

## Technická správa

# Predprevádzková bezpečnostná správa

## Kapitola 07.02.01.14 Havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy

**Stavba:** Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť  
**Construction:** 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island  
**Stavebník:** Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce  
**Constructor:** Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

|                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                                                |    |                                                      |                          |                                    |                                      |                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| SE Rev                                                                                                                                                                                                                                                      | Date / Dátum | LC                                             | IS | Supervision Outcome / Stav schválenia                | Supervised by / Overil   |                                    | Checked by / Kontroloval             | Approved by / Schválil       |
|                                                                                                                                                                           |              |                                                |    | Language / Jazyk                                     | S                        | Safety Class / Bezpečnostná trieda | NO                                   | SEC. INDEX / INDEX utajenia  |
|                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                                                |    | Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na: | Approval / Schválenie    | X                                  | Information Only / Len na informáciu | Company use/P                |
| <small>The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.</small> |              |                                                |    |                                                      |                          |                                    |                                      |                              |
| EPS No / Číslo EPS: PNM34365000                                                                                                                                                                                                                             |              | Revision index / Index revízie: 05             |    | Size / Veľkosť                                       | Activity Code / Aktivita | Type / Subtype Typ / Podtyp        | Discipline / Profesia                | Plant Unit / Blok elektrárne |
| File name / Názov súboru:                                                                                                                                                                                                                                   |              | SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361117 |    | A4                                                   | 6.01                     | RS                                 | Z                                    | 8                            |
| <br>* P N M 3 4 3 6 1 1 1 7 0 5 *                                                                                                                                        |              |                                                |    | Sheet / List                                         | Of / z                   |                                    | Plant System / Systém elektrárne     | Component / Komponent        |
|                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                                                |    | 1                                                    | 78                       |                                    |                                      |                              |

|                                                               |   |             |                            |                                                   |              |                    |  |
|---------------------------------------------------------------|---|-------------|----------------------------|---------------------------------------------------|--------------|--------------------|--|
| SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952                 |   |             |                            | VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09 |              |                    |  |
| Part name / Označenie časti: PNM3436111705_S_C00_V            |   |             |                            | Issued on / Vydané dňa: 30.07.2019                |              |                    |  |
| Kód citlivosti <sup>1)</sup> / Sensitivity code <sup>1)</sup> | 3 | Name / Meno | Organization / Organizácia | Dept. / Útvar                                     | Date / Dátum | Signature / Podpis |  |
| Author / Vypracoval:                                          | • | •           | • VUJE, a.s.               | • 0220                                            | • 30.07.2019 | •                  |  |
| Co-author / Spolupracoval:                                    | • | •           | •                          | •                                                 | •            | •                  |  |
| Checked by / Kontroloval:                                     | • | •           | • VUJE, a.s.               | • 0220                                            | • 30.07.2019 | •                  |  |
|                                                               | • | •           | •                          | •                                                 | •            | •                  |  |
|                                                               | • | •           | •                          | •                                                 | •            | •                  |  |
| Verified by / Overil:                                         | • | •           | • VUJE, a.s.               | • 0720                                            | • 30.07.2019 | •                  |  |
| Approved by / Schválil:                                       | • | •           | • VUJE, a.s.               | • 1703                                            | • 30.07.2019 | •                  |  |

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

## Revision record / Záznam o revízii

| Identification /<br>Identifikácia<br>(part/page/chapter/<br>member/section)<br>(časť/strana/kapitola/<br>článok/odstavce) | Brief description of modification /<br>Stručná charakteristika úpravy<br>(description of modification and manner of implementation)<br>(popis úpravy a spôsobu zapracovanie) | Reason of modification /<br>Dôvod úpravy<br>(author company, number of comments<br>or other stimulation, name of author,<br>comment document No.)<br>(firma autora a číslo pripomienky, resp.<br>iný podnet, meno autora, č. dokumentu<br>pripomienok) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Celý dokument                                                                                                           | • Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru                                                                                                                       | • V súlade s dokumentom<br>PNM34482979                                                                                                                                                                                                                 |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |
| •                                                                                                                         | •                                                                                                                                                                            | •                                                                                                                                                                                                                                                      |

# List of document part

## Zoznam častí dokumentu

| Por.<br>č.<br>No. | Názov dokumentu<br>Document name                                                                      | Ev. č. súboru časti dokumentu /<br>File ref. No. of document part | Číslo revízie /<br>Revision No. |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1.                | • Kapitola 07.02.01.14 Havárie a očakávané<br>prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové<br>režimy | • PNM3436111705_S_C00_V                                           | • 05                            |
| 2.                | • Kapitola 07.02.01.14 Havárie a očakávané prechodové<br>procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy    | • PNM3436111705_S_C01_V                                           | • 05                            |
| 3.                | • Príloha č. 01                                                                                       | • PNM3436111705_S_P01_V                                           | • 05                            |
| 4.                | • Príloha č. 02                                                                                       | • PNM3436111705_S_P02_V                                           | • 05                            |
| 5.                | • Príloha č. 03                                                                                       | • PNM3436111705_S_P03_V                                           | • 05                            |
| 6.                | • Príloha č. 04                                                                                       | • PNM3436111705_S_P04_V                                           | • 05                            |
| 7.                | • Príloha č. 05                                                                                       | • PNM3436111705_S_P05_V                                           | • 05                            |
| 8.                | • Príloha č. 06                                                                                       | • PNM3436111705_S_P06_V                                           | • 05                            |
| 9.                | • Príloha č. 07                                                                                       | • PNM3436111705_S_P07_V                                           | • 05                            |
| 10.               | •                                                                                                     | •                                                                 | •                               |
| 11.               | •                                                                                                     | •                                                                 | •                               |

## OBSAH

|                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBSAH .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 1  |
| ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ .....                                                                                                                                                                                                                     | 3  |
| ÚVOD .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 5  |
| 7.2.1.14 Havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy .....                                                                                                                                                                        | 6  |
| 7.2.1.14.1 Udalosti s reaktivitou .....                                                                                                                                                                                                                        | 6  |
| 7.2.1.14.2 Strata chladiva z primárneho okruhu .....                                                                                                                                                                                                           | 8  |
| 7.2.1.14.2.1 Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore ..... | 8  |
| 7.2.1.14.2.1.1 Charakteristika procesu .....                                                                                                                                                                                                                   | 8  |
| 7.2.1.14.2.1.2 Použité kritériá prijateľnosti .....                                                                                                                                                                                                            | 9  |
| 7.2.1.14.2.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                                                                                                                                                                             | 9  |
| 7.2.1.14.2.1.4 Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                                                                                                                                                                                      | 10 |
| 7.2.1.14.2.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky .....                                                                                                                                                                                                           | 10 |
| 7.2.1.14.2.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                                                                                                                                                                            | 10 |
| 7.2.1.14.2.1.7 Súhrn výsledkov .....                                                                                                                                                                                                                           | 11 |
| 7.2.1.14.2.2 Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorenom reaktore .....            | 12 |
| 7.2.1.14.2.2.1 Charakteristika procesu .....                                                                                                                                                                                                                   | 12 |
| 7.2.1.14.2.2.2 Použité kritériá prijateľnosti .....                                                                                                                                                                                                            | 12 |
| 7.2.1.14.2.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                                                                                                                                                                             | 12 |
| 7.2.1.14.2.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                                                                                                                                                                                      | 12 |
| 7.2.1.14.2.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky .....                                                                                                                                                                                                           | 13 |
| 7.2.1.14.2.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                                                                                                                                                                            | 13 |
| 7.2.1.14.2.2.7 Súhrn výsledkov .....                                                                                                                                                                                                                           | 13 |
| 7.2.1.14.3 Strata odvodu zostatkového tepla následkom degradácie cirkulácie primárneho chladiva .....                                                                                                                                                          | 15 |
| 7.2.1.14.3.1 Poddrenážovanie primárneho okruhu .....                                                                                                                                                                                                           | 15 |
| 7.2.1.14.3.2 Prienik nekondenzujúceho plynu do primárneho okruhu .....                                                                                                                                                                                         | 15 |
| 7.2.1.14.4 Strata odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení .....                                                                                                                                                                                   | 16 |
| 7.2.1.14.4.1 Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor .....                                                                                                                                              | 16 |
| 7.2.1.14.4.1.1 Charakteristika procesu .....                                                                                                                                                                                                                   | 16 |
| 7.2.1.14.4.1.2 Použité kritériá prijateľnosti .....                                                                                                                                                                                                            | 16 |
| 7.2.1.14.4.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                                                                                                                                                                             | 17 |
| 7.2.1.14.4.1.4 Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                                                                                                                                                                                      | 17 |
| 7.2.1.14.4.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky .....                                                                                                                                                                                                           | 17 |
| 7.2.1.14.4.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                                                                                                                                                                            | 18 |
| 7.2.1.14.4.1.7 Súhrn výsledkov .....                                                                                                                                                                                                                           | 18 |
| 7.2.1.14.4.2 Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor .....                                                                                                                                               | 19 |
| 7.2.1.14.4.2.1 Charakteristika procesu .....                                                                                                                                                                                                                   | 19 |
| 7.2.1.14.4.2.2 Použité kritériá prijateľnosti .....                                                                                                                                                                                                            | 19 |
| 7.2.1.14.4.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                                                                                                                                                                             | 19 |
| 7.2.1.14.4.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                                                                                                                                                                                      | 19 |
| 7.2.1.14.4.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky .....                                                                                                                                                                                                           | 20 |
| 7.2.1.14.4.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                                                                                                                                                                            | 20 |
| 7.2.1.14.4.2.7 Súhrn výsledkov .....                                                                                                                                                                                                                           | 20 |
| 7.2.1.14.5 Zvýšenie množstva chladiva v primárnom okruhu .....                                                                                                                                                                                                 | 22 |
| 7.2.1.14.5.1 Neočakávaná činnosť systému normálneho dopĺňovania, ktorá zvyšuje množstvo chladiva v primárnom okruhu .....                                                                                                                                      | 22 |
| 7.2.1.14.5.2 Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny .....                                                                                                                                                                | 22 |

|                     |                                                                                          |    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.2.1.14.5.2.1      | Charakteristika procesu.....                                                             | 22 |
| 7.2.1.14.5.2.2      | Použité kritériá prijateľnosti .....                                                     | 22 |
| 7.2.1.14.5.2.3      | Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                      | 23 |
| 7.2.1.14.5.2.4      | Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                               | 23 |
| 7.2.1.14.5.2.5      | Počiatkové a okrajové podmienky .....                                                    | 23 |
| 7.2.1.14.5.2.6      | Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                     | 24 |
| 7.2.1.14.5.2.7      | Súhrn výsledkov .....                                                                    | 24 |
| 7.2.1.14.5.3        | Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu .....                               | 24 |
| 7.2.1.14.5.3.1      | Charakteristika procesu.....                                                             | 24 |
| 7.2.1.14.5.3.2      | Použité kritériá prijateľnosti .....                                                     | 25 |
| 7.2.1.14.5.3.3      | Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                      | 25 |
| 7.2.1.14.5.3.4      | Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                               | 25 |
| 7.2.1.14.5.3.5      | Počiatkové a okrajové podmienky .....                                                    | 25 |
| 7.2.1.14.5.3.6      | Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                     | 26 |
| 7.2.1.14.5.3.7      | Súhrn výsledkov .....                                                                    | 26 |
| 7.2.1.14.6          | Udalosti s chladením bazénu skladovania vyhoreného paliva .....                          | 27 |
| 7.2.1.14.6.1        | Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva ..... | 27 |
| 7.2.1.14.6.1.1      | Charakteristika procesu.....                                                             | 27 |
| 7.2.1.14.6.1.2      | Použité kritériá prijateľnosti .....                                                     | 27 |
| 7.2.1.14.6.1.3      | Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                               | 27 |
| 7.2.1.14.6.1.4      | Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                     | 28 |
| 7.2.1.14.6.1.5      | Súhrn výsledkov .....                                                                    | 28 |
| 7.2.1.14.6.2        | Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného paliva .....                              | 29 |
| 7.2.1.14.6.2.1      | Charakteristika procesu.....                                                             | 29 |
| 7.2.1.14.6.2.2      | Použité kritériá prijateľnosti .....                                                     | 29 |
| 7.2.1.14.6.2.3      | Výpočtové programy a použité výpočtové modely .....                                      | 29 |
| 7.2.1.14.6.2.4      | Špecifikácia analyzovaných variantov .....                                               | 29 |
| 7.2.1.14.6.2.5      | Počiatkové a okrajové podmienky .....                                                    | 30 |
| 7.2.1.14.6.2.6      | Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti .....                     | 30 |
| 7.2.1.14.6.2.7      | Súhrn výsledkov .....                                                                    | 31 |
| 7.2.1.14.7          | Poškodenie bazénu skladovania vyhoreného paliva počas výmeny jadrového paliva ..         | 32 |
| LITERATÚRA .....    |                                                                                          | 33 |
| ZOZNAM PRÍLOH ..... |                                                                                          | 34 |

**ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ**

|       |                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------|
| I.O.  | primárny okruh                                                     |
| II.O. | sekundárny okruh                                                   |
| AO1   | signály RTS/DRTS/EXCORE, ktoré vedú k rýchlemu odstaveniu reaktora |
| AZ    | aktívna zóna                                                       |
| BSVP  | bazén skladovania vyhoretého paliva                                |
| DG    | dieselgenerátor                                                    |
| DRTS  | diverzitný systém automatického odstavenia reaktora                |
| ENČ   | hlavné napájacie čerpadlo                                          |
| EOKO  | elektrické ohrievače kompenzátora objemu                           |
| ESFAS | systém zaistenia bezpečnosti                                       |
| HA    | hydroakumulátor                                                    |
| HČČ   | hlavné cirkulačné čerpadlo                                         |
| HCS   | hlavná cirkulačná slučka                                           |
| HK    | horúca kazeta                                                      |
| HNČ   | havarijné napájacie čerpadlo                                       |
| HNK   | hlavný napájací kolektor                                           |
| HPK   | hlavný parný kolektor                                              |
| HRK   | havarijná, regulačná a kompenzačná kazeta                          |
| HSCHZ | havarijný systém chladenia (aktívnej) zóny                         |
| HUA   | hlavná uzatváracia armatúra                                        |
| HV    | horúca vetva                                                       |
| HZ    | hermetická zóna, kontajment                                        |
| HZK   | horná zmiešavacia komora (UP Upper Plenum)                         |
| IU    | iniciačná udalosť                                                  |
| KO    | kompenzátor objemu                                                 |
| KON   | koniec kampane                                                     |
| LOCA  | havária so stratou chladiva                                        |
| MTP   | maximálna teplota pokrytia                                         |
| NDČ   | čerpadlo normálneho doplňovania do I.O. (Make-up Pump)             |
| NN    | napájacia nádrž                                                    |
| NS    | núdzové stavy                                                      |

|       |                                                                                                   |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NT    | nízkotlakový                                                                                      |
| NTČ   | nízkotlakové čerpadlo                                                                             |
| NV    | napájacia voda                                                                                    |
| OV KO | odľahčovací ventil kompenzátora objemu                                                            |
| PG    | parogenerátor                                                                                     |
| PK    | palivová kazeta                                                                                   |
| PP    | palivový prútk                                                                                    |
| PRISE | únik primárneho chladiva do sekundárneho okruhu                                                   |
| PSA   | pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti                                                          |
| PS-A  | prepúšťacia stanica do atmosféry                                                                  |
| PSB   | prevádzkový stav bloku                                                                            |
| PSK   | prepúšťacia stanica do kondenzátora                                                               |
| PV KO | poistný ventil kompenzátora objemu                                                                |
| PV PG | poistný ventil parogenerátora                                                                     |
| RCS   | automatický regulátor výkonu reaktora                                                             |
| RČA   | rýchločinná armatúra                                                                              |
| RLS   | systém obmedzenia výkonu reaktora                                                                 |
| RPS   | systém ochrany reaktora                                                                           |
| RTS   | systém automatického odstavenia reaktora                                                          |
| RZV   | rýchlozatvárací ventil                                                                            |
| SA    | sekčná armatúra                                                                                   |
| SD    | odstavený - v súvislosti so stavom reaktora (SD shutdown)                                         |
| SHNČ  | superhavarijné napájacie čerpadlo                                                                 |
| SNVS  | strata napájania vlastnej spotreby (tiež aj strata vonkajších a vnútorných zdrojov el. napájania) |
| SV    | studená vetva                                                                                     |
| TG    | turbogenerátor                                                                                    |
| TH    | termo-hydraulické (analýzy)                                                                       |
| TNR   | tlaková nádoba reaktora                                                                           |
| VT    | vysokotlakový                                                                                     |
| VTČ   | vysokotlakové čerpadlo                                                                            |
| ZAC   | začiatok kampane                                                                                  |

## ÚVOD

Kapitola POSAR 7.2.1.14 je vypracovaná v súlade so súvisiacou legislatívou [II.3], [II.4], [II.5] a [II.6]. Ďalej bola vypracovaná podľa požiadaviek [II.2].



#### 7.2.1.14 Havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy

Správa je súčasťou (podkapitolou) kapitoly 7.2.1 „Deterministické analýzy bezpečnosti projektových havárií a vybraných nadprojektových havárií“ predprevádzkovej bezpečnostnej správy MO34. V tejto kapitole sú analyzované iniciačné udalosti patriace do skupiny “Havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy”.

V tejto kapitole je analyzovaná odozva primárneho a sekundárneho okruhu na iniciačnú udalosť a sú tu popísané iba tie systémy, ktoré sú modelované a využívané v TH analýzach. Popis ostatných systémov, ktoré nemajú priamy vplyv na skúmané parametre, je uvedený v kapitole 7.2.0 predprevádzkovej bezpečnostnej správy.

##### 7.2.1.14.1 Udalosti s reaktivitou

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Znižovanie koncentrácie bóru v dôsledku chybnjej funkcie systému doplňovania a bórovej regulácie
- Chybné pripojenie odstavenej cirkulačnej slučky
- Znižovanie koncentrácie bóru v dôsledku prieniku vody bez bóru pri premývaní filtrov systému normálneho doplňovania a bórovej regulácie
- Znižovanie koncentrácie bóru v dôsledku vody bez bóru prenikajúcej cez netesné tepelné výmenníky.

Z pohľadu priebehu procesu a modelovania je možné udalosti s reaktivitou rozdeliť na udalosti pomalého (homogénneho) a rýchleho (nehomogénneho) riedenia koncentrácie kyseliny boritej v objeme primárneho okruhu.

Rýchle zníženie koncentrácie  $H_3BO_3$  (nehomogénne zníženie koncentrácie  $H_3BO_3$  v lokálnom objeme primárneho okruhu) predstavuje udalosť, ktorá znamená (takmer) okamžitú výmenu značného objemu chladiva v určitej časti aktívnej zóny majúcu za následok lokálne zvýšenie kritičnosti.

Pozvoľné zníženie koncentrácie  $H_3BO_3$  (homogénne znížovanie koncentrácie  $H_3BO_3$  v celom objeme primárneho okruhu) je spôsobené postupným prienikom čistého kondenzátu do primárneho okruhu.

Dopĺňanie čistého kondenzátu do primárneho chladiva nevedie k zvyšovaniu hladiny, preto nie je identifikované operátorom ako abnormálny stav. V dôsledku znižovania absorpčných schopností chladiva však dochádza k zvyšovaniu neutrónového toku, ktorý je priebežne monitorovaný systémom merania neutrónového toku.

Ukončenie zriedňovania chladiva primárneho okruhu vedie k okamžitému zastaveniu zvyšovania neutrónového toku. Vzhľadom na charakter fyzikálnych procesov nedochádza pred dosiahnutím kritického stavu k zmene žiadnych iných parametrov, preto nedochádza ani k znižovaniu rezervy iných kritérií prijateľnosti.

Súhrnne je preto možné zhodnotiť priebeh procesov, vyvolaných iniciačnými udalosťami vedúcimi k zmenám reaktivity, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a predpokladanej činnosti obsluhy bloku záverom, že tieto udalosti sú bezpečne zvládnuteľné. V priebehu procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov, osobitne kritéria DB-SD1.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti zo skupiny “Udalosti s reaktivitou“, zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.2 Strata chladiva z primárneho okruhu

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore
- Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorenom reaktore

Iniciačná udalosť úniku z I.O. pri zatvorenom odstavenom reaktore môže byť zapríčinená ľudskou chybou alebo zlyhaním tesnosti I.O. Dominantnou príčinou vzniku LOCA pri odstavenom reaktore, je zlyhanie ľudského faktora. Na druhej strane, únik z I.O. spôsobený roztrhnutím potrubia je v režimoch 4 až 7 veľmi málo pravdepodobný, pretože parametre bloku sú na nízkych hodnotách. Na určenie možných iniciačných udalostí, vedúcich k strate chladiva z primárneho okruhu v nevýkonových prevádzkových stavoch bloku, bola vykonaná systematická analýza [I.2], kde boli identifikované všetky možné trasy potenciálneho úniku chladiva z I.O.

Ak dôjde k úniku primárneho chladiva a únik nie je včas spozorovaný personálom bloku, môže dôjsť k poklesu hladiny v I.O. pod úroveň horúcich nátrubkov reaktora (pri zatvorenom reaktore) alebo pod úroveň najspodnejších teplovýmenných rúrok PG (pri otvorenom reaktore) a k prerušeniu cirkulácie chladiva v I.O. Po prerušení cirkulácie by teplota chladiva vzrástla až na teplotu varu, prípadne by mohlo dôjsť k odhaleniu a prehriatiu paliva.

Pre účely analytického hodnotenia procesu je možné priebeh procesu rozdeliť na etapu do prerušenia cirkulácie v I.O. a na etapu nahrievania ostávajúcej zásoby chladiva v reaktore pred dosiahnutím podmienok narušenia kritérií prijateľnosti. Čas do prerušenia cirkulácie v I.O. závisí od veľkosti únikového otvoru. Druhá etapa začína v okamihu, keď pokles hladiny v reaktore závisí už len od vyparovania chladiva v reaktore a nie je ovplyvnený prietokom cez únikový otvor. Začiatok tejto druhej etapy je závislý od umiestnenia únikového otvoru. Z hľadiska konzervatívneho bezpečnostného rozboru udalosti druhá etapa nezávisí od veľkosti únikového otvoru a je identická pre všetky únikové otvory umiestnené na rovnakom mieste.

##### 7.2.1.14.2.1 Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore

###### 7.2.1.14.2.1.1 Charakteristika procesu

Pre uvedenú iniciačnú udalosť sa predpokladá odstavený a dochladený reaktor v režime 5 „Odstavenie s dochladzovaním“. V prevádzkovom režime 5 je na technologickom zariadení vykonávaný celý rad rôznych prác pri údržbe, revíziách, kontrolách stavu atď.

Obsluha bloku musí pre zabránenie nepriaznivého vývoja vykonať vhodné činnosti.

Rozbor trás úniku chladiva z I.O. zahrnul celé spektrum možností. Jedná sa najmä o potrubia rôznych systémov, priamo pripojené na HCS, špecificky pre jednotlivé HCS [I.2]. Pritom bola analyzovaná vždy celá

trasa v rôznych konfiguráciách. Jednotlivé trasy boli predbežne zhodnotené najmä z hľadiska veľkosti úniku. Z ďalšieho hodnotenia boli vylúčené tie trasy, pre ktoré bola predpovedaná veľkosť úniku tak malá, že by doba úniku existujúcej zásoby chladiva do prerušenia cirkulácie v I.O. bola extrémne dlhá (porovnateľná s dobou trvania príslušného prevádzkového stavu, príp. dlhšia ako niekoľko pracovných zmien, t.j. pokles hladiny v I.O. by nemohol uniknúť pozornosti personálu.

Na základe analýz vykonaných v [I.2] je iniciačná udalosť úniku chladiva pri zatvorenom reaktore riešená obálkovým scenárom, kde sa uvažuje LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS, pričom sa uvažuje odstavený reaktor v prevádzkovom režime 5. Cieľom analýzy je overiť, že v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti.

#### **7.2.1.14.2.1.2 Použité kritériá prijateľnosti**

Pre analyzovanú iniciačnú udalosť je relevantné kritérium prijateľnosti DB-SD2, ktoré je vyhodnocované prostredníctvom kritérií prijateľnosti pre havárie s únikom primárneho chladiva pri výkonových prevádzkových režimoch, (DB-A2-teplota paliva, DB-A3a-teplota pokrytia, DB-A3b-oxidácia pokrytia, DB-A3c-produkcia vodíka)

##### **Kritérium prijateľnosti DB-A2**

Maximálna hodnota teploty paliva < limitná hodnota

##### **Kritérium prijateľnosti DB-A3**

DB-A3a – Maximálna hodnota teploty pokrytia < limitná hodnota

DB-A3b – Maximálna hodnota lokálnej oxidácie pokrytia < limitná hodnota

DB-A3c – Celkové množstvo vodíka z chemickej reakcie pokrytia s vodou alebo parou < limitná hodnota

#### **7.2.1.14.2.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely**

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený detailný model popisujúci šesť slučiek primárneho a sekundárneho okruhu, bezpečnostné a riadiace systémy dôležité z hľadiska hodnotenia jadrovej bezpečnosti, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1

#### 7.2.1.14.2.1.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant B1

**Iniciačná udalosť:** Únik chladiva pri zatvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1. Blok je v prevádzkovom režime 5.

**Jednoduchá porucha:** Zlyhanie jednej redundancie NT čerpadiel

**SNVS:** V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pretože reaktor a turbína sú v nevýkonových režimoch bloku už odstavené, SNVS je možné uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Priebeh analyzovaného variantu nezávisí od aplikácie SNVS. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná

**Sledované kritériá prijateľnosti:** DB-A2, DB-A3a, DB-A3b, DB-A3c

**Zásah operátora:** Podľa platných predpisov

#### 7.2.1.14.2.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti. V priebehu analyzovaného scenára sa uvažuje s činnosťou operátora. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sa uvažuje blok v režime 5.

- Vyšší výkon reaktora zvyšuje množstvo chladiva potrebného na odvod tepla z AZ
- Vyšší tlak v I.O. vedie k vyššiemu prietoku cez únikový otvor
- Nižšia hladina v KO minimalizuje množstvo chladiva v I.O.
- Vyššia teplota chladiva na výstupe z HZK znižuje hodnotu podchladenia primárneho chladiva
- Vyššia teplota chladiva NT čerpadla vedie k vyššej teplote primárneho chladiva počas činnosti NT systému
- Hodnoty ohriatia na AZ a hmotnostného prietoku cez reaktor sú vypočítané kódom RELAP5 a závisia od počiatočnej hodnoty tepelného výkonu reaktora a počtu pracujúcich slučiek.
- Minimálny počet pracujúcich slučiek minimalizuje množstvo chladiva v I.O. Priebeh procesu nezávisí od toho, ktorá slučka je v prevádzke.

#### 7.2.1.14.2.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Analyzovaný je proces úniku chladiva pri zatvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS 1. Blok je v prevádzkovom režime 5.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 01.

#### 7.2.1.14.2.1.7 Súhrn výsledkov

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou “Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore”. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-A2, DB-A3a, DB-A3b, DB-A3c.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou “Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore”, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti “Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore”, zaradenej do kategórie očakávaných udalostí, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.2.2 Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorenom reaktore

##### 7.2.1.14.2.2.1 Charakteristika procesu

Pre uvedenú iniciačnú udalosť sa predpokladá odstavený a dochladený reaktor v režime 6 „Odstavenie s roztesnením I.O.“. V uvedenom stave reaktora je podobne ako v režime 5 realizovaný celý rad rôznych prác pri údržbe, revíziách, kontrolách stavu atď. V dôsledku chyby obsluhy alebo pracovníka údržby môže dôjsť k chybnému otvoreniu trasy, cez ktorú môže unikáť časť primárneho chladiva mimo I.O. [I.2].

Ak dôjde k úniku primárneho chladiva a únik nie je včas spozorovaný personálom bloku, môže dôjsť k poklesu hladiny v I.O. a k prerušeniu cirkulácie chladiva v I.O.

Obsluha bloku musí pre zabránenie nepriaznivého vývoja vykonať vhodné činnosti.

Rozbor trás úniku chladiva z I.O. zahrnul celé spektrum možností podobne ako pre iniciačnú udalosť analyzovanú v kapitole 7.2.1.14.2.1.

Iniciačná udalosť úniku chladiva pri otvorenom reaktore je riešená obáľkovým scenárom LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1, pričom sa uvažuje odstavený reaktor v prevádzkovom režime 6. Cieľom analýzy je overiť, že v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti.

##### 7.2.1.14.2.2.2 Použité kritériá prijateľnosti

Pre analyzovanú iniciačnú udalosť je relevantné kritérium prijateľnosti "DB-SD3".

##### Kritérium prijateľnosti DB-SD3

Nedôjde k odhaleniu palivových článkov a ani k varu chladiva v palivovej časti aktívnej zóny.

##### 7.2.1.14.2.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený detailný model popisujúci šesť slučiek primárneho a sekundárneho okruhu, bezpečnostné a riadiace systémy dôležité z hľadiska hodnotenia jadrovej bezpečnosti, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

##### 7.2.1.14.2.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant B2

**Iniciačná udalosť:** Únik chladiva pri otvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1. Blok je v prevádzkovom režime 6.

**Jednoduchá porucha:** Zlyhanie jednej redundancie NT čerpadiel

**SNVS:** V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pretože reaktor a turbína sú v nevýkonových režimoch bloku už odstavené, SNVS je možné uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Priebeh analyzovaného variantu nezávisí od aplikácie SNVS. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná

**Sledované kritériá prijateľnosti:** DB-SD3

**Zásah operátora:** Podľa platných predpisov

#### 7.2.1.14.2.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti. V priebehu analyzovaného scenára sa uvažuje s činnosťou operátora. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sa uvažuje blok v režime 6.

- Vyšší výkon reaktora zvyšuje množstvo chladiva potrebného na odvod tepla z AZ
- Nižšia hladina v reaktore minimalizuje množstvo chladiva v I.O.
- Vyššia teplota chladiva na výstupe z HZK znižuje hodnotu podchladenia primárneho chladiva
- Vyššia teplota chladiva NT čerpadla vedie k vyššej teplote primárneho chladiva počas činnosti NT systému
- Hodnoty ohriatia na AZ a hmotnostného prietoku cez reaktor sú vypočítané kódom RELAP5 a závisia od počiatočnej hodnoty tepelného výkonu reaktora a počtu pracujúcich slučiek
- Priebeh procesu nezávisí od toho, ktorá slučka je v prevádzke.
- Nižšia hodnota signálu automatického štartu NTČ oneskoruje dodávku chladiva do I.O.
- Nižšia hodnota signálu automatického ukončenia dodávky chladiva z NTČ do I.O. minimalizuje množstvo chladiva v I.O.

#### 7.2.1.14.2.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Analyzovaný je proces úniku chladiva pri zatvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS 1. Blok je v prevádzkovom režime 6.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 02.

#### 7.2.1.14.2.2.7 Súhrn výsledkov

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou "Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorenom reaktore". Cieľom výpočtov



uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-SD-3.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou "Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorení reaktore", pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti "Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti potrubí (systémov primárneho okruhu) alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorení reaktore", zaradenej do kategórie očakávaných udalostí, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.3 Strata odvodu zostatkového tepla následkom degradácie cirkulácie primárneho chladiva

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Poddrenážovanie primárneho okruhu
- Prienik nekondenzujúceho plynu do primárneho okruhu (vrátane prieniku nekondenzujúceho plynu z izolovanej cirkulačnej slučky)

V režimoch bloku pri odstavených cirkulačných čerpadlách je teplo z AZ odvádzané chladivom, ktoré prúdi v I.O. prirodzenou cirkuláciou. V prípade narušenia podmienok, nutných pre dostatočne intenzívnu prirodzenú cirkuláciu sa zníži, prípadne až preruší odvod tepla z AZ. Dôsledkom toho by bolo zvyšovanie teploty chladiva v I.O., najmä však v AZ a v reaktore. Dosiahnutím varu chladiva v AZ, prípadne zvýšením tlaku by mohlo dôjsť k narušeniu akceptačných kritérií pre bezpečnú prevádzku bloku.

##### 7.2.1.14.3.1 Poddrenážovanie primárneho okruhu

Priebeh procesu a časové rezervy do prijatia príslušných protipatrení sú v značnej miere určené aktuálnym režimom bloku, v ktorom sa nachádzal v čase vzniku havárie. Jedným z rozhodujúcich parametrov je úroveň hladiny v reaktore.

Priebeh iniciačnej udalosti poddrenážovania I.O. je rovnaký ako iniciačná udalosť "Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ pri otvorenom reaktore", kde je prietok cez únikový otvor väčší ako je maximálny prietok pri drenážovaní I.O. Iniciačná udalosť "Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ pri otvorenom reaktore" predstavuje obáľkovú konzervatívnu iniciačnú udalosť, ktorá je analyticky riešená v kapitole 7.2.1.14.2.2.

##### 7.2.1.14.3.2 Prienik nekondenzujúceho plynu do primárneho okruhu

Strata odvodu tepla pri odstavenom reaktore môže byť spôsobená prerušením prirodzenej cirkulácie v dôsledku prieniku dusíka do slučiek primárneho okruhu. Prienik plynu do primárneho okruhu môže byť v dôsledku expanzie plynov z chladiva v režime 5 počas odtlačovania primárneho okruhu.

V dôsledku prieniku nekondenzovateľného plynu do primárneho okruhu dôjde k prerušeniu prirodzenej cirkulácie čo má rovnaký dôsledok ako iniciačná udalosť "Strata odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení", ktorá je riešená v nasledujúcej kapitole (7.2.1.14.4). Scenár zatvorenia všetkých HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí predstavuje obáľkovú konzervatívnu iniciačnú udalosť, ktorá je analyticky riešená v kapitole 7.2.1.14.4.

#### 7.2.1.14.4 Strata odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor,
- Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor.

Po podrobnej systémovej analýze, boli stanovené najpravdepodobnejšie scenáre, vedúce k poruchám na systéme odvodu tepla [I.2]. Bolo identifikovaných niekoľko potenciálnych príčin straty odvodu zvyškového tepla.

Z hľadiska termohydraulických procesov, všetky iniciačné udalosti straty odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení, majú rovnaké dôsledky a vedú k prerušeniu prirodzenej cirkulácie. Pretože pri zatvorení HUA na pracujúcej HCS dochádza k okamžitému prerušeniu prirodzenej cirkulácie je táto udalosť analyzovaná v nasledujúcich kapitolách ako obáľková udalosť straty odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení.

##### 7.2.1.14.4.1 Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor

###### 7.2.1.14.4.1.1 Charakteristika procesu

Táto skupina iniciačných udalostí je riešená reprezentatívnym scenárom „Zatvorenie všetkých HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí pri zatvorení reaktora“. So stratou prirodzenej cirkulácie z dôvodu zatvorenia HUA je možné uvažovať len v prípade, keď je na odvod tepla z AZ používaná iba jedna HCS. Blok so zatvoreným I.O. je prevádzkovaný s jednou HCS len na začiatku prevádzkového stavu bloku PSB 7 (PSB 7 je definovaný v [I.3]). Z toho dôvodu je v tejto kapitole analyzovaná iniciačná udalosť "Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke v PSB 7".

Pri zatvorení všetkých HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí dochádza k okamžitému prerušeniu prirodzenej cirkulácie a odvodu zvyškového tepla z AZ. Pri všetkých ostatných iniciačných udalostiach dochádza k prerušeniu prirodzenej cirkulácie až po určitom čase od iniciačnej udalosti. Preto je možné konštatovať, že iniciačná udalosť „Zatvorenie všetkých HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí“ predstavuje obáľkovú a konzervatívnu iniciačnú udalosť pre všetky skupiny iniciačných udalostí 3 a 4 odporúčaných v návode ÚJD SR [II.2].

###### 7.2.1.14.4.1.2 Použité kritériá prijateľnosti

V procese vyvolanom zatvorením HUA na pracujúcej hlavnej cirkulačnej slučke dochádza k prerušeniu prirodzenej cirkulácie a k strate odvodu tepla z reaktora. Zvyšovaním teploty chladiva v I.O. dochádza k nárastu tlaku v I.O. a môže dôjsť k prekročeniu kritéria prijateľnosti DB-SD5.

Tlak v I.O. je regulovaný činnosťou OV KO, následkom čoho dochádza k úniku chladiva z I.O. Pokles množstva chladiva v I.O. a nedostatočné chladenie AZ, vedie k ohrozeniu kritéria prijateľnosti DB-SD2 (pri zatvorení reaktora platia pre palivo a pokrytie palivových prútikov platia tie isté kritériá prijateľnosti pre havárie s únikom primárneho chladiva pri výkonových prevádzkových režimoch, t.j.: DB-A2, DB-A3a, DB-A3b and DB-A3c).

#### Kritérium prijateľnosti DB-A2

Maximálna hodnota teploty paliva < limitná hodnota

#### Kritérium prijateľnosti DB-A3

DB-A3a – Maximálna hodnota teploty pokrytia < limitná hodnota

DB-A3b – Maximálna hodnota lokálnej oxidácie pokrytia < limitná hodnota

DB-A3c – Celkové množstvo vodíka z chemickej reakcie pokrytia s vodou alebo parou < limitná hodnota

#### Kritérium prijateľnosti DB-SD5

Maximálny tlak v I.O. < maximálny dovolený tlak

#### 7.2.1.14.4.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený detailný model popisujúci šesť slučiek primárneho a sekundárneho okruhu, bezpečnostné a riadiace systémy dôležité z hľadiska hodnotenia jadrovej bezpečnosti, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

#### 7.2.1.14.4.1.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant C1

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Iniciačná udalosť:</b>                | Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke I.O. počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB7, v režime prirodzenej cirkulácie.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Jednoduchá porucha:</b>               | Zlyhanie opätovného otvorenia HUA na pracujúcej HCS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>SNVS:</b>                             | V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pretože reaktor a turbína sú v nevykonových režimoch bloku už odstavené, SNVS je možné uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Priebeh analyzovaného variantu nezávisí od aplikácie SNVS. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná. |
| <b>Sledované kritériá prijateľnosti:</b> | DB-A2, DB-A3a, DB-A3b, DB-A3c, DB-SD5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Zásah operátora:</b>                  | Podľa platných predpisov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

#### 7.2.1.14.4.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým

účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti. V priebehu analyzovaného scenára sa uvažuje s činnosťou operátora. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sa uvažuje blok v PSB7.

- Vyšší výkon reaktora vedie k väčšiemu trendu náhrevu primárneho chladiva.
- Vyššia hladina v KO minimalizuje objem vzduchu v KO. To vedie k vyššiemu nárastu tlaku v I.O. počas náhrevu primárneho chladiva.
- Vyššia teplota chladiva na výstupe z HZK vedie znižuje hodnotu podchladenia primárneho chladiva
- Hodnoty ohriatia na AZ a hmotnostného prietoku cez reaktor sú vypočítané kódom RELAP5 a závisia od počiatočnej hodnoty tepelného výkonu reaktora a počtu pracujúcich slučiek
- Stratu PC z dôvodu zatvorenia HUA je možné uvažovať len v prípade jednej pracujúcej HCS. Priebeh procesu nezávisí od toho, ktorá slučka je v prevádzke.

#### **7.2.1.14.4.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti**

Iniciačnou udalosťou prechodového procesu je zatvorenie HUA na slučke, ktorá je v prevádzke v PSB7.

Zatvorením HUA na pracujúcej slučke dochádza k okamžitému prerušeniu prirodzenej cirkulácie a odvodu zostatkového tepla z reaktora.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 03.

#### **7.2.1.14.4.1.7 Súhrn výsledkov**

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou "Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor". Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-A2, DB-A3a, DB-A3b, DB-A3c a DB-SD5.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou "Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor", pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov. Najnepriaznivejšie hodnoty analyzovaného variantu pre danú iniciačnú udalosť sú v nasledovnej tabuľke

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti "Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor", zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.4.2 Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor

##### 7.2.1.14.4.2.1 Charakteristika procesu

Táto skupina iniciačných udalostí je riešená reprezentatívnym scenárom „Zatvorenie všetkých HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí pri otvorenom reaktore“. So stratou prirodzenej cirkulácie z dôvodu zatvorenia HUA je možné uvažovať len v prípade, keď je na odvod tepla z AZ používaná iba jedna HCS. Najmenšie časové rezervy sú dosahované pri nízkej hladine chladiva v reaktore. Blok s otvoreným reaktorom a minimálnou hladinou v reaktore je prevádzkovaný s jednou HCS len v prevádzkovom stave bloku PSB6. Preto je v tejto kapitole analyzovaná iniciačná udalosť "Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke" v PSB6. PSB6 je definovaný v [I.3].

Pri zatvorení HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí dochádza k okamžitému prerušeniu prirodzenej cirkulácie a odvodu zvyškového tepla z AZ. Pri všetkých ostatných iniciačných udalostiach, dochádza k prerušeniu prirodzenej cirkulácie až po určitom čase od iniciačnej udalosti. Preto je možné konštatovať, že iniciačná udalosť „Zatvorenie HUA na hlavnom cirkulačnom potrubí“ predstavuje obálkovú a konzervatívnu iniciačnú udalosť pre všetky skupiny iniciačných udalostí 3, 4, 5 odporúčaných v návode ÚJD SR [II.2].

##### 7.2.1.14.4.2.2 Použité kritériá prijateľnosti

V procese vyvolanom zatvorením HUA na pracujúcej hlavnej cirkulačnej slučke dochádza k prerušeniu prirodzenej cirkulácie a k strate odvodu tepla z reaktora. Môže dôjsť k porušeniu kritéria prijateľnosti DB-SD3.

##### Kritérium prijateľnosti DB-SD3

Nedôjde k odhaleniu palivových článkov a ani k varu chladiva v palivovej časti aktívnej zóny.

##### 7.2.1.14.4.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený detailný model popisujúci šesť slučiek primárneho a sekundárneho okruhu, bezpečnostné a riadiace systémy dôležité z hľadiska hodnotenia jadrovej bezpečnosti, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

##### 7.2.1.14.4.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant C2

**Iniciačná udalosť:** Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke I.O. počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB6, v režime prirodzenej cirkulácie.

**Jednoduchá porucha:** Zlyhanie opätovného otvorenia HUA na pracujúcej HCS

**SNVS:** V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pretože reaktor a turbína sú v nevýkonových režimoch bloku už odstavené, SNVS je možné uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Priebeh analyzovaného variantu nezávisí od aplikácie SNVS. Z toho dôvodu SNVS nie je

**Sledované kritériá prijateľnosti:** DB-SD3

**Zásah operátora:** Podľa platných predpisov

#### 7.2.1.14.4.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti. V priebehu analyzovaného scenára sa uvažuje s činnosťou operátora. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sa uvažuje blok v PSB6.

- Vyšší výkon reaktora vedie k väčšiemu trendu nárastu primárneho chladiva.
- Nízka hladina v reaktore minimalizuje množstvo chladiva I.O. To vedie k väčšiemu trendu nárastu primárneho chladiva.
- Vyššia teplota chladiva na výstupe z HZK vedie znižuje hodnotu podchladenia primárneho chladiva
- Hodnoty ohriatia na AZ a hmotnostného prietoku cez reaktor sú vypočítané kódom RELAP5 a závisia od počiatočnej hodnoty tepelného výkonu reaktora a počtu pracujúcich slučiek
- Priebeh procesu nezávisí od toho, ktorá slučka je v prevádzke

#### 7.2.1.14.4.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Iniciačnou udalosťou prechodového procesu je zatvorenie HUA na slučke, ktorá je v prevádzke v PSB6.

Zatvorením HUA na pracujúcej slučke dochádza k okamžitému prerušeniu prirodzenej cirkulácie a odvodu zostatkového tepla z reaktora.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 04.

#### 7.2.1.14.4.2.7 Súhrn výsledkov

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou "Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor". Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-SD3.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou "Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor", pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok

a nastavení ochranných a regulačních zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti “Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor”, zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**



#### 7.2.1.14.5 Zvýšenie množstva chladiva v primárnom okruhu

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Neočakávaná činnosť systému normálneho doplňovania, ktorá zvyšuje množstvo chladiva v primárnom okruhu
- Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny
- Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu

Uvedené iniciačné udalosti spôsobujú nárast tlaku v I.O. vplyvom dodania chladiva, alebo privedením dodatočného tepla do I.O. Pre uvedené iniciačné udalosti sú analyzované dva reprezentatívne scenáre, ktoré predstavujú konzervatívne iniciačné udalosti. Spustenie jedného vysokotlakého čerpadla HSCHZ, ktorý reprezentuje maximálne množstvo chladiva dodaného do I.O. a scenár zapnutia elektroohrievačov kompenzátora objemu, ktorý reprezentuje maximálne množstvo tepla dodaného do I.O. Tieto dva scenáre predstavujú obálkové a konzervatívne iniciačné udalosti pre skupinu iniciačných udalostí uvedených v tejto kapitole.

##### 7.2.1.14.5.1 Neočakávaná činnosť systému normálneho doplňovania, ktorá zvyšuje množstvo chladiva v primárnom okruhu

V prípade neočakávaného spustenia čerpadiel normálneho doplňovania dochádza k nárastu množstva chladiva v I.O., čo má v konečnom dôsledku za následok zvýšenie tlaku v I.O.

Iniciačná udalosť neočakávaného spustenia systému normálneho doplňovania, ktorá zvyšuje množstvo chladiva v primárnom okruhu v nevýkonových prevádzkových režimoch je konzervatívne analyzovaná obálkovou iniciačnou udalosťou „Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny“ riešenou v nasledovnej kapitole (7.2.1.14.1.1.1).

##### 7.2.1.14.5.2 Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny

###### 7.2.1.14.5.2.1 Charakteristika procesu

Iniciačná udalosť procesu je analyzovaná jedným scenárom: "Spustenie jedného VTČ havarijného systému chladenia zóny reaktora".

Vznik takejto iniciačnej udalosti je relevantné uvažovať pre odstavený reaktor nachádzajúci sa v prevádzkovom režime 4 (PSB 2 – je definovaný v [I.3]), t.j. "odstavený reaktor s dochladzovaním.

Cieľom analýzy je overiť, že v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti.

###### 7.2.1.14.5.2.2 Použité kritériá prijateľnosti

###### Kritérium prijateľnosti DB-SD5

Maximálny tlak v I.O. < maximálny dovolený tlak

#### 7.2.1.14.5.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený detailný model popisujúci šesť slučiek primárneho a sekundárneho okruhu, bezpečnostné a riadiace systémy dôležité z hľadiska hodnotenia jadrovej bezpečnosti, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

#### 7.2.1.14.5.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant D1

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Iniciačná udalosť:</b>                | Neočakávané uvedenie jedného VTČ do činnosti v prevádzkovom stave bloku PSB2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Jednoduchá porucha:</b>               | Zlyhanie odstavenia VTČ systémom ochrany pred studeným natlakovaním                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>SNVS:</b>                             | V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pretože reaktor a turbína sú v nevykonových režimoch bloku už odstavené, SNVS je možné uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Strata napájania vlastnej spotreby by viedla k odstaveniu VTČ. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná. |
| <b>Sledované kritériá prijateľnosti:</b> | DB-SD5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Zásah operátora:</b>                  | Podľa platných predpisov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

#### 7.2.1.14.5.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti. V priebehu analyzovaného scenára sa uvažuje s činnosťou operátora. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sa uvažuje blok v PSB2.

- Vyšší výkon reaktora zvyšuje množstvo vody potrebné na odvod tepla.
- Vyšší primárny tlak vedie k rýchlejšiemu nárastu tlaku v I.O. počas činnosti VTČ
- Vyššia hladina v KO minimalizuje objem dusíka v KO. To vedie k rýchlejšiemu nárastu tlaku v I.O. počas činnosti VTČ.
- Hodnota teploty chladiva na výstupe z HZK nemá vplyv na priebeh procesu. Bola použitá nízka hodnota teploty chladiva na výstupe z HZK.
- Nižšia hodnota teploty chladiva z VTČ znižuje teplotu chladiva v I.O. počas činnosti VTČ. To minimalizuje hodnotu dovoleného tlaku v I.O. podľa limitnej p-T krivky.

- Hodnoty ohriatia na AZ a hmotnostného prietoku cez reaktor sú vypočítané kódom RELAP5 a závisia od počiatočnej hodnoty tepelného výkonu reaktora a počtu pracujúcich slučiek
- Priebeh procesu nezávisí od toho, ktorá slučka je v prevádzke.

#### 7.2.1.14.5.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Iniciačnou udalosťou prechodového procesu je chybné uvedenie jedného vysokotlakého čerpadla HSCHZ do činnosti počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB2.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 05.

#### 7.2.1.14.5.2.7 Súhrn výsledkov

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou "Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny". Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-SD5.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou "Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny", pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti "Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému chladenia aktívnej zóny", zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevykonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.5.3 Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu

##### 7.2.1.14.5.3.1 Charakteristika procesu

Iniciačná udalosť procesu je analyzovaná scenárom "Zapnutie všetkých elektroohrievačov kompenzátora objemu".

Pre uvedenie iniciačnú udalosť sa predpokladá odstavený a dochladený reaktor v režime 5 (v prevádzkovom stave bloku PSB3 – je definovaný v [I.3]), t.j. „Odstavenie s dochladzovaním“. V prevádzkovom režime 5 je na technologickom zariadení vykonávaný celý rad rôznych prác pri údržbe, revíziách, kontrolách stavu atď. K nesprávnemu zapnutiu elektroohrievačov kompenzátora objemu môže dôjsť v dôsledku chyby obsluhy. Zapnutie elektroohrievačov nespôsobuje priamo nárast množstva chladiva v I.O., ale vplyvom ohrevu chladiva v KO dochádza k tvorbe pary v KO a k vytlačaniu chladiva z KO do slučiek I.O., čo má v konečnom dôsledku za následok zvýšenie tlaku v I.O.

Cieľom analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

#### 7.2.1.14.5.3.2 Použité kritériá prijateľnosti

##### Kritérium prijateľnosti DB-SD5

Maximálny tlak v I.O. < maximálny dovolený tlak

#### 7.2.1.14.5.3.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený detailný model popisujúci šesť slučiek primárneho a sekundárneho okruhu, bezpečnostné a riadiace systémy dôležité z hľadiska hodnotenia jadrovej bezpečnosti, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

#### 7.2.1.14.5.3.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant D2

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Iniciačná udalosť:</b>                | Neočakávané zapnutie všetkých elektroohrievačov kompenzátora objemu počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB3                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Jednoduchá porucha:</b>               | Zlyhanie odstavenia EOKO systémom ochrany pred studeným natlakovaním                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>SNVS:</b>                             | V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pretože reaktor a turbína sú v nevýkonových režimoch bloku už odstavené, SNVS je možné uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Strata napájania vlastnej spotreby by viedla k odstaveniu EO KO. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná. |
| <b>Sledované kritériá prijateľnosti:</b> | DB-SD5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Zásah operátora:</b>                  | Podľa platných predpisov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

#### 7.2.1.14.5.3.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti. V priebehu analyzovaného scenára sa uvažuje s činnosťou operátora. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sa uvažuje blok v PSB3.

- Vyšší výkon reaktora zvyšuje množstvo vody potrebné na odvod tepla.
- Vyšší primárny tlak vedie k rýchlejšiemu nárastu tlaku v I.O. počas činnosti EO KO.
- Vyššia hladina v KO minimalizuje objem dusíka v KO. To vedie k rýchlejšiemu nárastu tlaku v I.O. počas činnosti EO KO.
- Vyššia hodnota teploty chladiva na výstupe z HZK znižuje hodnotu podchladenia I.O.
- Hodnoty ohriatia na AZ a hmotnostného prietoku cez reaktor sú vypočítané kódom RELAP5 a závisia od počiatočnej hodnoty tepelného výkonu reaktora a počtu pracujúcich slučiek
- Priebeh procesu nezávisí od toho, ktorá slučka je v prevádzke

#### **7.2.1.14.5.3.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti**

Iniciačnou udalosťou prechodového procesu je neočakávané zapnutie všetkých elektroohrievačov kompenzátora objemu počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB3.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 06.

#### **7.2.1.14.5.3.7 Súhrn výsledkov**

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou "Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu". Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-SD5.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou "Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu", pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti "Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu", zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.6 Udalosti s chladením bazénu skladovania vyhoreného paliva

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva
- Strata chladienia bazénu skladovania vyhoreného paliva

##### 7.2.1.14.6.1 Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva

###### 7.2.1.14.6.1.1 Charakteristika procesu

Iniciačná udalosť straty chladiva v bazéne skladovania vyhoreného paliva môže vzniknúť porušením potrubných trás chladiaceho systému, zdrenážovaním chladiva cez kontajnerovú časť BSVP v dôsledku chybnéj obsluhy personálu alebo zdrenážovaním chladiva BSVP cez prepád. Ďalším zdrojom únikov sú trvalé netesnosti a priesaky BSVP. Únikom chladiva môže dôjsť k odhaleniu palivovej časti kaziet a tým aj k narušeniu kritéria prijateľnosti DB-SD4.

Cieľom bezpečnostného rozboru v tejto kapitole je overiť, či v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou nedôjde k neprípustnému narušeniu bezpečnostných rezerv. Miera bezpečnosti sa hodnotí sprostredkovane, a to cez hodnotenie splnenia relevantných kritérií prijateľnosti DB-SD1 a DB-SD4.

Iniciačná udalosť „Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva“ je analyzovaná únikom chladiva cez kontajnerovú časť BSVP.

###### 7.2.1.14.6.1.2 Použité kritériá prijateľnosti

Pre analyzovanú iniciačnú udalosť je relevantné kritérium prijateľnosti DB-SD4.

###### Kritérium prijateľnosti DB-SD4

Nedôjde k odhaleniu palivových článkov a ani k varu chladiva v palivovej časti v bazéne skladovania vyhoreného paliva

###### 7.2.1.14.6.1.3 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

###### Variant E1

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Iniciačná udalosť:</b>  | Únik chladiva z BSVP cez kontajnerovú časť BSVP.                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Jednoduchá porucha:</b> | Zlyhanie jedného systému chladienia BSVP                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>SNVS:</b>               | V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pre túto IU je možné SNVS uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Priebeh |

analyzovaného variantu nezávisí od aplikácie SNVS. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná

**Sledované kritériá prijateľnosti:** DB-SD4

**Zásah operátora:** Počas analyzovaného procesu sa neuvažuje so zásahom operátora

#### **7.2.1.14.6.1.4 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti**

Analyzovaná udalosť je iniciovaná neočakávaným únikom chladiva cez kontajnerovú časť BSVP.

V prípade úniku chladiva cez drenážne potrubie kontajnerovej časti BSVP nedôjde k odhaleniu palivovej časti kaziet a pri zachovaní činnosti chladiaceho systému nedôjde ani k varu chladiva v BSVP a teda nedôjde ani k porušeniu kritéria prijateľnosti DB-SD4.

#### **7.2.1.14.6.1.5 Súhrn výsledkov**

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou “Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva”. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-SD4.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou “Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva”, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti “Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z bazénu skladovania vyhoreného paliva”, zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

#### 7.2.1.14.6.2 Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného paliva

##### 7.2.1.14.6.2.1 Charakteristika procesu

V priebehu celej tejto doby je v palive generované rozpadové teplo, preto je nevyhnutne nutné zabezpečiť priebežné chladenie kaziet v BSVP.

K prerušeniu chladenia BSVP môže dôjsť v prípade výpadku chladiacich čerpadiel, alebo v dôsledku straty chladiacej vody v tepelnom výmenníku, alebo v dôsledku úniku chladiva z BSVP (riešené v kapitole 7.2.1.14.6.1).

V prípadoch straty chladenia BSVP by havária spôsobila vzrast teploty chladiva v BSVP a v dôsledku varu chladiva by nasledoval postupný pokles hladiny v bazéne.

Cieľom bezpečnostného rozboru v tejto kapitole je overenie, či v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, nedôjde k neprípustnému narušeniu bezpečnostných rezerv. Analýzy v tejto kapitole majú teda preveriť, či v priebehu procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti DB-SD4.

##### 7.2.1.14.6.2.2 Použité kritériá prijateľnosti

Pre analyzovanú iniciačnú udalosť je relevantné akceptačné kritérium prijateľnosti DB-SD4.

##### Kritérium prijateľnosti DB-SD4

Nedôjde k odhaleniu palivových článkov a ani k varu chladiva v palivovej časti v bazéne skladovania vyhoreného paliva.

##### 7.2.1.14.6.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové analýzy danej iniciačnej udalosti sú realizované systémovým termohydraulickým výpočtovým programom RELAP5/MOD3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre tento výpočtový program bol vytvorený model BSVP, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

##### 7.2.1.14.6.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Na vyhodnotenie použitých kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty.

##### Variant E2

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Iniciačná udalosť:</b>  | Neočakávaná strata chladenia BSVP v dôsledku výpadku pracujúceho čerpadla z dôvodu neidentifikovanej poruchy v elektrickom napájaní.                                                                                                                                      |
| <b>Jednoduchá porucha:</b> | Obnoviť chladenie BSVP spustením chladiaceho čerpadla. Táto činnosť zlyhá z dôvodu predpokladanej poruchy.                                                                                                                                                                |
| <b>SNVS:</b>               | V súlade s metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.1.4.5 strata napájania vlastnej potreby môže byť uvažovaná buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. V tejto IU je možné SNVS uvažovať len súčasne s iniciačnou udalosťou. Priebeh |



analyzovaného variantu nezávisí od aplikácie SNVS. Z toho dôvodu SNVS nie je uvažovaná.

**Sledované kritériá prijateľnosti:** DB-SD4

**Zásah operátora:** Podľa platných predpisov

#### 7.2.1.14.6.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty kritérií prijateľnosti. Tým sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť, s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov, nebude mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritériá prijateľnosti.

#### Zostatkový výkon v BSVP

Zvyškový výkon je definovaný ako súčet zvyškového výkonu vyvezenej AZ do BSVP a zvyškového výkonu palivových kaziet vyvezených do BSVP z predchádzajúcich kampaní.

Pre výpočet zostatkového výkonu kaziet uložených v BSVP z predchádzajúcich kampaní sa predpokladá prevádzkovanie blokov s ročnou výmenou časti palivových kaziet. Vzhľadom k neurčitosti zloženia obsahu bazénu a parametrov paliva v bazéne počas prevádzky sú pre dimenzovanie systému použité generické dáta [II.7].

- Vyšší zostatkový výkon BSVP zvyšuje množstvo chladiva potrebné pre odvod tepla
- Vyššia teplota chladiva v BSVP znižuje hodnotu podchladenia v BSVP
- Nižšia hladina v BSVP minimalizuje množstvo chladiva v BSVP
- Objem chladiva v BSVP závisí od výšky hladiny v BSVP a počtu PK uložených v BSVP

#### 7.2.1.14.6.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Iniciačnou udalosťou je neočakávaná strata chladenia BSVP v dôsledku výpadku čerpadla chladiaceho systému.

V dôsledku straty chladenia vzrastie teplota chladiva v celom objeme BSVP a následne dôjde k varu chladiva a odparovaniu, čím postupne klesá hladina. Cieľom analýzy uvedeného scenára iniciačnej udalosti je overenie splnenia relevantného kritéria prijateľnosti DB-SD4.

Počas analyzovaného procesu nedošlo k varu chladiva v oblasti palivových prúťkov a tiež nedošlo k odhaleniu palivovej časti prúťkov.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 07.

**7.2.1.14.6.2.7 Súhrn výsledkov**

V tejto kapitole bol analyzovaný proces s iniciačnou udalosťou “Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného paliva”. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska overenia kritérií prijateľnosti DB-SD4.

Priebeh procesu, vyvolaného iniciačnou udalosťou “Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného paliva”, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbor, vykonané v súlade s doporučenými požiadavkami a metodikami, sú podkladom pre nasledovný záver:

**Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov JE MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti “Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného paliva”, zaradenej do kategórie iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.**

**7.2.1.14.7 Poškodenie bazénu skladovania vyhoreného paliva počas výmeny jadrového paliva**

Pre uvedenú skupinu iniciačných udalostí sú v návode ÚJD SR [II.2] odporúčané nasledovné iniciačné udalosti:

- Poškodenie palivovej kazety zavážacím strojom,
- Pád kazety s vyhoreným jadrovým palivom do jadrového reaktora alebo bazénu skladovania vyhoreného paliva

Spektrum havárií v súvislosti s poškodením palivovej kazety pri jej manipulácii v bazéne skladovania, ktoré sú zahrnuté v uvedenej skupine iniciačných udalostí, sú komplexne riešené v kapitole 7.2.1.13 "Úniky rádioaktivity zo systémov alebo komponentov".

## LITERATÚRA

### I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vlastníctvom SE, a.s.

- [I.1] Kapitola 07.02.00 Súhrn vstupných dát pre deterministické analýzy bezpečnosti, rev. 03, apríl 2013.
- [I.2] Identifikácia a grupovanie iniciačných udalostí, rev.04, September 2012.
- [I.3] Definovanie prevádzkových stavov bloku, rev.05, September 2013.

### II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] Zbierka zákonov č. 430/2011, Vyhláška ÚJD SR o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť.
- [II.2] J. Husárček: Požiadavky na deterministické analýzy bezpečnosti, BNS I.11.1/ 2012, ÚJD SR, Bratislava, máj 2012 (revízia vydaná v roku 2013 bola tiež vzatá do úvahy)
- [II.3] Zákon NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (Atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [II.4] Vyhláška č. 31/2012 Z. z, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam.
- [II.5] J. Husárček a kol.: Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, BNS I.1.2/2008, Bratislava, november, 2008 (revízia vydaná v roku 2014 bola tiež vzatá do úvahy)
- [II.6] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 2004.
- [II.7] ISO 10645, Nuclear energy - Light water reactors - Calculation of the decay power in nuclear fuels, First edition 1992-03-01

### III Zdrojové dokumenty, ktoré sú spravidla vytvorené VUJE, a.s.

- [III.1] RELAP5/MOD3.2.2 Manuál, NUREG/CR-5535-Vol. I.-VII.
- [III.2] PAA-22-BSMO34-kap7-2-1-14, Interný dokument VUJE, 2013.

**ZOZNAM PRÍLOH**

|            |                                                                                                                                                                           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Príloha 01 | Variant B1 - Únik chladiva pri zatvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1. Blok je v prevádzkovom režime 5                                |
| Príloha 02 | Variant B2 - Únik chladiva pri otvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1. Blok je v prevádzkovom režime 6                                 |
| Príloha 03 | Variant C1 - Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke I.O. počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB7 v režime prirodzenej cirkulácie |
| Príloha 04 | Variant C2 - Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke I.O. počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB6 v režime prirodzenej cirkulácie |
| Príloha 05 | Variant D1 - Neočakávané uvedenie jedného VTČ do činnosti v prevádzkovom stave bloku PSB2                                                                                 |
| Príloha 06 | Variant D2 - Neočakávané zapnutie všetkých elektroohrievačov kompenzátora objemu počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB3      |
| Príloha 07 | Variant E2 - Neočakávaná strata chladenia BSVP v dôsledku výpadku pracujúceho čerpadla z dôvodu neidentifikovanej poruchy v elektrickom napájaní.                         |

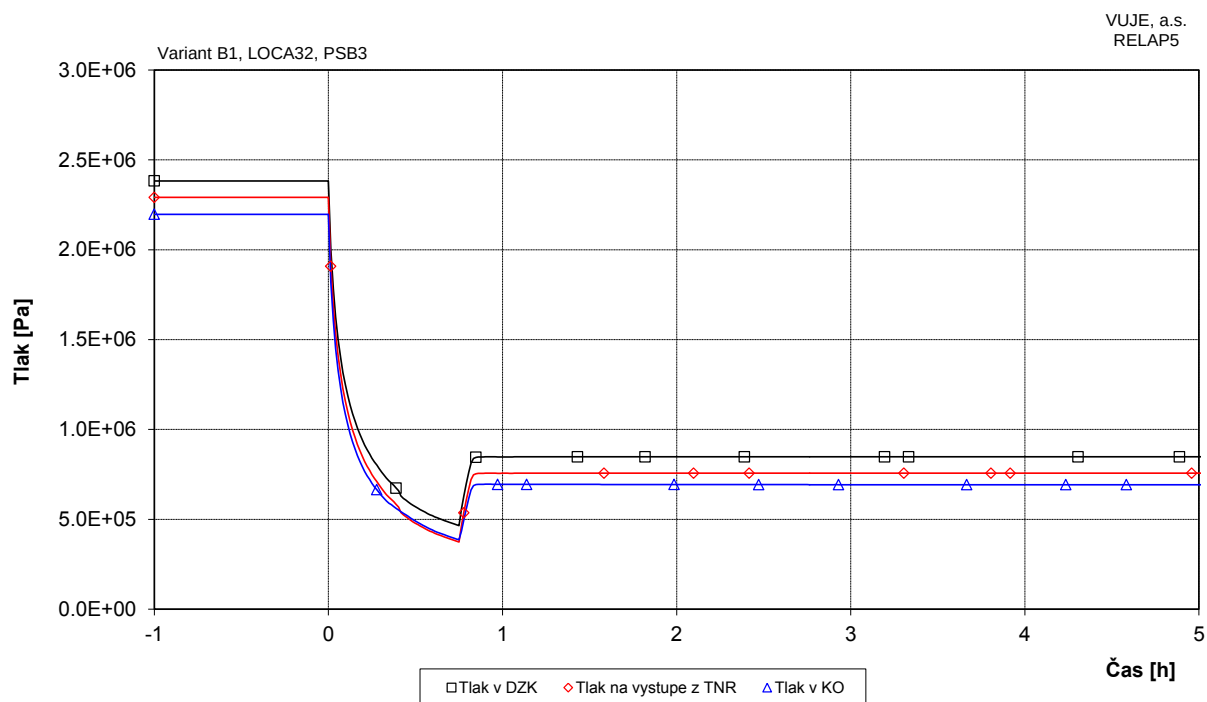
## Príloha č. 01

**7.2.1.14.2.1**      **Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri zatvorenom reaktore**

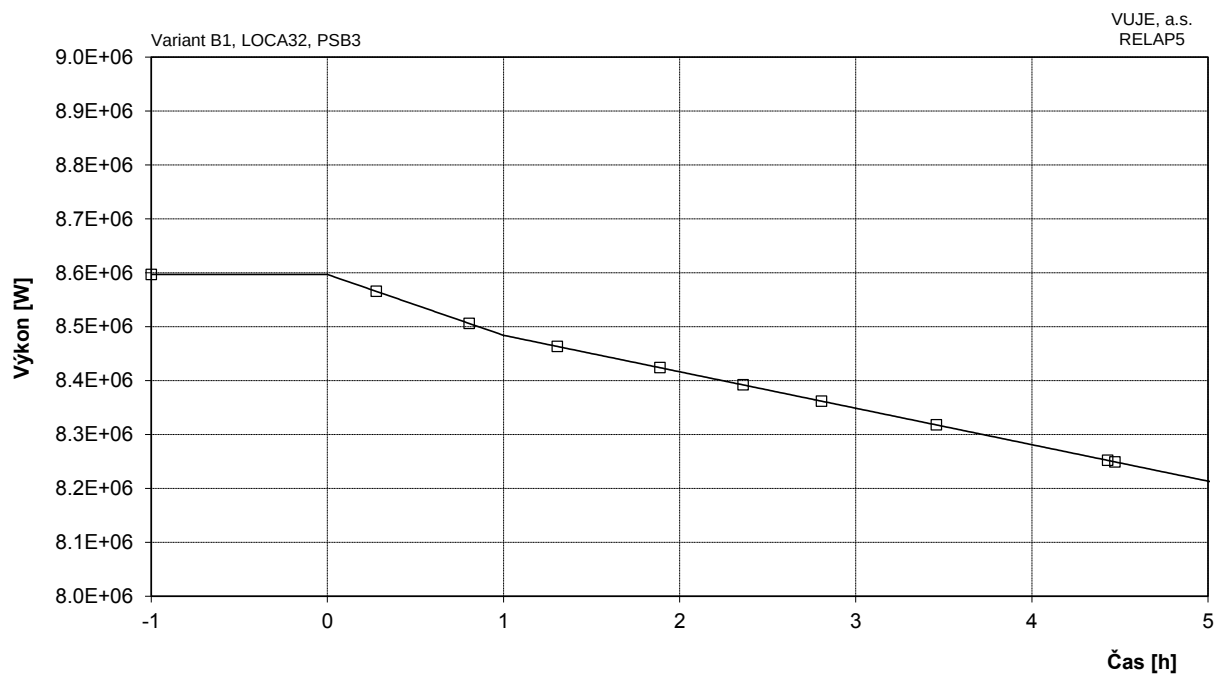
**Scenár B1**      **Únik chladiva pri zatvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1. Blok je v prevádzkovom režime 5**

## ZOZNAM OBRÁZKOV

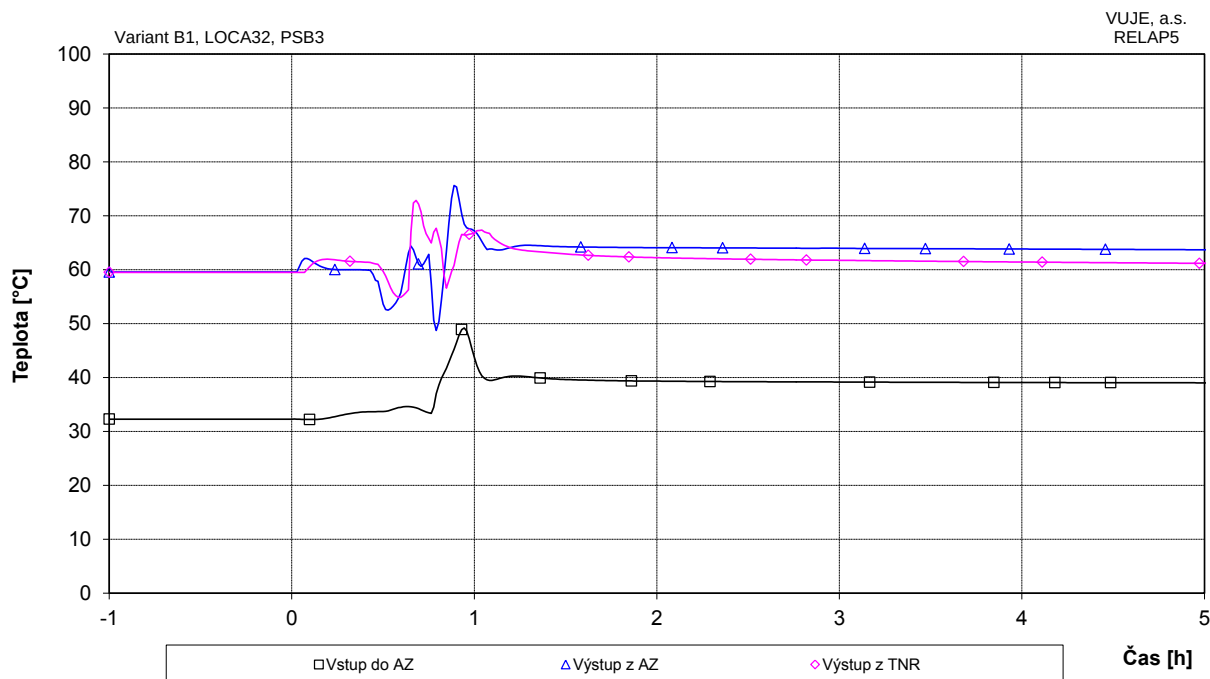
|                          |                                                           |   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-1:  | Tlak v I.O. ....                                          | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-2:  | Výkon reaktora a PG ....                                  | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-3:  | Teplota v AZ a TNR ....                                   | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-4:  | Teplota chladiva na výstupe z TNR.....                    | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-5:  | Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ .... | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-6:  | Maximálna teplota paliva ....                             | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-7:  | Celková hladina v KO ....                                 | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-8:  | Hladina chladiva v TNR ....                               | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-9:  | Hmotnostný prietok cez reaktor ....                       | 6 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-10: | Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR.....         | 6 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-11: | Prietok cez únikový otvor ....                            | 7 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-12: | Podchladenie I.O. ....                                    | 7 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-13: | Doplňovanie do I.O. ....                                  | 8 |
| Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-14: | Integrál doplňovania do I.O. ....                         | 8 |



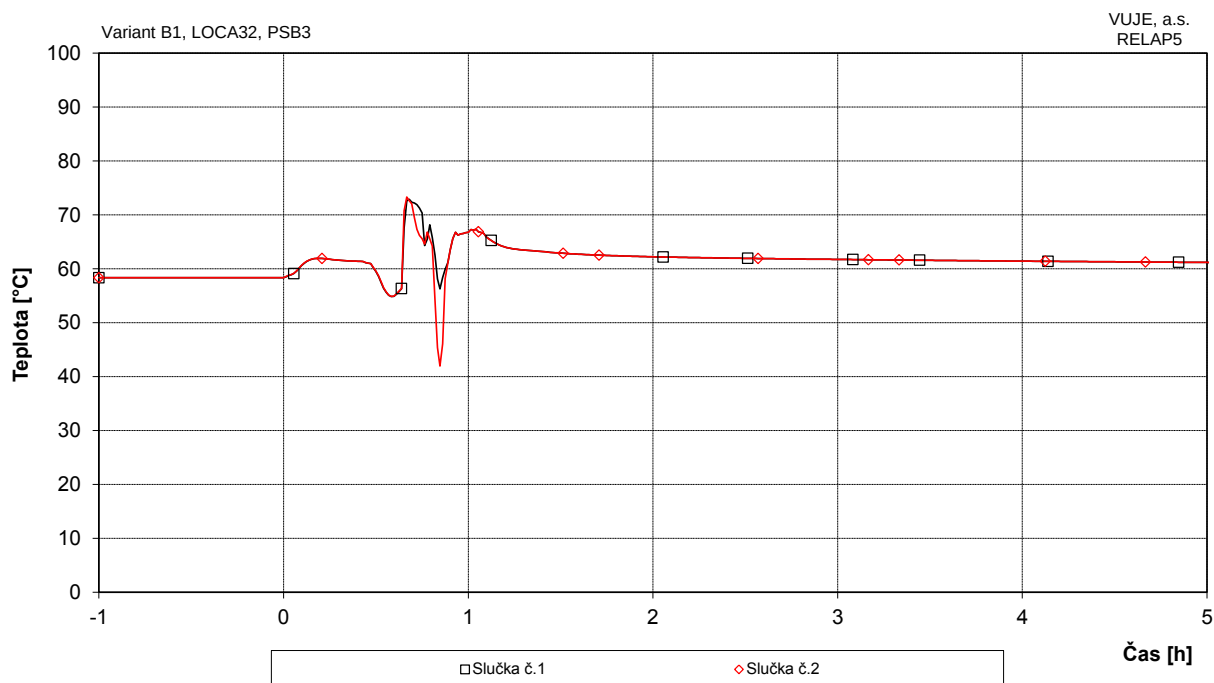
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-1: Tlak v I.O.



Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-2: Výkon reaktora a PG

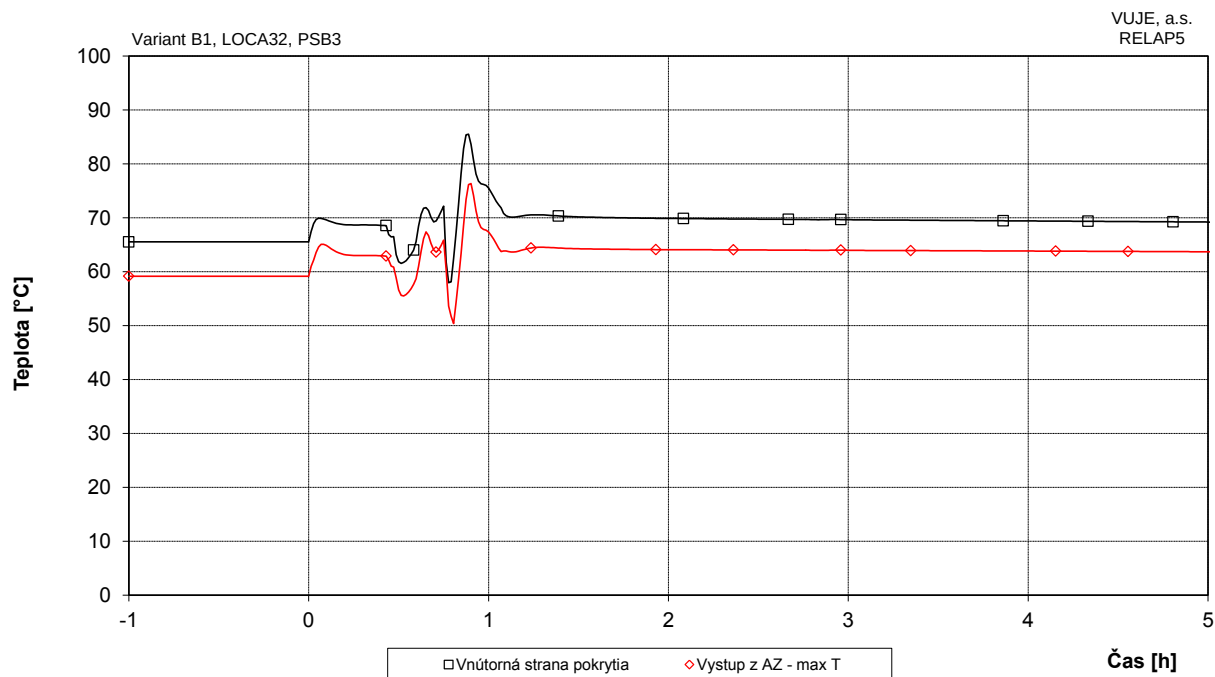


Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-3: Teplota v AZ a TNR

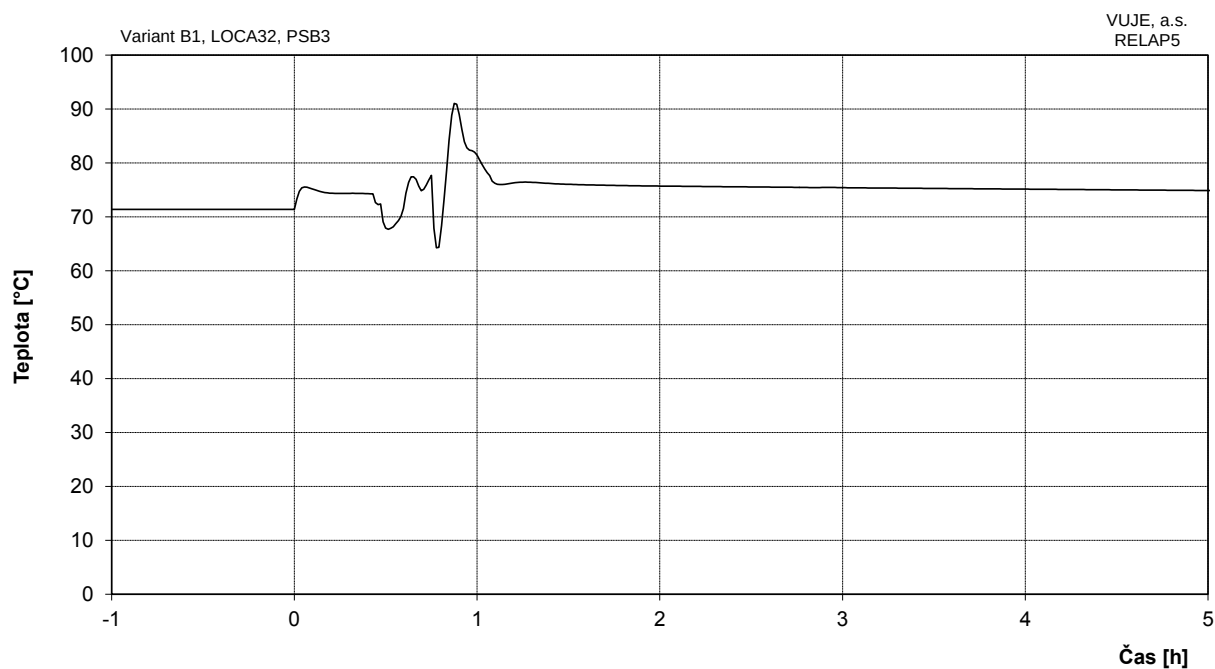


Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-4: Teplota chladiva na výstupe z TNR

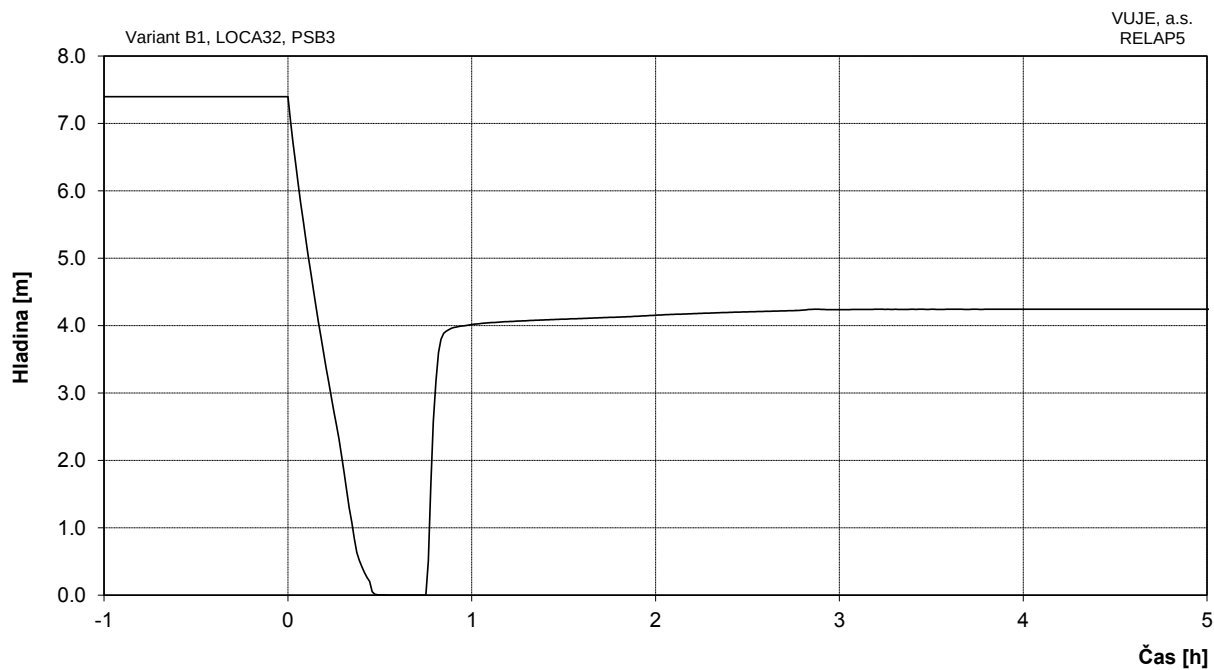




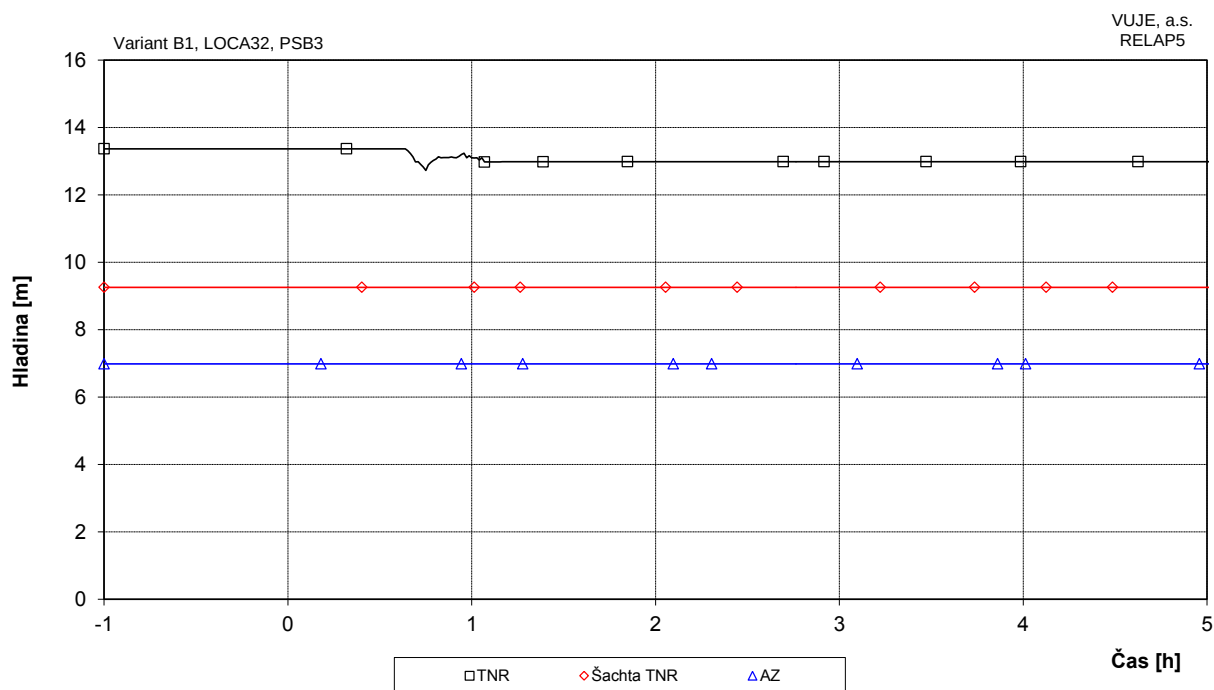
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-5: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ



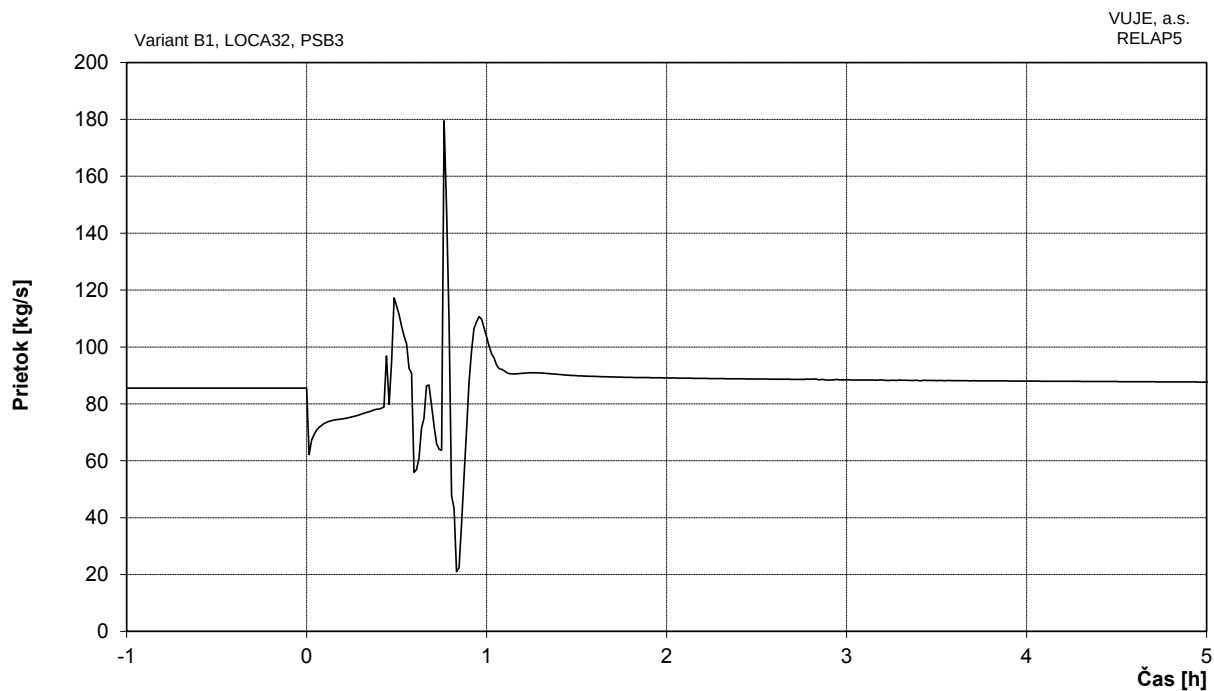
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-6: Maximálna teplota paliva



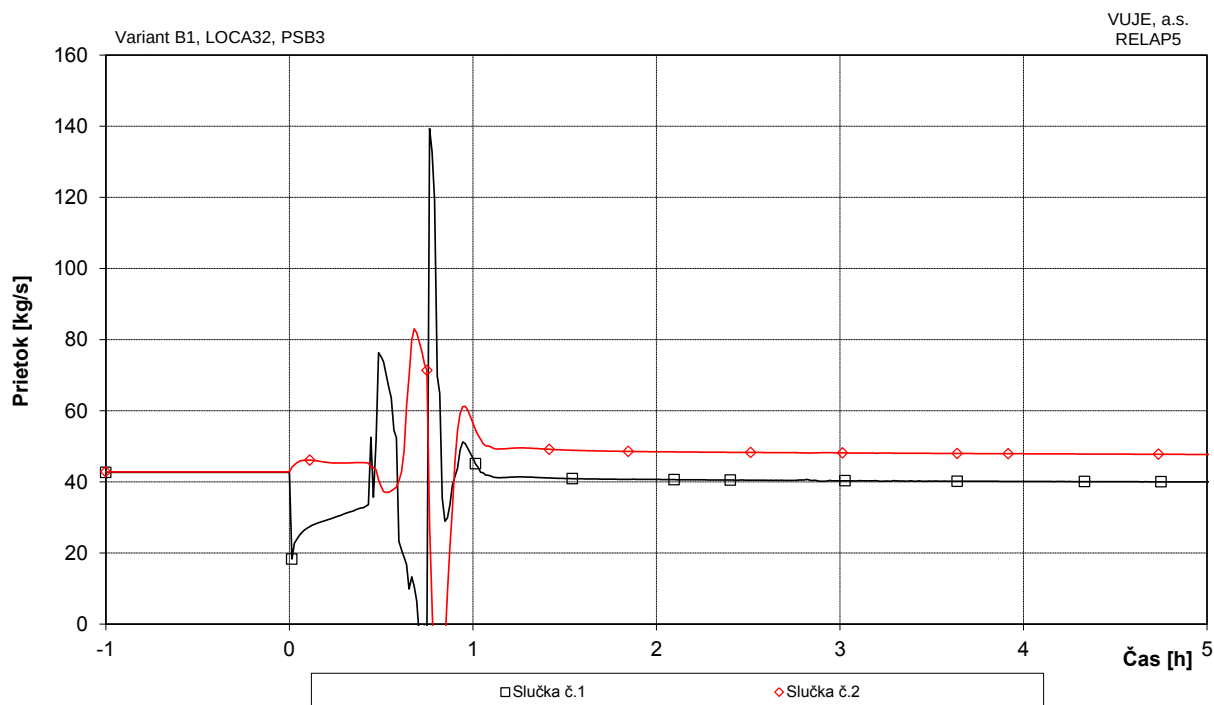
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-7: Celková hladina v KO



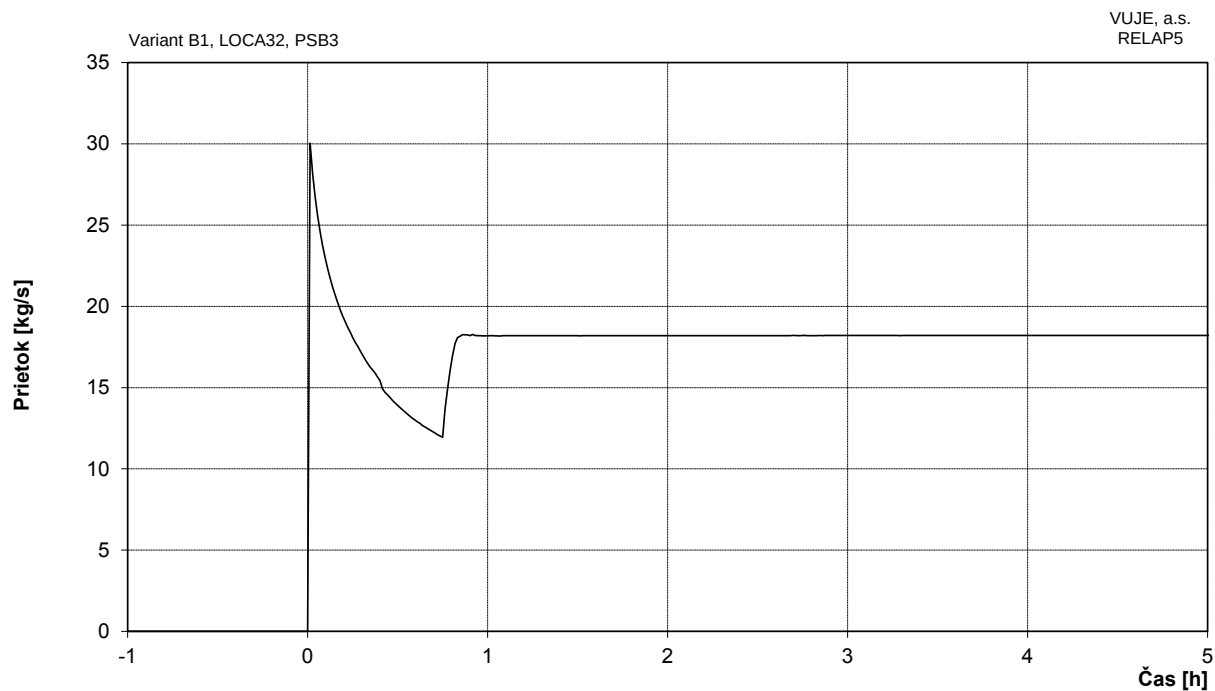
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-8: Hladina chladiva v TNR



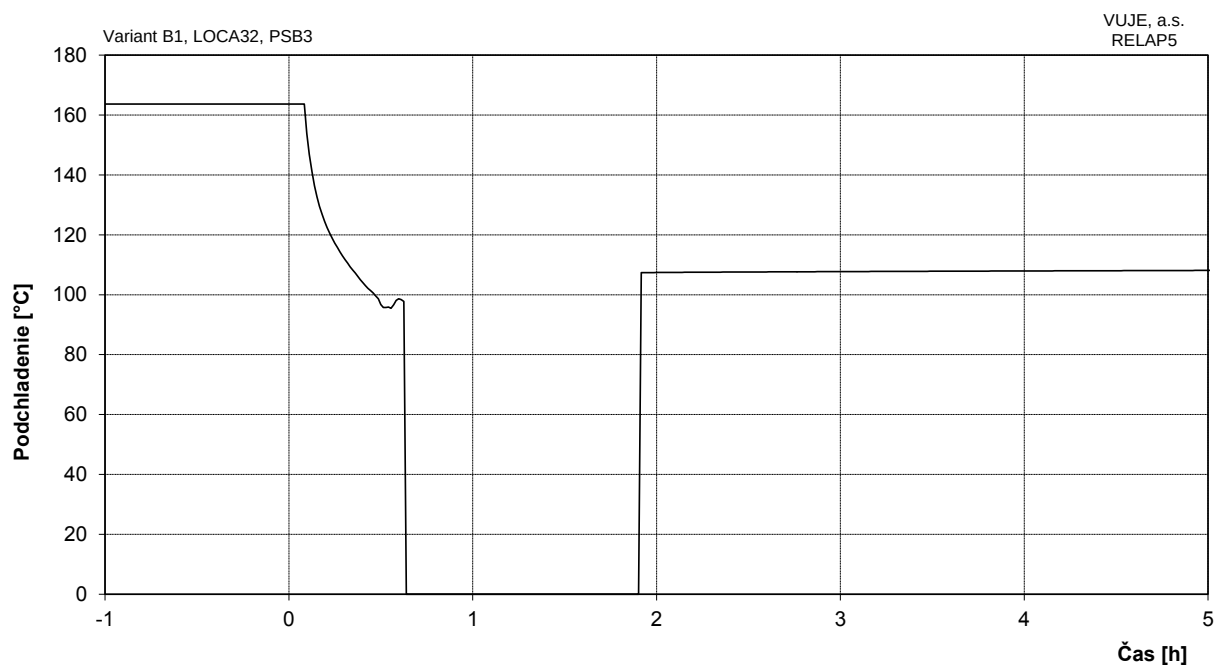
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



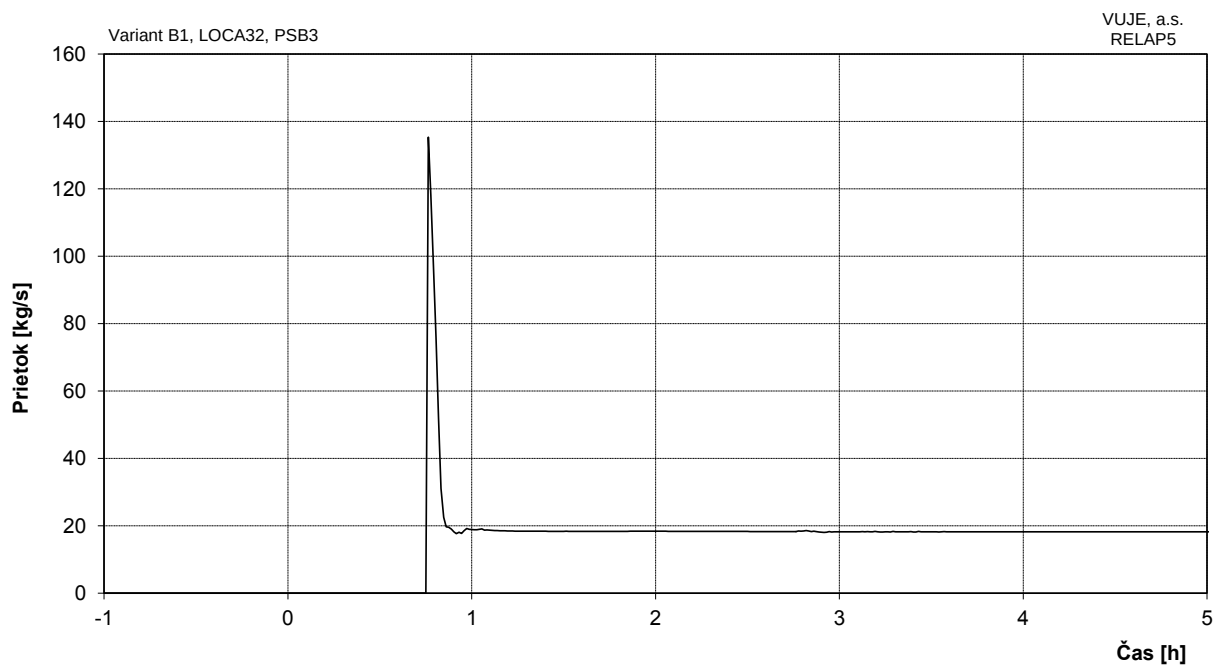
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



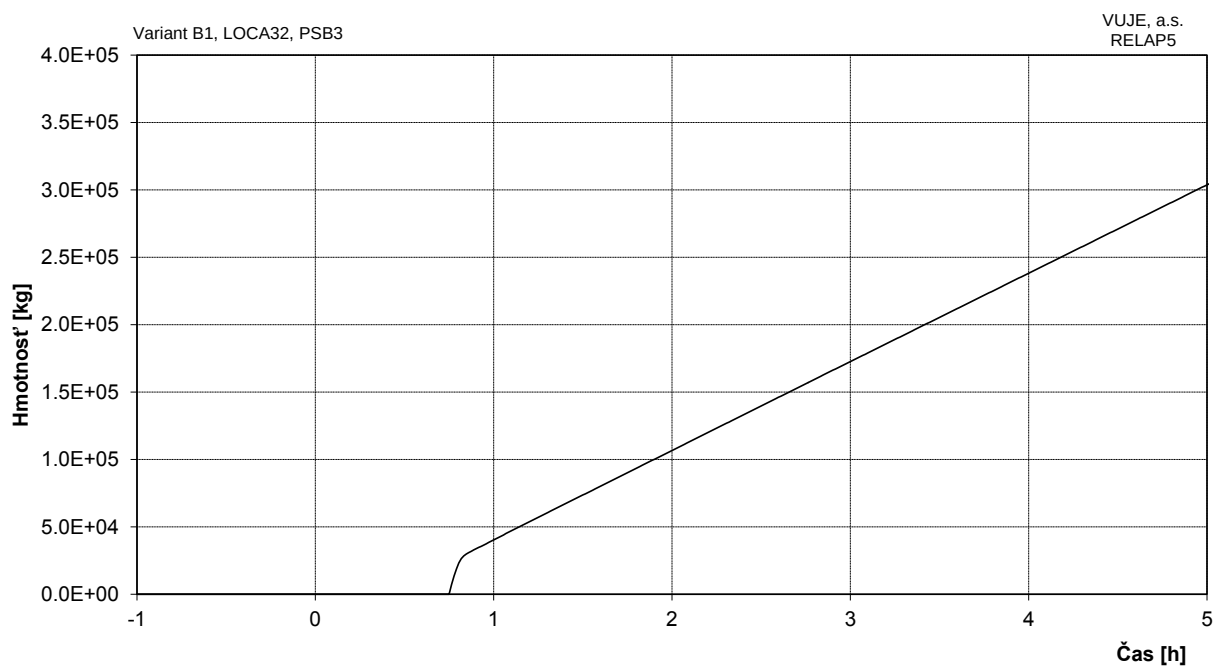
Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-11: Prietok cez únikový otvor



Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-12: Podchladenie I.O.



Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-13: Doplnovanie do I.O.



Obr. 7.2.1.14.2.1-B1-14: Integrál doplnovania do I.O.

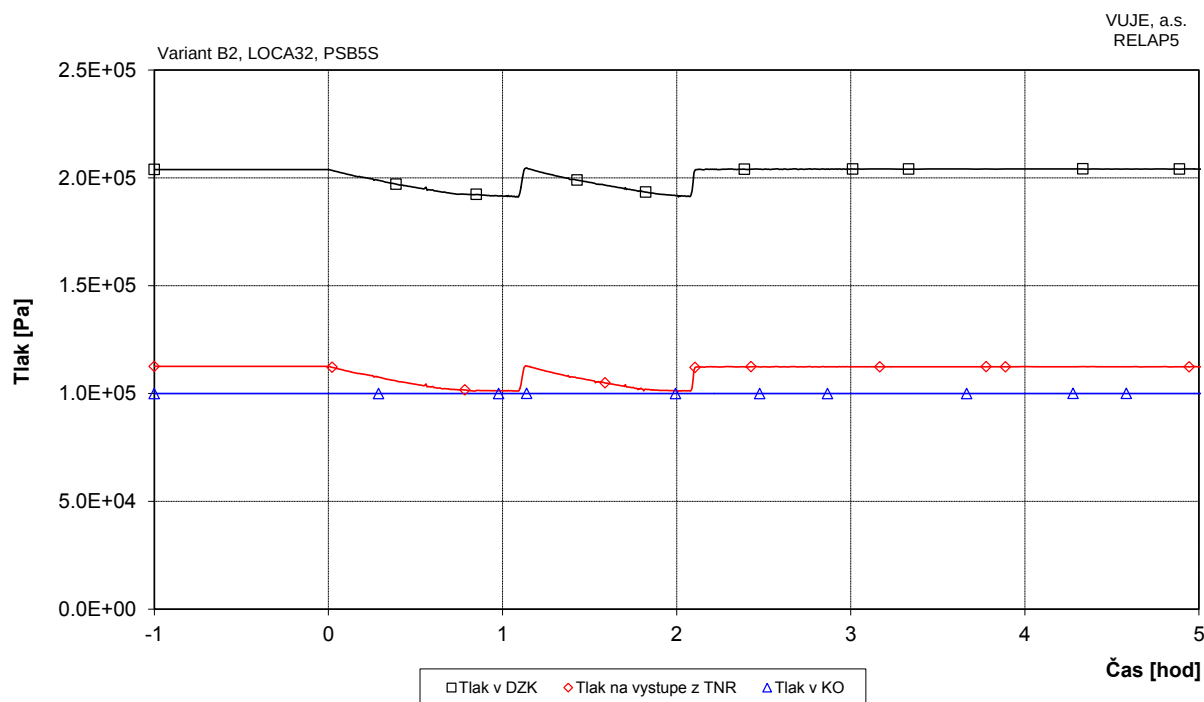
## Príloha č. 02

**7.2.1.14.2.2**      **Spektrum udalostí vedúcich k úniku chladiva z primárneho okruhu následkom porušenia tesnosti systémov primárneho okruhu alebo následkom nesprávnej činnosti obsluhy JZ (údržba, testovanie, ľudská chyba) pri otvorenom reaktore**

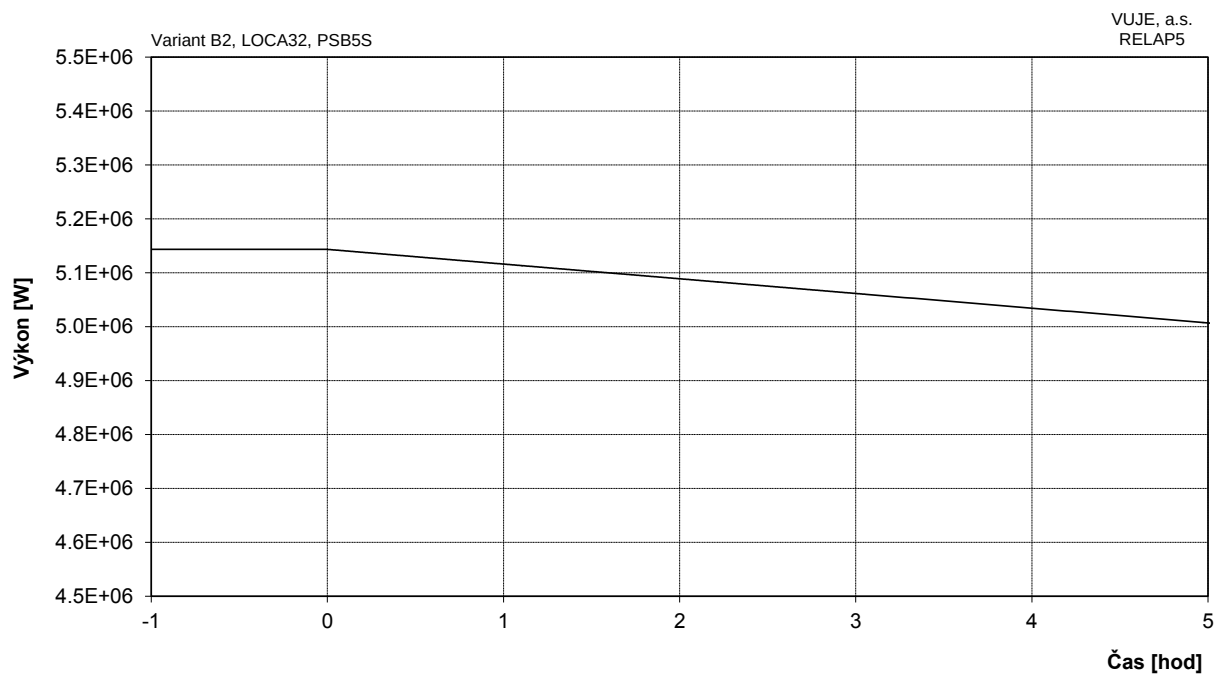
**Scenár B2**      **Únik chladiva pri otvorenom reaktore LOCA 32 na neoddeliteľnej časti studenej vetvy HCS č.1. Blok je v prevádzkovom režime 6**

## ZOZNAM OBRÁZKOV

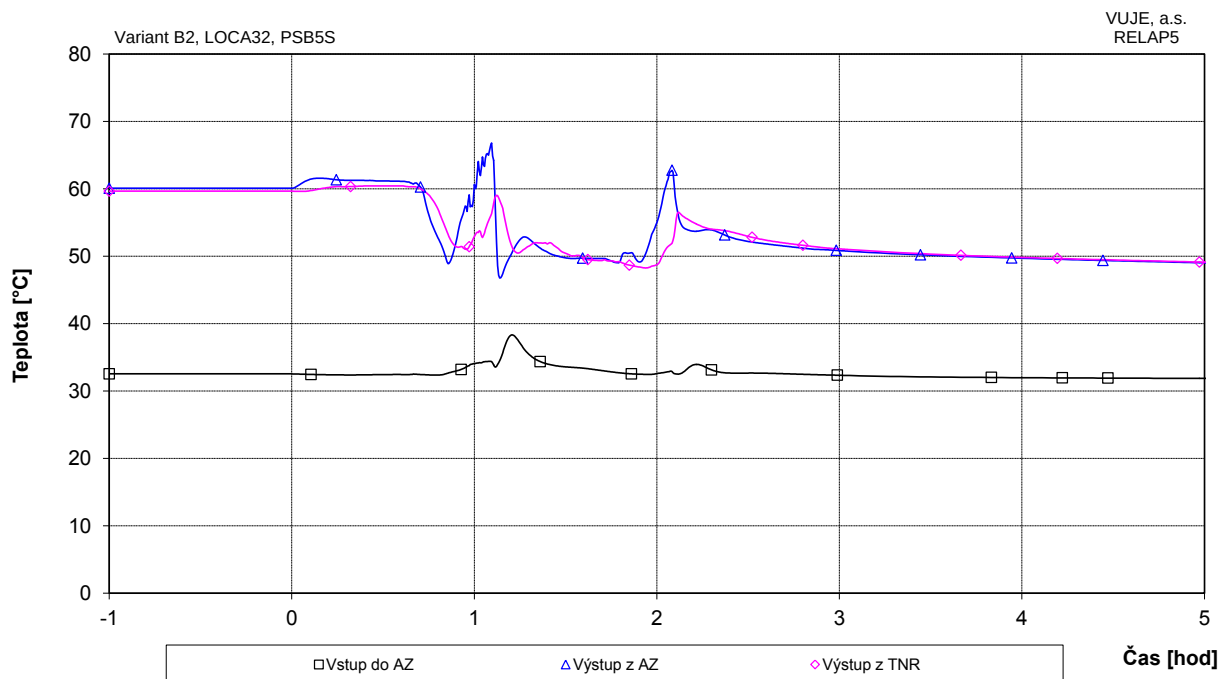
|                          |                                                           |   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-1:  | Tlak v I.O. ....                                          | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-2:  | Výkon reaktora ....                                       | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-3:  | Teplota v AZ a TNR ....                                   | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-4:  | Teplota chladiva na výstupe z TNR.....                    | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-5:  | Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ .... | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-6:  | Maximálna teplota paliva ....                             | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-7:  | Hladina chladiva v TNR ....                               | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-8:  | Hmotnostný prietok cez reaktor ....                       | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-9:  | Prietok cez únikový otvor ....                            | 6 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-10: | Podchladenie I.O. ....                                    | 6 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-11: | Doplňovanie do I.O. ....                                  | 7 |
| Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-12: | Integrál doplňovania do I.O. ....                         | 7 |



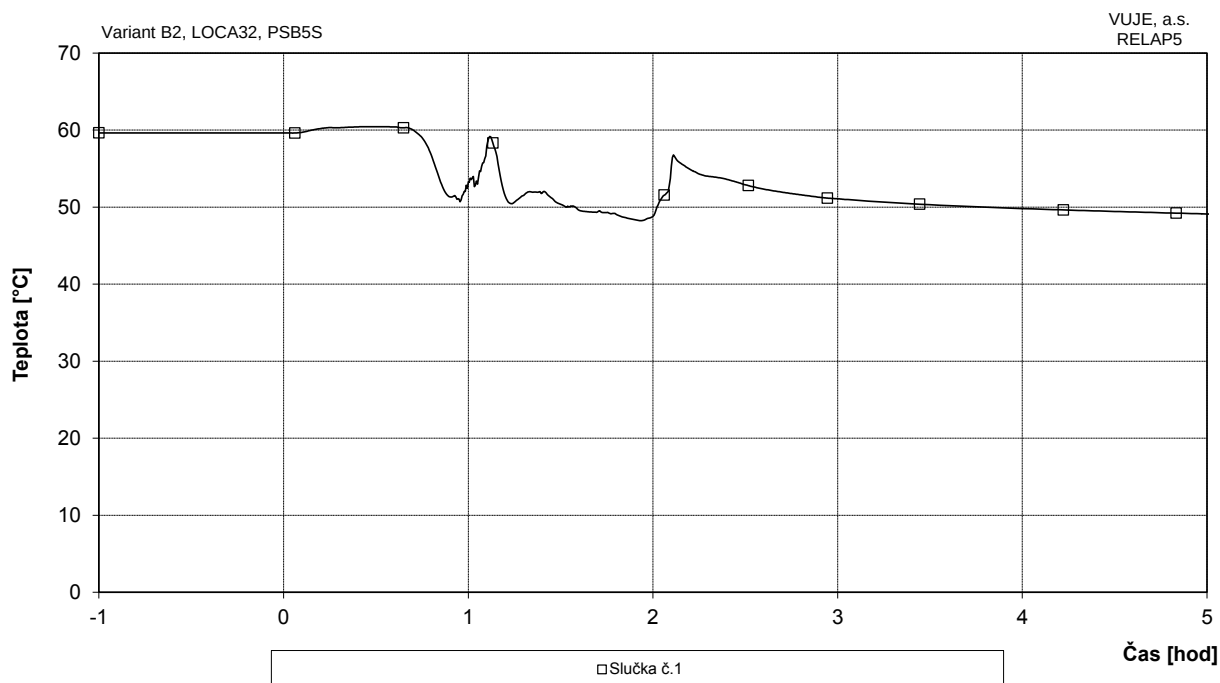
Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-1: Tlak v I.O.



Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-2: Výkon reaktora

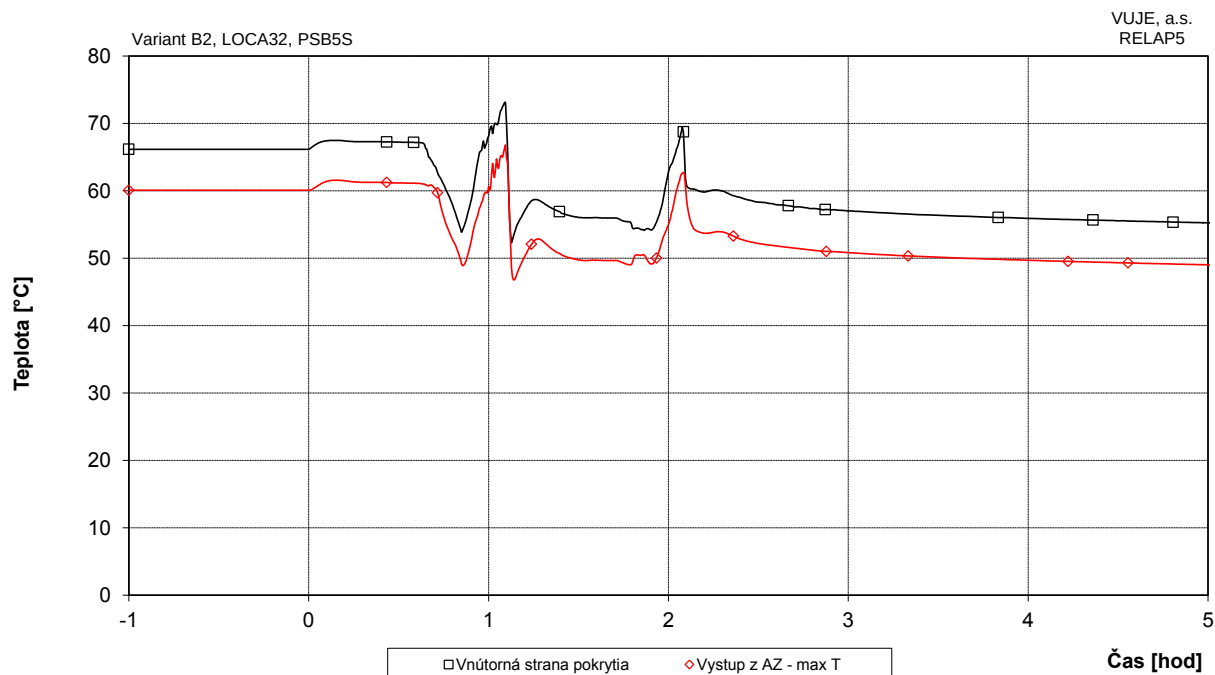


Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-3: Teplota v AZ a TNR

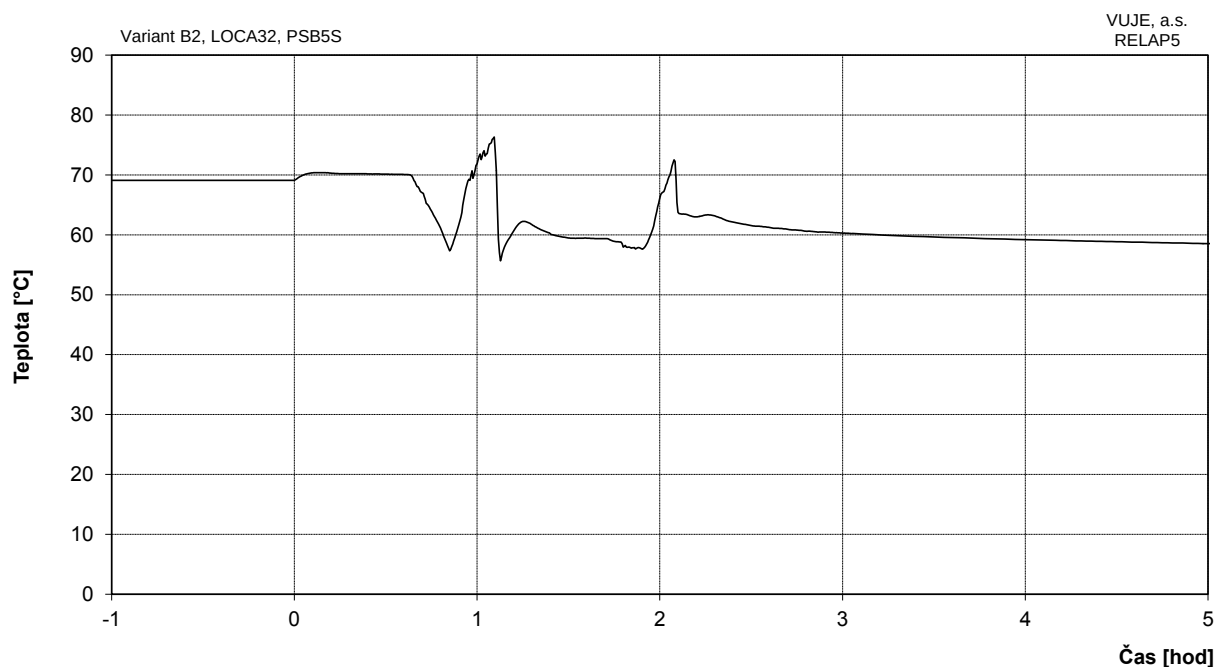


Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-4: Teplota chladiva na výstupe z TNR

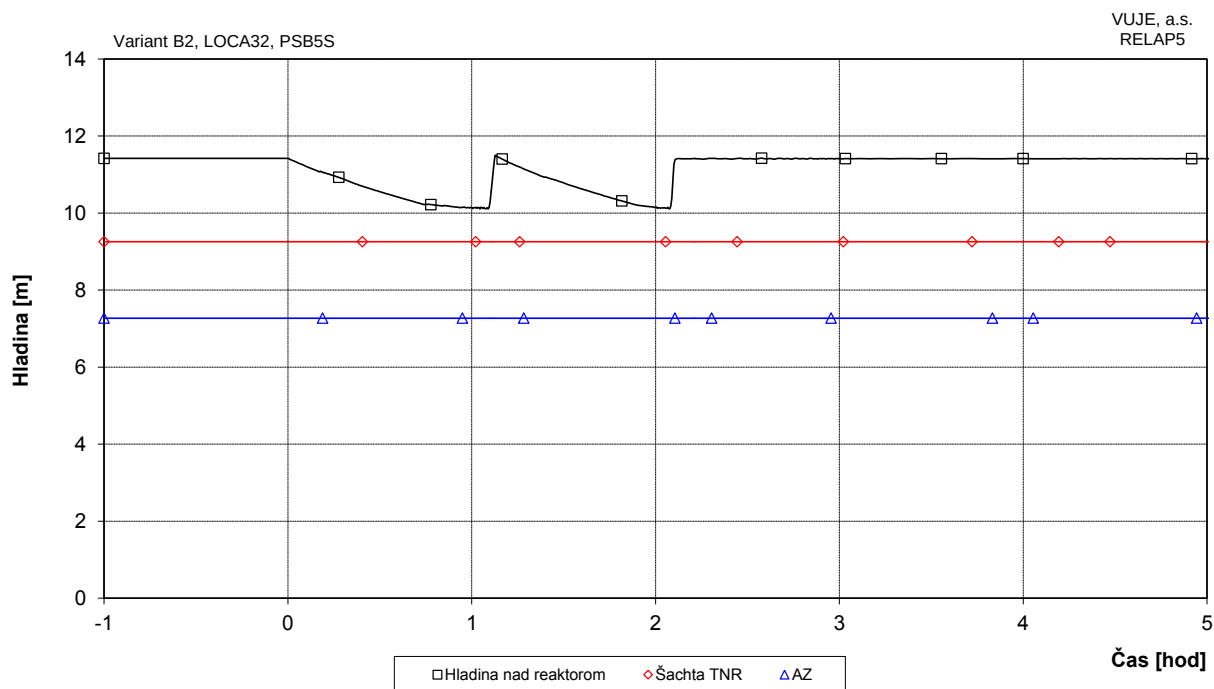




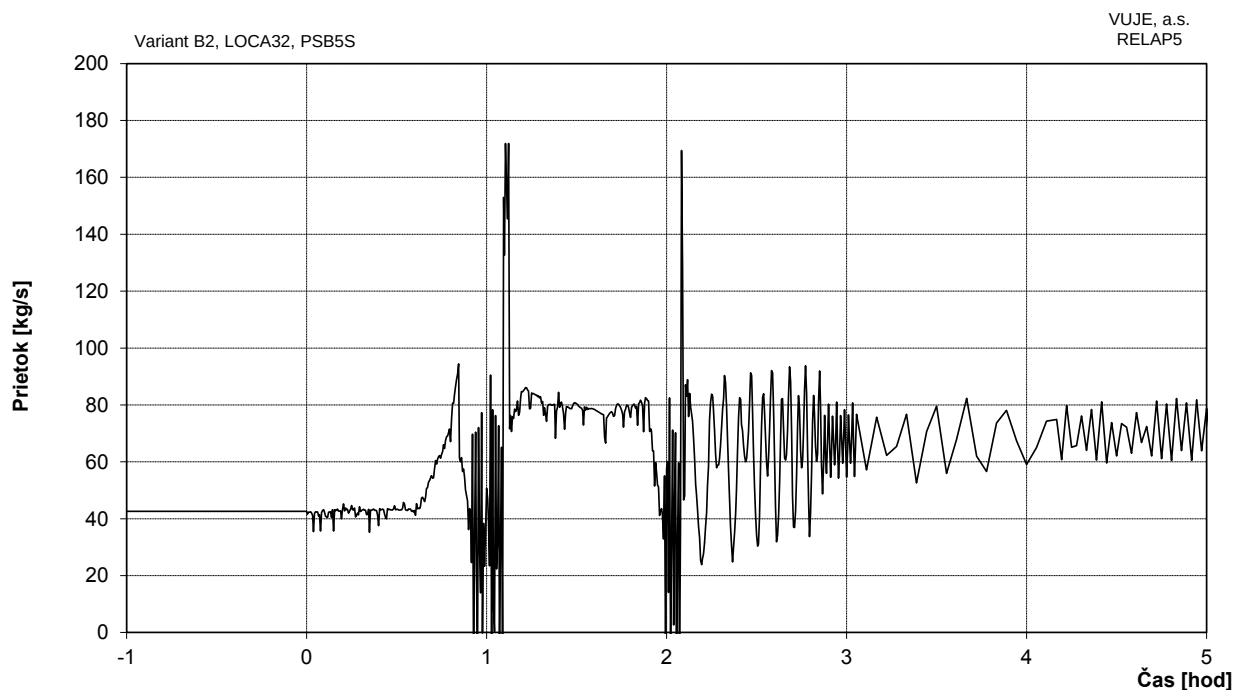
Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-5: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ



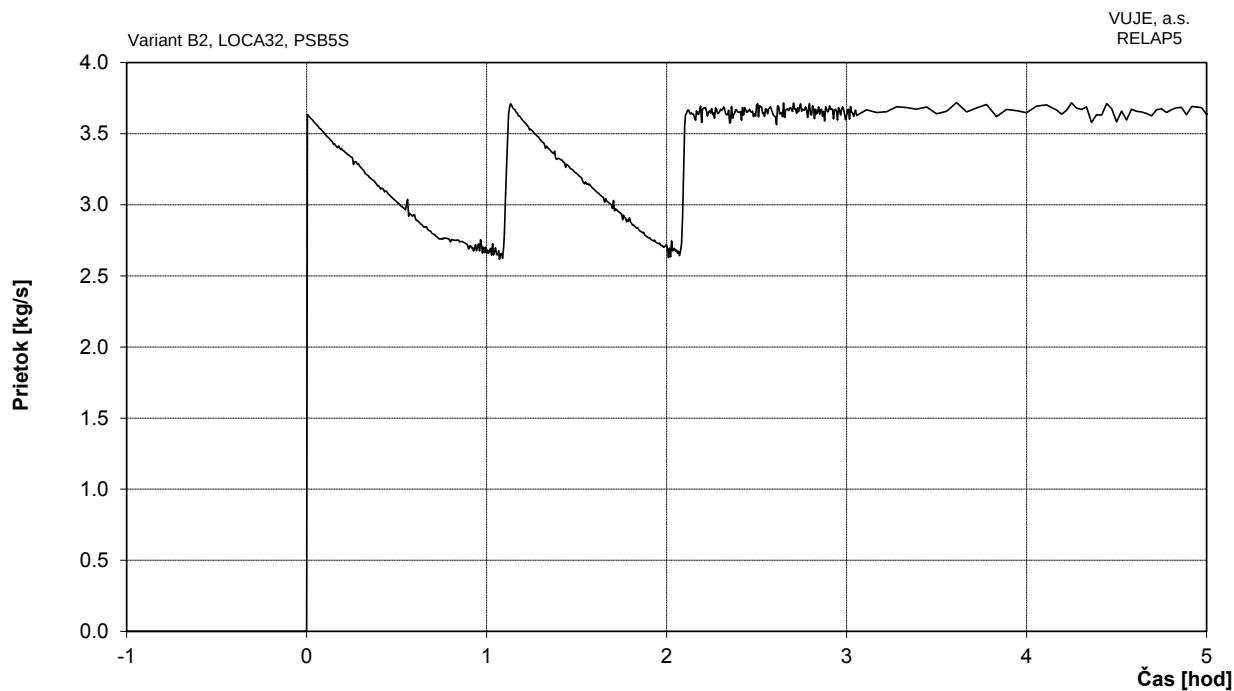
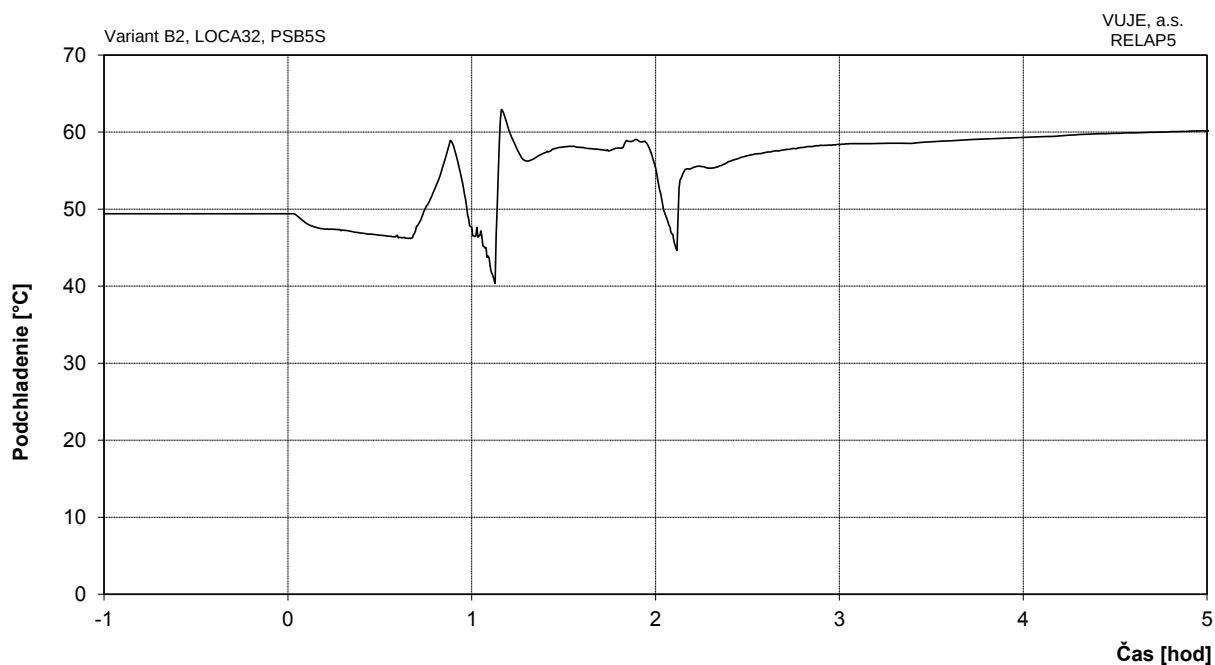
Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-6: Maximálna teplota paliva

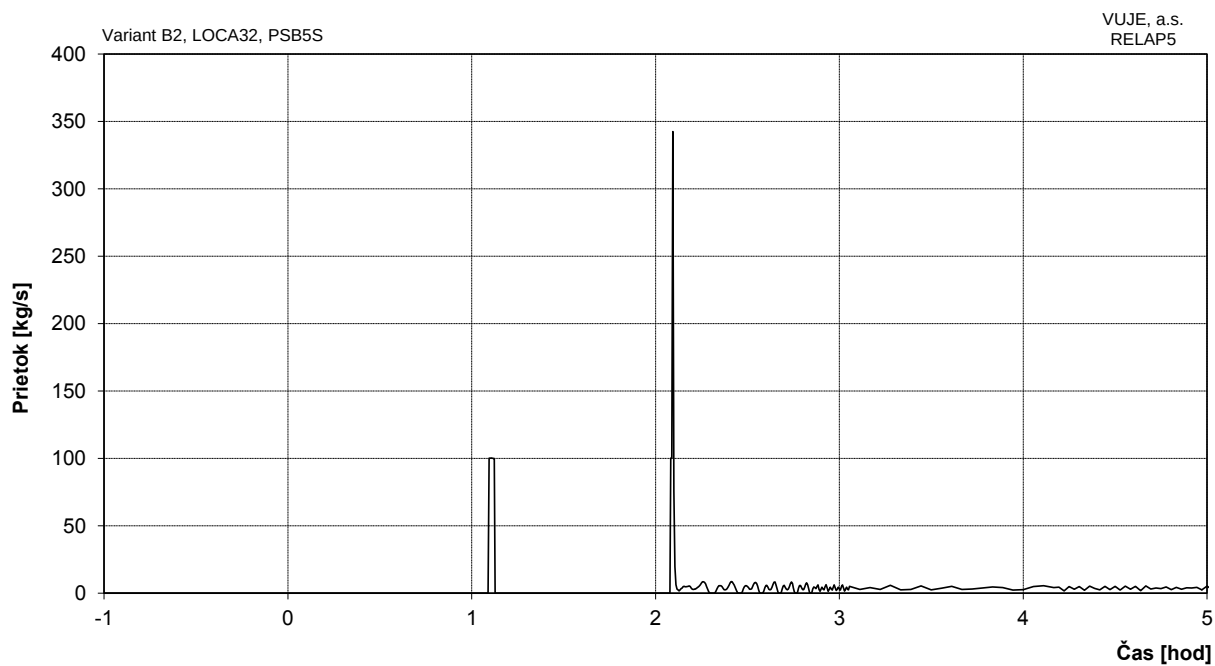


Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-7: Hladina chladiča v TNR

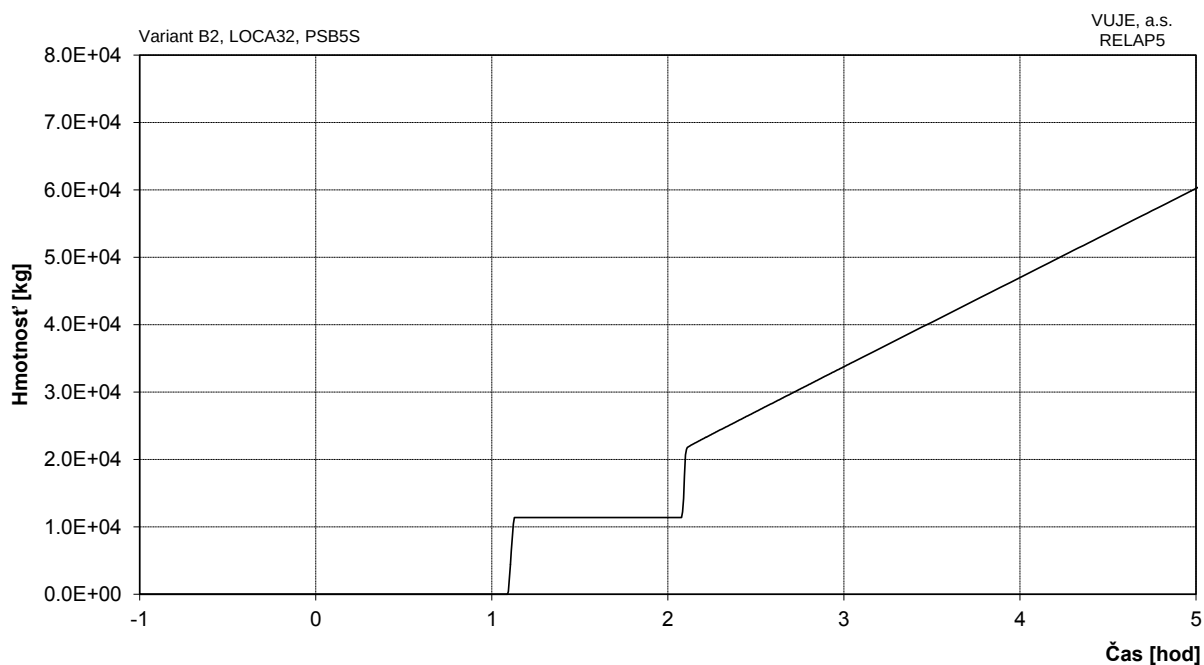


Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-8: Hmotnostný prietok cez reaktor

**Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-9: Prietok cez únikový otvor****Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-10: Podchladienie I.O.**



Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-11: Dopĺňovanie do I.O.



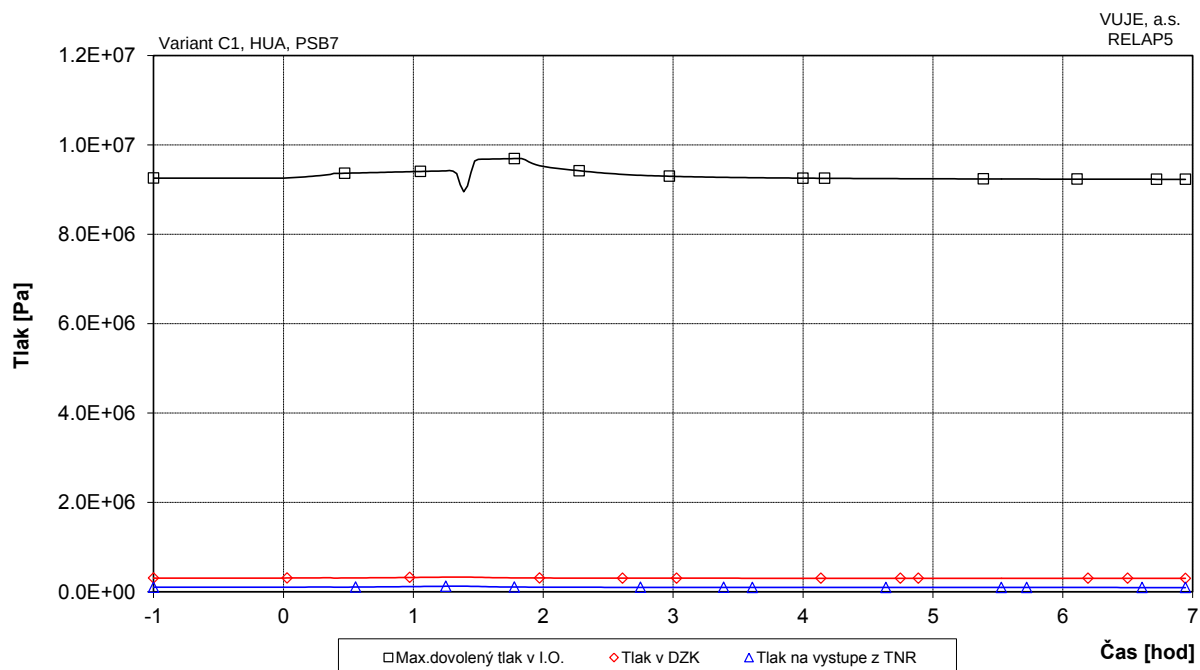
Obr. 7.2.1.14.2.2-B2-12: Integrál dopĺňovania do I.O.

**Príloha č. 03**

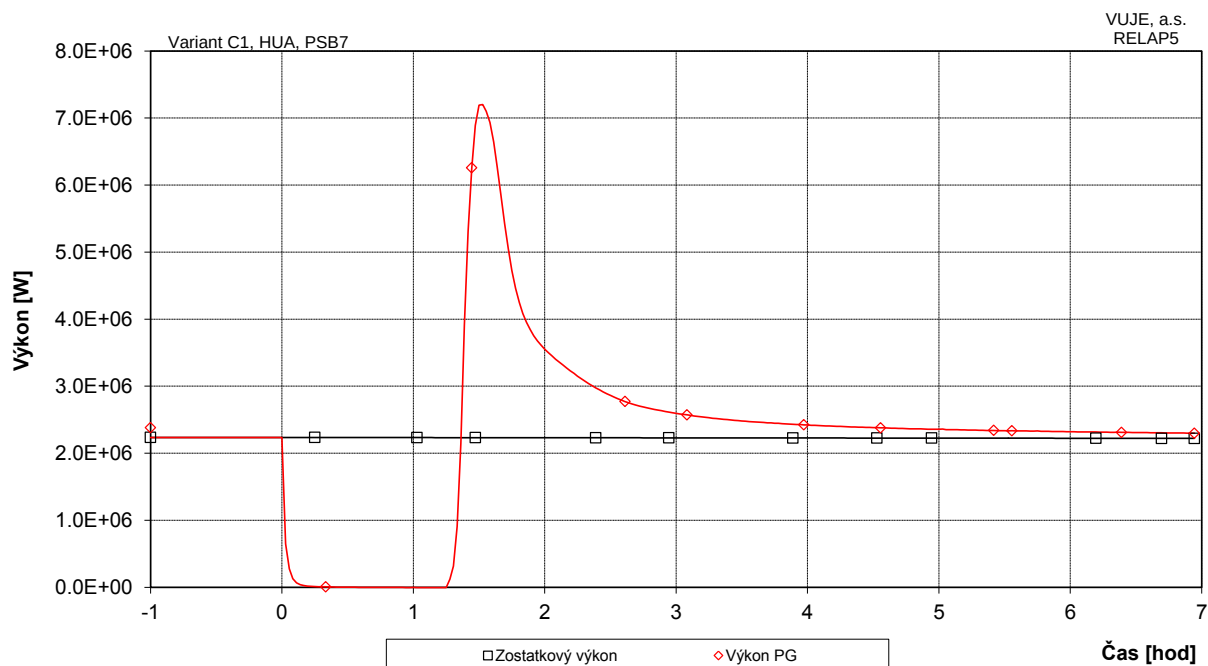
- 7.2.1.14.4.1**      **Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre zatvorený reaktor**
- Scenár C1**        **Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke I.O. počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB7 v režime prirodzenej cirkulácie**

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

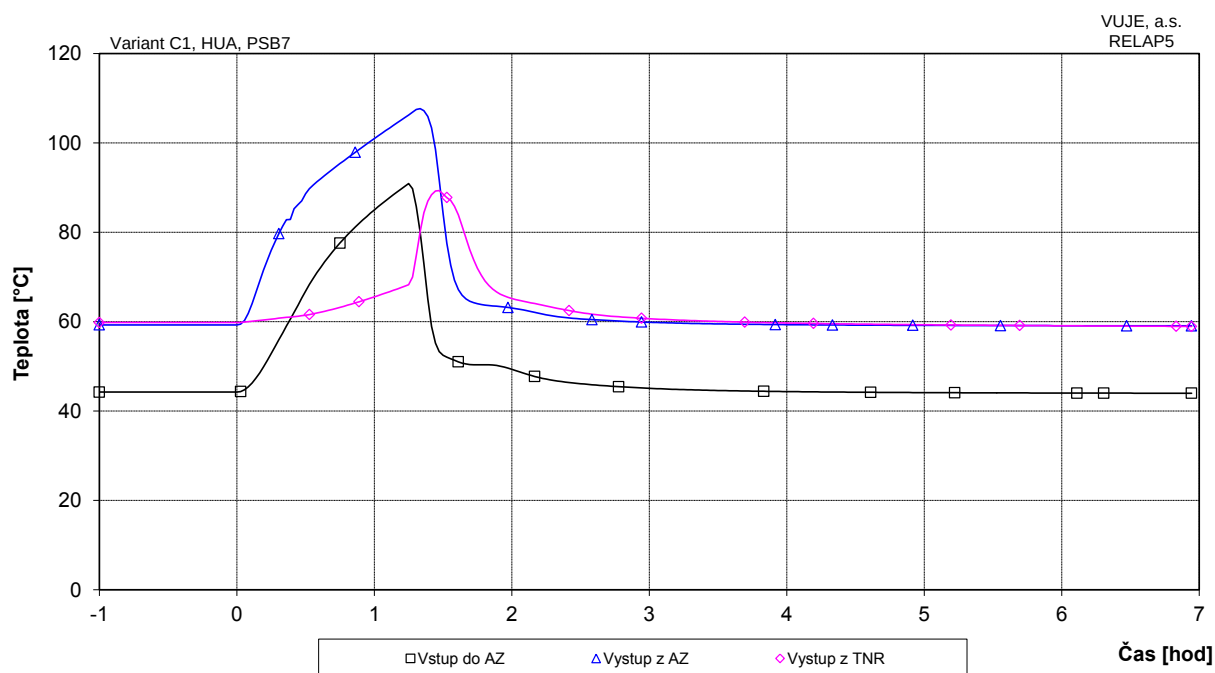
|                         |                                                            |   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-1: | Tlak v I.O. ....                                           | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-2: | Výkon reaktora a PG .....                                  | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-3: | Teplota chladiva v TNR.....                                | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-4: | Teplota chladiva na výstupe z TNR.....                     | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-5: | Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ ..... | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-6: | Maximálna teplota paliva .....                             | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-7: | Celková hladina v KO .....                                 | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-8: | Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR.....          | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-9: | Podchladenie I.O. ....                                     | 6 |



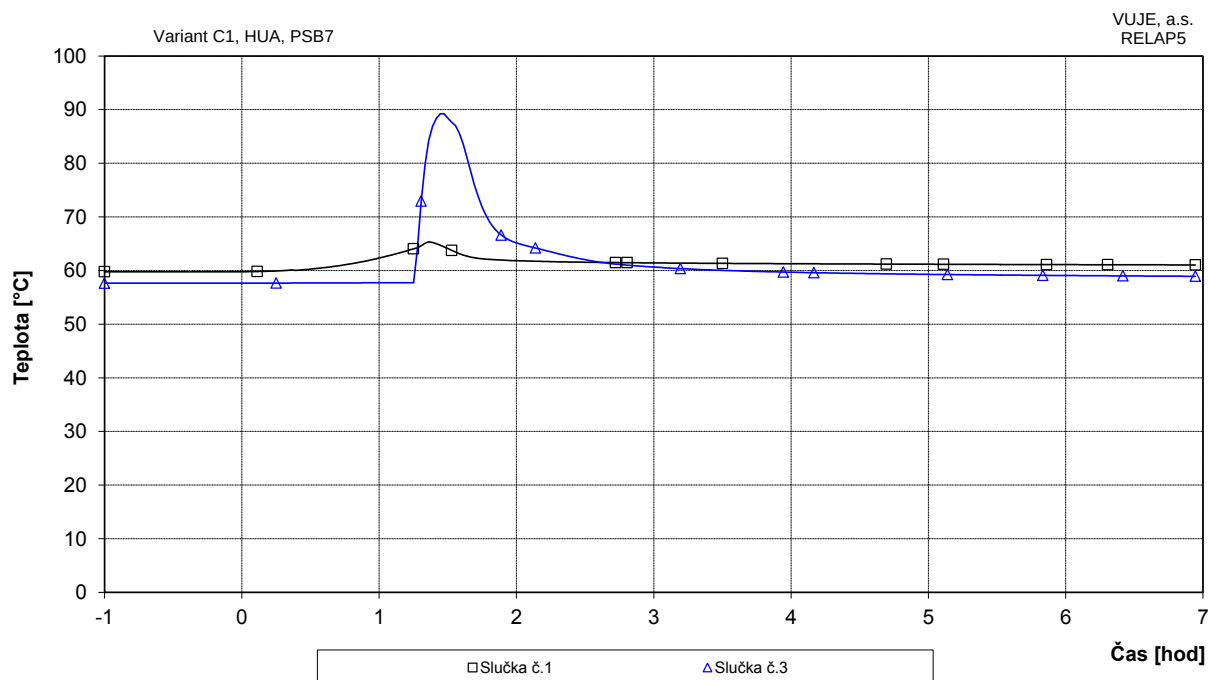
Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-1: Tlak v I.O.



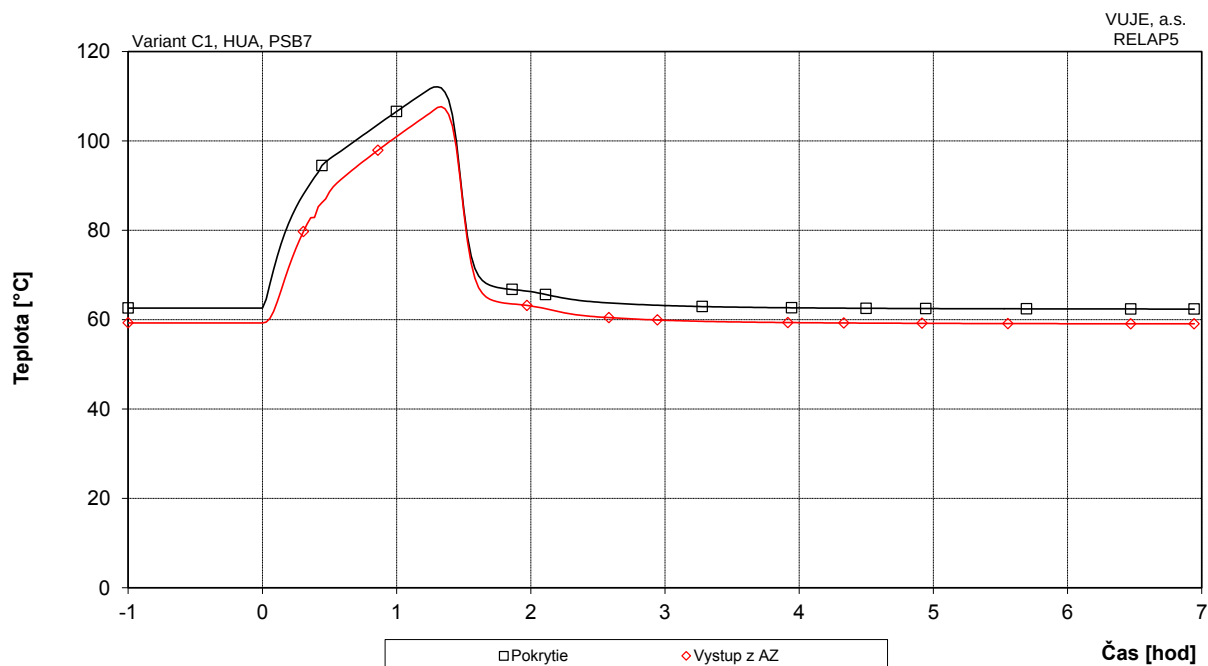
Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-2: Výkon reaktora a PG



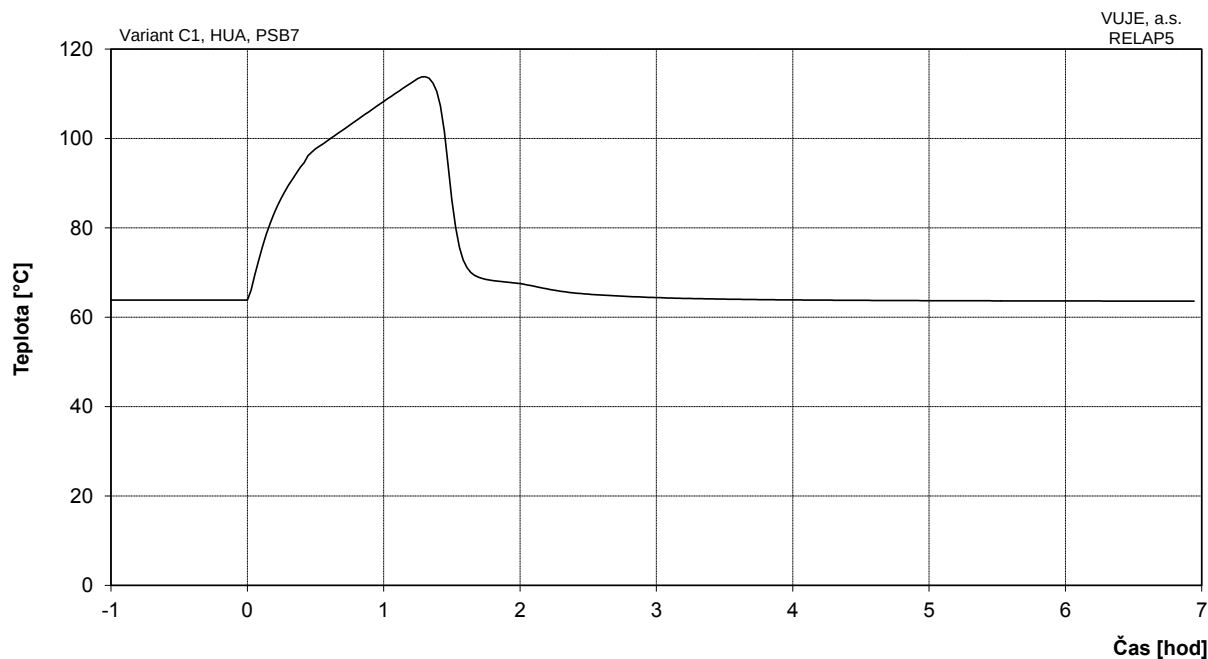
Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-3: Teplota chladiva v TNR



Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-4: Teplota chladiva na výstupe z TNR

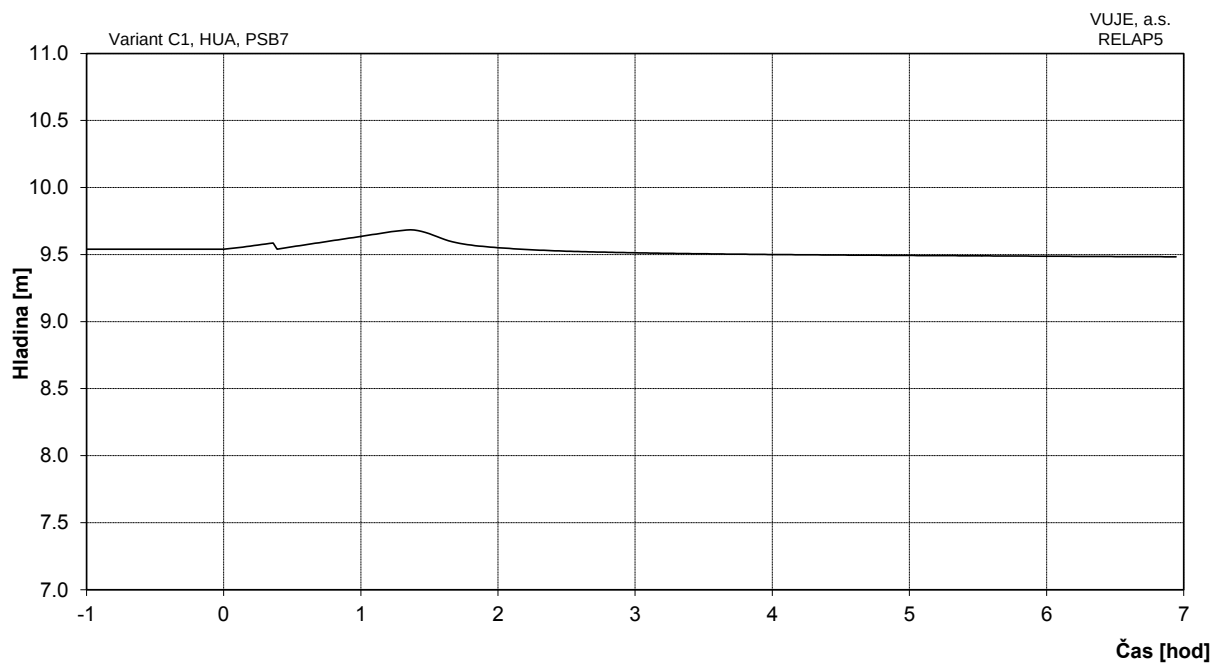


Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-5: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ

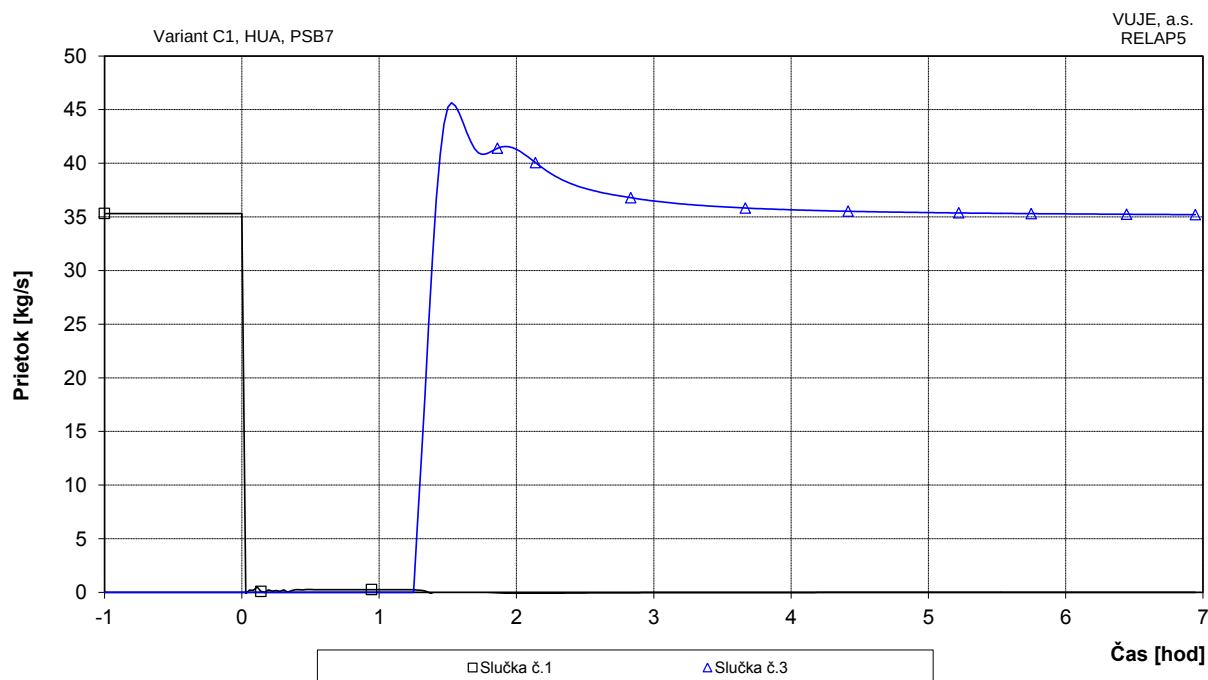


Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-6: Maximálna teplota paliva

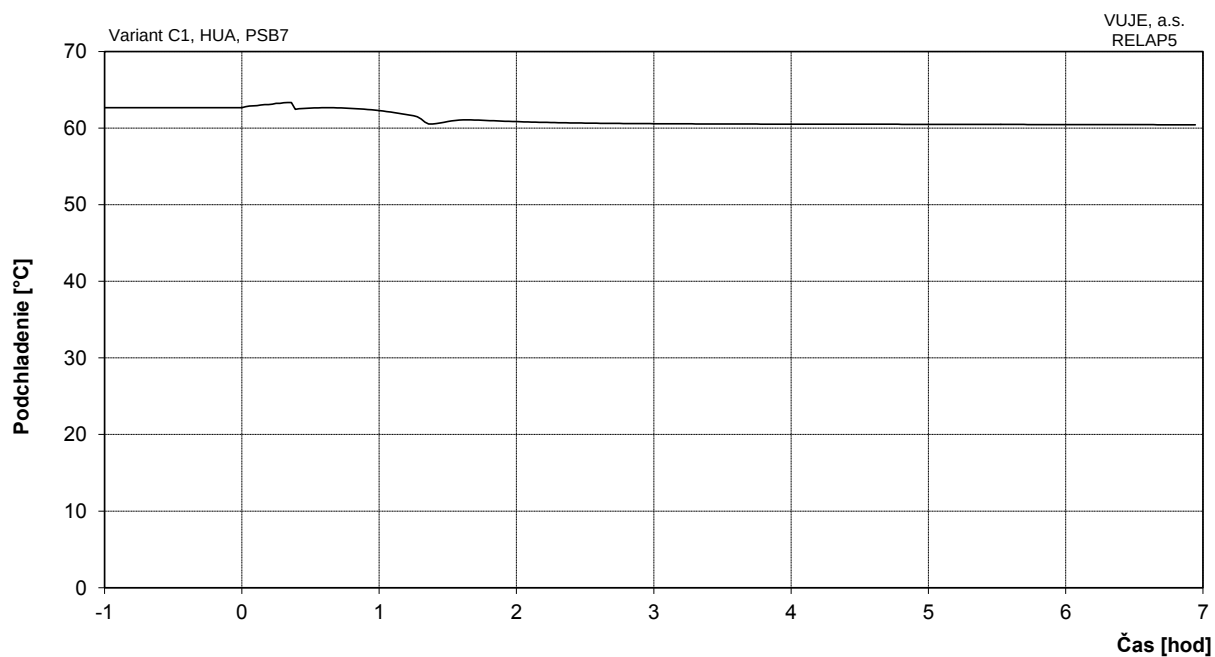




Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-7: Celková hladina v KO



Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR

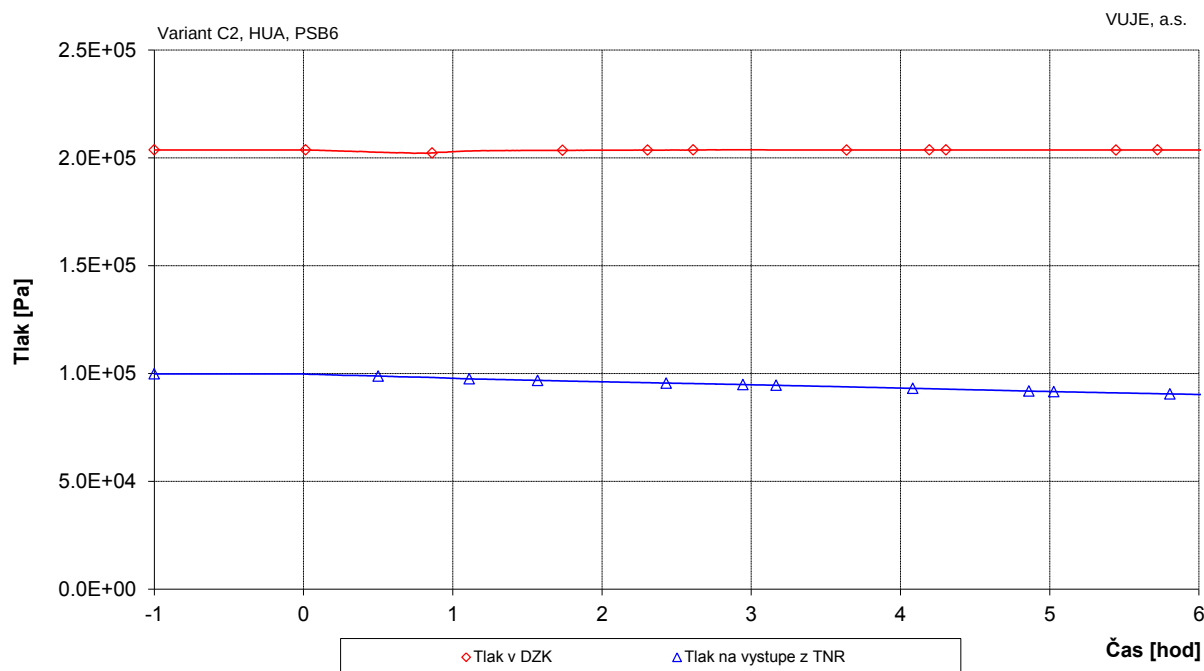
**Obr. 7.2.1.14.4.1-C1-9: Podchladienie I.O.**

**Príloha č. 04**

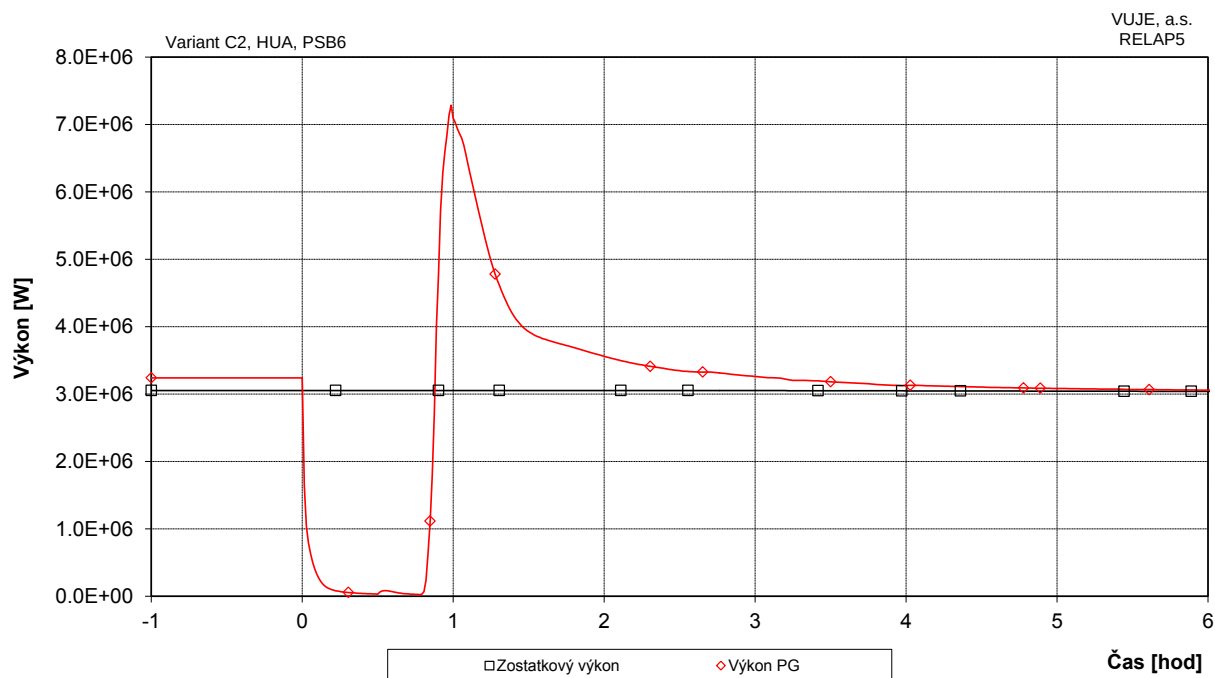
|                     |                                                                                                                                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7.2.1.14.4.2</b> | <b>Strata odvodu zostatkového tepla z aktívnej zóny alebo primárneho okruhu pre otvorený reaktor</b>                                                                |
| <b>Scenár C2</b>    | <b>Zatvorenie HUA na pracujúcej slučke I.O. počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB6 v režime prirodzenej cirkulácie</b> |

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

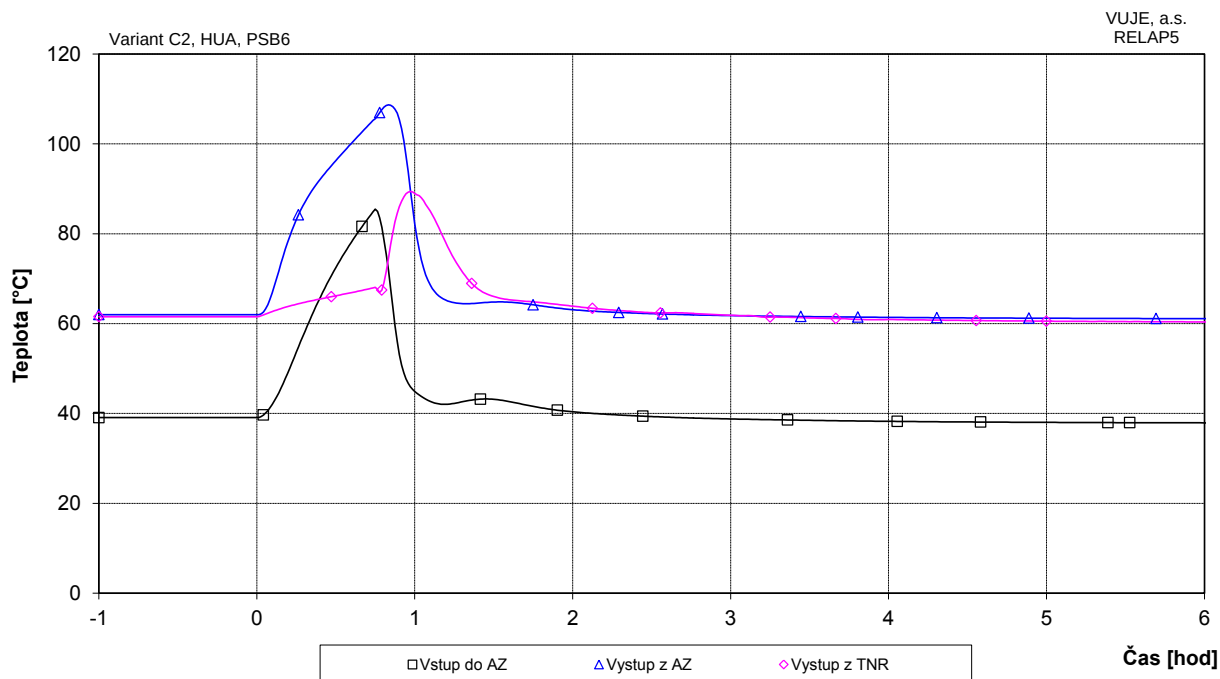
|                         |                                                            |   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-1: | Tlak v I.O. ....                                           | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-2: | Výkon reaktora a PG .....                                  | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-3: | Teplota chladiva v TNR.....                                | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-4: | Teplota chladiva na výstupe z TNR.....                     | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-5: | Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ ..... | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-6: | Maximálna teplota paliva .....                             | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-7: | Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR.....          | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-8: | Podchladenie I.O. ....                                     | 5 |



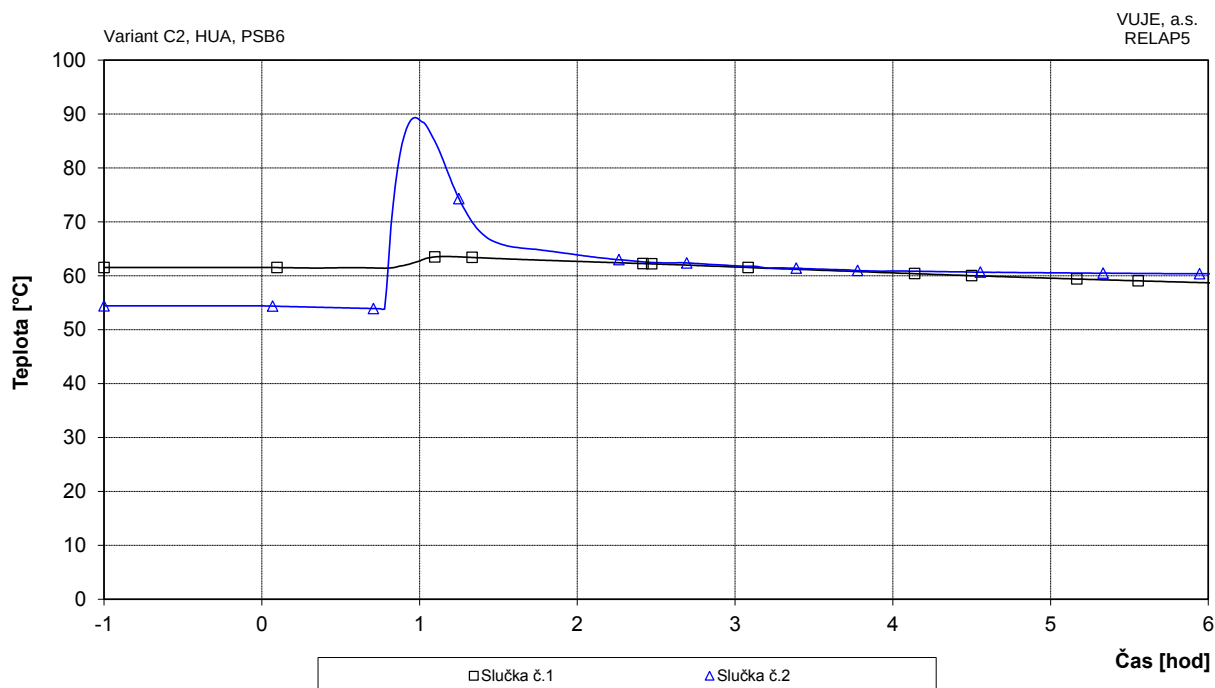
Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-1: Tlak v I.O.



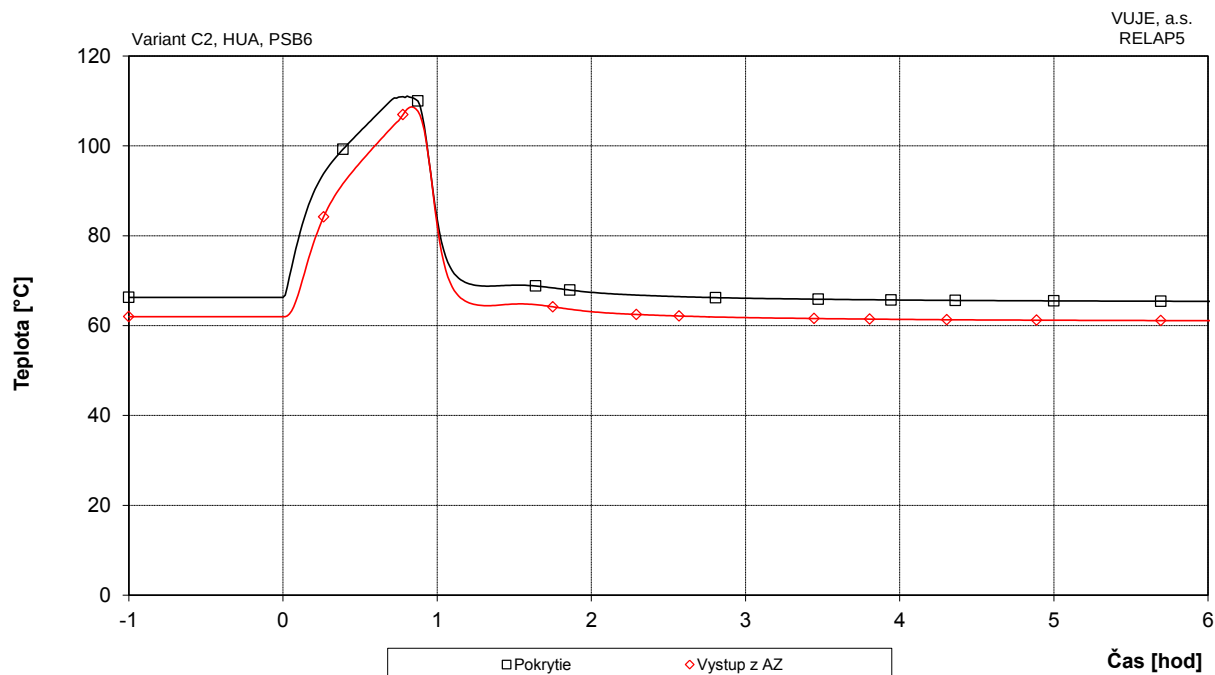
Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-2: Výkon reaktora a PG



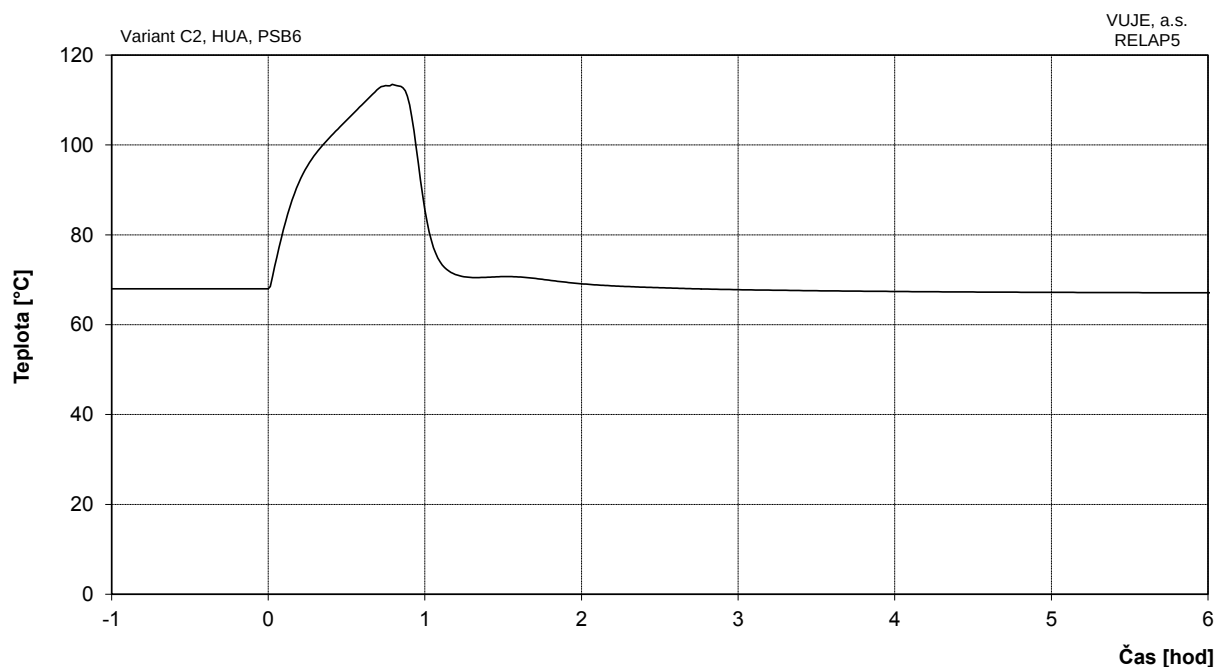
Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-3: Teplota chladiva v TNR



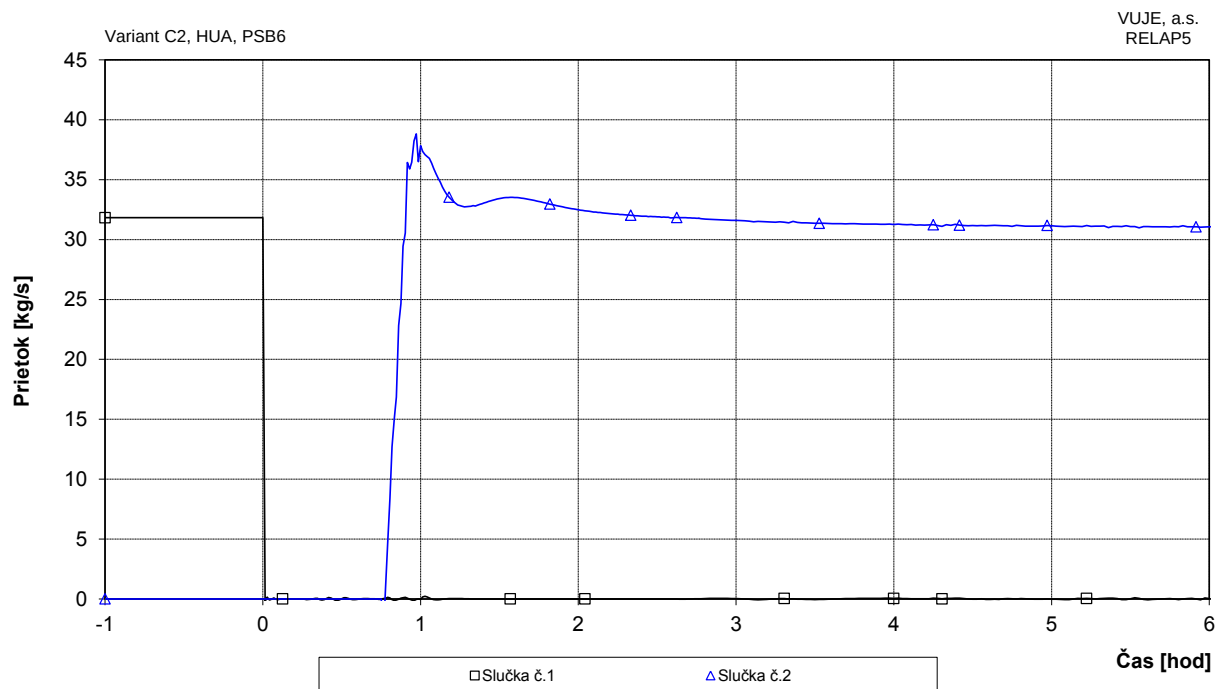
Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-4: Teplota chladiva na výstupe z TNR



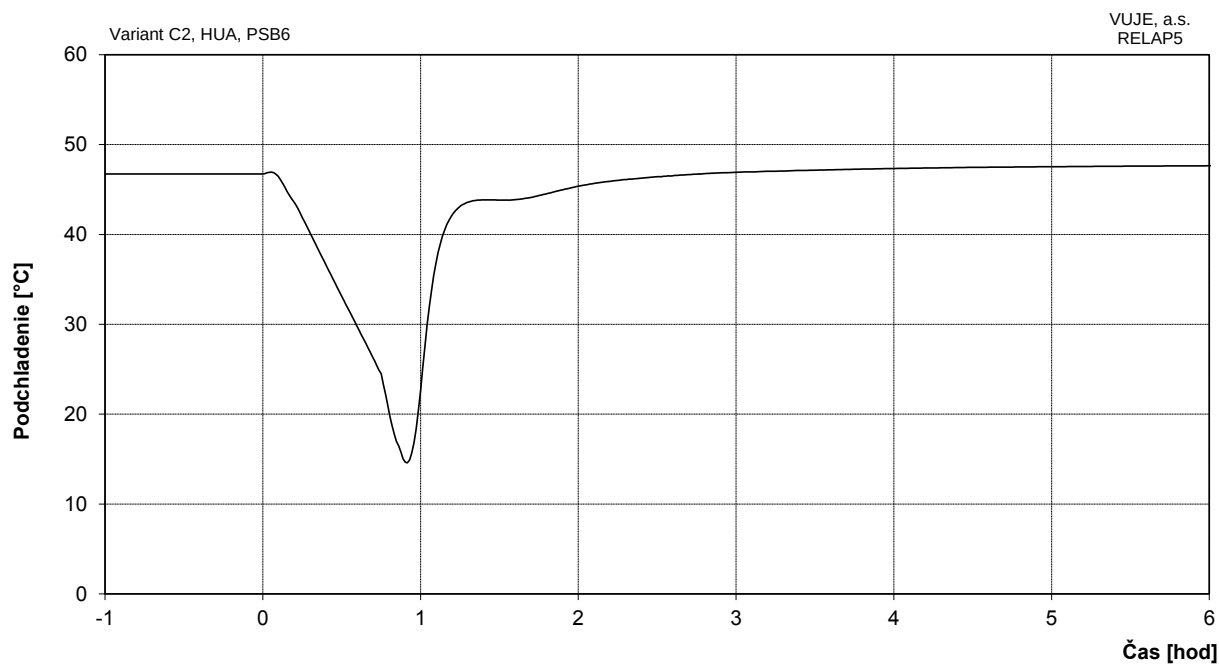
Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-5: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ



Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-6: Maximálna teplota paliva



Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-7: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR

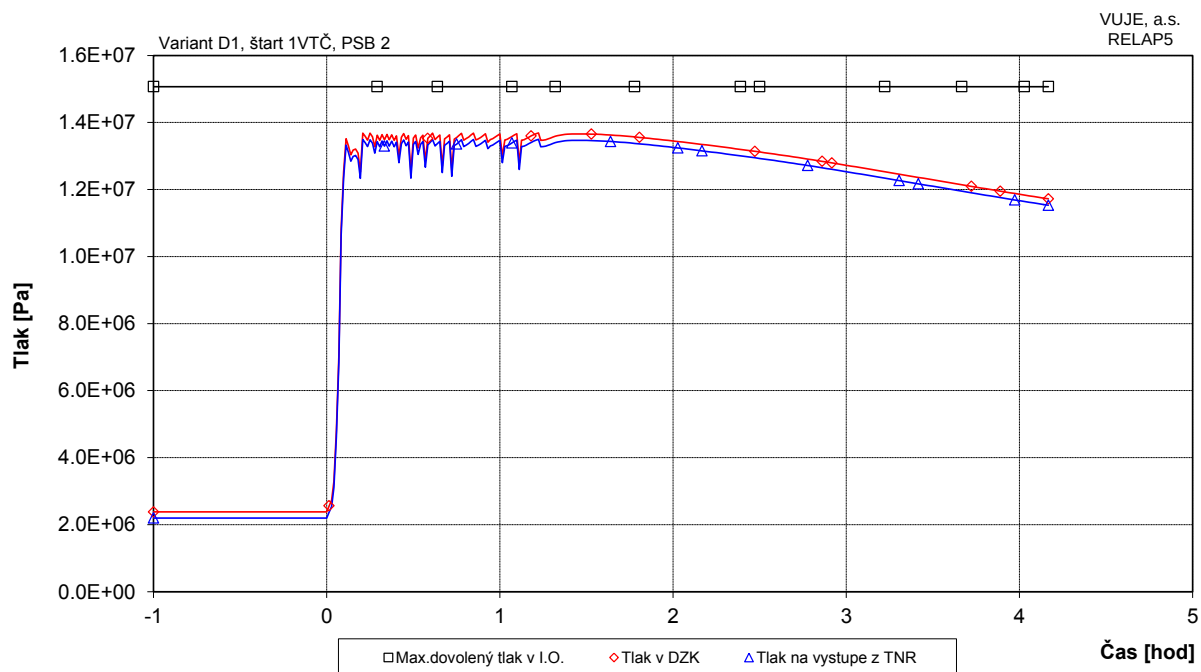


Obr. 7.2.1.14.4.2-C2-8: Podchladenie I.O.

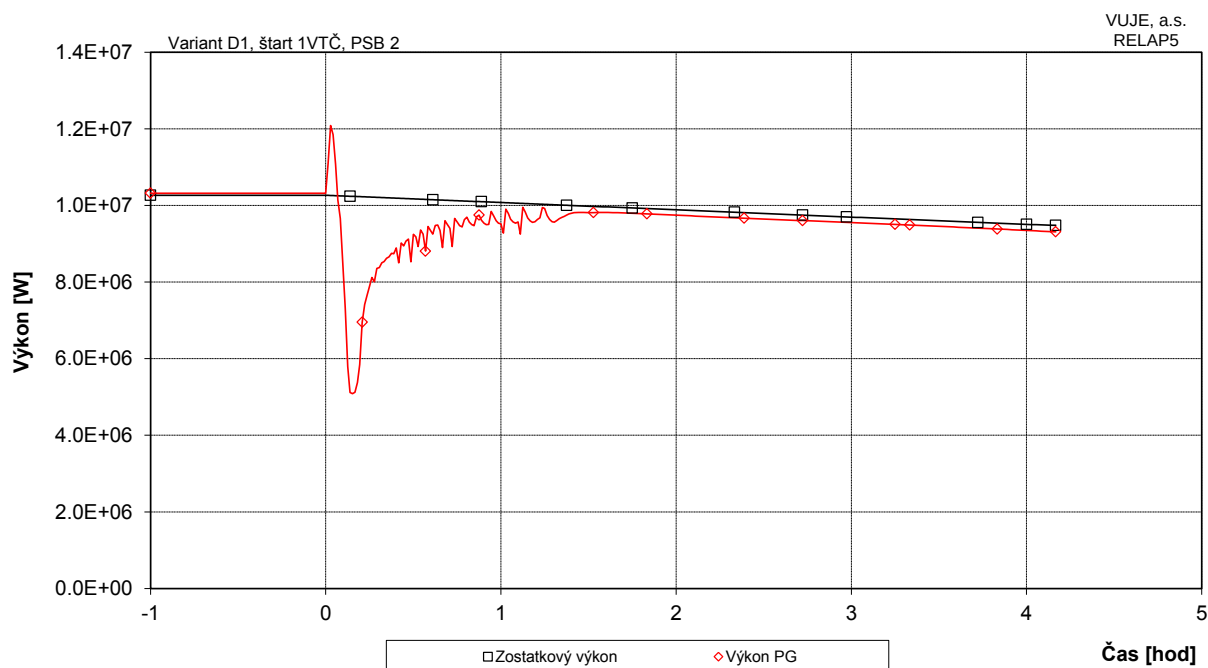
**Príloha č. 05****7.2.1.14.5.2      Neočakávané uvedenie do činnosti havarijného systému  
chladenia aktívnej zóny****Scenár D1      Neočakávané uvedenie jedného VTČ do činnosti v prevádzkovom  
stave bloku PSB2****ZOZNAM OBRÁZKOV**

|                                                                                    |   |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-1: Tlak v I.O. ....                                           | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-2: Výkon reaktora a PG .....                                  | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-3: Teplota chladiva v TNR.....                                | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR .....                    | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-5: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ ..... | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-6: Maximálna teplota paliva .....                             | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-7: Celková hladina v KO .....                                 | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR.....          | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-9: Dopĺňovanie do I.O. ....                                   | 6 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-10: Integrál dopĺňovania do I.O. ....                         | 6 |
| Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-11: Podchladenie I.O. ....                                    | 7 |

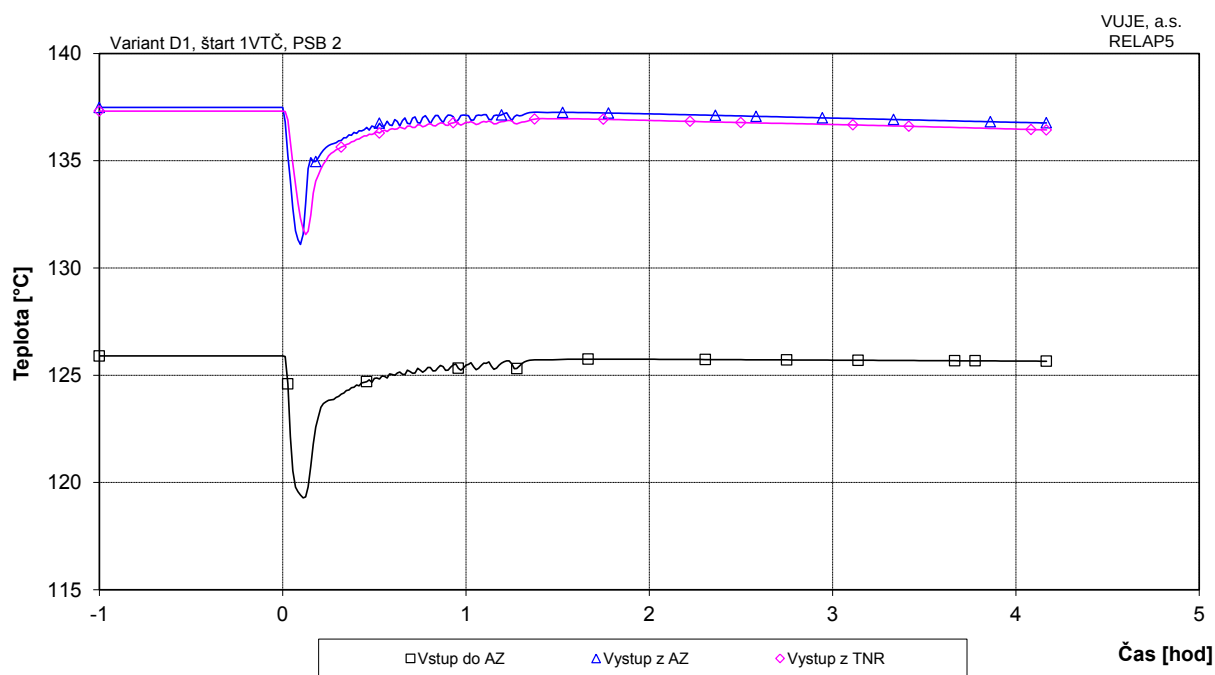




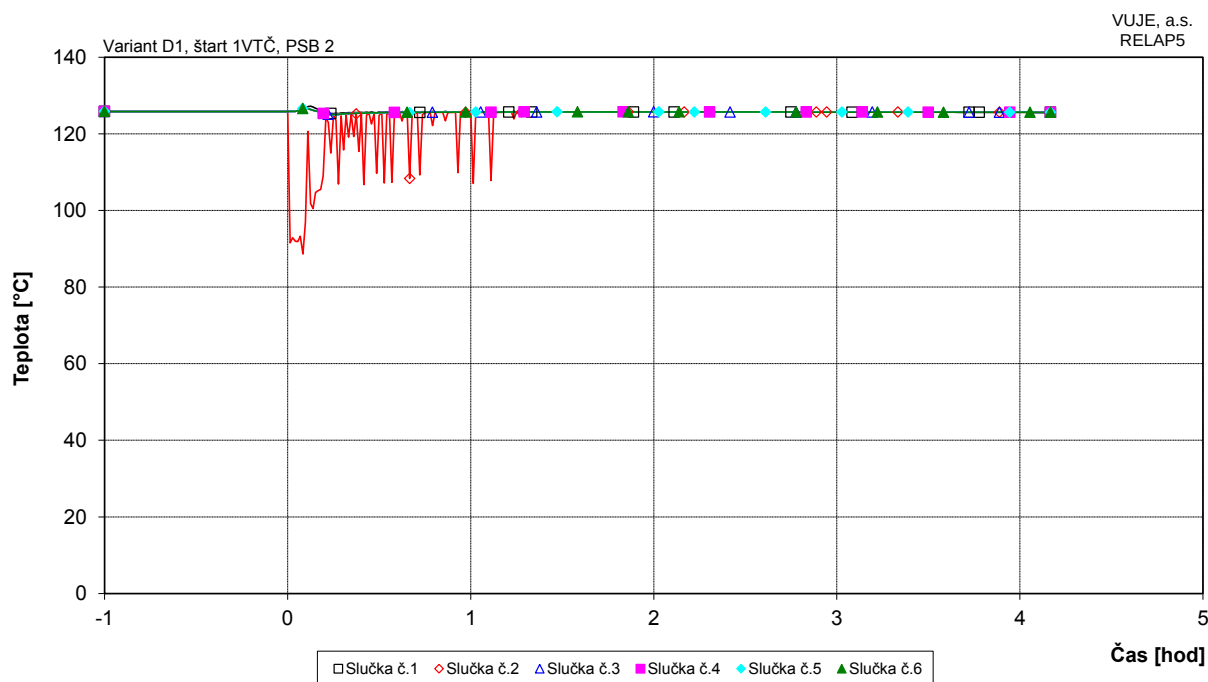
Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-1: Tlak v I.O.



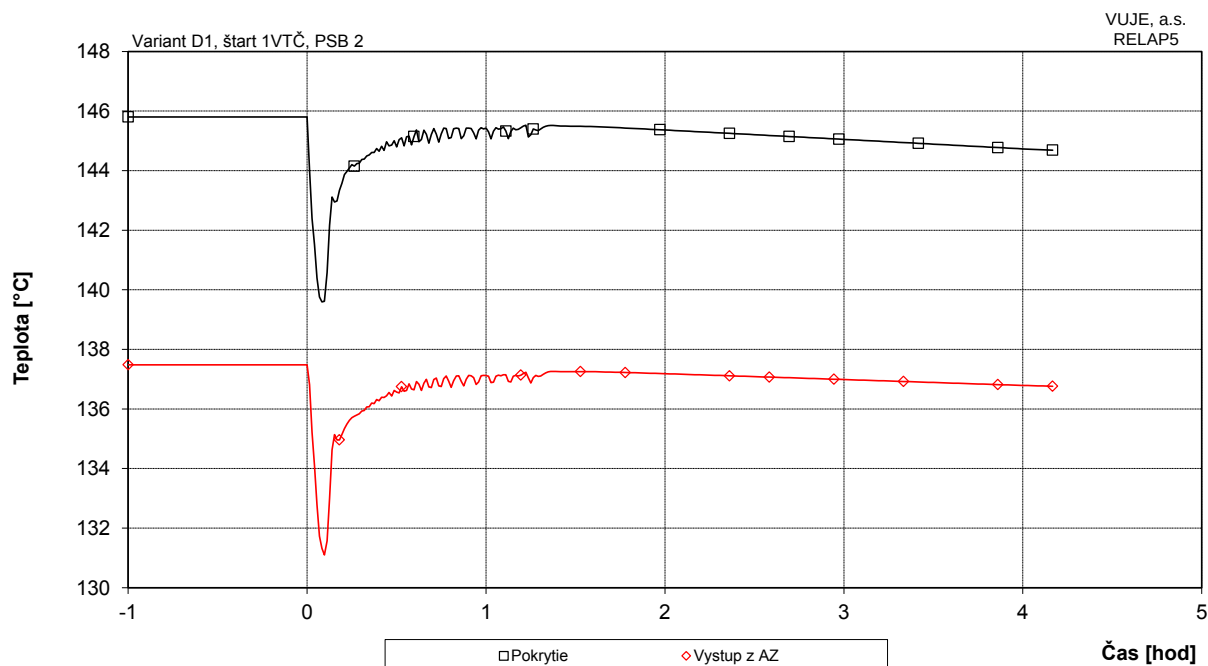
Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-2: Výkon reaktora a PG



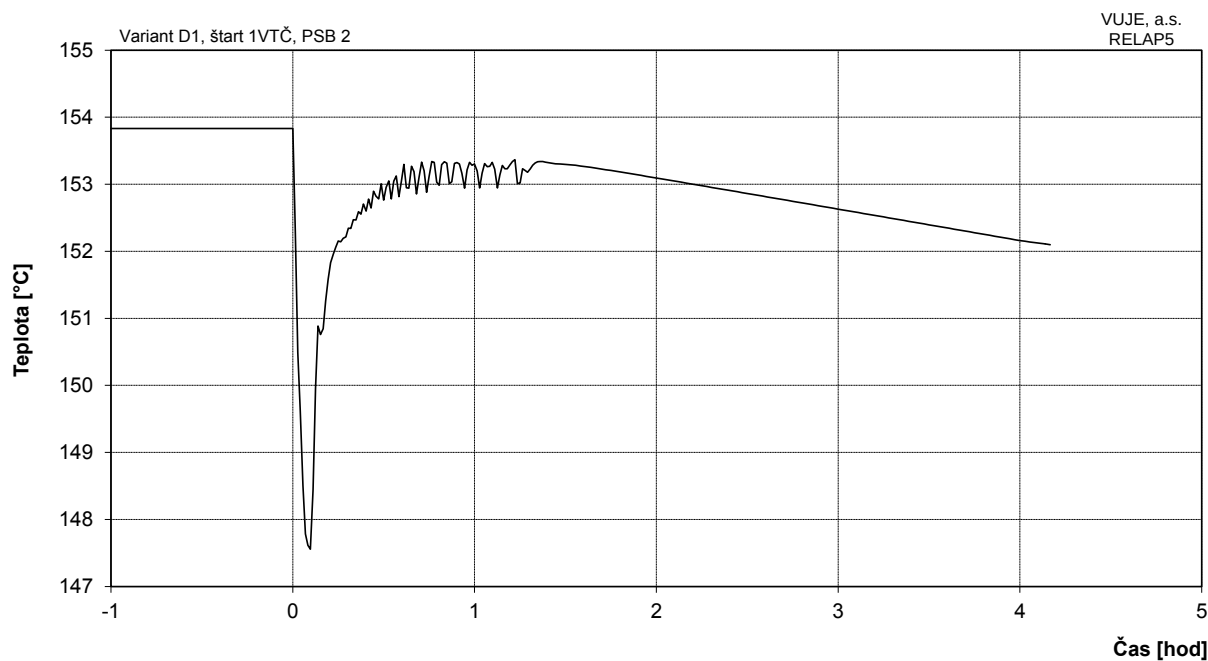
Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-3: Teplota chladiva v TNR



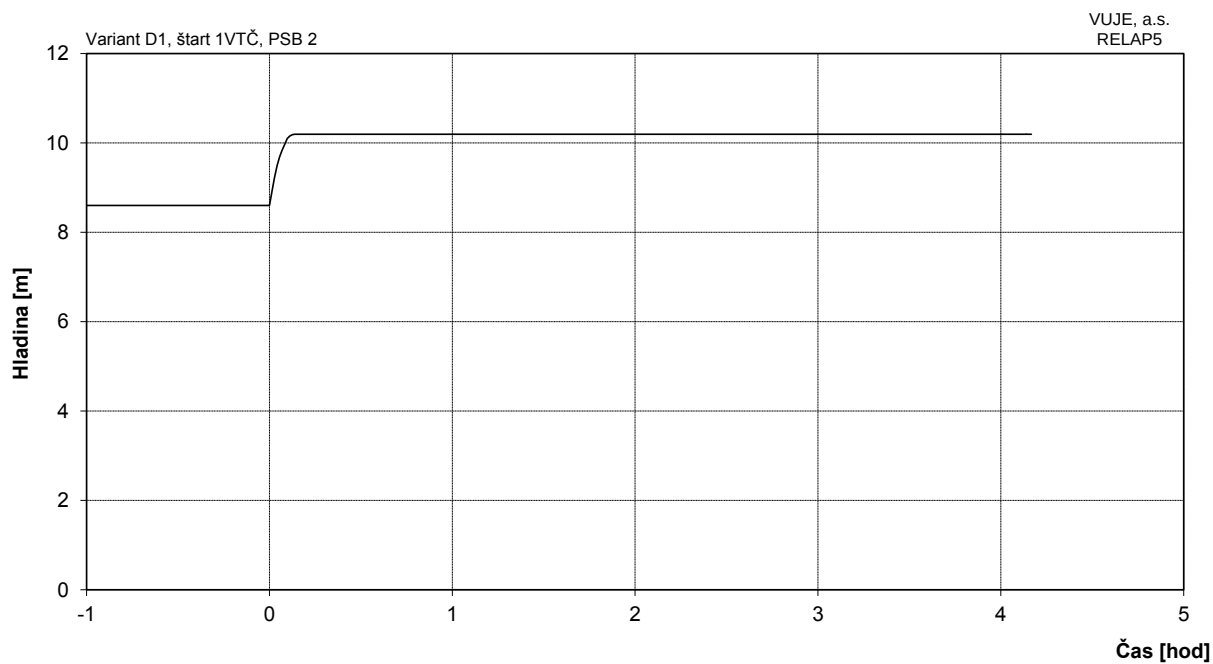
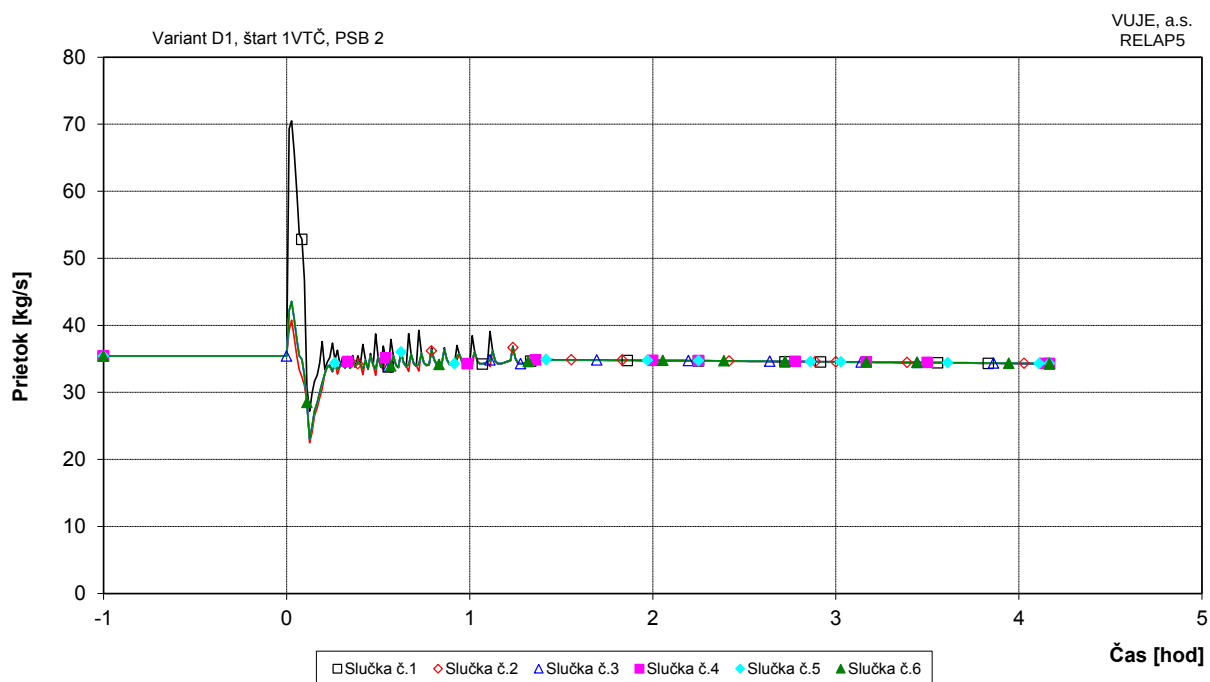
Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR

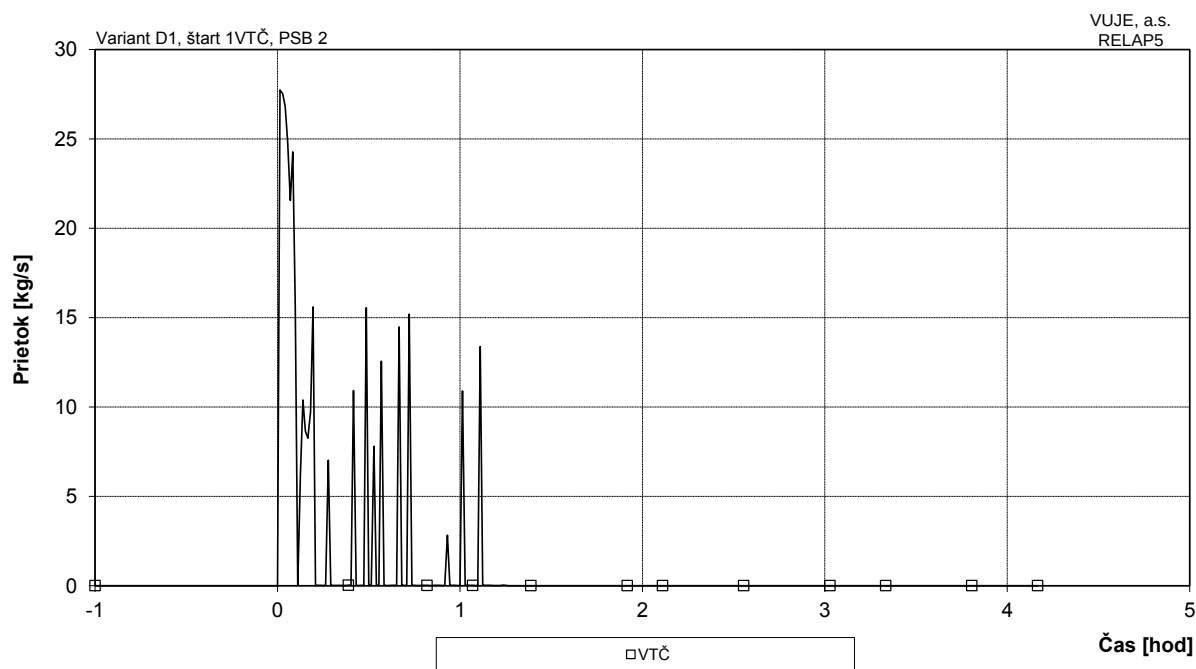


Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-5: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ

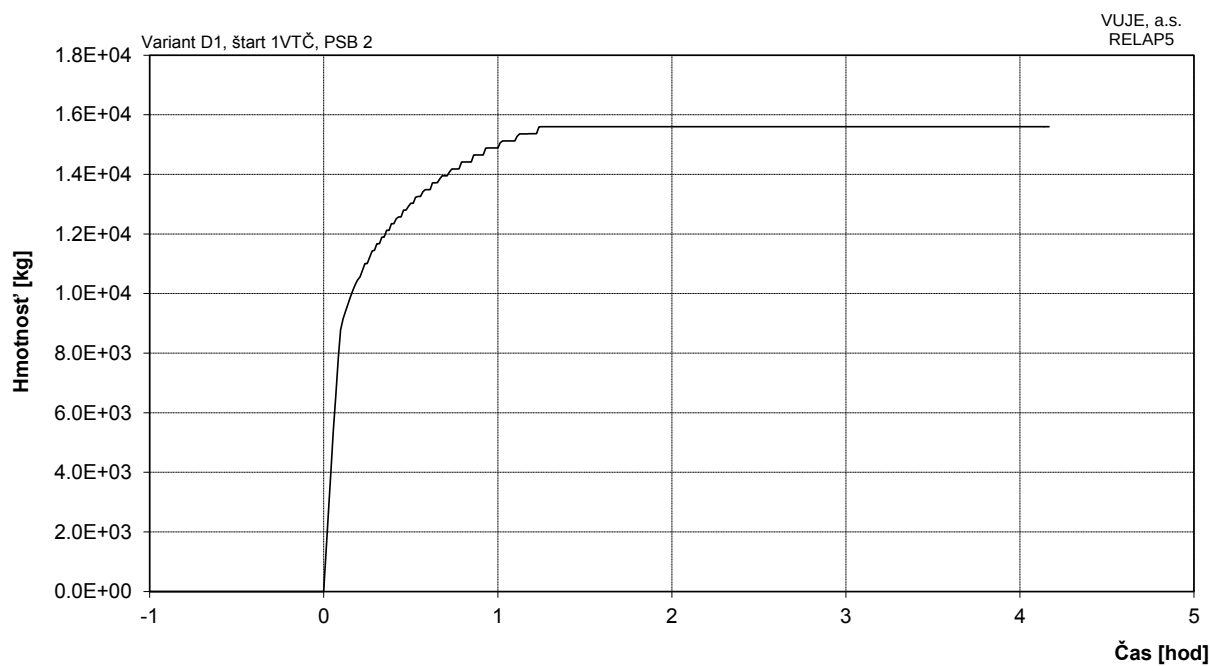


Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-6: Maximálna teplota paliva

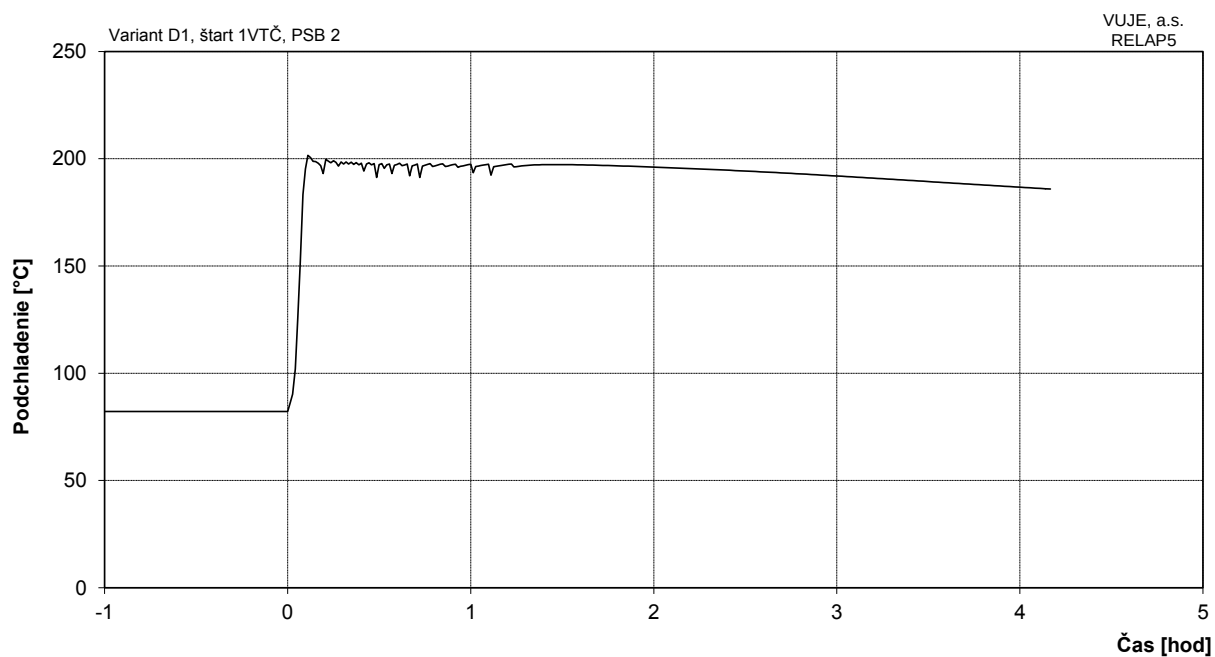
**Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-7: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR**



Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-9: Dopĺňovanie do I.O.



Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-10: Integrál dopĺňovania do I.O.



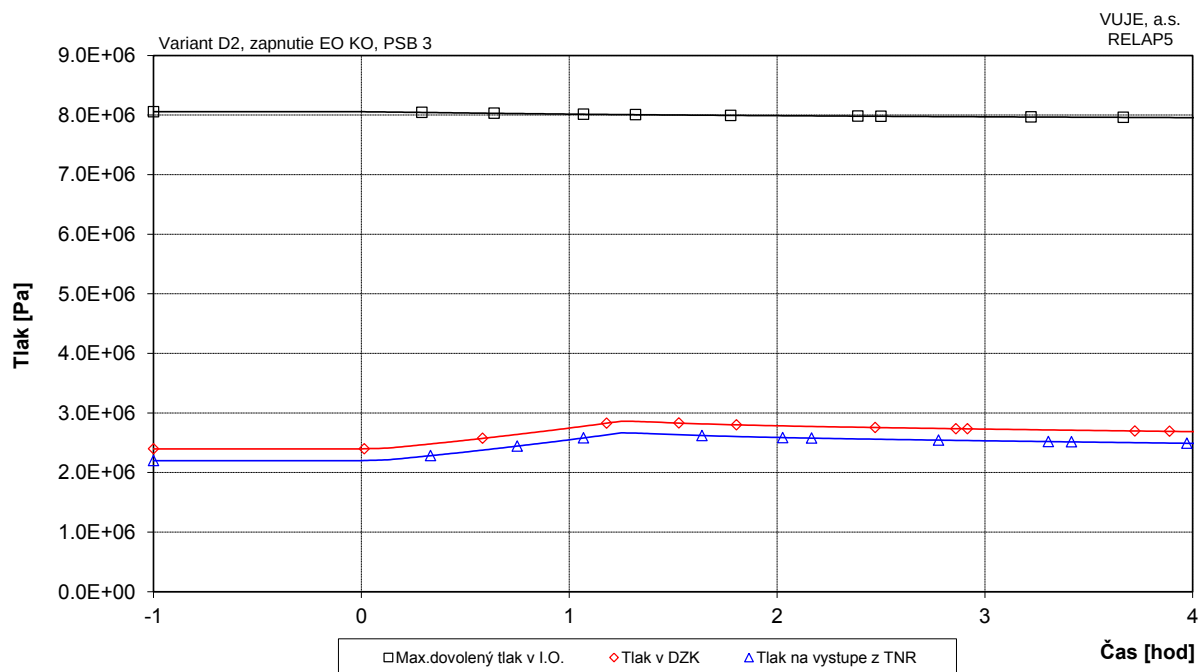
Obr. 7.2.1.14.5.2-D1-11: Podchladienie I.O.

**Príloha č. 06****7.2.1.14.5.3      Zapnutie elektrických ohrievačov kompenzátora objemu**

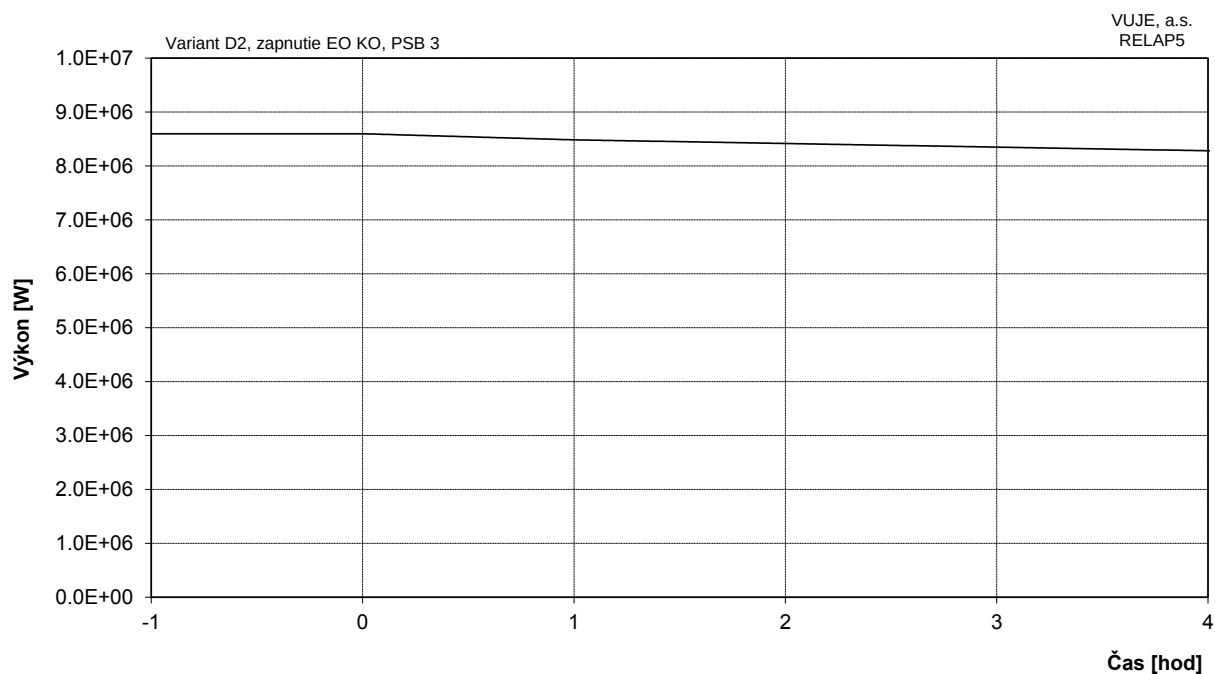
**Scenár D2      Neočakávané zapnutie všetkých elektroohrievačov kompenzátora objemu počas prevádzky odstaveného a dochladeného reaktora v prevádzkovom stave bloku PSB3**

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

|                                                                                    |   |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-1: Tlak v I.O. ....                                           | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-2: Výkon reaktora .....                                       | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-3: Teplota chladiva v TNR.....                                | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-4: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ ..... | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-5: Maximálna teplota paliva .....                             | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-6: Celková hladina v KO .....                                 | 4 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-7: Hmotnostný prietok cez reaktor .....                       | 5 |
| Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-8: Podchladenie I.O. ....                                     | 5 |

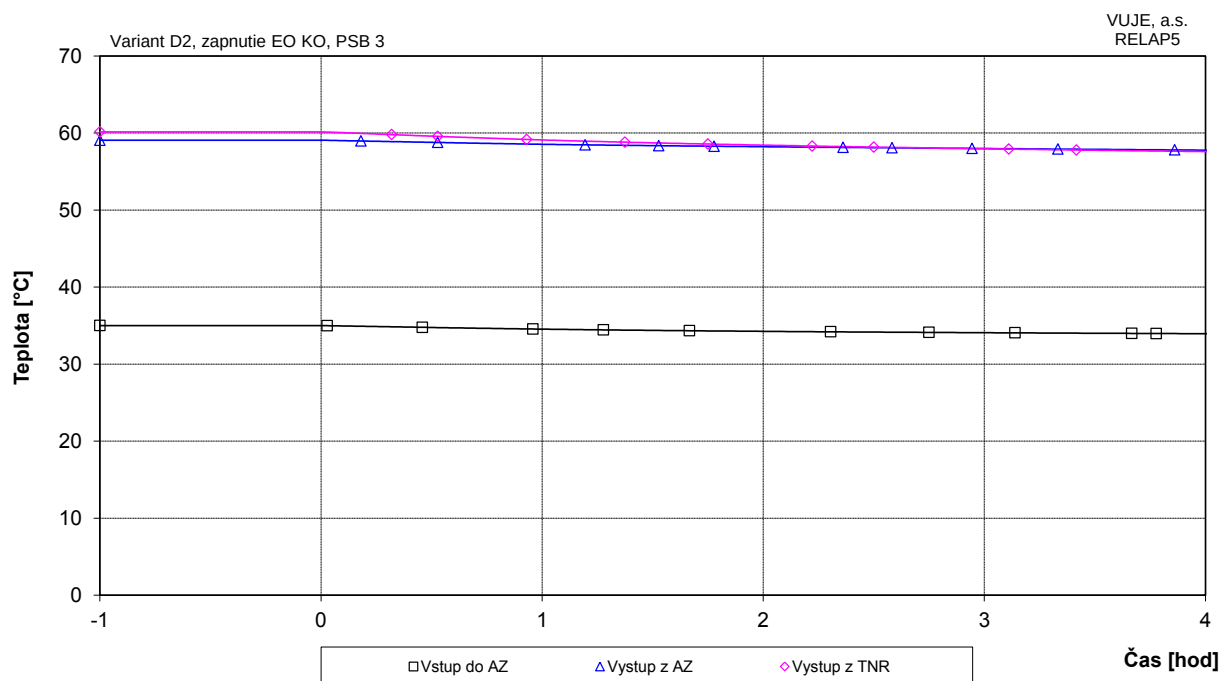


Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-1: Tlak v I.O.

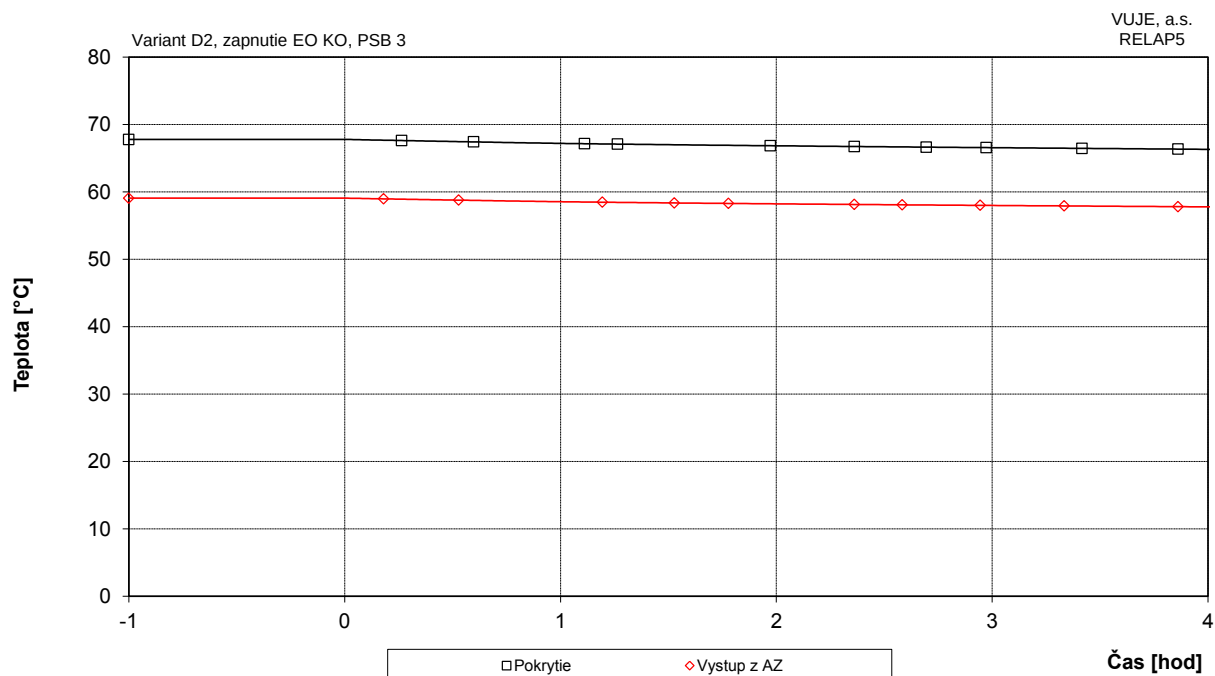


Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-2: Výkon reaktora

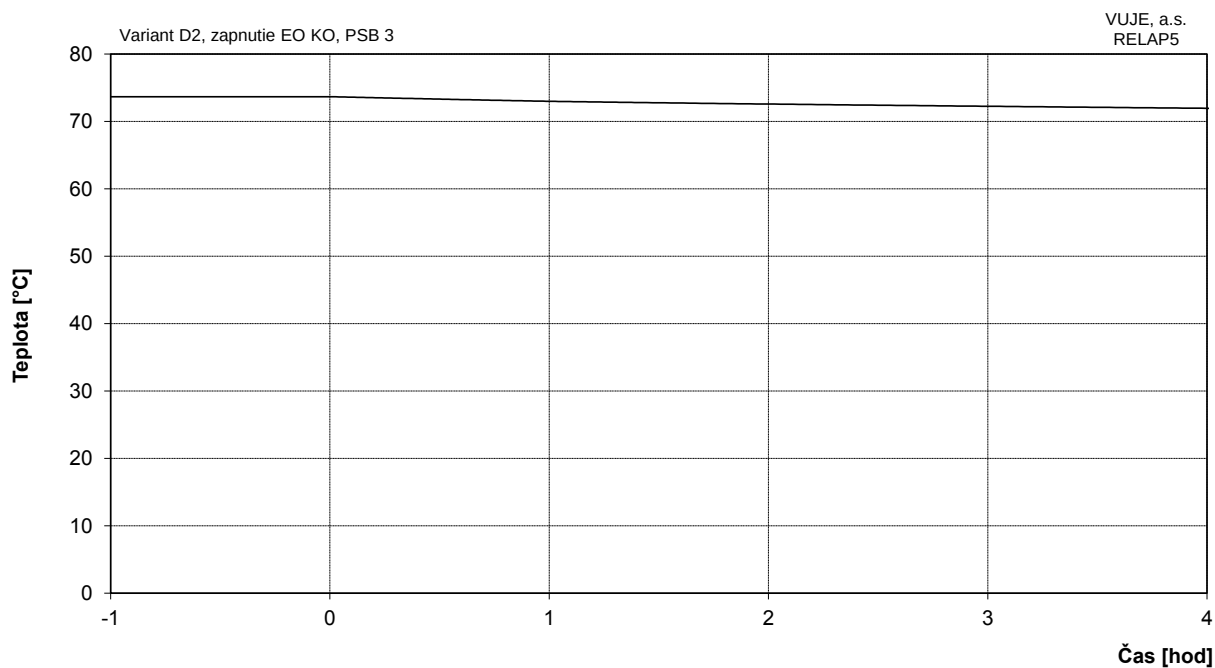
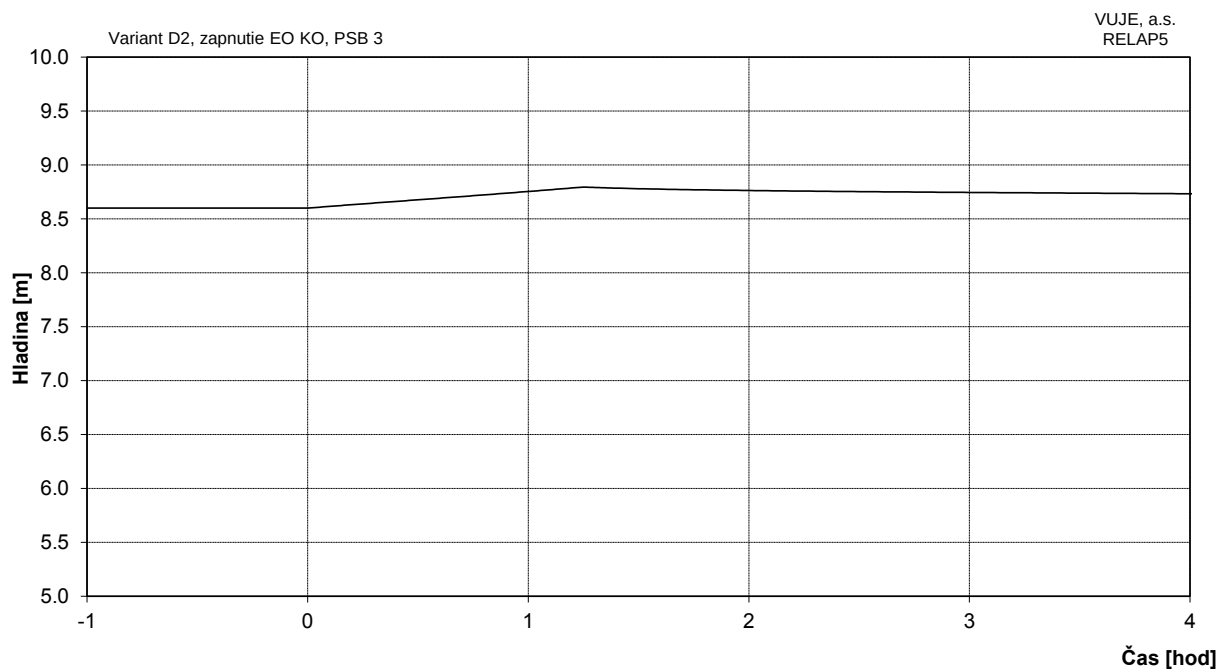


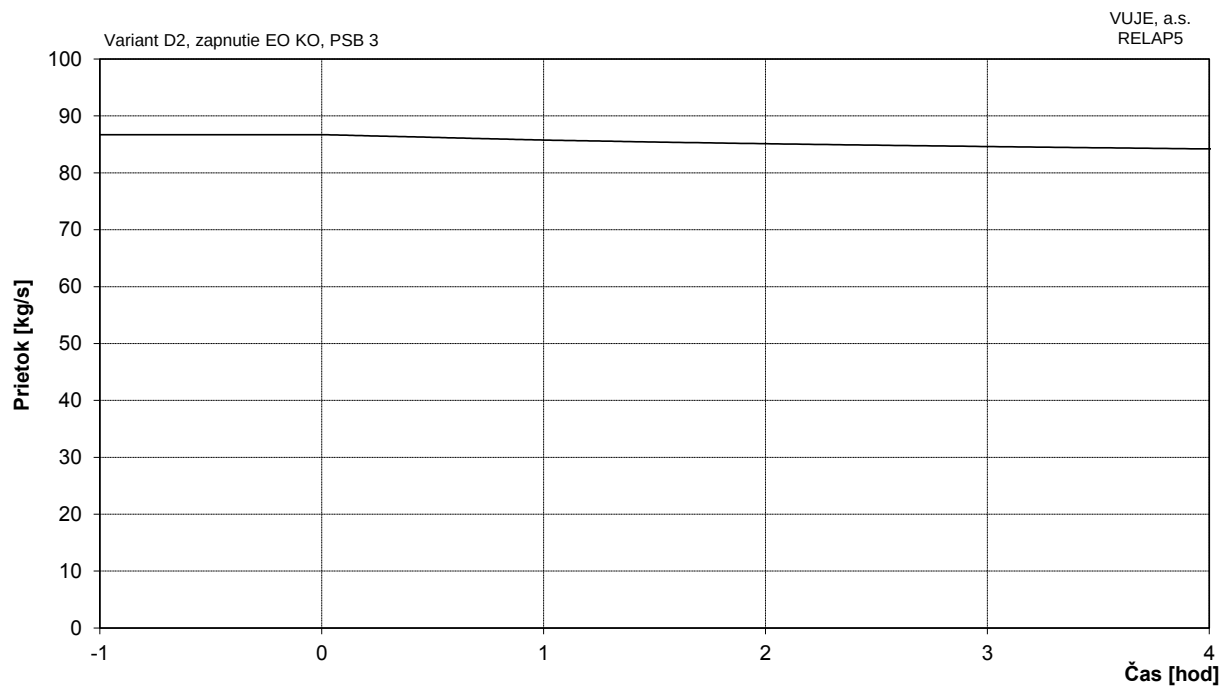
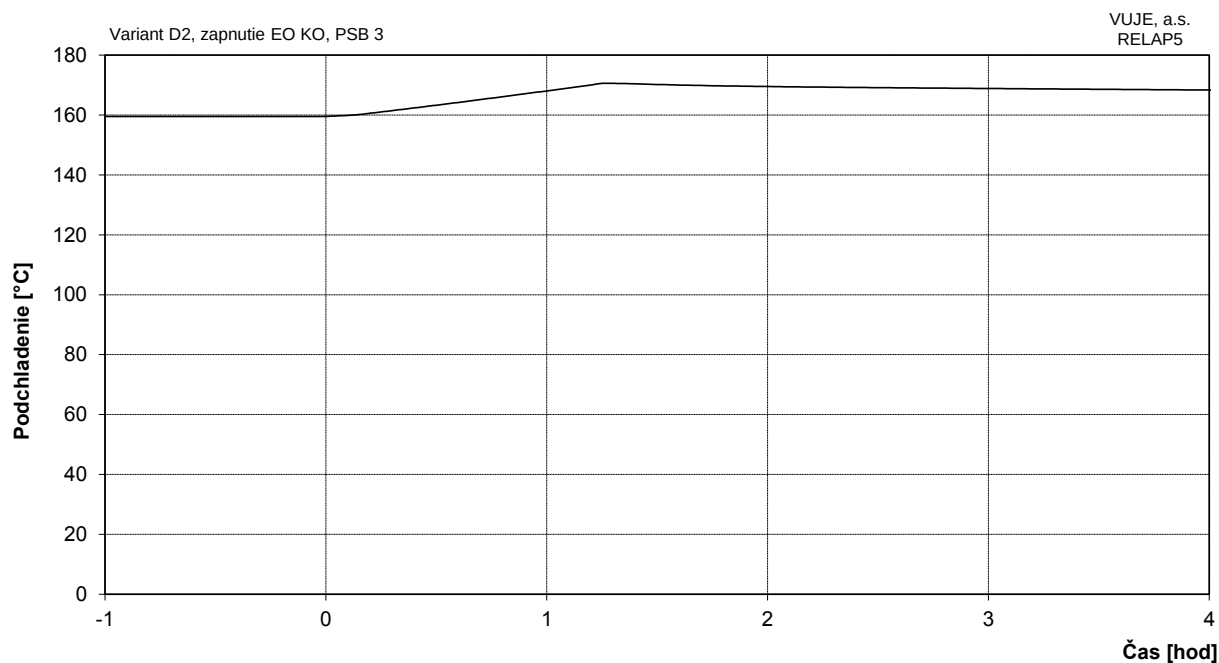


Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-3: Teplota chladiva v TNR



Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-4: Maximálna teplota pokrytia a teplota na výstupe z AZ

**Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-5: Maximálna teplota paliva****Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-6: Celková hladina v KO**

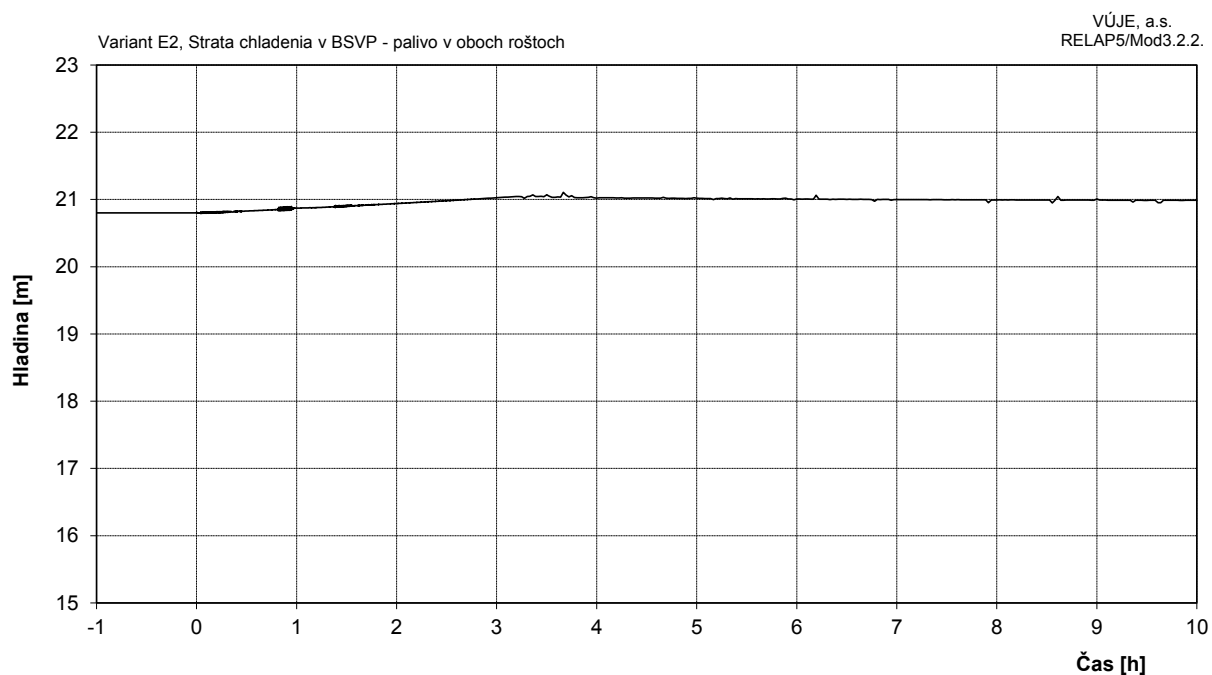
**Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-7: Hmotnostný prietok cez reaktor****Obr. 7.2.1.14.5.3-D2-8: Podchladienie I.O.**

**Príloha č. 07****7.2.1.14.6.2 Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného paliva**

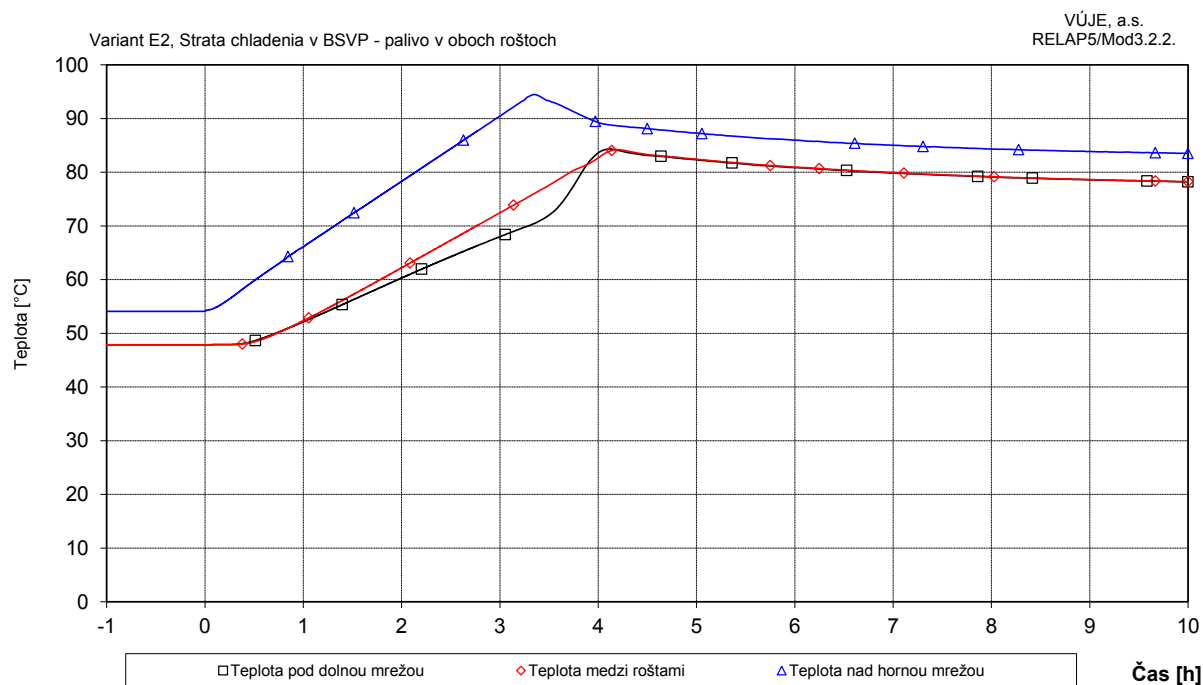
**Scenár E2 Neočakávaná strata chladenia BSVP v dôsledku výpadku pracujúceho čerpadla z dôvodu neidentifikovanej poruchy v elektrickom napájaní.**

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

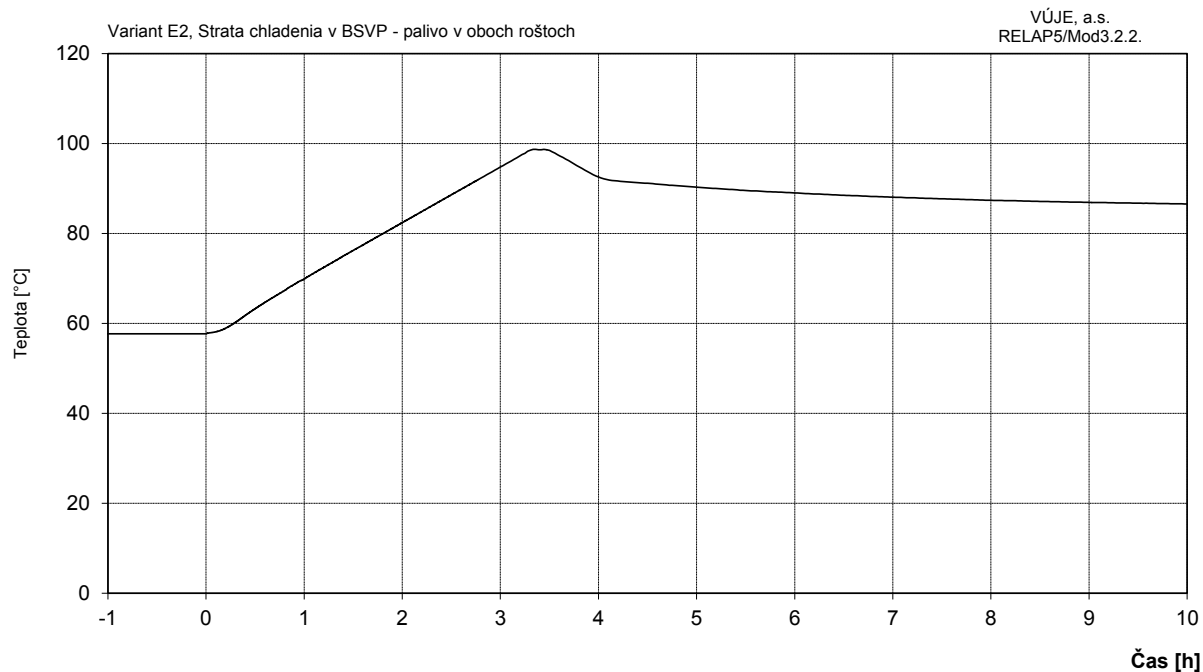
|                                                                 |   |
|-----------------------------------------------------------------|---|
| Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-1: Hladina v BSVP .....                    | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-2: Teplota chladiwa .....                  | 2 |
| Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-3: Maximálna teplota pokrytia paliva ..... | 3 |
| Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-4: Podiel pary v palivových kazetách ..... | 3 |



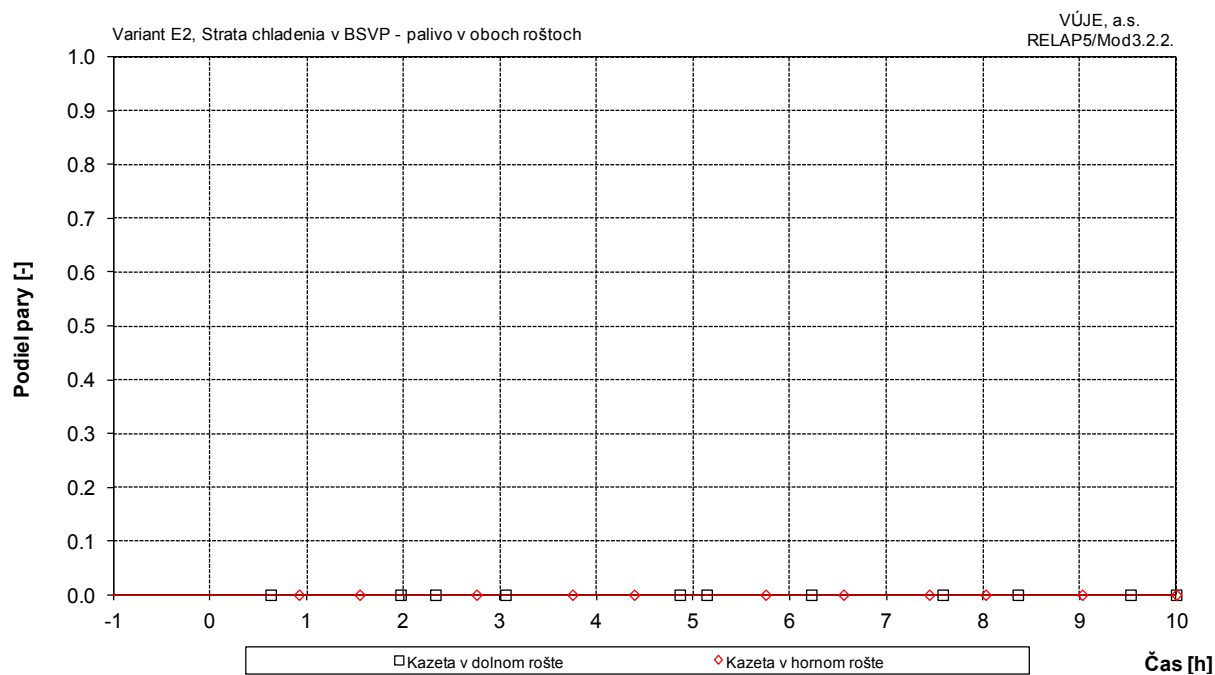
Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-1: Hladina v BSVP



Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-2: Teplota chladiwa



Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-3: Maximálna teplota pokrytia paliva



Obr. 7.2.1.14.6.2-E2-4: Podiel pary v palivových kazetách