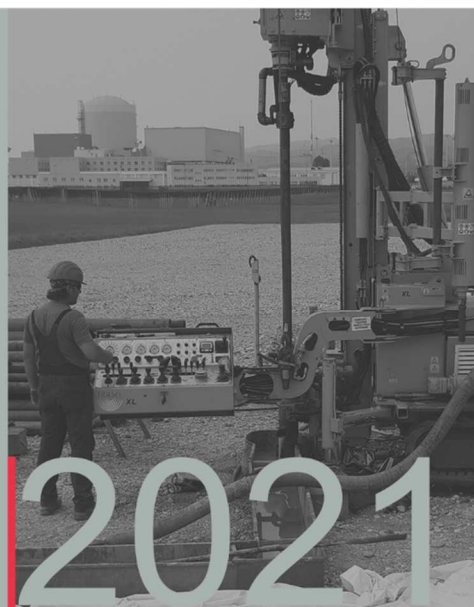


# arao

Ravnanje z radioaktivnimi odpadki  
Radioactive Waste Management



## Projektna naloga

Študija proizvodnje, vgradljivosti in  
karakteristik končnih mešanic  
kontraktorskega betona za izvedbo  
diafragme – primarne obloge silosa  
odlagališča NSRAO

**02-10-012-003**

april, 2021

naročnik		REPUBLIKA SLOVENIJA Po pooblastilu: ARAO j.g.z. Celovška cesta 182 1000 Ljubljana
objekt	Odlagališče NSRAO Vrbina, Krško	
vrsta dokumenta	Projektna naloga Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO	
revizija	0	
enotna oznaka dokumenta (NSRAO2)	NSRAO2-PNA-026-00	
ident. oznaka ARAO	02-10-012-003	
datum izdelave	April, 2021	

pripravil	mag. Bojan Hertl univ. dipl. inž. metal.	podpis:
pregledal	Matej Rupret univ. dipl. inž. geol.	podpis:
pregledal (vodja projekta)	mag. Sandi Viršek univ. dipl. inž. rud. in geotehnol.	podpis:
potrdil za naročnika	mag. Sandi Viršek univ. dipl. inž. rud. in geotehnol.	žig in podpis:   Litostrojska cesta 58A 1000 Ljubljana, Slovenija

<i>Verzija/Revizija</i>	<i>Oznaka in ime dokumenta</i>	<i>Ime in priimek</i>	<i>Datum</i>
/			

## KRATICE

**ZVISJV-1** - Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. (Ur. l. RS, št. 76/17 in 26/19).

**JV5** - Pravilnik o dejavnikih sevalne in jedrske varnosti (Ur. l. RS, št. 74/16 in 76/17 – ZVISJV-1);

**JV7** - Pravilnik o ravnanju z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom (Ur. l. RS, št. 49/06 in 76/17 – ZVISJV-1);

**JV9** - Pravilnik o zagotavljanju varnosti po začetku obratovanja sevalnih ali jedrskih objektov (Ur. l. RS, št. 81/16 in 76/17 – ZVISJV-1);

**ISO 9001:2015** - Mednarodni standard: Sistemi vodenja kakovosti – Zahteve, 2015

**IAEA GSR Part 2** - Leadership and Management for Safety, 2016

**SIST** - Oznaka izvirnega slovenskega nacionalnega standarda

**SIST EN** – Kadar se prevzame npr. EU standard

**ASTM** - American Society for Testing and Materials

**ACI** - American Concrete Institute

## POJMI (angleško – slovenski slovar izrazov z opisom)

### Concrete - beton

#### 1 admixture - dodatek

a material other than water, aggregates, cementitious materials, and fiber reinforcement, used as an ingredient of a cementitious mixture to modify its freshly mixed, setting, or hardened properties and that is added to the batch before or during its mixing

material, drugačen od vode, agregatov, hidravličnih materialov in vlaken, ki se uporablja kot primes hidravlični mešanici z namenom, da modificira njegove lastnosti med mešanjem, vezanjem ali strjevanjem in se dodaja šarži pred ali med mešanjem

#### 2 aggregate - agregat

granular materials, such as sand, gravel, crushed stone, crushed hydraulic-cement concrete, or iron blast-furnace slag, used with a hydraulic cementing medium to produce either concrete or mortar:

- fine aggregate: aggregate passing the 9,5 mm sieve, almost entirely passing the 4,75 mm sieve, and predominantly retained on the 75 µm sieve,

- coarse aggregate: aggregate predominantly retained on the 4,75 mm sieve.

granuliran material, kot pesek, prod, drobljeni kamen, drobljeni cementni beton, ali jeklarska žlindra, ki se uporablja s hidravličnim vezivom, da se proizvede beton ali malta

- drobni agregat: agregat, ki se preseje skozi 9,5 mm sito, v celoti skozi sito 4,75 mm in pretežno ostaja na situ 75 µm;

- grob agregat: agregat, ki pretežno ostaja na situ 4.75 mm;

### **3 cement - cement**

a binding material that sets and hardens by chemical reaction with water and is capable of doing so underwater

vezivni material, ki veže in strjuje s kemijsko reakcijo z vodo in je sposoben vezanja in strjevanja tudi pod vodo

### **4 cementitious materials - hidravlični materiali**

cements and pozzolans (fly ash, silica fume, slag)

cementi in pucolani (elektrofiltrski pepel, mikrosilika, žindra)

### **5 concrete - beton**

mixture of cement, aggregates, and water, with or without admixtures, fibers, or other cementitious materials

mešanica cementa, agregatov in vode z ali brez dodatkov, vlaken ali drugih hidravličnih materialov

### **6 concrete finish - zaključna obdelava betona**

the texture of a surface after consolidating and finishing operations have been performed

tekstura površine se izvede po zgoščanju in zaključnih operacijah

### **7 conveying - transportiranje**

convey of concrete from the mixer to the place of final deposit without segregation or loss of materials irrespective of mode of conveying

transport betona od mešalnika do mesta končne odložitve brez segregacije ali izgube materiala ne glede na način transportiranja

### **8 floor hardener - talni utrjevalec**

a chemical applied to concrete floors to reduce wear and dusting

kemični preparat, ki se uporablja za betonska tla za zmanjšanje obrabe in prašenja

### **9 fly ash - elektrofiltrski pepel**

the finely divided residue that results from the combustion of ground or powdered coal and that is transported by flue gases from the combustion zone to the particle removal system

fini končni ostanek, ki izhaja iz gorenja kosovnega premoga ali premoga zdrobljenega v prah in ki se transportira z zračnim tokom od področja gorenja do sistema odstranjevanja delcev

### **10 formwork - opaž**

total system of support for freshly placed concrete

celoten podporni sistem sveže vgrajenega betona

## 11 curing - negovanje

action taken to maintain moisture and temperature conditions in a freshly placed cementitious mixture to allow hydraulic cement hydration and (if applicable) pozzolanic reactions to occur so that potential properties of the mixture may develop

ukrep vzdrževanja pogojev vlažnosti in temperature v sveže vgrajeni hidravlični mešanici, da je omogočena hidratacija cementa in (če se uporablja) pucolanske reakcije tako, da se lahko razvijejo potencialne lastnosti mešanice

## 12 formwork - opaž

total system of support for freshly placed concrete including the mold or sheathing that contact the concrete as well as supporting members, hardware, and necessary bracing

celoten sistem podpore za sveže vgrajeni beton, vključno z modelom ali oblogo, ki povezuje beton, kakor tudi podporne elemente, kovinske elemente in potrebno ojačitev

## 13 grout - zalivna masa

a mixture of cementitious material and water, with or without aggregate, proportioned to produce a pourable consistency without segregation of the constituents

mešanica hidravličnih materialov in vode z ali brez agregata, ki je sestavljena tako, da se proizvede lita konsistenca brez segregacije sestavin

## 14 joint - stik

a physical separation in a concrete system, whether precast or cast-in-place, including cracks if intentionally made to occur at specified locations

fizična ločitev v betonskem sklopu bodisi, da je prefabriciran ali izdelan na licu mesta, vključno z razpokami, ki so namerno povzročene, da se pojavijo na določenih mestih

## 15 mass concrete - masivni beton

any volume of concrete with dimensions large enough to require that measures be taken to cope with generation of heat from hydration of the cement and attendant volume change to minimize cracking

vsak volumen betona s tako velikimi dimenzijami ki zahtevajo, da se privzamejo ukrepi za obvladovanje generirane toplote zaradi hidratacije cementa in spremljajočo spremembo prostornine, da se zmanjša razpokanost

## 16 mixing - mešanje

producing concrete by continuously blending ingredients in fixed proportions; the discharge of the concrete mixture may be started or stopped as required

proizvodnja betona s kontinuiranim mešanjem primesi v določenem razmerju; praznjenje betonske mešanice se lahko začne in konča, ko je to zahtevano

## 17 mixing water - zamesna voda

the water in freshly mixed sandcement grout, mortar, or concrete, exclusive of any previously absorbed by the aggregate

voda v sveži mešanici zalivne malte, malte ali betona, brez vsakršne predhodno absorbirane vode agregata

### **18 mix proportion - sestava mešanice**

the proportions of ingredients that make the most economical use of available materials to produce mortar or concrete of the required properties

sestave primesi, ki naredijo najbolj ekonomično uporabo razpoložljivih materialov za proizvodnjo malte ali betona z zahtevanimi lastnostmi

### **19 placement - vgradnja**

the process of placing and consolidating concrete; a quantity of concrete placed and finished during continuous operation; inappropriately referred to as pouring

postopek vgrajevanja in zgoščanja betona; kvantiteta betona, vgrajenega in dokončanega med kontinuiranim postopkom; nepravilna razlaga za vlivanje

### **20 repair - popravilo**

to replace or correct deteriorated, damaged, or faulty materials, components, or elements of a structure

zamenjati ali korigirati poslabšane, poškodovane ali pomanjkljive materiale, sestavne dele ali elemente konstrukcije

### **21 reinforcement - armatura**

bars, meshes, wires, strands, fibres, or other slender elements that are embedded in a matrix such that they act together to resist forces

palice, mreže, žice, vrvi, vlakna in drugi tanki elementi, ki so vgrajeni v matrico tako, da učinkujejo vzajemno proti delovanju sil

### **22 silica fume - mikrosilika**

very fine nanocrystalline silica produced in electric arc furnaces as by-product of the production of elemental silicon or alloys containing silicon

zelo fini nekristalinični silicij, ki se proizvaja v električnih obločnih pečeh kot stranski proizvod pri proizvodnji elementarnega silicija ali zlitin s silicijem

## KAZALO

<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2 NAMEN IN CILJI ŠTUDIJE.....</b>	<b>3</b>
<b>3 OPIS STANJA .....</b>	<b>4</b>
<b>4 PREDVIDENI PROGRAM PREISKAV, PRESKUSOV IN DEL JE SESTAVLJEN IZ NASLEDNJIH AKTIVNOSTI.....</b>	<b>7</b>
4.1 DOLOČITEV OSNOVNIH KRITERIJEV LASTNOSTI KONTRAKTORSKEGA BETONA (KB) IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV IZGRADNJE DIAFRAGME.....	7
4.2 IZBOR IN PREDHODNE PREISKAVE OSNOVNIH MATERIALOV ZA KB .....	7
4.2.1 Cement – fizikalno-kemijske lastnosti .....	7
4.2.2 Agregat.....	7
4.2.3 Mineralni dodatki in fina polnila.....	7
4.2.4 Kemijski dodatki .....	7
4.3 PREDHODNE PREISKAVE KB.....	7
4.3.1 Priprava sestav (receptur) KB.....	7
4.3.2 Preskusi svežih betonov .....	7
4.3.3 Meritev adiabatskih karakteristik KB .....	7
4.3.4 Določitev časa strjevanja s penetracijsko iglo .....	7
4.3.5 Določitev zrelostne funkcije .....	8
4.3.6 Meritve avtogenega krčenja.....	8
4.3.7 Meritve krčenja – prostorske deformacije KB.....	8
4.3.8 Meritve lezenja .....	8
4.3.9 Preskus tlačne trdnosti in prostorninske mase strjenega KB.....	8
4.3.10 Preskus obnašanja betona pri cepitvi z zagazdo .....	8
4.3.11 Preskus statičnega modula elastičnosti .....	8
4.3.12 Preskus odpornosti KB proti prodoru vode .....	8
4.3.13 Preskus notranje odpornosti KB proti zmrzovanju/tajanju .....	8
4.3.14 Preskus prepustnosti za tekočine .....	8
4.3.15 Preskus kapilarne vodo-vpojnosti .....	8
4.3.16 Preskus odpornosti proti koroziji zaradi karbonatizacije.....	9
4.3.17 Preskus odpornosti proti difuziji kloridov .....	9
4.3.18 Preskus odprte poroznosti KB .....	9
4.3.19 Obdelava in vrednotenje rezultatov ter priprava poročila .....	9
4.4 DELA NA POSKUSNEM POLJU.....	9
4.4.1 Izdelava, dobava, montaža in demontaža opaža poskusnega bloka.....	9
4.4.2 Dobava, mešanje in vnašanje bentonite izplake .....	9
4.4.3 Dobava in vgradnje srednje komplicirane armature .....	9
4.4.4 Dobava in vgradnja črpanega betona .....	9
4.4.5 Odstranitev betonskih blokov.....	9



4.5	KONTROLA VGRAJEVANJA KB V POSKUSNE BLOKE, MERITVE NA TERENU IN LABORATORIJSKI PRESKUSI .....	10
4.5.1	Kontrola priprave in vgrajevanje KB v 2 bloka .....	10
4.5.2	Preskus tlačne trdnosti na kockah .....	10
4.5.3	Preskus odpornosti betona proti prodoru vode .....	10
4.5.4	Meritev sproščanja toplote v KB med strjevanjem .....	10
4.5.5	Monitoring vgrajenega KB v poskusne bloke .....	10
4.5.6	Prerez blokov po višini .....	10
4.5.7	Odvzem valjev Ø 10 cm in Ø 15 cm z vrtanjem poskusnih blokov .....	10
4.5.8	Preskus tlačne trdnosti na valjih iz poskusnih blokov KB .....	10
4.5.9	Preskus odpornosti KB proti prodoru vode na valjih iz poskusnih blokov .....	10
4.5.10	Preskus obnašanja KB pri cepitvi z zagozdo na odvzetih valjih .....	11
4.5.11	Preskus odprte poroznosti betona .....	11
4.5.12	Preskus kapilarne vodo-vpojnosti .....	11
4.5.13	Zrakopropustnost betona poskusnih blokov .....	11
4.6	TEHNOLOGIJA IZVEDBE IN TRAJNOST SKLOPA: DIAFRAGMA – FOLIJA SEKUNDARNA (NOTRANJA) OBLOGA SILOSA ODLAGALIŠČA NSRAO .....	11
4.6.1	Študija tehnologije izvedbe .....	11
4.6.2	Izračun temperatur v oblogah z računalniškim modeliranjem .....	11
4.6.3	Priprava zaključnega poročila .....	11
<b>5</b>	<b>ZAHTEV ZA IZVEDBO .....</b>	<b>12</b>
5.1	ROK ZA IZVEDBO .....	12
5.2	ZAHTEV GLEDE IZVAJALCEV .....	12
5.3	POMEMBNI VHODNI PODATKI .....	13
5.4	PREDVIDENI REZULTATI .....	13
5.5	PREDVIDENA POROČILA: .....	13
5.6	NAČIN PREVERJANJA REZULTATOV .....	13
5.7	PLAČILA PO POGODBI .....	14
<b>6</b>	<b>REFERENČNA DOKUMENTACIJA .....</b>	<b>15</b>

## 1 UVOD

V letu 2019 je ARAO naročila Študijo proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih betonskih mešanic za izvedbo sekundarne armiranobetonske obloge silosa odlagališča NSRAO. Sekundarna obloga silosa odlagališča NSRAO ima bistven pomen pri stabilnosti, trajnosti in varnosti celotnega odlagališča ves čas obratovanja in tudi kasneje. Predvidena debelina obloge silosa znaša nad 1,00 m, zato se beton, ki se bo vgradil v oblogo prišteva med masivne betone, ki imajo bistveno drugačne karakteristike, pogoje proizvodnje, vgradnje in nege v času strjevanja kot klasični (normalni konstrukcijski) beton. Rezultati študije so bili objavljeni na 27. slovenskem kolokviju o betonih[1].

Pri študiji so bila upoštevana izhodišča ARAO, ki so bila upoštevana pri načrtovanju projektnih rešitev za odlagališče NSRAO Vrbinja, Krško[2].

Silos odlagališča NSRAO sestavljata tako sekundarna obloga kot primarna obloga (diafragma), **slika 1**. Primarna obloga služi kot podpora pri izkopu gradbene jame za izgradnjo silosa (sekundarne obloge) in preprečuje vdor talne vode v gradbeno jamo. Projektna naloga se osredotoča na izvedbo Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona (KB) za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (v nadaljnjem besedilu Študija).

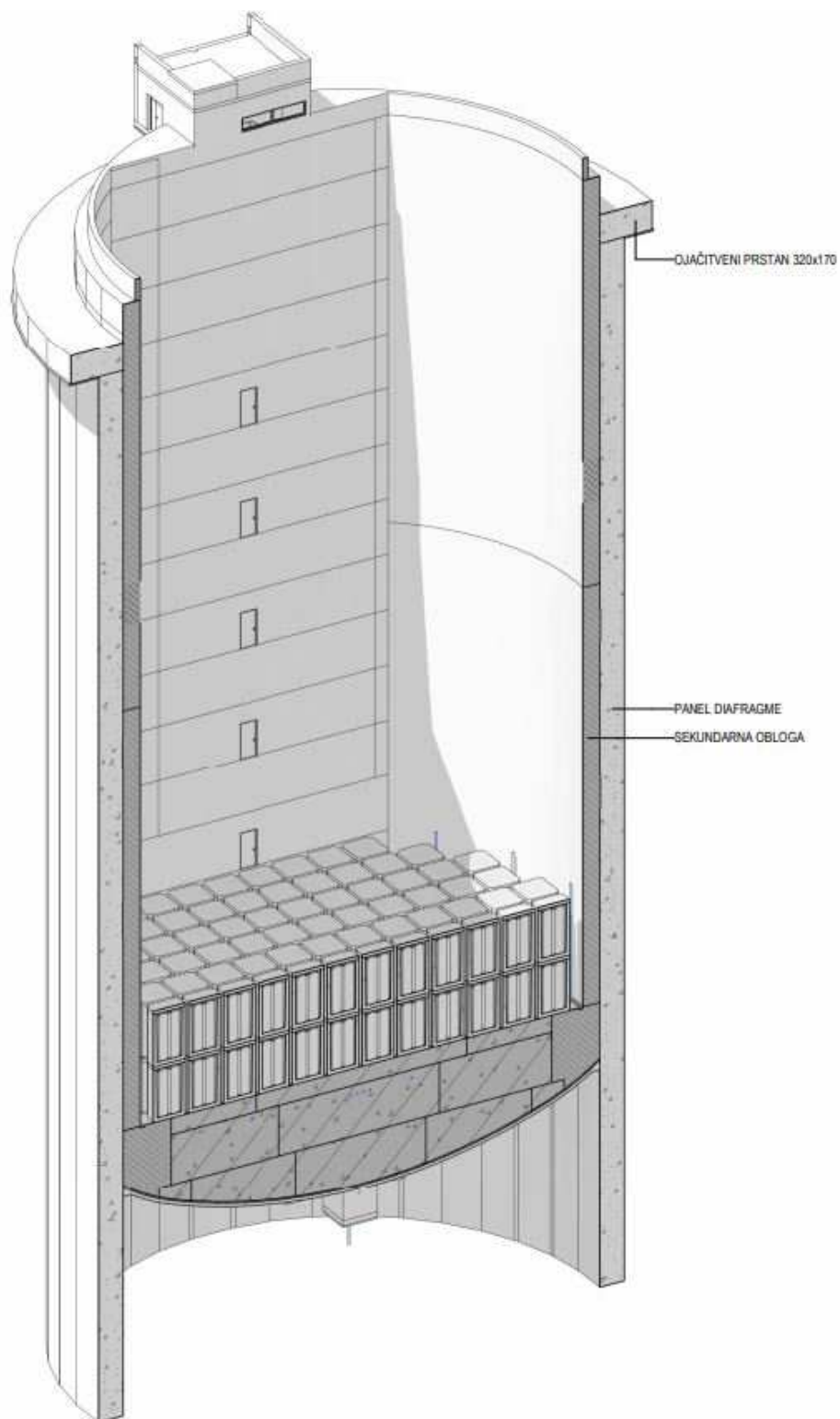
Primarna naloga diafragme je, da zagotavlja nemoten izkop gradbene jame za izdelavo temeljne plošče in sekundarne obloge silosa odlagališča NSRAO. Zaradi delovanja vzgona na prazen silos se bo sekundarna – notranja obloga sidrala v diafragmo. Celoten sklop primarne in sekundarne obloga, vključno z masivno temeljno ploščo ima bistven pomen pri stabilnosti celotnega odlagališča ves čas obratovanja .

Projektne rešitve za odlagališče NSRAO na lokaciji Vrbinja, Krško, prikazane v PGD [3], temeljijo na poprejšnjih domačih rešitvah, na uveljavljenih rešitvah v svetu in na izkušnjah ter na rešitvah, ki so bile opredeljene v postopku umeščanja odlagališča v prostor v skladu s programom priprave državnega lokacijskega načrta za odlagališče NSRAO in podrobneje obdelane v idejnih zasnovah, idejnem projektu in zasnovi PGD odlagališča. Pri izdelavi optimalnih rešitev so bile upoštevane tudi ugotovitve recenzijskih postopkov in priporočila domačih in tujih ekspertov.

Neodvisno strokovno mnenje o PGD za odlagališče NSRAO je izdelala Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo[4].

Pri izdelavi PZI dokumentacije za gradnjo odlagalnega silosa NSRAO se je pojavila podobna potreba po izvedbi študije tokrat za diafragmo – primarno oblogo silosa.

Študija bo oddana v izvedbo zunanjemu izvajalcu skladno z veljavnim zakonom o javnem naročanju[5].



**Slika 1:** Prerez odlagalnega silosa NSRAO

## 2 NAMEN IN CILJI ŠTUDIJE

Izvedba diafragme bo potekala v skladu s projektom in posebnimi projektnimi pogoji, upoštevaje vse pripadajoče standarde za ta dela. Med njimi bi izpostavili predvsem standard za debelostenske diafragme SIST EN 1538:2011+A1:2015 in pa standard SIST EN 206:2013+A1:2016 Beton – specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost (dodatek D)

Predvidena debelina diafragme znaša 1,5 m, zato se kontraktorski beton (KB), ki se bo vgradil v diafragmo prišteva med masivne betone. Ti betoni imajo bistveno drugačne karakteristike, pogoje proizvodnje, vgradnje in nege v času strjevanja kot klasični (normalni konstrukcijski) betoni.

Namen študije je preveriti karakteristike, pogoje proizvodnje, vgradnje in nege v času strjevanja izbranega kontraktorskega betona (KB) za primarno oblogo silosa odlagališča NSRAO.

V okviru študije se bodo izdelali tudi izračuni temperatur v diafragmi z računalniškim modeliranjem, z upoštevanjem vhodnih podatkov kot so adiabatne krivulje, geometrija elementov in robni pogoji.

V okviru študije bo obravnavan tudi sklop: diafragma – folija – sekundarna obloga kjer se bo preučila vloga folije in njen vpliv na obstojnost KB in betona sekundarne obloge ter s tem na trajnost celotnega silosa odlagališča NSRAO.

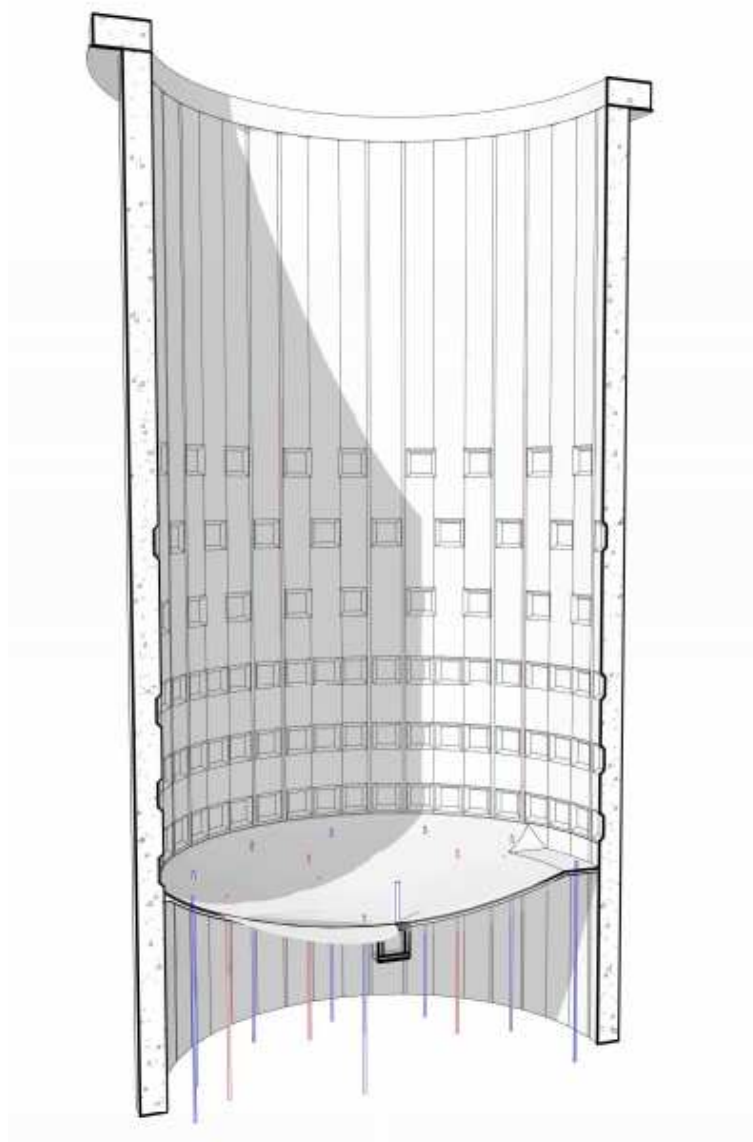
Velika pozornost bo v projektu posvečena obdelovalnosti svežega KB, ki mora v celoti izriniti bentonitno izplako, v popolnosti obliči vse armaturne palice zelo gostega armaturnega koša (preko 12% armature v diafragmi) in zagotoviti enakomerno gosto strukturo po celi prostornini diafragme, s čimer bodo v strjenem betonu zagotovljene vse zahtevane lastnosti, poleg mehanskih tudi (in predvsem) obstojnostne lastnosti.

V kolikor se želi doseči, da bosta primarna (diafragma) in sekundarna obloga delovali v sovpregi v času obratovanja odlagališča mora KB diafragme doseči enake ali vsaj podobne lastnosti, ki jih ima beton sekundarne obloge. Pri tem ne smemo pozabiti navezavo na masivne bloke temeljne plošče silosa.

### 3 OPIS STANJA

Vkopana stena (diafragma) je cilindrična armiranobetonska konstrukcija notranjega premera 29,50 m in globine 64,4 m. Debeline stene znaša 1,5 m. Nivo dna diafragme je predviden 10 m pod temenom talnega oboka tj. na koti 89,0 m n.m. Varnost proti hidravličnemu lomu bo poleg ustrezne globine diafragme zagotovljena s stalnim črpanjem in s tem zniževanjem nivoja podzemne vode (zmanjševanje pornih tlakov) v gradbeni jami.

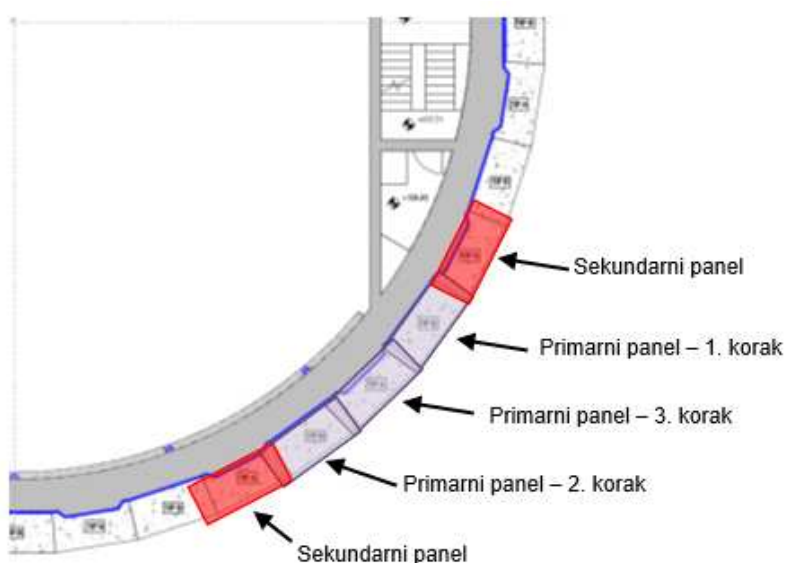
Zaradi zagotavljanja varnosti konstrukcije silosa proti vzgonu, so v spodnji polovici konstrukcije diafragme predvideni protistrižni utori, ki v fazi izvedbe sekundarne obloge omogočajo izvedbo moznikov. Skupno je predvidenih 180 utorov (moznikov) razporejenih v šest vrst. V spodnjih treh vrstah diafragme je predvidenih po 40 utorov tj. skupno 120 utorov, v zgornjih treh vrstah pa po 20 tj. skupno 60 utorov (**slika 2**). Ti se izvedejo s pomočjo zgubljenih jeklenih opažev, ki bodo vgrajeni v okviru armaturnih košev primarnih in sekundarnih panelov.



**Slika 2:** Shema predvidenih utorov (moznikov) primarne obloge silosa NSRAO

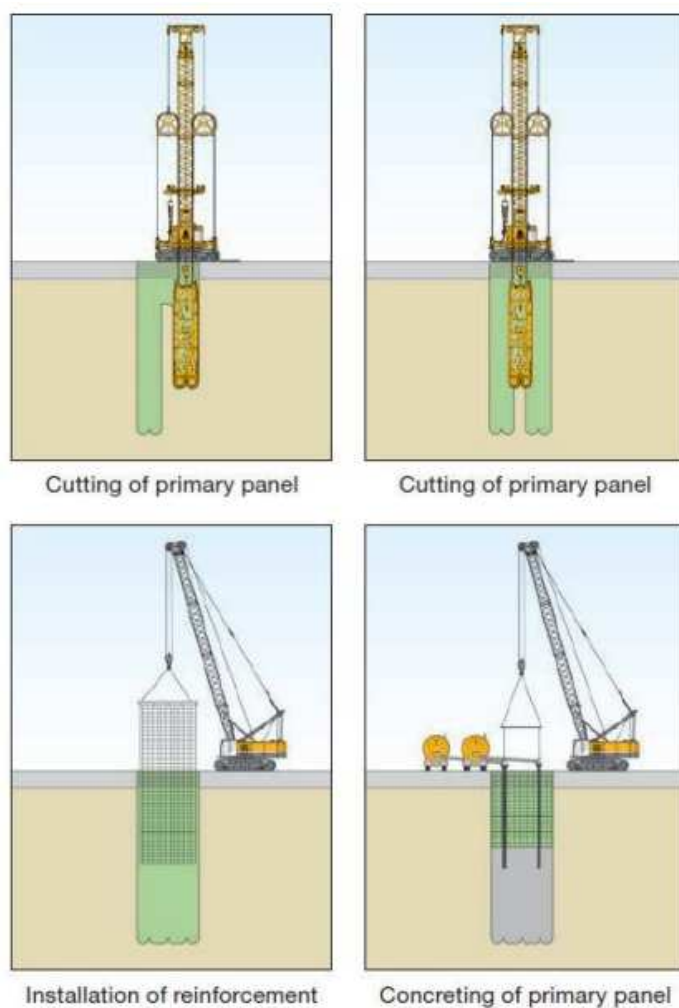
Predvideva se, da bo ustrezno vertikalnost razmeroma globoke vkopane stene možno zagotavljati glede na bolj ali manj homogene geološke pogoje (prekonsolidiran melj), kakor tudi glede na izpopolnjene izkopne naprave, ki omogočajo sprotno spremljanje in tudi korekcije smeri izkopa.

Izkop celotnega obroča vkopane stene bo potekal postopoma, z izmeničnim izkopom primarnih in sekundarnimi panelov. Primarni paneli, katerih dolžina znaša cca 7 m bodo izkopani v treh korakih (z medsebojnim prekrivanjem), medtem ko bodo sekundarni paneli, katerih dolžina sovpada s širino rezkalnega stroja (2,8 m) izkopani v enem koraku (**slika 3**). Izkop diafragme poteka ob prisotnosti težke bentonitne izplake (slurry), katere namen je vzdrževanje stabilnosti izkopa.

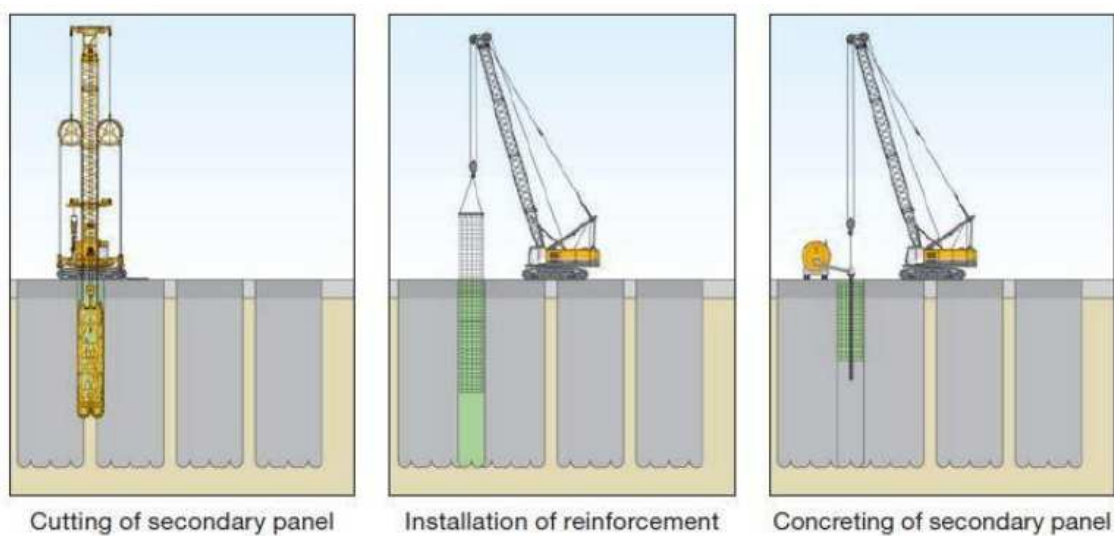


**Slika 3:** Shematski prikaz izkopa primarnih in sekundarnih panelov debelostenske armirano betonske diafragme (primarne obloge silosa)

Armaturni koš se v posamezen panel vstavlja po končanem izkopu. Panel je pri tem poln bentonitne izplake. Celoten armaturni koš primarnega kakor tudi sekundarnega panela je glede na gostoto armature po višini razdeljena na 5 odsekov. Pri stikovanju armaturnih košev po višini se konstrukcija uvedne stene uporabi kot podpora. Primarni in sekundarni paneli med seboj niso povezani z armaturo. Dimenzija armaturnih košev primarnih panelov je prilagojena kasnejšemu zarezovanju sekundarnega panela. Prikaz izvedbe faze primarnega panela (izkop, vstavljanje armature, betoniranje) vidimo na **sliki 4** in prikaz izvedbe faze sekundarnega panela (izkop, vstavljanje armature, betoniranje) na **sliki 5**.



**Slika 4:** Shematski prikaz izvedbe primarnega panela



**Slika 5:** Shematski prikaz izvedbe sekundarnega panela



## **4 PREDVIDENI PROGRAM PREISKAV, PRESKUSOV IN DEL JE SESTAVLJEN IZ NASLEDNJIH AKTIVNOSTI**

### **4.1 DOLOČITEV OSNOVNIH KRITERIJEV LASTNOSTI KONTRAKTORSKEGA BETONA (KB) IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV IZGRADNJE DIAFRAGME**

Določitev osnovnih kriterijev lastnosti KB za izvedbo diafragme bo preverjena v skladu s projektom in posebnimi projektnimi pogoji, upošteva vse pripadajoče standarde za ta dela. Med njimi želimo izpostaviti predvsem standard za debelostenske diafragme SIST EN 1538:2011+A1:2015 in pa standard SIST EN 206:2013+A1:2016 Beton – specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost (dodatek D).

Določijo se kriteriji za sveži in strjeni KB.

### **4.2 IZBOR IN PREDHODNE PREISKAVE OSNOVNIH MATERIALOV ZA KB**

#### **4.2.1 Cement – fizikalno-kemijske lastnosti**

Cement – fizikalno-kemijske lastnosti po SIST EN 196: 2 vrsti cementa.

#### **4.2.2 Agregat**

Agregat – apnenčevega izvora (4 frakcije) po SIST EN 933, SIST EN 1097 in SIST EN 1367:

#### **4.2.3 Mineralni dodatki in fina polnila**

Mikrosilika – fizikalno-kemijske lastnosti po SIST EN 13263-1:2005+A1:2009. Preveriti izbor ustrezne vrste mineralnih dodatkov (npr. mikrosilika).

#### **4.2.4 Kemijski dodatki**

Preveriti izbor ustrezne vrste kemijskih dodatkov (npr. hiperplastifikatorji in ustrezna penila).

### **4.3 PREDHODNE PREISKAVE KB**

#### **4.3.1 Priprava sestav (receptur) KB**

Priprava sestav (receptur) KB z izdelavo in nego preskušancev po SIST EN 12350-1 in SIST EN 12390-2: 2 vrsti KB.

#### **4.3.2 Preskusi svežih betonov**

Preskusi svežih KB – komplet preiskav reoloških preskusov takoj, 30 min, 1 uro, > 1 uro po zamešanju: 2 vrsti KB.

#### **4.3.3 Meritev adiabatskih karakteristik KB**

Meritev adiabatskih karakteristik betona (v komori ali po semi-adiabatski preskusni metodi): 2 vrsti KB.

#### **4.3.4 Določitev časa strjevanja s penetracijsko iglo**

Določitev časa strjevanja s penetracijsko iglo po SIST EN 14488-2: 2 vrsti KB.



#### **4.3.5 Določitev zrelostne funkcije**

Določitev zrelostne funkcije – ocena tlačne trdnosti po zrelostni metodi, ki je podana v ASTM C 1074: 2 vrsti KB.

#### **4.3.6 Meritve avtogenega krčenja**

Meritve avtogenega krčenja, ki se izvajajo po Japonskem standardu JIS A 1129: 2 vrste KB.

#### **4.3.7 Meritve krčenja – prostorske deformacije KB**

Meritve krčenja – prostorske deformacije betona do 6 mesecev, ki se izvajajo po standardu DIN 4227 – 1. Del, na 3 prizmah 10×10×50 cm: 2 vrsti KB.

#### **4.3.8 Meritve lezenja**

Meritve lezenja po standardu JUS U.M1.027, na 2 prizmah 10×10×40 cm: 2 vrste KB.

#### **4.3.9 Preskus tlačne trdnosti in prostorninske mase strjenega KB**

Preskus tlačne trdnosti po SIST EN 12390-3 in prostorninske mase strjenega betona po SIST EN 12390-7 pri starosti betona 1, 2, 3, 7, 28, 56, 90 in 180 dni na kockah z robom 15 cm (3 preskusi na termin): 2 vrste KB × 3 preskusi/termin × 9 terminov.

#### **4.3.10 Preskus obnašanja betona pri cepitvi z zagozdo**

Preskus obnašanja betona pri cepitvi z zagozdo na kocki z robom 15 cm z zarezo – odpornost betona proti širjenju razpoke pri starosti betona 3, 7, 28, 56, 90, 180 (3 preskusi na termin): 2 vrsti KB × 3 preskusi/termin × 6 terminov.

#### **4.3.11 Preskus statičnega modula elastičnosti**

Preskus statičnega modula elastičnosti na prizmi 10×10×40 cm po DIN 1048, 5. del, pri starosti betona 3, 7, 28, 90, 180 dni (3 preskusi na termin): 2 vrsti KB × 3 preskusi/termin × 5 terminov.

#### **4.3.12 Preskus odpornosti KB proti prodoru vode**

Preskus odpornosti betona proti prodoru vode po SIST EN 12390-8 in prostorninske mase strjenega betona po SIST EN 12390-7 pri starosti betona 7, 28, 56, 90, 180 dni na kockah z robom 15 cm (3 preskusi na termin): 2 vrsti KB × 3 preskusi/termin × 5 terminov.

#### **4.3.13 Preskus notranje odpornosti KB proti zmrzovanju/tajanju**

Preskus notranje odpornosti betona proti zmrzovanju/tajanju do 200 ciklov po SIST 1026:2016, dodatek ND, pri starosti betona 28 dni na 3 prizmah 10×10×40 cm: 2 vrsti KB × 3 preskusi/termin × 1 termin.

#### **4.3.14 Preskus prepustnosti za tekočine**

Preskus prepustnosti za tekočine po BS 1881 del 208:1996: 2 vrsti betona.

#### **4.3.15 Preskus kapilarne vodo-vpojnosti**

Preskus kapilarne vodo-vpojnosti po SIST EN 13057:2002, pri starosti betona 28, 90 in 180 dni: 2 vrsti betona × 3 termini.

#### **4.3.16 Preskus odpornosti proti koroziji zaradi karbonatizacije**

Preskus odpornosti proti koroziji zaradi karbonatizacije - globina karbonatizacije s pospešenim preskusom po pR EN 12390-12: 2 vrsti betona.

#### **4.3.17 Preskus odpornosti proti difuziji kloridov**

Preskus odpornosti proti difuziji kloridov po metodi, ki je podana v NT BUILD 492:1999: 2 vrsti betona.

#### **4.3.18 Preskus odprte poroznosti KB**

Preskus odprte poroznosti KB po EN 1936:2006, pri starosti betona 28, 90 in 180 dni: 2 vrsti betona × 3 termini.

#### **4.3.19 Obdelava in vrednotenje rezultatov ter priprava poročila**

Obdelava in vrednotenje rezultatov ter priprava poročila: 1x elektronska in 1x iskana verzija

### **4.4 DELA NA POSKUSNEM POLJU**

Na poskusnem polju, ki ga zagotovi izvajalec se pripravita 2 ločena poskusna bloka z dimenzijami: debelina = 1,5 m, širina = 2,8 m, višina = 3,0 m.

#### **4.4.1 Izdelava, dobava, montaža in demontaža opaža poskusnega bloka**

Izdelava, dobava, montaža in demontaža opaža poskusnega bloka iz modificirane vezane plošče, opaž je izveden kot vodotesen. Dno opaža se upošteva kot izgubljeni opaž. Vsi stiki opažnih plošč se tesnijo: 2 vrsti betona x opaži 1 poskusnega bloka.

#### **4.4.2 Dobava, mešanje in vnašanje bentonite izplake**

Dobava, mešanje in vnašanje bentonite izplake v opaž s predhodno pripravo transportnih naprav. V enotni ceni naj bodo zajeti vsi stroški transportov materialov, prečrpavanje in morebitno filtriranje pred ponovno vgradnjo:

izplaka za 2 poskusna bloka x volumen poskusnega bloka 12,6m<sup>3</sup>.

#### **4.4.3 Dobava in vgradnje srednje komplicirane armature**

Dobava in vgradnje srednje komplicirane armature, odstotek armiranja 4%, izdelava armaturnega koša in vgradnja v opaž.

#### **4.4.4 Dobava in vgradnja črpanega betona**

Dobava in vgradnja črpanega betona C35/45, modificiran za kontraktorsko vgradnjo frakcija 0-32 mm z vsemi dodatki za zavlajevanje vezanja na 24 ur ter s poboljšano vgradljivostjo betona – kontraktorskega betona (KB). Vgradnja s kontraktorjem v bentonitno izplako:

2 vrsti KB x volumen poskusnega bloka 12,6m<sup>3</sup>.

#### **4.4.5 Odstranitev betonskih blokov**

Odstranitev blokov KB: 25,2m<sup>3</sup>.

## **4.5 KONTROLA VGRAJEVANJA KB V POSKUSNE BLOKE, MERITVE NA TERENU IN LABORATORIJSKI PRESKUSI**

### **4.5.1 Kontrola priprave in vgrajevanje KB v 2 bloka**

Kontrola priprave in vgrajevanje KB v 2 bloka. Za vsak blok se izvedejo meritve svežega betona in priprava kalupnih preskušancev za laboratorijske preskuse strjenega betona.

### **4.5.2 Preskus tlačne trdnosti na kockah**

Preskus tlačne trdnosti po SIST EN 12390-3 in prostorninske mase strjenega betona po SIST EN 12390-7 pri starosti betona 3, 7, 28 in 90 dni na kockah z robom 15 cm (3 preskusi na termin): 2 vrsti KB v poskusnem bloku × 3 preskusi/termin × 4 termini.

### **4.5.3 Preskus odpornosti betona proti prodoru vode**

Preskus odpornosti KB proti prodoru vode po SIST EN 12390-8 in prostorninske mase strjenega betona po SIST EN 12390-7 pri starosti betona 28 in 90 dni na kockah z robom 15 cm (3 preskusi na termin): 2 vrsti KB v poskusnem bloku × 3 preskusi/termin × 2 termina.

### **4.5.4 Meritev sproščanja toplote v KB med strjevanjem**

Meritev sproščanja toplote v betonu med strjevanjem: 2 vrsti KB v poskusnem bloku.

### **4.5.5 Monitoring vgrajenega KB v poskusne bloke**

Monitoring vgrajenega betona v 2 poskusna bloka – vizualna kontrola do 180 dni, 6 pregledov: 1x monitoring obeh blokov (vizualna kontrola, ki zajema 6 pregledov v obdobju do 180 dni).

### **4.5.6 Prerez blokov po višini**

Prerez blokov po višini in ocena vgrajenosti KB po višini ter armature v KB: 2x poskusni blok.

### **4.5.7 Odvzem valjev Ø 10 cm in Ø 15 cm z vrtanjem poskusnih blokov**

Odvzem valjev Ø 10 cm in Ø 15 cm z vrtanjem poskusnih blokov ter priprava preskušancev z žaganjem odvzetih valjev za nadaljnje preiskave (glej 4.5.8 – 4.5.12): 33 valjev/za oba bloka

### **4.5.8 Preskus tlačne trdnosti na valjih iz poskusnih blokov KB**

Preskus tlačne trdnosti po SIST EN 12505-1:2019, pri starosti betona 28, 56 in 90 dni na odvzetih valjih iz poskusnih blokov, (9 preskusov na termin); preskus se izvede na odvzetih vzorcih iz poskusnih blokov - 54 valjev 10/10 cm:

2 vrsti KB v poskusnem bloku × 9 preskusov/termin × 3 termini.

### **4.5.9 Preskus odpornosti KB proti prodoru vode na valjih iz poskusnih blokov**

Preskus odpornosti betona proti prodoru vode po SIST EN 12390-8 in prostorninske mase strjenega betona po SIST EN 12390-7 pri starosti betona 28, 56 in 90 dni na odvzetih valjih (9 preskusov na termin); preskus se izvede na odvzetih vzorcih iz poskusnih blokov - 54 valjev 15/15 cm:

2 vrsti KB v poskusnem bloku × 9 preskusov/termin × 3 termini.

#### **4.5.10 Preskus obnašanja KB pri cepitvi z zagozdo na odvzetih valjih**

Preskus obnašanja betona pri cepitvi z zagozdo na odvzetih valjih iz poskusnih blokov – odpornost betona proti širjenju razpoke pri starosti betona 28, 56, in 90 dni (3 preskusi na termin); preskus se izvede na odvzetih vzorcih iz poskusnih blokov - 18 valjev 15/15 cm:

2 vrsti KB v poskusnem bloku × 3 preskusov/termin × 3 termini.

#### **4.5.11 Preskus odprte poroznosti betona**

Preskus odprte poroznosti betona po EN 1936:2006, pri starosti betona 28 in 90 dni (3 preskusi na termin) preskus se izvede na odvzetih vzorcih iz poskusnih blokov - 12 valjev 10/10 cm:

2 vrsti KB v poskusnem bloku × 3 preskusov/termin × 2 termina.

#### **4.5.12 Preskus kapilarne vodo-vpojnosti**

Preskus kapilarne vodo-vpojnosti po SIST EN 13057:2002, pri starosti betona 28 in 90 dni (3 preskusi na termin); preskus se izvede na odvzetih vzorcih iz poskusnih blokov - 12 valjev 10/10 cm:

2 vrsti KB v poskusnem bloku × 3 preskusov/termin × 2 termina

#### **4.5.13 Zrakopropustnost betona poskusnih blokov**

Zrakopropustnost betona poskusnih blokov po SIA 262A: Priloga E, pri starosti betona 28 in 90 dni (6 preskusov na termin):

2 vrsti KB v poskusnem bloku × 6 preskusov/termin × 2 termina (24 meritev).

### **4.6 TEHNOLOGIJA IZVEDBE IN TRAJNOST SKLOPA: DIAFRAGMA – FOLIJA SEKUNDARNA (NOTRANJA) OBLOGA SILOSA ODLAGALIŠČA NSRAO**

#### **4.6.1 Študija tehnologije izvedbe**

Študija tehnologije izvedbe in trajnosti sklopa: diafragma - folija - sekundarna obloga silosa; predvideno sodelovanje tujih strokovnjakov: ocena (5 strokovnjakov × 120 ur)

#### **4.6.2 Izračun temperatur v oblogah z računalniškim modeliranjem**

Izračun temperatur v oblogah z računalniškim modeliranjem z upoštevanjem naslednjih vhodnih podatkov: adiabatne krivulje, geometrija elementov in robni pogoji:

2 vrsti KB x 2 (primarni in sekundarni panel)

#### **4.6.3 Priprava zaključnega poročila**

Priprava zaključnega poročila.

## 5 ZAHTEVE ZA IZVEDBO

Študija se bo izvedla v treh korakih:

### 1. faza

Na podlagi vhodnih podatkov projektne naloge (PN), obstoječe projektne dokumentacije za izgradnjo silosa odlagališča NSRAO in predhodnih preiskav osnovnih materialov za KB je potrebno z naročnikom, inženirjem, projektantom in nadzorom preveriti predlagane zahteve za KB v razpisni dokumentaciji za gradnjo odlagališča NSRAO in po potrebi uskladiti izbiro osnovnih materialov KB za nadaljnje delo (20 dni po podpisu pogodbe).

### 2. faza

Izvajalec na podlagi odločitev iz prve faze preveri program raziskav podan v 4. poglavju te PN in po potrebi predlaga dopolnitve. Program mora biti vsaj v istem obsegu kot je predlagano v 4. poglavju. Naročnik spremembo programa pred izvedbo potrdi. Ponudbena cena razpisanih del se pri tem ne sme zvišati. Na podlagi potrjenega programa izvajalec izvede usklajeni program raziskav na dveh različnih tipih KB definiranih v poglavju 4 te projektne naloge. Izvajalec pripravi priporočila za izdelavo primarne obloge, ki izhajajo iz izkušenj pri izvedbi do tedaj opravljenega programa raziskav (100 dni od podpisa pogodbe).

### 3. faza

Dokončanje programa raziskav in priprava Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (vsebuje tudi Zaključno poročilo izvedbe programa raziskav in poročilo o tehnologiji vgradnje predlagane betonske mešanice za KB ter sklopa: diafragma – folija – sekundarna obloga silosa odlagališča NSRAO). Rezultate Študije je izvajalec dolžan predstaviti naročniku in deležnikom projekta gradnje odlagališča NSRAO (200 dni od podpisa pogodbe).

## 5.1 ROK ZA IZVEDBO

Predviden rok za izvedbo celotne študije je 200 dni od podpisa pogodbe.

## 5.2 ZAHTEVE GLEDE IZVAJALCEV

Izvajalec se smatra v vseh oblikah nastopanja, to pa so, samostojno, s podizvajalci ali partnerji.

Izvajalec mora imeti zadnjih 5 let vsaj 6 referenc s področja preiskav masovnih betonov v energetiki od tega vsaj tri na področju jedrskih objektov, v skupni vrednosti vsaj 300.000 EUR.

V zadnjih treh poslovnih letih (2017, 2018 in 2019) mora imeti vsaj 400.000 EUR letnega prometa.

Usposobljenih mora imeti vsaj 5 ljudi s področja predvidenih preiskav, kar izvajalec dokazuje s predložitvijo referenc ljudi s področja predvidenih raziskav. Za vsakega je potrebno predložiti najmanj 3 reference zahtevanega področja, ki jih potrdi naročnik, za katerega je bila storitev opravljena.

Uporabljeni laboratoriji morajo biti certificirani skladno z ISO 17025:2017 za področja raziskav navedenem v 4. poglavju te PN.

### 5.3 POMEMBNI VHODNI PODATKI

Zahteve Projektne in razpisne dokumentacije za gradnjo odlagalnega silosa odlagališča NSRAO vključno z PZI, ki se za silos odlagališča NSRAO pripravljajo.

Zahteve FGG v Neodvisnem strokovnem mnenju o PGD za odlagališče NSRAO[4].

Rezultati študije BOS-NSRAO[1].

### 5.4 PREDVIDENI REZULTATI

Predvideni rezultati so:

- Na podlagi vhodnih podatkov in predhodnih preiskav osnovnih materialov za beton uskladitev osnovnih materialov za KB z naročnikom, projektantom, inženirjem in nadzorom.
- Pridobljeni rezultati programa raziskav betonskih mešanic za KB.
- Določitev tehnologije izdelave in vgradnje optimalne betonske mešanice KB za diafragmo (primarno oblogo silosa odlagališča NSRAO) ter sklopa: diafragma – folija – sekundarna obloga silosa odlagališča NSRAO.

### 5.5 PREDVIDENA POROČILA:

Predvidena poročila so:

- Poročilo o preverjanju vhodnih podatkov in uskladitvi osnovnih materialov za KB (zaključek 1. faze).
- Priporočila za izdelavo primarne obloge in poročilo o do tedaj izvedenem programu preiskav KB (100 dni od podpisa pogodbe).
- Študija proizvodnje, vgradljivosti karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona za izvedbo diafragme (primarne obloge silosa odlagališča NSRAO), ki mora vsebovati tudi Zaključno poročilo izvedbe programa raziskav in poročilo o tehnologiji predlagane betonske mešanice KB ter razpisnih pogojev za izdelavo in vgradnjo diafragme ter sklopa: diafragma – folija – sekundarna obloga silosa odlagališča NSRAO (zaključek 3. faze).

Vsa končna poročila se predajo ARAO v enem tiskanem in enem elektronskem izvodu, ki mora vsebovati elektronsko obliko tako tekstovnega dela (docx.) in prilog vključno z uporabljenimi podatki (xlsx., dwg.). Elektronska verzija poročila naj bo oddana na elektronskem nosilcu (DVD oz. USB ključ) in to v aktivni in pasivni obliki (pdf).

### 5.6 NAČIN PREVERJANJA REZULTATOV

Izvajalec v vseh fazah izvajanja projekta dovoljuje naročniku in njegovemu pooblaščenцу, da izvaja nadzor poteka in izvajanja del. Naročnik bo izvedel recenzije predanih poročil študije.

## 5.7 PLAČILA PO POGODBI

Plačila se po pogodbi izvedejo v treh delih (po vsaki zaključeni fazi) na podlagi ponudbenega predračuna in dejansko izvedenih delih. Delitev del in plačil po fazah:

1. Plačilo na podlagi Poročila o preverjanju vhodnih podatkov in uskladitvi osnovnih materialov za KB (zaključek 1. faze – po zaključku recenzije naročnika).
2. Plačilo na podlagi Poročila o izvedenem programu preiskav se izplača glede na obseg dejansko izvedenih preiskav (zaključek 2. faze – po zaključku recenzije naročnika).
3. Plačilo po predaji Študije proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO, ki vsebuje tudi Zaključno poročilo izvedbe programa raziskav, Poročilo o tehnologiji predlagane betonske mešanice KB in razpisnih pogojih za izdelavo in vgradnjo diafragme ter sklopa: diafragma – folija – sekundarna obloga silosa odlagališča NSRAO. (zaključek 3. faze in zaključek vseh del – po zaključku recenzije naročnika).

## 6 REFERENČNA DOKUMENTACIJA

- [1] Poročilo Študije proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih betonskih mešanic za izvedbo sekundarne armiranobetonske obloge silosa odlagališča NSRAO, Poročilo IRMA BOS NSRAO, Ljubljana 30.11.2020.
- [2] *Projektne osnove za odlagališče NSRAO Vrbinja, Krško - faza presoje vplivov na okolje, Revizija 4 02-08-011-002/NSRAO2-POR-013-04.* 2019.
- [3] IBE, "Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, rev.C," 2018, (usklajeno z revidentom), rev. 2, in dopolnitve 2020.
- [4] F. za gradbeništvo in geodezijo Univerza v Ljubljani, *Neodvisno strokovno mnenje o PGD za odlagališče NSRAO (3. faza) 2019 in (4. faza) 2020.*
- [5] *Zakon o javnem naročanju (ZJN-3).* (Uradni list RS, št. 91/15 in 14/18).