

# Příprava k ukládání radioaktivních odpadů pocházejících z jaderné fúze

*Ing. Bc. Lucie Karásková Nenadálová, Ph.D.*

*Ing. Lumír Nachmilner, CSc.*

*Ing. Jaroslav Stoklasa, Ph.D.*

TVIP Odpadové fórum 2026, Hustopeče, 21.4. - 23.4.2026

# Potenciální odpady z materiálů určených pro použití v technologii fúze

## Základní druhy odpadů z fúze, a jejich zdroje

Široká škála materiálů užitých v různých místech fúzního zařízení.

Nejvýznamnější jsou konstrukční materiály obsahující wolfram (žárovzdorné slitiny na bázi W, feritické slitiny na bázi Fe, Cr, W a Ti), a dále specifické oceli a různé slitiny (EUROFER, SiSiC).

Materiály mají rozmanité chemické složení a rozměry. Jsou potenciálními zdroji tvorby prachu.

## Kritéria pro přijetí odpadu k uložení materiálu

- kritéria přijatelnosti u zemí (UK, Francie), kde budou provozovány velké experimentální fúzní reaktory (ITER, STEP, JT-60SA, CFETR atd.).
- limity (v Bq/g) pro vybrané radionuklidy relevantní pro fúzi, jako jsou  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Co}$  a  $^{93}\text{Mo}$ .

# Klasifikace odpadů

## Klasifikace odpadů IAEA

- velmi krátkodobý odpad bude nebezpečný po dobu několika let,
- velmi nízkoaktivní odpad se rozloží na úroveň pro uvolňování během století,
- nízkoaktivní odpad vyžaduje kontejnment (ochranná konstrukce) po dobu přibližně 3–5 století,
- středněaktivní odpad by měl být pod kontrolou po dobu desítek tisíc let,
- vysoce aktivní odpad by měl být izolován od životního prostředí po dobu milionů let (jeho produkce se u fúzních technologií nepředpokládá)

# Úloha obalů radioaktivního odpadu

Bezpečnostní glosář MAAE přesně formuluje rozdíly mezi:

**obalem** (vhodný kontejner pro RAO),

**obalem RAO** (obal s upraveným odpadem) a

**přebalem** (dodatečný vnější obal obsahující jeden nebo více obalů RAO tvořící manipulační jednotku)

## Funkce obalů radioaktivního odpadu (RAO)

- Manipulační/přepravní/skladovací jednotka
- Jedinečná identifikace obalu odpadu
- Zadržování radionuklidů/chemických látek
- Stínění

## *Hlavní typy kontejnerů na odpad používaných pro ukládání RAO v SFR (Švédsko)*



# Obaly pro nízkoaktivní odpad

*Konstrukce obalů NAO  
s krátkou životností*



*Dlouhodobě funkční obaly  
NAO (beton) (ANDRA)*



# Způsoby uložení odpadů v sudech

*Lakovaný  
ocelový sud  
pro NAO*



*„Sendvičový“  
typ*



*Betonový přebal obsahující  
sudý s NAO (JAVYS)*

*Betonáž ocelových sudů  
v úložném prostoru  
(ANDRA) (SURA0)*



# Umístění odpadů v uložistích



▲ Umístění odpadu do ISO kontejnerů v úložišti Drigg (NDA)



◀ Možnosti uložení kontejnerů v WIPP

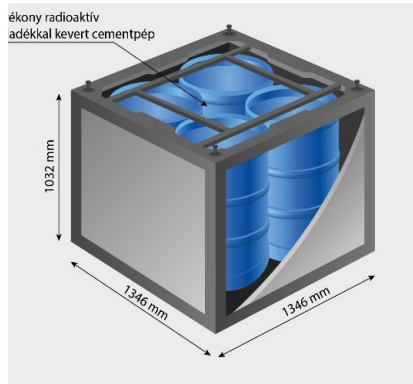


▲ Stohování úložných kontejnerů v úložišti Bataapáti (PURAM)



Plánované umístění kontejnerů v úložných koridorech (BGE)

# Betonové kontejnery a sudy s odpadem

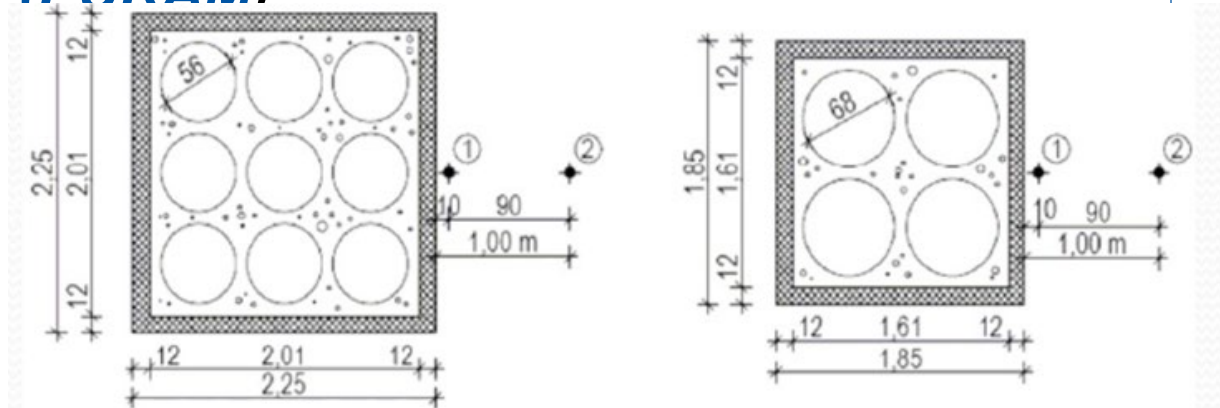


**Betonový kontejner pro L-ILW a jeho manipulace (PURAM)**



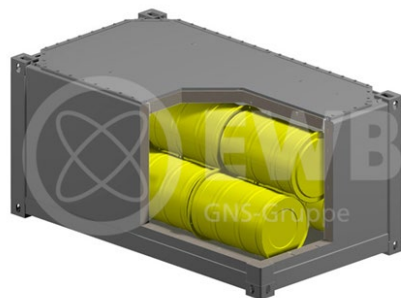
**Vkládání ocelových sudů do betonového kontejneru (ENRESA)**

**Kontejnery pro 9x200l sudy a 4x400l sudy (PURAM)**

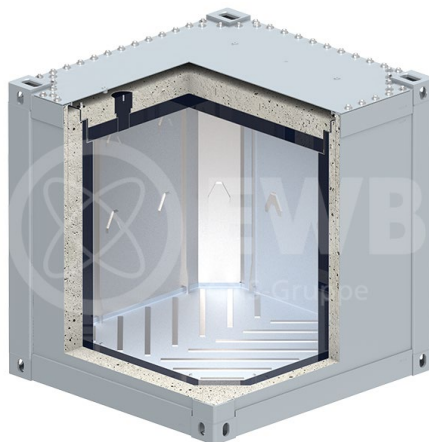


# Kontejnery s odpadem a manipulace

*Průřez ocelovými kontejnery naplněnými sudy s odpadem*



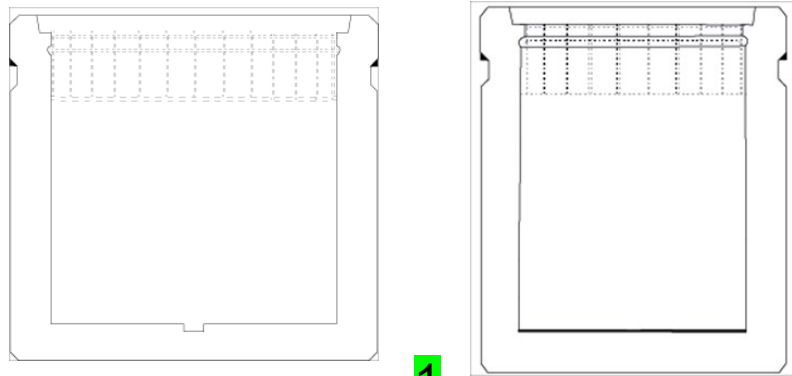
*Kontejner vybavený vnitřním stíněním*



*Plnění kontejneru pro ukládání odpadu sudy s RAO (BGE)*



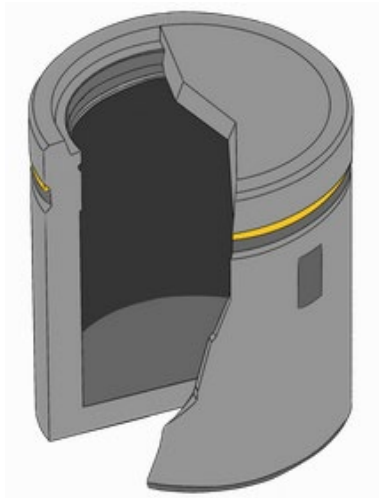
# Kontejnery CDB s vysokou integritou



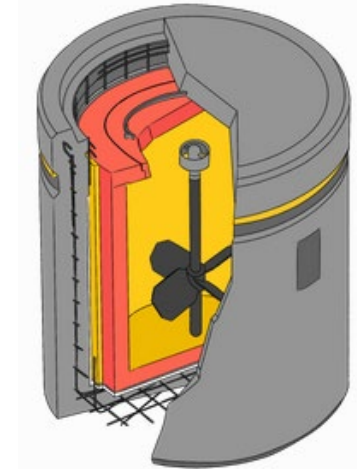
**Výkres standardních kontejnerů s vysokou integritou CDB**



**Výkres variantních vysoce integritních kontejnerů CDB**



**3**  
**Průřez vysoce integritními kontejnery CDB**



# Porovnání a shrnutí

## Vyhořívání a jaderná fúze

Jsou rozdíly mezi radioaktivními odpady z jaderných elektráren, z ostatních běžných prací s izotopy (medicína, biologie) a z jaderné fúze.

Provozní odpady z fúze jsou neradioaktivní He a produkty z opotřebení zařízení (tritiovaný prach), které se předpokládá vhodně upravovat už v místě vzniku.

## Shody a podobnosti

Chemicky jde často o rozdílné látky v různém skupenství a formě.

Potenciálně vzniknou velkorozměrové odpady po ukončení kampaní.

Odlišný a často zkreslený je pohled veřejnosti na bezpečnost a odpadové hospodářství.

Výhodné je, že lze uplatnit stejné principy pro zacházení s odpadními produkty, pro likvidaci, recyklaci a uložení odpadů.

Při respektování definovaných zásad lze využít stávající uložště a také metody pro zacházení s odpady.

# Děkuji za pozornost

[www.cvrez.cz](http://www.cvrez.cz)

Jaroslav.Stoklasa@cvrez.cz  
Lucie.Nenadalova@cvrez.cz