**Příloha č. 1: Technické podmínky**

**Technická specifikace pro „SUSEN – Solidifikační zařízení pro experimentální technologickou linku“**

***Díl I***

**Zadávací popis solidifikačního zařízení**

# Úvod

Tento dokument slouží pro zadání k výběrovému řízení na dodávku solidifikačního zařízení pro linku
na zpracování kapalných a semi - kapalných radioaktivních odpadů pro Centrum výzkumu Řež.
Tento solidifikační prvek je součástí technologické linky ETL. Tato technologická linka ETL bude sloužit pro výzkum, vývoj a testování v oblasti zpracování a úpravy kapalných a semi - kapalných radioaktivních odpadů s cílem minimalizace výsledných objemů odpadů ve finální zpevněné formě.

## ****V rámci plnění předmětu dodávky budou splněny tyto činnosti:****

Za splnění předmětu dodávky se považuje zpracování projektové a průvodní technické dokumentace. Dále pak dodávka a samotná instalace zařízení na fixaci v sudu do geopolymerové a polysiloxanové matrice pro technologii ETL. K dodávce patří i komplexní zkoušky FAT a SAT, zpracování AS BUILD dokumentace a uvedení do provozu včetně zaškolení obsluhy objednavatele.

## P****ředmět dodávky****

Solidifikační zařízení bude součástí technologické linky ETL. Technologická linka bude sloužit pro výzkum, vývoj a testování v oblasti zpracování a úpravy kapalných a semi - kapalných radioaktivních odpadů
s cílem minimalizace výsledných objemů odpadů ve finální zpevněné formě. Výzkum bude soustředěn na kapalné a semi - kapalné odpady s dominantní složkou kyseliny borité s různou koncentrací, což jsou odpady z jaderných elektráren v ČR a SR.

Celá technologická linka ETL je jeden z přímých výstupů projektu SUSEN, jako realizace demonstračního zařízení pro minimalizaci objemu kapalných RAO na pětinu stávající produkce.

V rámci solidifikačního zařízení technologie ETL budou studovány dva koncepty:

* fixace odpadů v geopolymerní matrici.
* fixace odpadů v polysiloxanové matrici.

Předmětem dodávky je zařízení, které umožní provádění obou konceptů. Jedná se o zařízení, které bude umožňovat fixaci nebezpečných odpadů (viz kap. 2.1 a 2.2)
do požadované matrice za různých provozních podmínek. Součástí dodávky jsou i kondenzátory brýdových par a potrubní spojení mezi jednotlivými zařízeními. Jednotlivá zařízení musí být vybavena odpovídajícími senzory umožňující nejen řádný chod těchto zařízení, ale i jejich řízení. Dále je nutné, aby jednotlivá zařízení, včetně potrubních propojení, byla nejen snadno promyvatelná vodním kondenzátem, nebo demineralizovanou vodou, ale i spolehlivá a odolná. Zvláštní pozornost je nutné věnovat korozní odolnosti (viz kap. 2.1 a 2.2). Z hlediska řízení je požadavek na automatické ovládání pomocí řídicího systému i ruční místní ovládání. Současně je požadován i přenos vybraných technologických parametrů do nadřazeného řídicího systému.

Předmětem dodávky bude její uvedení do provozu a seznámení zadavatele s obsluhou.

## Připojovací b**o**dy pro dodávané zařízení

* Technologie ETL: dodávané solidifikační zařízení bude napojeno pod technologickou linku ETL, která bude umístěna v ocelové nosné konstrukci (příloha č. 1)
* Elektro: Pro instalované zařízení obsahující elektrospotřebiče je k dispozici pouze 18 ks elektrických zásuvek (230V/16A) a 4 ks elektrických zásuvkových skříní (400V/32A). Všechny zásuvkové skříně jsou chráněny jističi s charakteristikou C. K dispozici jsou dvě rozvodné skříně o rozměrech 800x2100x650 mm. Maximální elektrický příkon využitelný pro celkovou technologii je 500 kW.
* Vzduchotechnika: V místnosti se nachází technologická větev speciální aktivní VZT o světlosti DN250 s odbočkou pro připojení technologie DN200. Přípoj je ukončen uzavírací klapkou. Kapacita odsávané vzdušiny pro technologii ETL je 500 m3/hod. (materiál VZT potrubí – pozinkovaný plech třídy A, maximální teplota médií na výstupu z technologií do VZT je
50 °C.). Větev DN250 je společná pro všechny technologie instalované v provozní hale (ETL, MSO – bezplamenné spalování odpadů a technologie Studený kelímek). Větev DN250 je odsávána ventilátorem o výkonu 2600 m3/hod a tlaku 2900 Pa, který je napojen na centrální VZT kanál. Vzduch je před vypuštěním do centrální VZT filtrován v aerosolovém filtru. Ventilátor a aerosolový filtr jsou umístěny ve VET centru.
* Rozvod vody: V pracovní hale je řešen přívod vody, který je opatřen odbočkou pro další rozvody ve výšce cca. 2,5 m. Jedná se o přívod užitkové vody vodárensky upravované nitrifikací a odmanganováním, s obsahem aktivního chloru max. 1 mg/l. Tlak vody 2-5 bar, teplota 10-15 °C, světlost potrubí je DN80.
* Topné médium – voda: 90/80 °C, demineralizovaná voda, tlak 10 bar, max. průtok 6 m3/h.
* Chladící médium – voda: 35/25 °C, užitková voda z hlavního rozvodu, tlak 10 bar,
max. průtok 6 m3/h.
* Kanalizace: V hale se nachází potrubí pro chemickou (DN60) a aktivní (DN50) kanalizaci (stoupačky). Potrubí jsou opatřena odbočkou pro napojení technologie.
* Odvod par: Odpařená voda v podobě vodní páry z fixačního zařízení je po odloučení kapek odváděna do deskového kondenzátoru. Vzniklý kondenzát je jímán do skladovací nádrže
na kondenzát. Odtah bude zajišťovat pomocí vývěvy.
* Proplachovací médium: Solidifikační zařízení bude napojeno na proplachové médium. Médiem bude kondenzát ze skladovací nádrže v technologie ETL. Po ohřátí v deskovém výměníku bude následně veden pomocí vysokotlakého čerpadla do jednotlivých zařízení a propojovacího potrubí separačního uzlu. Odpadní proplachová voda bude vedena do zásobní nádrže na kapalný odpad. Nedostatek proplachové vody bude kompenzován přípojkou na hlavní rozvod užitkové vody, světlost potrubí DN40.
* Místní uspořádání, plocha, prostor: zastavěná plocha solidifikačního zařízení bude
max. 6,02 m2 (2,15m x 2,8m), výška nesmí přesáhnout 1,5 m.
* PI diagram včetně měřených veličin

## Obecné požadavky předmětu dodávky

### zpracování odpadů:

* + krystalická pevná fáze
	+ nasycené, odvodněné ionexy
	+ suché ionexy
* dodaná zařízení tvoří jeden funkční celek pro experimentální použití
* zpracování odpadu fixací v geopolymerní nebo polysiloxanové matrici
za různých provozních podmínek
* vysoce účinná promyvatelnost celého zařízení, snadná údržba a rozebíratelnost, spolehlivost, odolnost
* možnost zařízení ovládat automaticky nebo manuálně, ovládání blokově na PLC
i manuálně na PC či strojově u zařízení
* metrologie: měření teploty, tlaku, hladiny, váhy, viskozity. Analogový výstupní signál 0/4 - 20mA, napájení 230V AC
* umožnit manuální odběry vzorků, měřené veličiny u odebraných vzorků (zajistí CV Řež s.r.o.): pH, vlhkost, zrnitost pevné fáze, viskozita
* korozní odolnost konstrukčních materiálů, upozornění na vysokou solnost zahuštěných roztoků, zvýšený obsah  Cl-

## Požadovaný rozsah nabídky

* GA list
* specifikace jednotlivých zařízení (objem, hmotnost, velikost, základní charakteristika, popis)
* statické uspořádání
* připojovací body zařízení, energetické nároky zařízení
* cena za celkovou dodávku „na klíč“
* návrh na servisní práce, technickou podporu a jejich dostupnost

# Charakteristika vstupních médií

##  Pevné odpady

Vstupním médiem budou vysušené nebo odvodněné modelové krystaly, které jsou výstupním produktem separačního zařízení. V separační zařízení dochází k zahuštění modelového roztoku na modelový koncentrát, které je poté odvodňován a sušen. Složení modelového roztoku je uvedeno v tabulce č. 1. Parametry modelového koncentrátu jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Na technologii ETL budou probíhat neaktivní experimenty s modelovým roztokem a experimenty
se simulovanou aktivitou pro optimalizaci podmínek provozu. Jako modelový roztok bude sloužit odpadní voda z bloků jaderných elektráren. Modelové složení je v tabulce 1. Jako simulátor aktivity bude používán CsNO3, Co(NO3)2.6H2O nebo SrCO3. Budou zjišťovány stopy těchto látek a jejich koncentrace
ve všech výstupech technologických uzlů. Tj. zahuštěná směs s krystaly, suché a vlhké krystaly, filtrát, kondenzát z odparky, proplachová odpadní voda.

Tabulka 1. Složení modelové roztoku

|  |  |
| --- | --- |
| modelový roztok | modelový koncentrát |
| složení | % | g/l (H2O) | g/l (H2O) | g/l (H2O) |
| H3BO3 | 33,63 | 3,36 | 56,00 | 269,04 |
| NaCl | 1,68 | 0,17 | 2,80 | 13,45 |
| Na2CO3 | 21,21 | 2,12 | 35,32 | 169,69 |
| NaNO3 | 12,35 | 1,24 | 20,56 | 98,78 |
| Na2SO3 | 2,31 | 0,23 | 3,84 | 18,45 |
| (COONa)2 | 2,53 | 0,25 | 4,22 | 20,27 |
| NaNO2 | 1,42 | 0,14 | 2,37 | 11,39 |
| KNO2 | 10,46 | 1,05 | 17,41 | 83,64 |
| NaOH | 14,41 | 1,44 | 24,00 | 115,30 |
| Celkem | 100 | **10** | **166,52** | **800** |

Tabulka 2. Parametry modelového koncentrátu

|  |  |
| --- | --- |
| Teplota média na vstupu | 15 – 40 ˚C |
| Hustota (při 15 – 40 ˚C) | 1000 – 1200 kg/m3 |
| pH | 6 – 11,5 |
| Vodivost | 0 – 110 mS/cm |

##  Semi-kapalné odpady

Dalším typem zpracovávaných odpadů budou iontoměniče (ionexy). Jako modelový ionex bude například předem připravována směs 1:1 Purolite A400MB OH a Purolite C100 H s různým nasycením (40 – 90%), dopovanými prvky Fe, Mn, Cs, Sr. Informace o iontoměničích jsou uvedeny v tabulce č. 3 a 4. Purolite A400MB OH je silně bazický anex s vysokou užitnou kapacitou, což jsou typické vlastnosti ionexu na bázi polystyrenového skeletu s kvarterními amoniovými skupinami. Má vynikající kinetiku, umožňující vázání aniontů jak silných tak i slabých kyselin na velmi nízké hodnoty s možností vysokých výměnných kapacit.

Tabulka 3. Typické fyzikální a provozní vlastnosti anexu Purolite A400MB OH

|  |  |
| --- | --- |
| Polymerní skelet | Polystyren zesítěný divinylbenzenem |
| Funkční skupina | R – N+(CH3)3 |
| Fyzikální forma, vzhled | Číre zlaté kuličky |
| Zrnění |  0,3 – 1,2 mm |
| Rozsah zrnění | Max 1% <0,3mm; max. 1% >1,2 mm |
| Minimální konverze do OH- formy | 90% |
| Dodaná iontová forma  | OH- |
| Obsah vody Cl- forma | 48 -54% |
| Vratné zmenšení objemu | Max. 20% |
| OH- - SO4- / Cl-  |  |
| Rozsah pH. Stabilita  | 0 – 14 |
| Max. provozní teplota OH- forma | 60°C |
| Sypká hmotnost | 665 – 695 g/l |
| Měrná hmotnost | 1,08 kg/m3 |
| Celková kapacita Cl- objemová forma | Mim. 1,3 mol/l |

 Purolite C100 H je gelový silně kyselý sulfonovaný katex. Je mimořádně fyzikálně i chemicky odolný.

Tabulka 4. Typické fyzikální a provozní vlastnosti katexu Purolite C100 H

|  |  |
| --- | --- |
| Polymerní skelet | Zesítěný, gelový, polystyrenový |
| Funkční skupina | R – SO3- |
| Fyzikální forma, vzhled | Tmavě jantarové kuličky |
| Dodávaná iontová forma  | H+(C-100H) nebo Na+ (C-100) |
| Zrnění | Vlhký 0,3 – 1,2 mm |
| Rozsah zrnění  | + 1,2 mm <5%; -0.3 mm <1% |
| Obsah vody H+ forma | 51 – 55% |
| Bobtnání z Na+ do H+ formy | Max. 5% |
| Měrná hmotnost vlhká H+ forma | 120 g/m3 |
| Rozsah pH | Bez omezení |
| Počet celistvých kuliček | Min. 90% |
| Sypká hmotnost H+ forma | 760 – 790 g/l |
| Celková kapacita  |
| H+ forma - objemová za vlhka | Min. 1,8 mol/l |
| H+ forma – objemová za sucha | Min. 4,8 mol/kg |

Před vstupem do solidifikačního zařízení budou ionexy upraveny v sušárně na obsah vlhkosti do hm. 5%.

# Studované koncepty

## Fixace odpadů v geopolymerní matrici

Homogenizační systém pro fixaci odpadů v geopolymerní matrici je jedním ze dvou systémů koncepčně vybraných pro imobilizaci kapalných a semi-kapalných odpadů. Geopolymery jsou hlinito-křemičité anorganické polymery, které vznikají alkalickou aktivací. Odpady, které budou zpracovány touto metodou, jsou:

* krystalická pevná fáze
* nasycené a odvodněné ionexy
* suché ionexy

Jako geopolymerní plnivo bude používaná metakaolinová složka, která bude dávkována ze zásobníku aktivátoru geopolymeru nebo připravována obsluhou dle příslušné navážky. Řešení zásobníku bude uzpůsobeno pro dokonalé promísení všech složek. Jako alkalické aktivátory budou používány
NaOH nebo KOH v kombinaci s vodním sklem. Alkalický aktivátor bude variantně dávkován společně s geopolymerem ze zásobníku do homogenizační nádrže. Zásobníky musí být opatřeny vhodným míchadlem. Plnění zásobníků a příprava jednotlivých složek bude prováděna obsluhou. Příprava geopolymerní matrice probíhá v sypkém stavu, a proto musí být prostor nad zásobníky odsáván. Před zaústěním do VZT bude vzdušina odfiltrována a zbavena všech nečistot.

Zásobníky budou usazeny na tenzometrických vahách. Zásobníky musí mít kapacitu potřebnou pro provedení 3 experimentů. Měřící rozsah tenzometrických vah bude 0,001 – 100 kg s maximální dovolenou chybou měření ± 0,03 %. Dávkování bude řízeno automaticky,
tj. dávkování požadované hmotnosti směsi dle nastavené navážky a sledování hmotnostního úbytku
v zásobnících. Dávkování bude kontinuální v rozsahu 0 – 100 %. Plnění matrice odpadem se předpokládá v rozsahu 30 – 75 %.

Při homogenizaci, tj. alkalické aktivaci budou alkalické roztoky smíchány s roztokem vodního skla v nádrži alkalických aktivátorů a následně budou kontinuálně přidávány k pevnému výchozímu odpadu a plnivu do homogenizačního zařízení za stálého míchání. Dle charakteru experimentu může být odpad
do geopolymeru přidáván tímto způsobem:

* krystalická pevná fáze bude přidávána buď souběžně s plnivem, nebo jako třetí složka
(plnivo – aktivátor – krystalická pevná fáze), jsou požadovány oba způsoby, s možností navolení způsobu a pořadí.
* nasycené, odvodněné ionexy budou dávkovány buď souběžně s aktivátorem, nebo jako třetí složka (plnivo – aktivátor – nasycený, odvodněný ionex) jsou požadovány oba způsoby, s možností navolení způsobu a pořadí.
* suché ionexy budou dávkovány buď souběžně s plnivem, nebo jako třetí složka
(plnivo – aktivátor – suchý ionex), jsou požadovány oba způsoby, s možností navolení způsobu a pořadí.

Pořadí dávkování se může měnit a dodavatel zajistí individuální řešení. Viskozita směsi závisí na nasákavosti směsi (výběr nebo konfigurace geopolymerní matrice), a její nárůst může být skokový. Viskozita bude jednou ze studovaných veličin. Je požadován monitoring viskozity v průběhu celého děje homogenizace. Ihned po vytvoření matrice dochází k vývinu tepla,
kdy teplota může dosáhnout až 150 °C.

***Vhodné zařízení pro proces homogenizace:***

* zařízení s mícháním v sudu

Zařízení pro míchání v sudu (obr. 1) se skládá ze zvedacího víka, které je opatřeno míchadlem a nasazeno přímo na vzorkovací sud, resp. na transportní zařízení, ve kterém bude uložený sud se vzorkovací formou, viz kap. 3.3. Objem sudu je 50 l a naplnění finální matricí je 30 l. Způsob míchání probíhá otáčením míchadla a také pohybem míchadla nahoru a dolů. Předpokládaný rozsah regulace otáček míchadla je 50 – 1700 ot/min. Směs je nenewtonská s tixotroponím charakterem. Míchadlo musí počítat se smykovými zónami. Zdvih míchadla v průběhu homogenizace bude prováděn rovnoměrně 1 - 6x/min. Po ukončení homogenizace bude část matrice odpuštěna do vzorkovací formy, viz kap. 3.3. Následně se víko s míchadlem zvedne z transportního zařízení a zařízení bude transportováno na proces měření teplotního profilu. Přepouštění matrice bude prováděno na základě zvýšení viskozity v objemu matrice.



Obrázek 1: Zjednodušené schéma homogenizačního systému pro fixaci odpadu v geopolymerní matrici
se zařízením pro míchání v sudu.

V průběhu homogenizace bude monitorována teplota, tlak a viskozita směsi. Průběh homogenizace je předpokládán na 20 – 60 min v závislosti od experimentu a vlastností vstupních složek matrice. U obou konceptů bude sud součástí transportního zařízení. Sud bude obklopen segmenty s izolací a elektrickým ohřevem (3 segmenty). Ve spodní části budou instalované výpustě pro naplnění vzorkovací formy,
viz obr. 6. U varianty míchaného reaktoru budou při přepouštění matrice do sudu výpustě otevřené
a po naplnění formy se výpustě zavřou. Zbývající objem matrice zůstane v sudu. U varianty míchání v sudu se po ukončení procesu homogenizace výpustě otevřou a po naplnění formy znovu zavřou.

Jako vedlejší produkt reakcí aktivace geopolymerů vzniká H2O, která se z odstraňuje ve fázi tuhnutí,
kdy dochází k jejímu odpařování. S odstraňováním vody může docházet i k odpařování alkalického aktivátoru a při reakci se vzduchem může docházet ke tvorbě uhličitanů. Bude tedy nutné, do systému zařadit kondenzaci par. Kondenzát bude odváděn do zásobní nádrže modelových roztoků technologie ETL.

## Fixace odpadů v polysiloxanové matrici

Druhým konceptem pro fixaci kaplaných a semi-kapalných odpadů byla vybrána fixace odpadů v polysiloxanové matrici. Tato fixace probíhá formou mikrokapsulace, tj. uzamčení částice odpadu do polymerní matrice. Tato matrice je určena zejména pro odpady v suché formě, ale v současné chvíli je prováděn laboratorní výzkum pro použití této matrice i pro odpady s určitým procentem vlhkosti. Odpady, které budou zpracovávány touto metodou:

* krystalická pevná fáze
* nasycené a odvodněné ionexy
* suché ionexy

Jako modelové fixační médium bude používána komerčně dostupná matrice LUKOPREN. Je to silikonový polymer polykondenzačního typu. Pro urychlení polymerace bude používán katalyzátor C21. Materiálový list je přílohou dokumentace (viz příloha 2 a 3).

* Lukopren N 1000
	+ α,ω-dihydroxypolydimethylsiloxan,
	+ viskozita 1.500 mPa.s
	+ viskozitní průměr molární hmotnosti 30.000
* katylyzátor C21
	+ směs dekaethoxytetrasiloxanu a di-n-butylcín dilaurátu v hmotnostním poměru 3:1
	+ síťovadlo a katalyzátor kondenzačních reakcí silanolů

Plnění zásobníků bude prováděno obsluhou. Zásobníky budou usazeny
na tenzometrických vahách a zásobníky musí mít kapacitu pro množství složek potřebné
na 3 experimenty. Měřící rozsah tenzometrických vah bude 0,001 – 100 kg s maximální dovolenou chybou měření ± 0,03 %. Dávkování bude řízeno automaticky, tj. dávkování požadované hmotnosti směsi dle nastavené navážky a sledování hmotnostního úbytku v zásobnících. Dávkování bude kontinuální v rozsahu 0 – 100 %. Plnění matrice odpadem se předpokládá v rozsahu 30 – 75 %.

Katalyzátor polysiloxanové matrice obsahuje těkavou fází, která je silně toxická, a proto musí být místo u zásobníku opatřeno potřebným odtahem. Odtahové potrubí bude napojeno na aktivní VZT.
Před zaústěním do VZT bude vzdušina odfiltrována a zbavená všech nečistot. Zásobník musí být
po ukončení plnění novým katalyzátorem uzavřen a utěsněn, z důvodu zmezení znehodnocení katalyzátoru.

Při homogenizaci bude za stálého míchání do polymerní viskózní tekutiny Lukopren 1000 kontinuálně přiváděn katalyzátor a odpad. Odpad může být přiváděn i jako třetí složka v pořadí homogenizace.
U odpadů s vyšším procentem vlhkosti (cca 40 %) je homogenizace dvoustupňová, kdy je v druhém stupni přidávána další část katalyzátoru pro dokončení procesu zesíťování. Předpokládaný průběh homogenizace pro modelovou matrici bude 15 – 60 minut, dle vlhkosti osbsažené v matrici, dle druhu experimentu a podle vlastností vstupních složek.

***Vhodné zařízení pro tento způsob homogenizace:***

* zařízení pro míchání v sudu

Zařízení pro míchání v sudu je konstrukčně stejné jako u geopolymerní fixace. Zařízení se skládá z víka, které je opatřeno míchadlem a nasazeno přímo na vzorkovací sud se vzorkovací formou,
viz kap. 3.3. Objem sudu je 50 l a naplnění finální matricí je 30 l. Způsob míchání probíhá otáčením míchadla a také jeho pohybem nahoru a dolů. Přepokládaný rozsah regulace otáček míchadla je
10 – 1700 ot/min. Zdvih míchadla v průběhu homogenizace bude prováděn rovnoměrně 2 – 15x/min. Po ukončení homogenizace je víko s míchadlem ze sudu odsunuto a sud bude transportován na operaci měření teplotního profilu.

V průběhu homogenizace bude monitorována teplota, tlak a viskozita směsi pro stanovení jednotlivých fází polymerizace v závislosti na čase. U obou případů bude sud součástí transportního zařízení, obr. 6 kap. 3.3. Sud bude obklopen izolací a elektrickým ohřevem (3 segmenty). Ze spodní části sudu budou instalovány výpustě pro naplnění vzorkovací formy, obr. 6. U zařízení míchání v sudu
se po ukončení procesu homogenizace výpustě otevřou a po naplnění formy znovu zavřou. Jako vedlejší produkt polykondenzačních reakcí je vznik vody, která se odstraňuje ve fázi tuhnutí, kdy dochází k jejímu odpařování, a je proto nutné zařadit do systému kondenzaci par. Kondenzát bude odváděn do zásobní nádrže modelových roztoků technologie ETL.

## Měření teplotního profilu tuhnutí matric

Součástí tohoto systému je i zařízení pro měření teplotního profilu tuhnutí matric, transportní zařízení, ve kterém bude uložený sud, vzorkovací forma a transportní systém, umožňující manipulaci transportního zařízení mezi operacemi fixace odpadu do matric a měřením teplotního profilu. Manipulace bude pouze manuální.

Po ukončení procesu homogenizace se část matrice odebere do vzorkovací formy. Následující operace je měření teplotního profilu tuhnutí matrice. Zařízení bude tvořit víko opatřené izolací se zabudovanými teplotními čidly, které bude nasazeno a ukotveno na transportní zařízení. Proces tuhnutí matric musí probíhat za adiabatických podmínek. Teplotní čidla budou umístěná v teplotních jímkách. Jímky budou pouze na jedno požití. Po zatuhnutí, zůstanou v matrici. Uspořádání teplotních čidel je znázorněno na Obr. 7. Jedná se o rozmístění 15 teplotních čidel v celém objemu matrice, tj. 5 čidel umístěných pod hladinu matrice (vrchní level), 5 čidel umístěných uprostřed objemu (střední level) a 5 čidel umístěných u dna sudu (spodní level). Zařízení musí obsahovat i bezkontaktní měření teploty povrchu homogenizované směsi. Měření bude prováděno pro geopolymerovou i polysiloxanovou matrici. Předpokládaný průběh měření je 24hod. Poté budou vysunuta teplotní čidla z jímek a víko bude odděleno a zvednuto od transportního zařízení. Víko musí být opatřeno odtahem odplynů z prostoru tuhnutí matric, protože během polykondenzačních reakcí vznikají vodní páry. U geopolymerní fixace současně s odstraňováním vody může být ze systému vzniklého produktu odstraňován i zbytek alkalického aktivátoru a při reakci se vzduchem může docházet k tvorbě alkalických uhličitanů. Je nutné do systému zařadit kondenzaci par. Kondenzát bude odváděn do zásobní nádrže vstupních koncentrátů.

Po ukončení experimentu bude transportní zařízení odsunuto, odebrána vzorkovací forma a sud, který bude likvidován v souladu s interními standardy pro likvidaci odpadů areálu ÚJV. Manipulace s transportním zařízením mezi fixačním zařízením a zařízením pro měření teplotního profilu bude prováděna po transportní dráze, která umožní posun transportního přípravku na přesnou pozici. Celá tato manipulace, včetně vysunutí teplotních čidel z jímek po zatuhnutí matrice a zdvihu víka, bude prováděna manuálně obsluhou pomocí zdvihacího zařízení. Transportní dráhu může tvořit kotvící mechanizmus, ve kterém se upne mobilní transportní zařízení nebo posuvná dráha se stabilním transportním zařízením.

***Transportní zařízení – Indikativní provedení***

Proces tuhnutí matric musí probíhat za adiabatických podmínek. Tomu musí být uzpůsoben
i transportní zařízení. Zařízení se bude skládat ze dvou částí, viz Obr.6.

* část pro uložení sudu
* část pro uložení vzorkovací formy

Vrchní část, kde bude uložen sud, se bude skládat ze tří segmentů s izolací a ohřevem. Spodní část
se vzorkovací formou bude opatřena pouze segmenty s izolací a izolovaným dnem. Části se sudem
a formou budou propojeny pomocí vypouštěcích elementů pro naplnění formy po průběhu homogenizace. Segmenty obou částí budou řešeny jako uzavírací systém s možností jednoduchého vkládání a vykládání sudů a forem jak prázdných tak naplněných. Konstrukční řešení musí zajistit
co nejjednodušší a bezpečnou manipulaci se zařízením.



Obrázek 5: Indikativní schéma vzorkovací formy.



Obrázek 6: Indikativní schéma transportního zařízení se sudem a vzorkovací formou.



Obrázek 7: Indikativní schéma uspořádání teplotních čidel.

# Dodávaná zařízení solidifikační linky

## Homogenizační systém pro fixaci odpadů v geopolymerní nebo polysiloxanové matrici

Ze zásobníků bude převedeno určené množství plniva a aktivátoru do homogenizačního zařízení, do kterého se následně bude přidávat i zpracovávaný odpad. Důležitým měřeným parametrem je viskozita a teplota. Podle experimentu může být ještě přidáno určité množství katalyzátoru k dokončení polymerní reakce. Při reakci dochází k vývinu tepla a odpařování vody. Kondenzát bude odváděn do zásobní nádrže modelových roztoků technologie ETL. Maximální naplnění sudu bude 30 l z celkových 50 l.

* Zásobník plniva (geopolymerní nebo polysiloxanová matrice) usazen na tenzometrických vahách
* Zásobník aktivátoru geopolymerní matrice nebo katalyzátoru pro polymerní reakce, usazen na tenzometrických vahách včetně dopravního systému
* Homogenizační zařízení - specifikuje dodavatel

 - objem 50 l

- regulace otáček míchadla 10 – 1700 ot/min

- pohyb míchadla nahoru a dolů

- použití pro tixotropní kapaliny

* Objem, hmotnost, rozměry - specifikuje dodavatel

- Zařízení bude mít - rozsah tenzometrických vah 0,001 – 100 kg,

 chyba měření ± 0,03 %

- průzor pro pozorování průběhu reakce tuhnutí

- izolaci sudu a jeho elektrický ohřev

- připojení na proplachová média (CIP)

- vlastní kondenzátor par

- spodní vypouštění

- Měření - viskozita, tlak, teplota

- Další měřené veličiny - hmotnost zásobníků, otáčky míchadla na display

- Systém čištění - navrhne dodavatel

- Materiálové provedení: použitý materiál musí být odolný vůči alkalickým látkám (nerezové oceli typu Super Duplex 1.4410, TP 904L austenit 1.4539 nebo 316Ti 1.4571)

## Systém pro měření teplotního profilu tuhnutí matric

Po ukončení procesu homogenizace se část matrice odebere do vzorkovací formy. Následní operace je měření teplotního profilu tuhnutí matrice. Zařízení bude tvořit víko, opatřeno izolací se zabudovanými teplotními čidly, které bude nasazeno a ukotveno na transportní zařízení. Proces tuhnutí matric musí probíhat v adiabatických podmínkách. Teplotní čidla budou umístěná v teplotních jímkách.

* Zařízení pro měření teplotního profilu matric, včetně zdvižného systému víka
* Transportní zařízení
* Manipulační systém mezi oběma homogenizačními zařízeními a zařízením teplotního profilu
* 20x teplotní čidla
* 100x jímka
* 20x 50 l sud upraven pro možnost odpouštění matric
* 1x bezkontaktní snímání teploty povrchu matrice
* Objem, hmotnost, rozměry - specifikuje dodavatel

- Zařízení bude mít - průzor pro pozorování průběhu reakce tuhnutí

- systém proplachu zásobních nádrží

- izolaci sudu a jeho elektrický ohřev

- Vzorkovací formu pro odlitky matrice dle
ASTM C39

- Vzorkovací formu pro odlitky matrice dle
ASTM 469

- Měření - viskozita, tlak, teplota

- Systém čištění - navrhne dodavatel

- Materiálové provedení: použitý materiál musí být odolný vůči alkalickým látkám (nerezové oceli typu Super Duplex 1.4410, TP 904L austenit 1.4539 nebo 316Ti 1.4571)

Přílohy:

Příloha č. 1 – Technologické schéma separačního uzlu

Příloha č. 2 – Materiálový list Lukopren N1000

Příloha č. 3 – Materiálový list katalyzátoru N