



SYSTÉM NAKLADANIA s RAO v SR

- **Vyradovanie: JE A1 (ťažkovodný reaktor KS-150)
JE V1 (reaktor VVER 440, 2 bloky)**
- **Manažment RAO: Technológie pre spracovanie a
úpravu RAO
Finálne spracovanie KRAO
RÚ RAO**
- **Manažment VP: MSVP**
- **Inštitucionálne RAO a RMNP**
- **Úlohy v rámci prípravy NJZ**

**100% akcií JAVYS, a.s. vlastní SR
prostredníctvom MH SR**



BRATISLAVA

Sídlo JAVYS, a.s.

JASLOVSKÉ BOHUNICE

Jadrové zariadenia

Jadrová elektráreň A1
Jadrová elektráreň V1
Medzisklad vyhoretého paliva
Technológie spracovania a úpravy RAO
Integrálny sklad

Výrobňa vláknobetónových kontajnerov

MOCHOVCE

Jadrové zariadenia

Finálne spracovanie kvapalných RAO
Republikové úložisko RAO

Zariadenie IRAO a ZRAM



TSÚ RAO



JE A1



Integrovaný Sklad



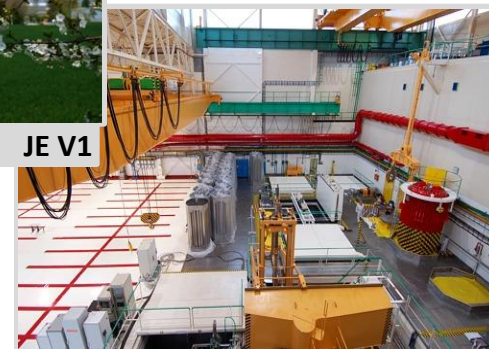
JE V1



FS KRAO



IRAO a RMNP



MSVP

RÚ RAO

➤ Definícia RAO :

- ✓ RAO sú nevyužiteľné materiály, ktoré pre obsah rádionuklidov alebo pre kontamináciu rádionuklidmi nemožno uviesť do životného prostredia

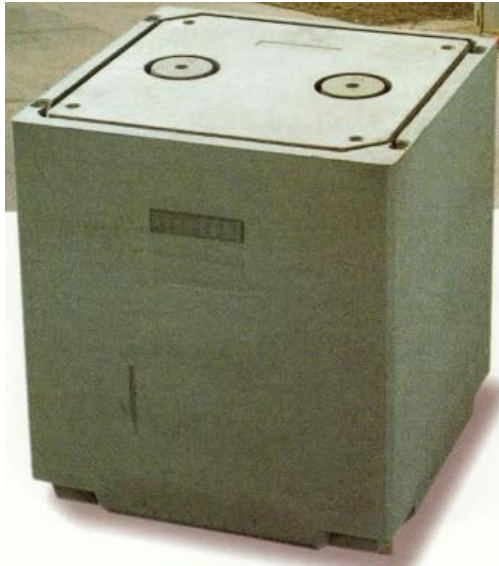
[\(Zákon č. 541/2004 Z.z., Zákon o mierovom využívaní jadrovej energie, v znení neskorších predpisov\)](#)

➤ Rozdelenie RAO :

- ✓ podľa skupenstva (pevné, kvapalné, plynné)
- ✓ podľa spracovania (spáliteľné, solidifikovateľné, lisovateľné, taviteľné)
- ✓ podľa rádioaktivity
 - prechodné - aktivita poklesne pod limitnú hodnotu do ŽP
 - veľmi nízko - aktivita mierne vyššia
 - nízko a stredne aktívne - krátkodobé, aktivita nad limit a zostatkové teplo $< 2 \text{ kw/m}^3$
 - dlhodobé, aktivita alfa nuklidov $> 400 \text{ Bq/g}$
 - vysoko aktívne – zostatkové teplo je rovné a $> 2 \text{ kw/m}^3$

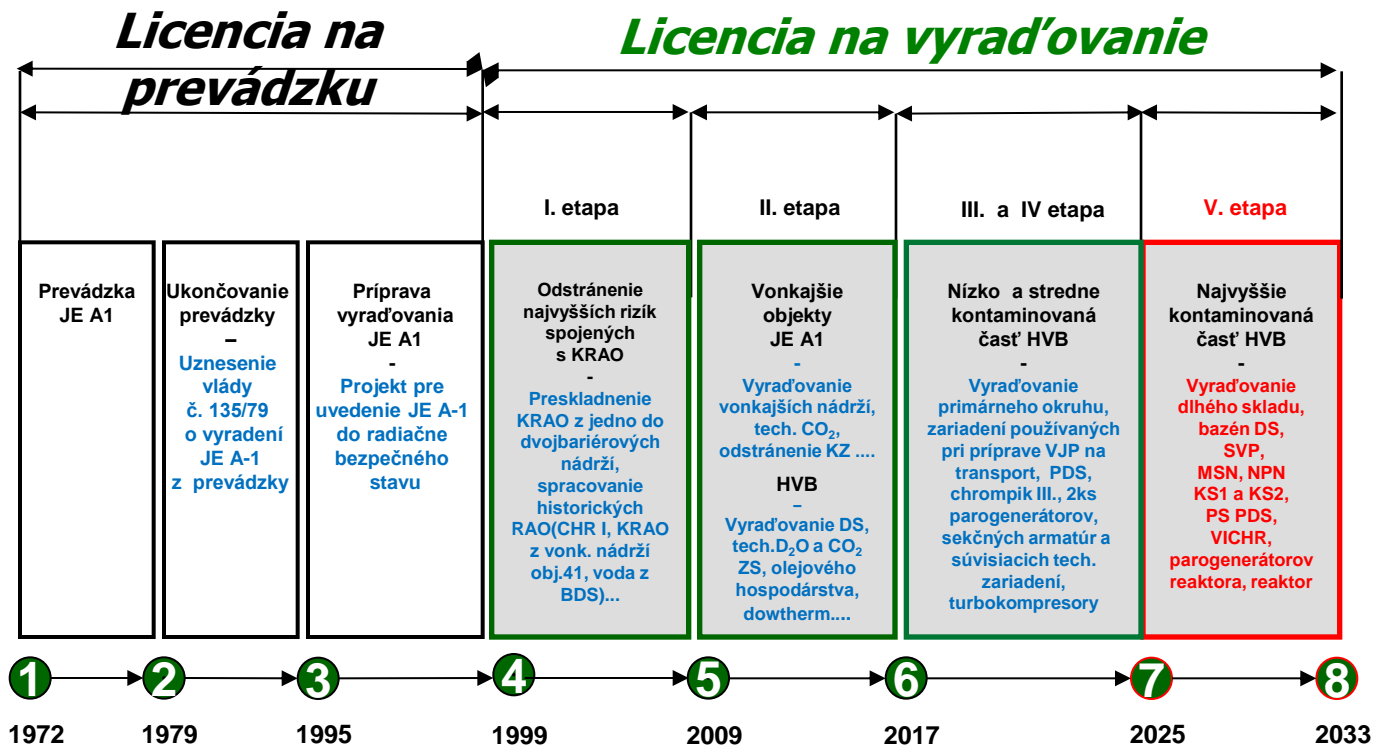
Finálny produkt a kontrola finálneho produktu

Finálny produkt je po naplnení pevnými RAO zaliaty cementovou kašou, ktorej súčasťou sú aj kvapalné RAO. Po dosiahnutí doby vyzrievania 28 dní je transportovaný na RÚ RAO v Mochovciach. Pred uložením VBK, je finálny produkt kontrolovaný z dôvodu potvrdenia akceptačných kritérií pre finálne uloženie.



rozmery **1,7 × 1,7 × 1,7 m**
objem **cca 3 m³**
hmotnosť **4,3 t**
max hmotnosť **15 t**
pevnosť v tlaku **> 71,5 MPa**
pevnosť v ohybe **> 4,5 MPa**
polystyrénová vrstva **2 cm**
kovové sklo **asi 3,5 cm**

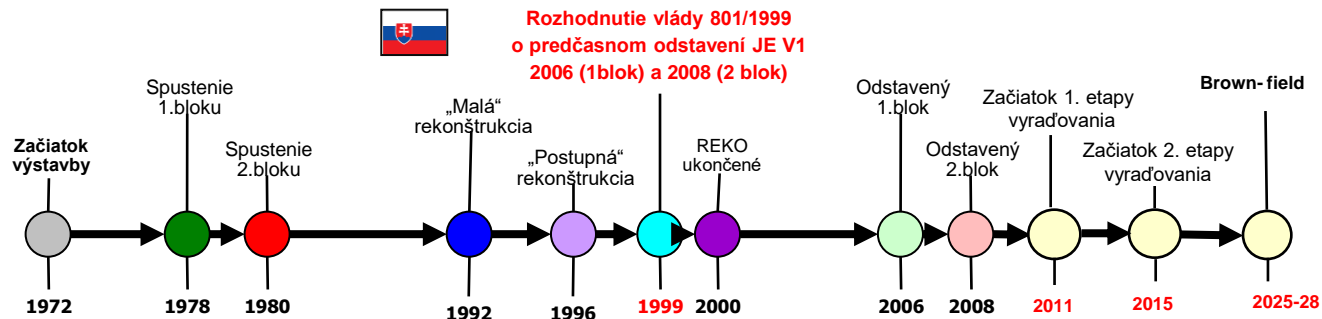






2 x VVER 440-V230

Tepelný výkon:	1375 MW _T
Tepelný výkon:	440 MW _E
Palivo:	UO ₂ (1,8 / 2,4 / 3,6 % U-235) (modifikované 3,82 % U-235)
Moderátor:	H ₂ O
Chladivo:	H ₂ O
Počet slučiek:	6



JZ TSÚ RAO v lokalite Bohunice určené na spracovanie veľmi nízko a nízko aktívnych RAO

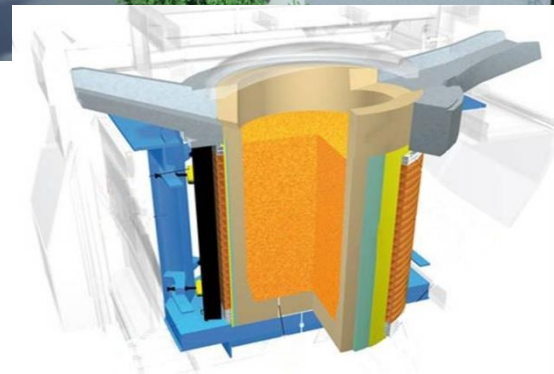
Bohunické spracovateľské centrum BSC RAO

Použité technológie: triedenie, spaľovanie, vysokotlakové lisovanie, zahusťovanie, cementácia

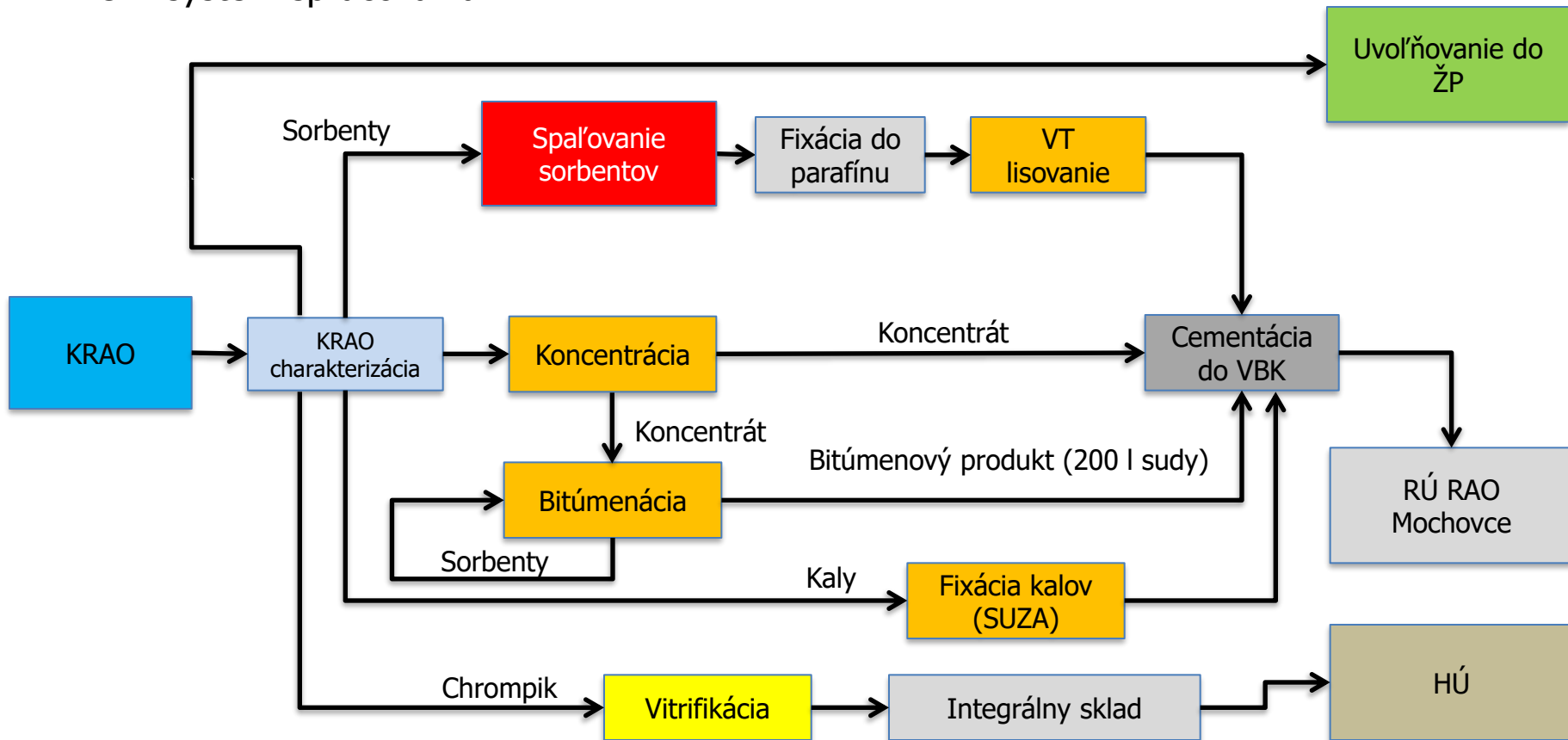
Finálnym produktom je zaplnený vláknobetónový kontajner - VBK

Ostatné spracovateľské linky

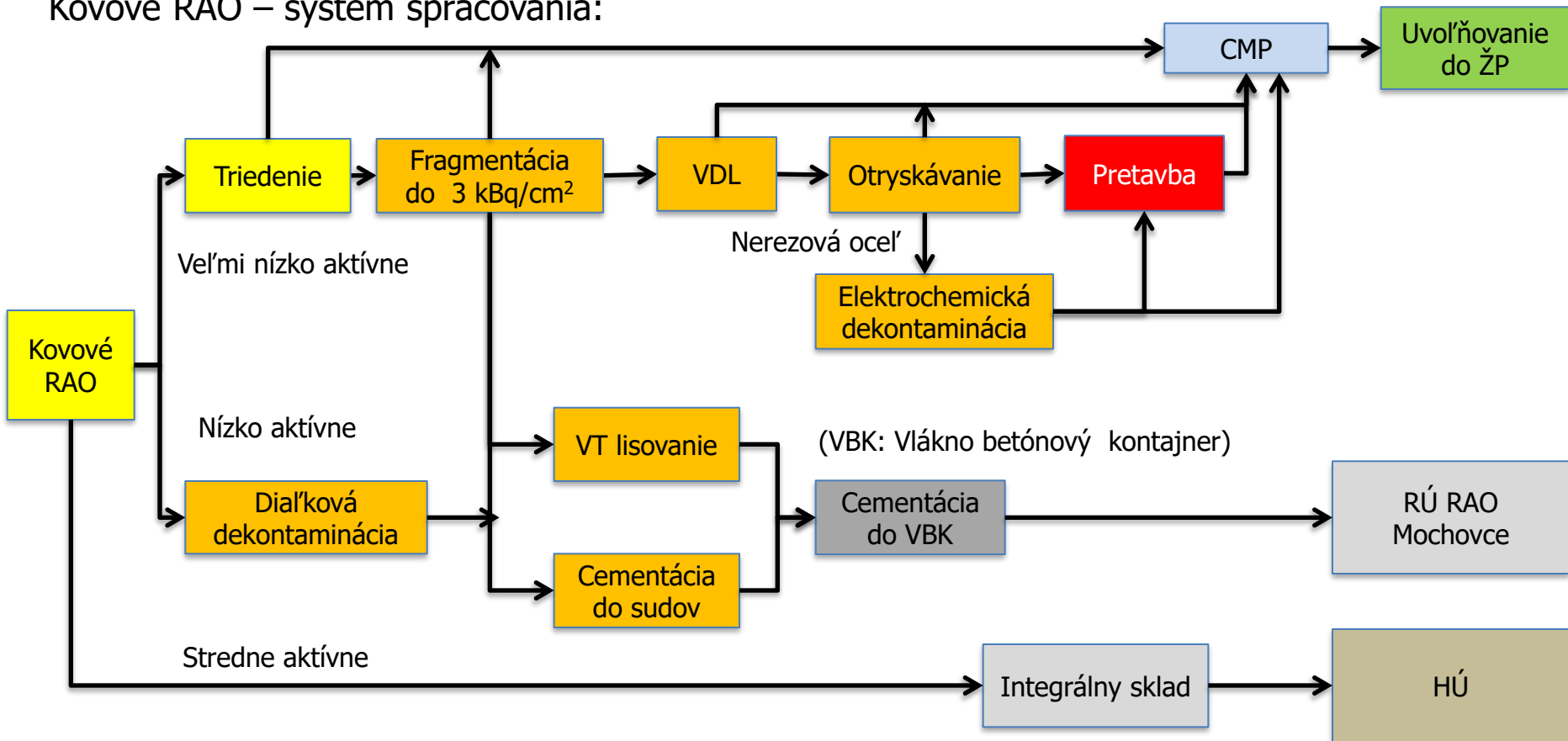
- Bitúmenačné linky
- Čistiaca stanica odpadových vôd
- Technológie triedenia, fragmentácie a dekontaminácie kovových RAO
- Technológie na spracovanie použitých VZT filtrov a el. káblov
- Zariadenie na pretavovanie kovových RAO
- Spaľovňa v obj.809 - PS 45



KRAO – systém spracovania:



Kovové RAO – systém spracovania:



- ❖ Koncentrácia = zahusťovanie kvapalného RAO
- ❖ Odparovanie prebieha v odparke prietochného typu
- ❖ Odparená voda je oddelená v cyklóne a po skondenzovaní dočistená na filtroch v obj. 41(ŠOV)
- ❖ Aktivita zostáva v zahustenom zvyšku – koncentráte
- ❖ Parametre:

Výhrevné médium – para, $t = 104 - 108 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 0,5 \text{ MPa}$

Výkon – $400 - 500 \text{ dm}^3/\text{hod}$

Zahusťenie – $450 \text{ g}/\text{dm}^3$



❖ KRAO (KCV, sorbenty, kaly, pracia kvapalina)

❖ Drvina z otryskávania, z PNKB



❖ Cement + vápno

Objem zmiešavača:

0,5 m³

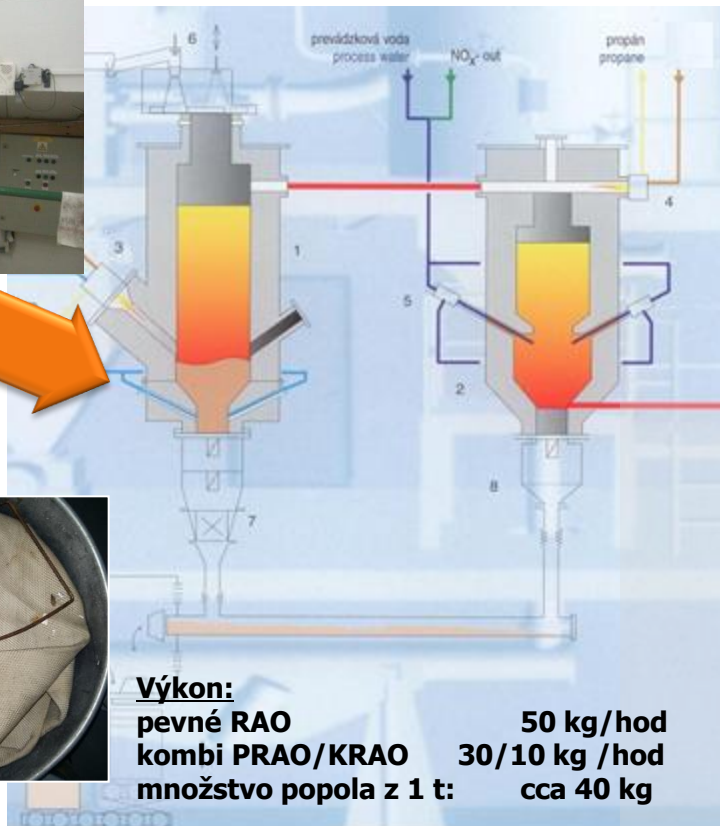
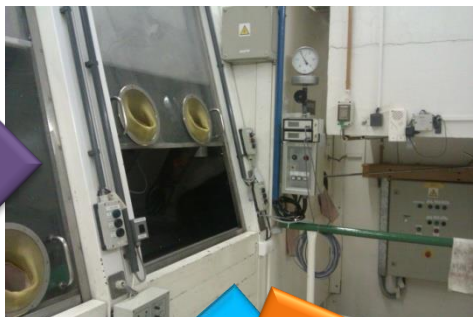
Počet šarží do VBK :

4 - 5

Výkon za 1 zmenu:

1 - 2 VBK





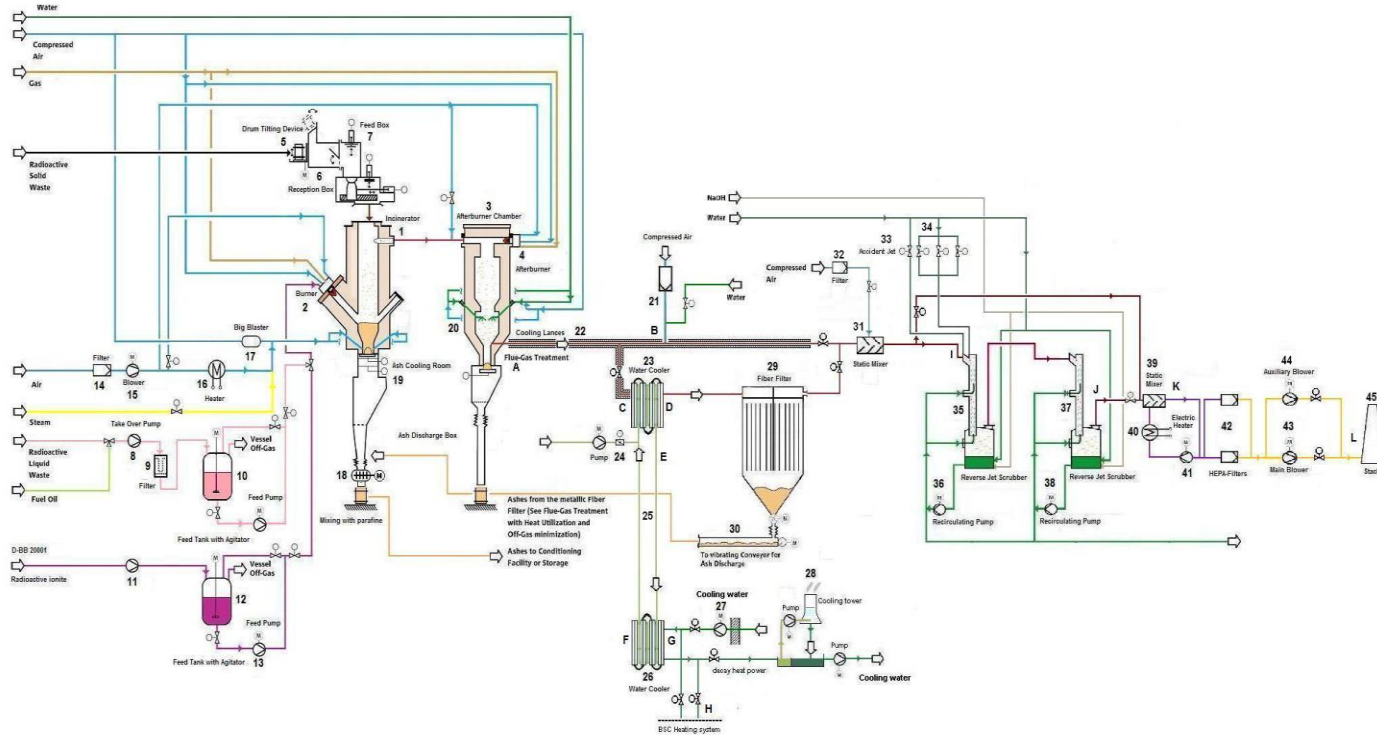
- ❖ Spaľovanie PRAO a KRAO
($T = 750 - 950\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- ❖ Spaliny sú dopaľované v dopaľovacej komore ($T = 950 - 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$) následne sú :
- ❖ schladené v spalinovom výmenníku,
- ❖ filtrované na rukávovom tkanivovom filtre,
- ❖ čistené prepieraním v práčkach
- ❖ dočistené na HEPA filtroch
- ❖ Kontinuálne merané chem. a ra. emisie
- ❖ Popol a popolček sa homogenizuje a parafinuje do sudov

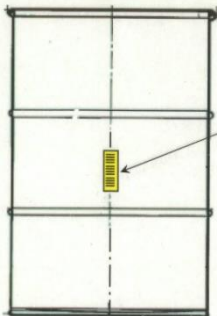


Výkon:

pevné RAO	50 kg/hod
kombi PRAO/KRAO	30/10 kg /hod
množstvo popola z 1 t:	cca 40 kg

Spařovna v BSC TSÚ RAO – PS 06





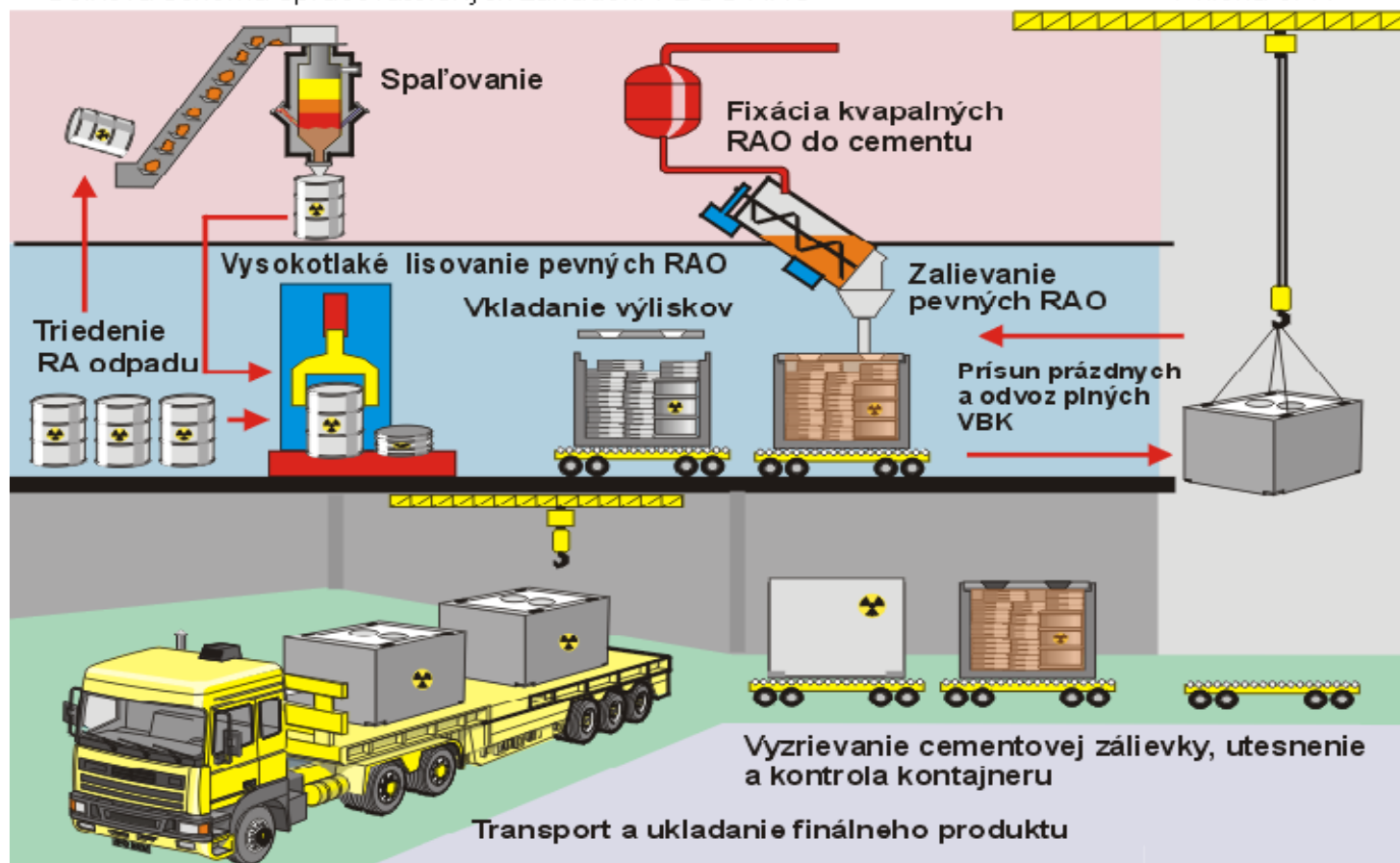
- ❖ Sudy s PRAO sú zamerané na gamascaneri
- ❖ Lisovacia sila VT lisu – 20 000 kN
- ❖ Redukčný faktor 4 - 8
- ❖ Výlisky sa ukladajú do VBK
- ❖ Výlisky v prípade komerčných aktivít sa ukladajú do palet a ISO kontajnera



Sud č.:	Druh RAO	Hmotnosť (kg)	Výška výlisku (cm)	Objemový redukčný faktor
1	Peslo	141	31	2,6
2	Tehly	207	37	2,2
3	Hliník	132,5	18	4,6
4	Skł. vata	98	6	13,7
5	Kov	90	25	3,3

Celková schéma spracovateľských zariadení v BSC RAO

Príloha č. 7.



Technologické linky, ktoré sú súčasťou JZ TSÚ RAO, ale sú umiestnené mimo BSC RAO:

➤ Bitúmenačné linky PS 44, PS 100 a Diskontinuálna BL v obj. 809

- Spracovanie rádioaktívnych koncentrátov z JE A-1, V-1, V-2
- Kontinuálna prevádzka – denná produkcia cca 4 ks sudy s BP, spracované 1 – 1,5 m³ KC
- Koncentrát sa vo filmovej rotorovej odparke zbaví vodnej fázy, soli sa obalia bitúmenom, BP je vypúšťaný do 200 dm³ sudov
- Zaviečkované sudy sú prepravované na BSC alebo FS KRAO, kde sú ukladané do VBK a zalievané cementovou kašou
- Na diskontinuálnej bitúmenačnej linke (DBL) realizovaná bitúmenácia ionexov z JE A-1, V-1
- V priestoroch bitúmenačnej linky sa vytvorilo pracovisko na triedenie historických RAO (lisovateľné, spáliteľné a kovové RAO)

➤ Čistiaca stanica odpadových vôd

- Spracovanie mechanicky znečistených RA vôd technológiou destilácie
- Čistenie kondenzátu na ionexových filtroch
- Vyčistený kondenzát sa po chemickej a rádiologickej kontrole organizovane vypúšťa do recipientu a ŽP



Technológie na spracovanie a úpravu RAO

➤ **Technologické linky na triedenie, fragmentáciu a dekontamináciu kovových RAO v obj. 34**

➤ **Spracovanie kovových RAO z JE A-1, V-1, V-2**

- ✓ **strihaním** (hydraulické nožnice)
- ✓ **rezaním** (kotúčová, priečna a pozdĺžna píla)
- ✓ **pálením** (plazma, kyslík-acetylén)

➤ **Dekontaminácia kovových RAO**

- ✓ **otryskávaním** (tzv. suchý spôsob)
- ✓ **vo Veľkokapacitnej Dekontaminačnej Linke** (tzv. mokrý spôsob)

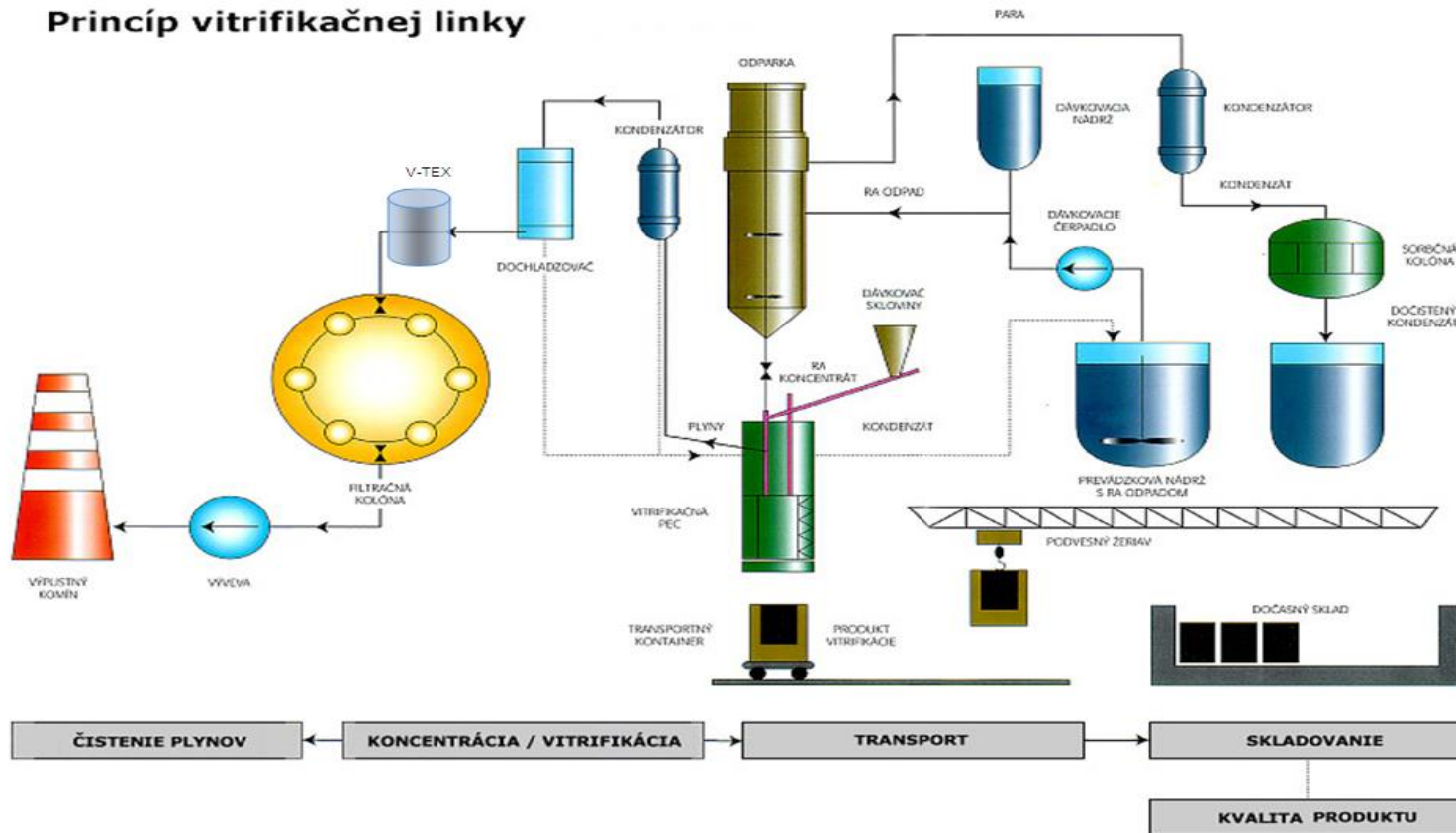
➤ **Technologické linky na spracovanie použitých VZT filtrov v obj. 32 a elektrických káblov v obj. 34**

- ✓ filtre sú po drvení a separovaní určené na spálenie a VT- lisovanie v BSC
- ✓ káble sa triedia, strihajú, dekontaminujú, zbavia vonkajších izolácií, drvia a separujú

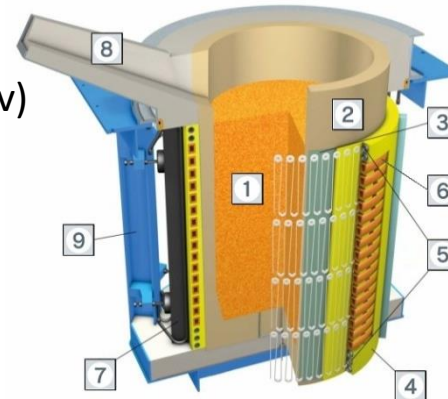
➤ **Monitoring podmiennečne čistého kovového RAO a betónovej sute na CMP**



Princíp vitrifikačnej linky



- **Príprava technologického zariadenia na pretavovanie kovových RAO v obj.34**
 - **Indukčná pec na tepelné spracovanie ocele a liatiny**
 - **Kovové RAO sa pred vsádzaním do pece v sudoch**
 - ✓ **dekontaminujú** (zbavenie koróznej vrstvy)
 - ✓ **fragmentujú** (dostatočná veľkosť)
 - ✓ **triedia** (bez obsahu vody, pre zabránenie tvorby vodíka a nožnej explózie)
 - **Troskotvorná prísada** (zmes oxidov na zlepšenie separácie trosky)
 - **Aktivita sa distribuuje medzi:**
 - ✓ **taveninu** (ingot z kokily)
 - ✓ **trosku** (sekundárny RAO zachytávaný do sudov)
 - ✓ **pecné plyny** (dočisťované na filtroch)



- 1 Roztavený kov
- 2 Keramický kelímok
- 3 Tepelná izolácia
- 4 Obal so senzorkým káblom
- 5 Chladiaci okruh
- 6 Vyhrevná indukčná cievka
- 7 Kotva transformátora
- 8 Hubica pre odlievanie
- 9 Oceľový plášť

Zariadenie na pretavbu kovových RAO

Predmetom projektu je doplnenie zariadenia na pretavbu kovových RAO v objekte 34 s ročnou spracovateľskou kapacitou 1000 t, ktoré dopĺňa komplex zariadení na spracovanie a úpravu kovových RAO. Cieľom investičného projektu je minimalizácia množstva kovových Ra odpadov z vyradovania JE A1 a JE V1 a zväčšenie množstva materiálov, ktoré bude možné uvoľniť do ŽP a opätovne využiť.

Parametre:

- Kapacita vsádzky – 2000 kg
- Teplota tavenia - 1600°C
- Počet tavieb za deň – 4
- Doba tavenia – cca 110 min.



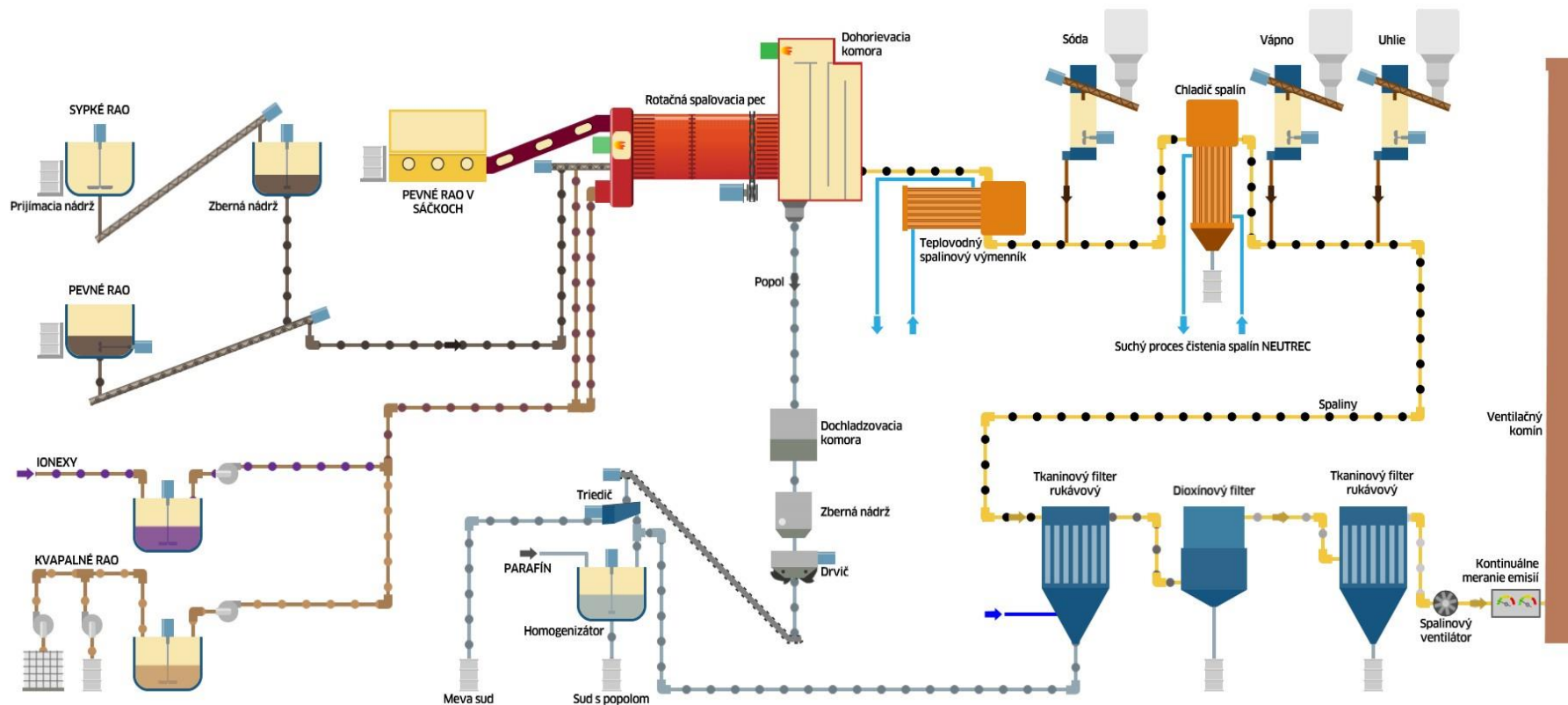
- Začiatok projektu: 09.2016
- Ukončenie projektu: 11.2021
- Financovanie: JAVYS / BIDSF

Spaľovňa RAO v obj. 809 – PS 45



- ❖ spaľovanie PRAO a KRAO v rotačnej peci
($T = 550 - 750 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
- ❖ spaliny sú následne dopaľované v termoreaktore
($T = 850 - 1000^{\circ}\text{C}$)
následne sú :
- ❖ schladené v 2 ks spalinových výmenníkoch
(horizontálny $270 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a vertikálny $170 \text{ }^{\circ}\text{C}$), medzi nimi
je pridávaný sorbent NaHCO_3 (na zníženie NO_x) a za
nimi je pridávané $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a aktívne uhlie
- ❖ filtrované na rukávovom tkanivovom filtri,
dioxínovom filtri a opäť na rukávovom filtri
- ❖ kontinuálne merané chemické a rádiologické emisie
- ❖ vypúšťané vyčistené spaliny do ŽP cez VZT komín
- ❖ popol a popolček sa homogenizuje a parafinuje do
200 l MEVA sudov

Spaľovňa RAO v obj. 809 – PS 45



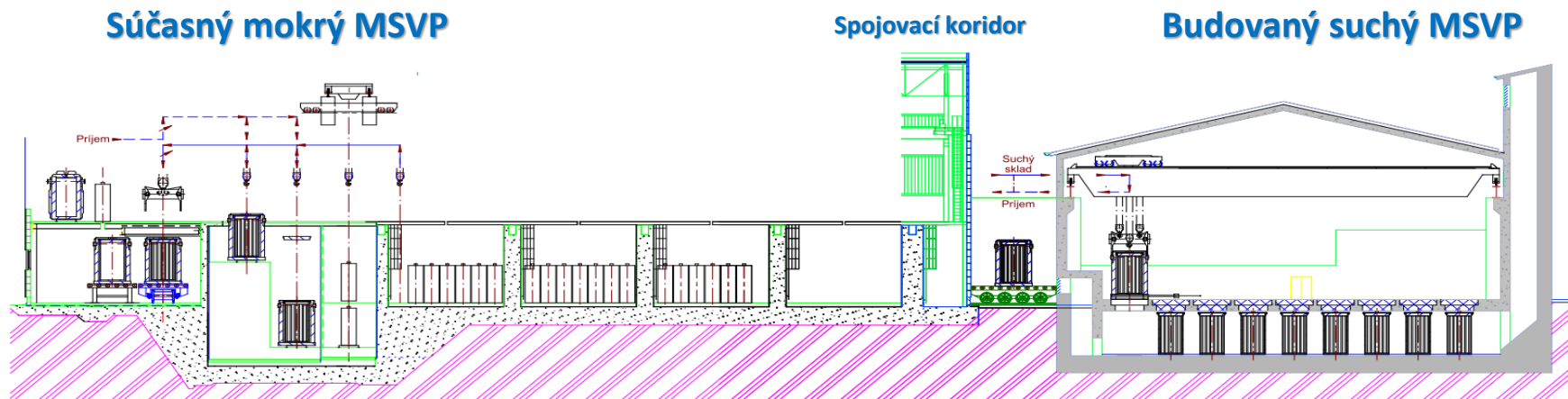
- **Výstavba: 1983 – 1987**
- **Uvedenie do prevádzky: 1987**
- **Rekonštrukcia: 1997 – 1999**
- Zvýšenie skladovacej capacity
- Zvýšenie seizmickej odolnosti na 8 ° MSK-64
- Rekonštrukcia dôležitých technologických systémov
- **Súčasná maximálna projektová kapacita 14 112 ks VJP,**
- **Predpokladaná doba prevádzky „mokrej časti“ minimálne do roku 2050**



Dobudovanie súčasnej skladovacej kapacity MSVP predstavuje jej rozšírenie o celkovo 18 600 ks VJP postupne v dvoch etapách.

Prvá etapa predstavuje rozšírenie o **10 115 ks VJP** (rok 2024) **druhá etapa** rozšírenie o cca **8 500 ks VJP** (rok 2028).

Vzhľadom k existujúcej prevádzke mokrého **MSVP** je zabezpečené stavebné a technologické **prepojenie s novou skladovacou kapacitou**. Jedná sa o rozšírenie skladovacej kapacity VJP suchým spôsobom s použitím skladovacích kanistrov s 85 ks VJP, umiestnených do železobetónových skladovacích boxov suchej časti MSVP.



JZ FS KRAO

22. 5. 2005 – začiatok výstavby

22. 2. 2007 – začiatok aktívnych skúšok

24. 10. 2007 – uvedenie do prevádzky

Technologické zariadenia

- koncentrácia
- bitúmenácia
- cementácia

Finálny produkt VBK



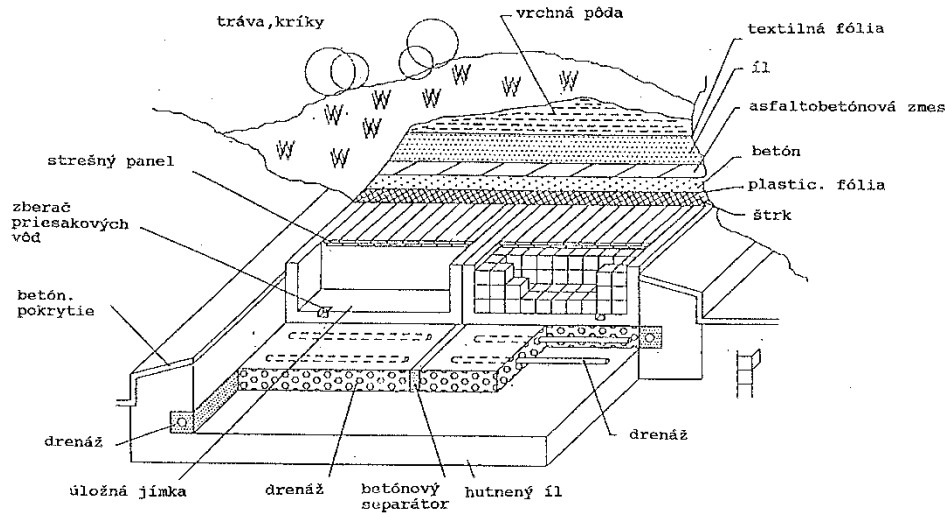
Základné informácie:

Začiatok výstavby	Máj 2014
Dokončenie stavby	Decembar 2017
Úložná časť	Dvojmodulová jednopodlažná budova
	51.8 m x 62.2 m x 16.2 m
Zdvíhacie zariadenia	žeriav – nosnosť 22 t (1.modul) žeriav – nosnosť 64 t (2.modul)
Úložná kapacita	660 ks VBK s RAO alebo 1 800 ks 200 l sudov s RAO v paletách alebo 36 ks ISO kontajnerov s RAO
Povolené typy baliacej formy	VBK (Vláknobetónový kontajner) ISO kontajner 200 l MEVA sud 200 l MEVA sud v palete Kontajner typu 2 EM 01
Maximálna nosnosť podlahy	12 t / m ²



Republikové úložisko RAO v Mochovciach (RÚ RAO) je úložisko povrchového typu, ktoré slúži pre konečné uloženie spevnených nízkoaktívnych RAO vzniknutých na území SR. RÚ RAO je komplex budov a technologických zariadení slúžiacich k bezpečnému uloženiu spracovaných a finálne upravených RAO vo VBK. V súčasnosti sú k dispozícii 3 dvojrady s celkovou kapacitou uloženia VBK - 10 800 ks. Uvedenie 4 dvojrady do prevádzky bolo realizované koncom 9/2024.





Ukladanie RAO v RÚ

Projekt úložiska RAO

konečné prekrytie 4,5 m

1. etapa: (po naplnení dvojradu) – zásyp syporexom (drv. pórobetón) a prekrytie po betónovú vrstvu

2. etapa: (po ukončení prevádzky) – ostatné vrstvy

Systém bariér v RÚ RAO

1. umelá bariéra

- **cementová (bitúmenová) matrice**
- **úložný kontajner (VBK)**

2. umelá bariéra

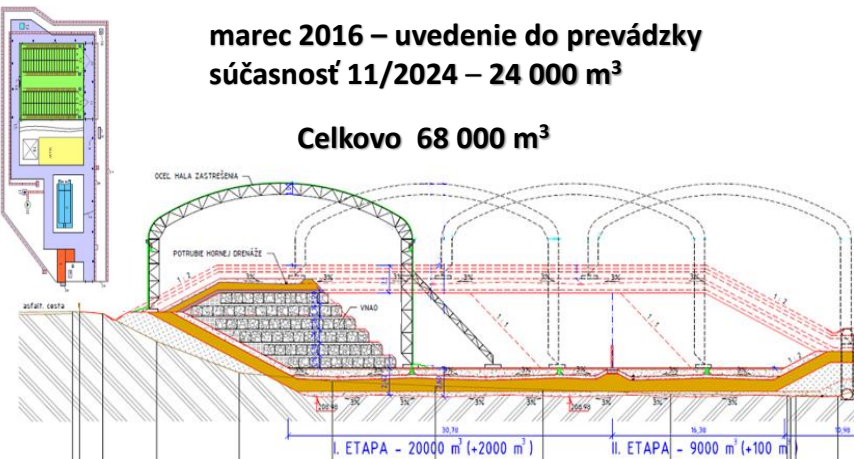
- **železobetónová konštrukcia RÚ
(steny 600 mm, panely 500 mm)**
- **viacvrstvové konečné prekrytie (4,5 m)**
- **ílová vaňa okolo dvojrádov
(1 m pod dnom, 3,5 m po bokoch)**
- **drenážny systém**

Prírodná bariéra

- **vlastné geologické podložie (íly)**

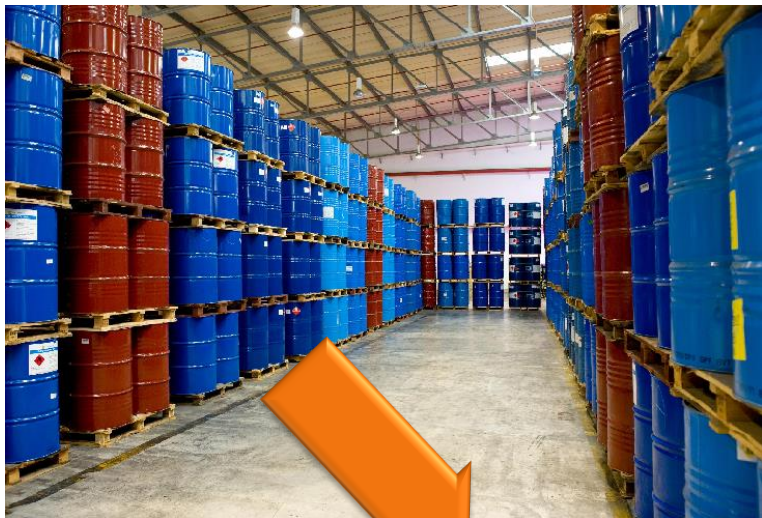
marec 2016 – uvedenie do prevádzky
súčasnosť 11/2024 – 24 000 m³

Celkovo 68 000 m³



CIEĽ SPRACOVANIA RAO

1. znížiť množstvo RAO redukciou objemu



2. vytvoriť bezpečnú formu RAO fixovaním do vhodnej špeciálnej matrice



3. zabezpečiť dostatočné bariéry voči úniku rádioaktivity do životného prostredia počas prepravy, úpravy a ukladania





Ďakujem za pozornosť