stebėjimui

Darbuotojų radiacijos dozės stebėjimus sudaro: individualaus radiacinės apšvitos stebėjimas, naudojant asmeninius dozimetrus, užterštumo patikrinimai, kurie turi būti atliekami išeinant iš kontroliuojamosios zonos.

Reikalavimai avarinėms sistemoms

Incidentus gali sukelti išoriniai arba vidiniai pavojai. Įprastai išoriniai pavojai, į kuriuos reikia atsižvelgti branduoliniame objekte, yra, pvz., žemės drebėjimai ir oro reiškiniai, tokie kaip potvyniai, o tipiški vidiniai pavojai yra, pvz., gaisrai, sprogstamųjų medžiagų tvarkymas, elektromagnetiniai trikdžiai ir sunkių krovinių kritimas. Incidentų valdymo planai turi būti parengti prieš pradėdant eksploatuoti GA. Svarbus aspektas, į kurį reikia atsižvelgti - žmonių evakuacija iš GA, taip pat vietų, kurios gali būti užterštos dėl pažeistų atliekų konteinerių, išvalymas. Taip pat rekomenduojama iš anksto parengti sugadintų atliekų konteinerių išvežimo planus, įskaitant galimybę perpakuoti atliekas.

Bendrasis įgyvendinimo planas

Aikštelės parinkimas, tyrimai

Aikštelės parinkimo, tyrimų etapo tikslas – surasti ir patvirtinti tinkamą, saugią ir priimtina GA vietą Lietuvoje. Tam reikia iširti ir palyginti skirtingų regionų ir vietovių charakteristikas. Atitinkamos suinteresuotosios šalys (pvz., politikai, visuomenė) turi būti įtrauktos, kad parinkta vieta būtų visuotinai pripažinta.

Šio etapo metu atliekami lauko tyrimai, tiriant geologiją vietos regionuose naudojant, pvz. 2D/3D seismiką, gręžinius ir laboratorinius kernų mėginių tyrimus. Tai pat atliekami saugos vertinimai, pradžioje pirmieji siekiant pasirinkti talpinančios uolienų tipą ir atitinkamą koncepciją, vėlesni - statybų aikštelėse GA įrengimo galimybei vertinti.

Numatoma keliolikos metų lauko darbų ir reikalingų tyrimų trukmė, siekiant pasirinkti prioritetinį regioną aikštelės patvirtinimui.

GA įrengti atrinktoje aikštelėje turės būti atlikti papildomi tyrimai, siekiant patvirtinti aikštelės tinkamumą. Papildoma informacija bus reikalinga GA projektavimui ir saugos analizei. Šiuo tikslu siūlomi tyrimai, naudojant 3D seismiką, papildomi gręžiniai ir laboratoriniai tyrimai. Siekiant patvirtinti aikštelės parinkimą, remiantis naujais duomenimis bus atliktas išsamesnis saugos vertinimas. Gauti duomenys taip pat yra GA projektavimo ir statybos būdų parinkimo pagrindas.

Šio etapo, t.y. parinktos aikštelės tyrimai, baigtinis rezultatas – parinkta GA aikštelė.

Projektavimas

Projektavimo etape, remiantis gauta išsamia informacija apie geologiją, bus atliktas detalus GA konstrukcijų, sistemų ir komponentų projektavimas, įskaitant kasimo ir statybos metodikos planavimą. Taip pat šiame etape

svarbu planuoti visus veiklos procesus ir atitinkamai derinti projektą. Parengti planai kartu su saugos analize ir poveikio aplinkai vertinimo rezultatais bus paraiškos statybas licencijai gauti. Atsižvelgiant į reikalavimus, teikiant paraišką statyti GA gali būti reikalingas veiklos aprašymas, GA projektas, saugos vertinimo ataskaita bei preliminari saugos vertinimo ataskaita.

Numatoma šio etapo trukmė ~10 metų ir jos rezultatas - statybos leidimas.

Statyba

Statybos etape visi įrenginiai, reikalingi GA eksploatacijai, bus pastatyti taip, kaip suplanuota projektavimo etape. Tai apima infrastruktūros įrenginius, skirtus prieigai prie atliekyno ir aplinkos, antžeminius įrenginius (pvz., inkapsuliavimas, saugojimas), prieigos konstrukcijas ir požeminius įrenginius. Statybos metu reljefo ir uolienos pokyčiai turi būti atidžiai stebimi. Atsižvelgiant į reikalavimus, prašyme eksploatuoti GA gali būti reikalaujama veiklos aprašymo, eksploatavimo grafiko, galutinio GA projekto, įvertinimo saugos požiūriu ir saugos vertinimo ataskaitos.

Numatoma šio etapo trukmė ~10 metų ir jos rezultatas - eksploatacijos licencija.

Eksploatacija

Po statybų galima pradėti eksploatacinę veiklą. Eksploataciją sudaro PBK inkapsuliavimas į galutinio šalinimo konteinerius, kiek to reikia - MRA ir VRA pakavimas ir jų padėjimas požeminio įrenginio numatytuose PBK padėjimo tuneliuose ir MRA-VRA kavarnose. Iš karto po padėjimo, MRA-VRA ir PBK padėjimo tuneliai bus užpildyti užpildu ir užsandarinti. Tolimesniuose projektuose turėtų būti detalai suplanuoti visi veiklos procesai.

Preliminariai numatoma ~7 metų šio darbo trukmė, tačiau detalai planuojant eksploataavimo etapą, tai turi būti patikrinta dar kartą.

Uždarymas

Uždarymo etape, bus nutraukta antžeminių įrenginių eksploatacija ir jie bus išmontuoti. Susidariusios atliekos, kiek įmanoma, yra perdirbamos, o likusios atliekos šalinamos, atsižvelgiant į jų charakteristikas. Tos požeminių įrenginių dalys, kurios eksploatacijos metu neužpilamos užpildu ir neužsandarinamos, bus užpildytos užpildu ir užsandarintos uždarymo etapo metu. Tas pats bus daroma su prieigos įrenginiais.

Numatoma šio etapo trukmė ~5 metai.

Etapas po uždarymo

Priklausomai nuo suinteresuotųjų šalių ir norminių reikalavimų, GA šiuo metu neapibrėžtam laikotarpiui po uždarymo gali būti stebimas iš išorės. Atsakomybė už šį stebėjimą šiuo metu taip pat dar neapibrėžta.

Bendrasis biudžetas

Pagrindinė šioje koncepcijoje naudojama prielaida - talpinanti uoliena atlieka pagrindinio barjero funkcijas. Jei ateityje atsirastų nauji radiniai / išvados, pagrindiniai dokumentai, informacija ir prielaidos turi būti peržiūrėti ir atitinkamai pakoreguoti. Tai gali turėti įtakos projekto rengimo pagrindui, projektui ir bendrajam biudžetui, todėl rekomenduojama ateityje periodiškai peržiūrėti ir koreguoti bendrąjį biudžetą.

Be to, ypač planuojant išlaidas, svarbu ankstyvame etape nuspręsti, kurie darbai bus atliekami nuosavomis jėgomis, o kurie darbai bus užsakyti / perduoti rangovams, nes tai glaudžiai susiję su reikiamu darbuotojų skaičiumi.

Apskaičiuojant „vienos dienos“ sąnaudas, daroma prielaida, kad visos išlaidos bus patirtos per vieną dieną, nors tai fiziškai neįmanoma. Tai

daroma siekiant turėti gerai apibrėžtą atskaitos tašką, leidžiantį lengvai atlikti finansinę analizę.

Bendrai išskiriamos sąnaudų kategorijos

Bazinės sąnaudos

Be išimties bazinės sąnaudos apima visus išlaidas, kurias galima numatyti planuojant, patvirtinant, įgyvendinant ir užbaigiant GA, taip pat sąnaudas rizikos poveikio mažinimui. Bazinės sąnaudos yra tikėtinos išlaidos. Jos neapima jokių papildomų išlaidų, susijusių su netikslumais, pavojais ir neapibrėžtumais.

Papildomos su netikslumais susijusios sąnaudos

Visos išlaidų sąmatos, ypač ankstyvuosiuose projekto etapuose, gali būti netikslios. Netikslumai gali atsirasti dėl su apimtimi ir kaina susijusių mažesnių nukrypimų. Tai taikoma kaip ir numatomų kiekių, taip ir kainų apimtims. Papildomos su kainų padidėjimu ir išorės veiksnių pokyčiais (pvz., infliacija) susijusios sąnaudos neįtraukiamos. Priklausomai nuo neapibrėžtumo lygio, taikomas atitinkamas nenumatytų atvejų sąnaudų procentas, parinktas ekspertiniu vertinimu.

Papildomos su pavojais susijusios sąnaudos

Taikant su pavojais susijusių papildomų sąnaudų skaičiavimą, atsižvelgiama į numatomus pavojus. Investicijos yra glaudžiai susijusios su rizika. Rizika kyla visuose projekto etapuose: projektavimo, statybos, eksploatavimo ir uždarymo. Todėl būtina stebėti rizikas viso projekto įgyvendinimo metu, o atskiruose etapuose atlikti išsamų rizikos identifikavimą ir sukurti mechanizmus, kurie leistų efektyviausiai valdyti ir riboti rizikas. Taip pat reikia pažymėti, kad šiame projekto etape su

geologija susijusi rizika yra esminė. Atsižvelgiant į neapibrėžtumus, susijusius su GA gyliu ir geologiniais įvesties duomenimis, pagrindinės nustatytos projekto rizikos susijusios su prieigų įrenginių statyba, požeminių įrenginių išdėstymu ir statyba bei atitinkamai prieigų ir požeminių įrenginių uždarymu (pvz., reikalingos užpildymo medžiagos kiekis).

Bendros sąnaudos

Preliminari bendra GA įrengimo moluose kaina yra apie 3,275 mlrd. EUR.

06

BENDROS PASTABOS IR REKOMENDACIJOS

Kai moliu turtingos nuosėdinės talpinančios uolienos turi palankias savybes, talpinanti uoliena laikoma GA sistemos pagrindiniu barjeru, todėl reikalavimai konteineriams nėra tokie griežti, palyginti su tuo, kai konteineriai atlieka pagrindinio barjero funkciją. Taigi tikslinga ištirti GA diegimo galimybes nuosėdinėse uolienose Lietuvoje, siekiant nustatyti vietas, kuriose yra daug pasižyminčių reikalingomis savybėmis molio turinčių nuosėdinių uolienų, kad jos atliktų pagrindinio barjero funkcijas. Jei tirtose vietose nėra tokių reikalingų savybių, GA įrengimui nuosėdinėse uolienose reikės inžinerinių barjerų sistemos, turinčios didesnio sąveikumo barjerines savybes (pvz., ypatingai ilgaamžiai PBK konteineriai). Tačiau net ir tokiu atveju

nuosėdinė talpinanti uoliena turi atitikti kai kuriuos reikalavimus, pvz., mineraloginę sudėtį, užtikrinančią galimos taršos stabdymą, stabdančią konteinerių koroziją, o taršos sklaida būtų kuo įmanoma mažesnė, jei konteineris būtų pažeidžiamas.

LGT pateikta informacija rodo, kad nuosėdinių uolienų, savo sudėtyje turinčių molio mineralų Lietuvoje yra gausu. Tačiau šiuo metu išsamios informacijos apie šiuos nuosėdinių uolienų sluoksnius yra labai nedaug. Taigi, norint pakankamai patikimai įvertinti siūlomų Lietuvos nuosėdinių formacijų panaudojimo talpinančios uolienos GA funkcijai atlikti perspektyvumą, reikia surinkti daugiau informacijos.

Todėl, norint gauti reikiamą geologinę informaciją, kaip aikštelės parinkimo proceso dalį (su skirtingų uolienų tipais), rekomenduojama atlikti 2D/3D seisminius tyrimus, gręžinius potencialiai tinkamose vietovėse, kurios bus nustatytos artimiausiu metu.

Atsižvelgiant į esamus neapibrėžtumus, rekomenduojama laikytis pragmatiško ir lankstaus požiūrio vystant GA sprendimą Lietuvoje.

NUORODOS

- Brusatte, S., Butler, R., Niedźwiedzki, G., Sulej, T., Bronowicz, R., & Satkūnas, J. 2013. First record of Mesozoic terrestrial vertebrates from Lithuania: Phytosaurs (Diapsida: Archosauriformes) of probable Late Triassic age, with a review of phytosaur biogeography. *Geological Magazine*, 150(1), 110-122. doi:10.1017/S0016756812000428
- LGT, 2022. Geologinės aplinkos tinkamumo giluminiam radioaktyviųjų atliekų atliekynui geologinių kriterijų nustatymas. Vilnius, Lietuva, LGT. Galutinė ataskaita. 101 p.
- LGT, 2023. Potencialiai tinkamų giluminio radioaktyviųjų atliekų atliekynui įrengimui formacijų detali analizė ir potencialių teritorijų prioritizavimas pagal pagrindinius geologinius (tinkamumo) atrankos kriterijus. Vilnius, Lietuva, LGT. Galutinė ataskaita. 40 p.
- Lazauskienė, J. Ir kt. 2020. Rekomendacijų dėl geofizinių tyrimų, skirtų giluminio radioaktyviųjų atliekų atliekyno vietai apibūdinti, programos sudarymo parengimas. Vilnius, Lithuania, LGT. 80 p.
- Brady, B. H. G., & Brown, E. T. 1985. *Rock Mechanics for Underground Mining*. George Allen & Unwin.
- Conti, R., Chasko, L., Wiehagen, W. & Lazzara, C. 2005. *Fire Response Preparedness for Underground Mines*. DHHS (NIOSH) Publication No. 2006-105.
- Darling, P. 2011. *SME Mining Engineering Handbook* (P. Darling, Ed. 3rd ed.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- NAGRA 2021. *Verschlusskonzept für ein geologisches Tiefenlager*. Arbetisbericht NAB 21-12.
- Panet, M., & Sulem, J. 2022. *Convergence-Confinement Method for Tunnel Design* (1st edn. ed.). Springer Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-93193-3>.
- Posiva 2018. *KBS-3H Disposal Facility Description*.
- VATESI, 2017. *Nuclear Safety Requirements BSR-3.1.2-2017, Pre-Disposal Management of Radioactive Waste at Nuclear Facilities*, approved by Order No. 22.3-132 of the Head of VATESI of July 31, 2017 (last changes July 2, 2021, No. 22.3-105, published TAR, July 2, 2021, No. 15210) (in Lithuanian), <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.664E893AAD11/asr>.