

Harmonogram práce v projektu TAČR TK03020188 „MATPRO“

1 Souhrn Výsledků Projektu

Projekt obsahuje dva hlavní výsledky, jejichž spojujícím elementem je vývoj inovativních anorganických materiálů a plánované použití v jaderném průmyslu – přímo v jaderných elektrárnách, a v trvalém úložišti jaderného paliva. Výsledky jsou ohodnoceny i z pohledu významnosti, kterou navrhovatelé projektu výsledkům přisuzují.

V1 – Nové funkční stavební materiály pro jaderné elektrárny (Ostatní) (významnost 65 %)

V2 – Nízkoalkalický beton pro jaderný průmysl (Funkční vzorek) (významnost 35 %)

Detailní popis jednotlivých výsledků je k dispozici v textu přihlášky v systému ISTA.

2 Seznam milníků projektu

a. V1 – nové funkční stavební materiály pro jaderné elektrárny

Během řešení se očekává postupné dosažení celkem 16 milníků:

Číslo milníku	Výsledek	Popis milníku	Prokázání dosažení milníku	Termín dosažení
M1.1	V1	Popis částí kontejneru jaderných reaktorů, přehled podmínek	krátká technická zpráva	02/2021
M1.2	V1	Dokončení definice požadavků na inovativní materiály pro zvládnání těžkých havárií	krátká technická zpráva	02/2021
M1.3	V1	Dokončení výběru perspektivních materiálů – šachta reaktoru a místa styku s žiravinami	krátká technická zpráva	04/2021
M1.4	V1	Dokončení přípravy experimentů	krátká technická zpráva	07/2021
M1.5	V1	Dokončení testovací syntézy materiálů pro šachtu	krátká technická zpráva	07/2021
M1.6	V1	Dokončení testovací syntézy materiálů pro těžké havárie	krátká technická zpráva	07/2021
M1.7	V1	Dokončení definice požadavků pro reaktory GENIV	krátká technická zpráva	09/2021
M1.8	V1	Prokázání reprodukovatelnosti materiálů (šachta reaktoru)	krátká technická zpráva	12/2021
M1.9	V1	Prokázání reprodukovatelnosti materiálů (Materiály pro těžké havárie)	krátká technická zpráva	12/2021
M1.10	V1	Popis modelu pro výpočetní kód GOTHIC	krátká technická zpráva	06/2022
M1.11	V1	Dokončení testu odolnosti proti teplotnímu šoku	krátká technická zpráva	12/2022
M1.12	V1	Dokončení testů uvolňovaných plynů	technická zpráva	04/2023
M1.13	V1	Dokončení modelu v kódu CORQUENCH	krátká technická zpráva	08/2023
M1.14	V1	Dokončení výpočtů kódem GOTHIC	krátká technická zpráva	03/2024
M1.15	V1	Dokončení vyhodnocení experimentů	technická zpráva	04/2024
M1.16	V1	Dokončení výpočtů kódem CORQUENCH	krátká technická zpráva	06/2024

b. V2 – Nízkoalkalický beton pro jaderný průmysl (Funkční vzorek) (významnost 35 %)

Během řešení se očekává postupné dosažení celkem 11 milníků:

Číslo milníku	Výsledek	Popis milníku	Prokázání dosažení milníku	Termín dosažení
M2.1	V2	Skríníngová etapa I - příprava nízkoalkalických materiálů s dostupnými plinivými	krátká technická zpráva	08/2021
M2.2	V2	Průběžná základní fyzikálně-mechanická charakterizace materiálů etapy I	krátká technická zpráva	10/2021
M2.3	V2	Vyhodnocení etapy I a upřesnění složení a postupu přípravy nízkoalkalických materiálů	technická zpráva	12/2021
M2.4	V2	Etapa II - příprava vybraných nízkoalkalických materiálů	krátká technická zpráva	06/2022
M2.5	V2	Průběžná základní fyzikálně-mechanická charakterizace materiálů etapy II	krátká technická zpráva	08/2022
M2.6	V2	Vyhodnocení etapy II a upřesnění složení a postupu přípravy optimalizovaného nízkoalkalického betonu včetně stanovení vodou extrahovatelných podílů u vybraných materiálů	technická zpráva	10/2022
M2.7	V2	Příprava finálních optimalizovaných nízkoalkalických betonů a surovinová optimalizace	krátká technická zpráva	12/2022
M2.8	V2	Reprodukovatelná příprava funkčních vzorků pro radiační charakterizaci	krátká technická zpráva	04/2023
M2.9	V2	Radiační, stínící a dostupná fyzikálně-mechanická charakterizace funkčních vzorků nových nízkoalkalických materiálů	krátká technická zpráva	04/2024
M2.10	V2	Dokončení a vyhodnocení experimentů	technická zpráva	06/2024
M2.11	V2	Sumarizace výsledků	technická zpráva	06/2024

3 Plánovaný postup práce

V1 – nové funkční stavební materiály pro jaderné elektrárny

Výsledkem bude podrobná technická zpráva (výsledek typu O-jiné), která shrne všechny provedené výpočty, experimenty a vývojové práce na materiálech, které tak budou připraveny k provedení všech nutných testů v akreditovaných laboratořích, tak, aby byly tyto materiály kvalifikovatelné pro použití v jaderných elektrárnách. Jednotlivé mezikroky budou popsány dílčími zprávami k jednotlivým milníkům. Na konci dokumentu je přiložen Ganttův diagram činností.

1) (ÚJV) M1-M6

Popis části kontejnmentu stávajících JE provozovaných v ČR i konceptů v ČR vyvíjených, kde by mělo použití inovativních materiálů teoreticky smysl, přehled podmínek a požadovaných vlastností inovativního funkčního stavebního materiálu. Zkoumanými místy budou:

- Šachta reaktoru typu PWR (GEN II a III)
- Místa kde může docházet ke styku betonu s žíravými látkami v reaktorech PWR (GEN II a GEN III)
- Místnosti přiléhající šachtě reaktoru, do kterých se vylije tavenina v případě těžké havárie v PWR (GEN II)
- Místa kde může docházet ke styku betonu s velmi horkým chladicím médiem v plynné formě (GEN IV)
- Základová deska kontejnmentu (z pohledu protavení při těžké havárii) (PWR GEN II a III, GENIV)

2) (ÚJV, UACH, CVŘ) Vývojové práce a materiálové zkoušky týkající se bodů 1a. a 1b. M4-M48

- Budou vybrány vhodné kandidátní materiály, na než budou kladeny v daných vlastnostech minimálně stejné nároky jako na stávající řešení, a bude identifikován jejich jasný přínos v dalších oblastech (fyzikálních a chemických vlastnostech). (M4-M8)
- Tyto materiály budou syntetizovány nejprve za účelem ověření technologie výroby, následně bude ověřena reprodukovatelnost syntézy. (M7-M16)
- Bude provedena prvotní sada materiálových zkoušek – pevnost v tlaku, teplota počátku okamžité degradace materiálu, dlouhodobá stabilita za zvýšené teploty, gamma stínění, chemická odolnost na vybrané látky. (M9-M34)

3) (CVŘ, ÚJV, UACH) Experimentální, vývojové a výpočtové práce týkající se bodů 1c. a 1e. Výsledkem bude

- Na základě stávající know-how ÚJV v této oblasti budou přesně definovány požadavky na inovativní materiály, které zlepšení odezvu reaktoru při těžké havárii – důležitým parametrem je hlavně teplota rozkladu materiálu a množství a druh produkovaných plynů při rozkladu. (M3-M6)
- Bude provedena syntéza inovativních materiálů, které teoreticky tyto požadavky splňují. (M6-M14)
- Bude proveden experiment zkoumající druh a množství uvolňovaných látek při zahřívání inovativního materiálu, a jako porovnání betonu užitého v jaderné elektrárně Temelín, a dále stanovena teplota ablace všech těchto materiálů (M12-M32)
- Bude vytvořen model a proveden výpočet kódem CORQUENCH, který zmapuje rozdíly v průběhu těžké havárie (ex-vessel fáze) mezi použitím betonu a inovativního materiálu (M24-M46)
- Bude vytvořen model kontejnmentu JE Temelín v 3D kódu GOTHIC a provedeny výpočty testující odezvu kontejnmentu na produkované plyny (srovnání inovativních materiálů a betonu) (M6-M42)

4) (ÚJV, UACH, CVŘ) Experimentální, vývojové a výpočtové práce týkající se bodu 1d.

Tato aktivita je spíše doplňková k ostatním a bude z velké části využívat výsledků, které budou dosaženy během testování materiálů v rámci ostatních aktivit tohoto výsledku. Využití „žáruvzdorných“ betonů v plynem chlazených reaktorech je velmi perspektivní, jednak pro nominální provoz – šachta reaktoru bez nutnosti využívat chladicí systém s nucenou cirkulací, tak v haváriích – odolnost proti teplotnímu šoku při prasknutí primárního okruhu.

- Test teplotního šoku na vybrané materiály (z nízké teploty rychlá expozice horkým plynem)

V2 – Nízkoalkalický beton pro jaderný průmysl

Výsledkem této části projektu bude funkční vzorek nízkoalkalického betonu s optimalizovanými vlastnostmi a jeho reprodukovanou přípravou, včetně jeho základní fyzikálně-mechanické, radiační a fyzikálně-chemické charakterizace. V závěrečném milníku M2,11 budou shrnuty všechny parametry nových nízkoalkalických betonů a porovnány s dostupnými informacemi stávajícího řešení jaderných úložišť.

1) (ÚACH, CVR), milníky M2.1 - M2.3

Skríníngová **etapa I** přípravy nových nízkoalkalických materiálů bude zahrnovat přípravu materiálů s dostupnými surovinovými kombinacemi plniv. Materiály budou připravovány v sériích 12 - 18 vzorků a po dohodnutém způsobu stabilizace budou předány k jejich fyzikálně mechanické charakterizaci na CVR, Milník M2.2.

Na konci Milníku M2.3. bude provedena klasifikace materiálů z hlediska hodnot jejich pevnosti v tlaku a zpřesnění složení a přípravy materiálů pro **etapu II**.

2) (ÚACH, CVR), milníky M2.4 - M2.6

Etapa II - příprava vybraných nízkoalkalických materiálů s upřesněným složením a upřesněnou přípravou nízkoalkalických materiálů včetně vybraných surovin použitých k jejich přípravě. Upřesněné materiály budou připravovány opět v sériích 12 - 18 vzorků a po dohodnutém způsobu stabilizace budou předány k jejich fyzikálně mechanické charakterizaci na CVR, Milník M2.5.

Na konci Milníku M2.6. bude provedena klasifikace materiálů z hlediska hodnot jejich pevnosti v tlaku a u vybraných materiálů bude ověřena hodnota vodou extrahovatelných podílů.

3) (ÚACH), milníky M2.7 - M2.8

Fáze přípravy funkčních vzorků na ÚACH. Bude reprodukována finální příprava a složení nízkoalkalické betonů včetně surovinové optimalizace, Milník M2.7. Na základě výsledků tohoto milníku budou optimalizovaným způsobem připraveny finální funkční vzorky pro jejich radiační fyzikálně mechanickou charakterizaci na ÚJV a budou provedeny ověřovací testy "nulové" extrahovatelnosti nízkoalkalických betonů.

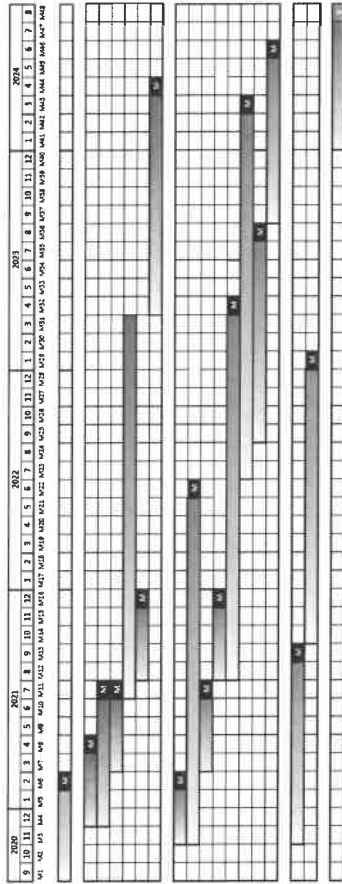
4) (CVR, ÚJV), milníky M2.9

Budou provedeny radiační, stínící a dostupné fyzikálně-mechanické charakterizace funkčních vzorků nových nízkoalkalických materiálů.

5) (ÚACH, CVR, ÚJV), milníky M2.10 - M2.11

Ve finální fázi budou vyhodnoceny testy na funkčních materiálech a popsány vlastnosti materiálů z hlediska jejich potenciálního použití v jaderných úložištích.

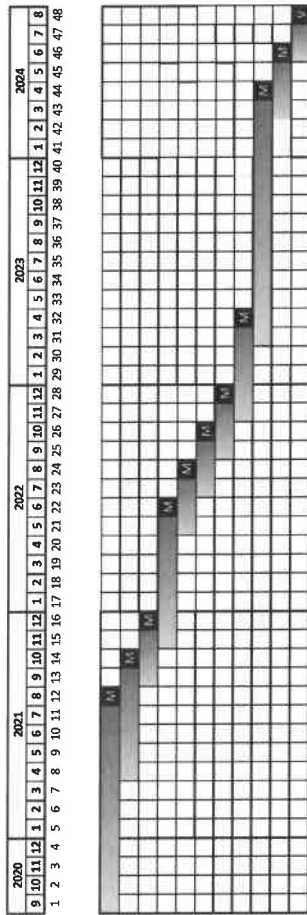
Ganttův diagram výsledek V1



Příprava a experimentování (20)
 Výběr prostředků materiálů pro reakční (20)
 Příprava vzorků (20)
 Výhodnocení experimentů (20)
 Definice požadavků na materiály pro studium (20)
 Výběr materiálů (20)
 Výběr vzorků (20)
 Definice požadavků na materiály pro reakční (20)
 Výběr materiálů (20)
 Výběr vzorků (20)

Ganttův diagram výsledek V2

CVŘ



V2-Nízkoalkalické betony pro jaderný průmysl
 M2.1 - ETAPA 1 - příprava NA systému
 M2.2 - ETAPA 1 - fyzikálně-mechanická charakterizace
 M2.3 - ETAPA 2 - příprava vybraných NA systémů
 M2.4 - ETAPA 2 - fyzikálně-mechanická charakterizace
 M2.5 - ETAPA 2 - Vyhodnocení
 M2.6 - Příprava finálních optimalizovaných NA betonů
 M2.7 - Reprodukce vzorků pro testování
 M2.8 - Materiálová charakterizace vlastností
 M2.9 - Vyhodnocení výsledků
 M2.10 - Závěrečné shrnutí výsledků
 Funkční vzorek