Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 07.02.01.10 Tlakovo - teplotné šoky

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

		LC				
SE Rev	Date / Dátum	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil	Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil

SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE

Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	NO	SEC. INDEX / INDEX utajenia	Company use/P
Submited to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	X	Information Only / Len na informáciu		
	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.				

EPS No / Číslo EPS: PNM34365000	Revision index / Index revízie: 06	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: PNM34361113	A4	6.01	RS	Z	8
		Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent
		1	469			

* P N M 3 4 3 6 1 1 1 3 0 6 *

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE:	4600003952	VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE:	1719/00/09
Part name / Označenie časti:	PNM3436111306_S_C00_V	Issued on / Vydané dňa:	25.06.2019

Kód citlivosti[1] / Sensitivity code[1]	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis
Author / Vypracoval:		[redacted]	VUJE, a.s.	0220	25.06.2019	[redacted]
Co-author / Spolupracoval:		[redacted]	VUJE, a.s.	0350	25.06.2019	[redacted]
Checked by / Kontroloval:		[redacted]	VUJE, a.s.	0220	25.06.2019	[redacted]
						[redacted]
Verified by / Overil:		[redacted]	VUJE, a.s.	0720	25.06.2019	[redacted]
Approved by / Schválil:		[redacted]	VUJE, a.s.	1703	25.06.2019	[redacted]

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 / **Identifikácia** (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	**Brief description of modification /** **Stručná charakteristika úpravy** (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	**Reason of modification /** **Dôvod úpravy** (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part
Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	**Kapitola 07.02.01.10 Tlakovo - teplotné šoky**	**PNM3436111306_S_C00_V**	06
2.	Kapitola 07.02.01.10 Tlakovo - teplotné šoky	PNM3436111306_S_C01_V	06
3.	Príloha č. 01	PNM3436111306_S_P01_V	06
4.	Príloha č. 02	PNM3436111306_S_P02_V	06
5.	Príloha č. 03	PNM3436111306_S_P03_V	06
6.	Príloha č. 04	PNM3436111306_S_P04_V	06
7.	Príloha č. 05	PNM3436111306_S_P05_V	06
8.	Príloha č. 06	PNM3436111306_S_P06_V	06
9.	Príloha č. 07	PNM3436111306_S_P07_V	06
10.	Príloha č. 08	PNM3436111306_S_P08_V	06
11.	Príloha č. 09	PNM3436111306_S_P09_V	06
12.	Príloha č. 10	PNM3436111306_S_P10_V	06
13.	Príloha č. 11	PNM3436111306_S_P11_V	06
14.	Príloha č. 12	PNM3436111306_S_P12_V	06
15.	Príloha č. 13	PNM3436111306_S_P13_V	06
16.	Príloha č. 14	PNM3436111306_S_P14_V	06
17.	Príloha č. 15	PNM3436111306_S_P15_V	06
18.	Príloha č. 16	PNM3436111306_S_P16_V	06
19.	Príloha č. 17	PNM3436111306_S_P17_V	06
20.	Príloha č. 18	PNM3436111306_S_P18_V	06
21.	Príloha č. 19	PNM3436111306_S_P19_V	06
22.	Príloha č. 20	PNM3436111306_S_P20_V	06
23.	Príloha č. 21	PNM3436111306_S_P21_V	06

OBSAH

OBSAH ... 1
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ ... 4
ÚVOD ... 6
7.2.1.10 Tlakovo - teplotné šoky ... 6
7.2.1.10.0 Metodika hodnotenia integrity TNR počas procesov typu PTS ... 6
7.2.1.10.0.1 Integrálne termohydraulické výpočty ... 6
7.2.1.10.0.2 Termálne miešanie v šachte reaktora ... 8
7.2.1.10.0.3 Metodika hodnotenia integrity tlakovej nádoby reaktora. ... 10
7.2.1.10.0.3.1 Metodika napäťovo-deformačných analýz ... 10
7.2.1.10.0.3.2 Hodnotené miesta a postulované trhliny ... 11
7.2.1.10.0.3.3 Výpočtový model ... 14
7.2.1.10.0.3.3.1 Materiálové vlastnosti ... 14
7.2.1.10.0.3.3.2 Zvyškové napätie v zvare ... 15
7.2.1.10.0.3.3.3 Modely MKP ... 16
7.2.1.10.0.3.3.4 Teplotné výpočty ... 25
7.2.1.10.0.3.3.5 Elastoplastické výpočty ... 25
7.2.1.10.0.3.3.6 Lomovomechanické výpočty ... 26
7.2.1.10.0.3.4 Výpočtový program ADINA ... 27
7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu ... 30
7.2.1.10.1.1 Charakteristika udalosti ... 30
7.2.1.10.1.2 Použité kritériá prijateľnosti ... 30
7.2.1.10.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely ... 32
7.2.1.10.1.4 Špecifikácia analyzovaných scenárov ... 33
7.2.1.10.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky ... 35
7.2.1.10.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti ... 38
7.2.1.10.1.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre varianty A1, A2, A3 a A4 (SB LOCA) ... 38
7.2.1.10.1.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty A1, A2, A3 a A4 (SB LOCA) ... 40
7.2.1.10.1.6.3 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre varianty B1, B2 a B3 (MB LOCA) ... 41
7.2.1.10.1.6.4 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty B1, B2 a B3 (MB LOCA) ... 42
7.2.1.10.1.6.5 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre varianty C1 a C2 (LB LOCA) ... 43
7.2.1.10.1.6.6 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty C1 a C2 (LB LOCA) ... 44
7.2.1.10.1.6.7 Súhrnné zhodnotenie ... 45
7.2.1.10.2 Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu ... 46
7.2.1.10.2.1 Charakteristika udalosti ... 46
7.2.1.10.2.2 Použité kritériá prijateľnosti ... 46
7.2.1.10.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely ... 46
7.2.1.10.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov ... 46
7.2.1.10.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky ... 47
7.2.1.10.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti ... 49
7.2.1.10.2.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A ... 49
7.2.1.10.2.6.2 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant B ... 50
7.2.1.10.2.6.3 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A ... 50
7.2.1.10.2.6.4 Súhrnné zhodnotenie ... 51
7.2.1.10.3 Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora ... 52
7.2.1.10.3.1 Charakteristika udalosti ... 52
7.2.1.10.3.2 Použité kritériá prijateľnosti ... 52
7.2.1.10.3.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely ... 52
7.2.1.10.3.4 Špecifikácia analyzovaných variantov ... 52
7.2.1.10.3.5 Počiatočné a okrajové podmienky ... 53
7.2.1.10.3.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti ... 55

7.2.1.10.3.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A 55
7.2.1.10.3.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A 56
7.2.1.10.3.6.3 Súhrnné zhodnotenie 57
7.2.1.10.4 Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O. .. 58
7.2.1.10.4.1 Charakteristika udalosti 58
7.2.1.10.4.2 Použité kritériá prijateľnosti 58
7.2.1.10.4.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely 58
7.2.1.10.4.4 Špecifikácia analyzovaných scenárov 58
7.2.1.10.4.5 Počiatočné a okrajové podmienky 59
7.2.1.10.4.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti 60
7.2.1.10.4.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A 60
7.2.1.10.4.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A 60
7.2.1.10.4.6.3 Súhrnné zhodnotenie 61
7.2.1.10.5 Chybná činnosť systému normálneho doplňovania 62
7.2.1.10.5.1 Charakteristika udalosti 62
7.2.1.10.5.2 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti 62
7.2.1.10.6 Nesprávne uvedenie do činnosti elektroohrievačov kompenzátora objemu 63
7.2.1.10.6.1 Charakteristika udalosti 63
7.2.1.10.6.2 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti 63
7.2.1.10.7 Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK 64
7.2.1.10.7.1 Charakteristika udalosti 64
7.2.1.10.7.2 Použité kritériá prijateľnosti 64
7.2.1.10.7.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely 64
7.2.1.10.7.4 Špecifikácia analyzovaných variantov 64
7.2.1.10.7.5 Počiatočné a okrajové podmienky 65
7.2.1.10.7.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti 68
7.2.1.10.7.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A 68
7.2.1.10.7.6.2 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant B 68
7.2.1.10.7.6.3 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A a B 69
7.2.1.10.7.6.4 Súhrnné zhodnotenie 69
7.2.1.10.8 Spektrum roztrhnutí parných potrubí 71
7.2.1.10.8.1 Charakteristika udalosti 71
7.2.1.10.8.2 Použité kritériá prijateľnosti 71
7.2.1.10.8.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely 71
7.2.1.10.8.4 Špecifikácia analyzovaných variantov 71
7.2.1.10.8.5 Počiatočné a okrajové podmienky 72
7.2.1.10.8.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti 74
7.2.1.10.8.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A 74
7.2.1.10.8.6.2 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant B 74
7.2.1.10.8.6.3 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty A a B 75
7.2.1.10.8.6.4 Súhrnné zhodnotenie 75
7.2.1.10.9 Roztrhnutie potrubí napájacej vody 76
7.2.1.10.9.1 Charakteristika udalosti 76
7.2.1.10.9.2 Použité kritériá prijateľnosti 76
7.2.1.10.9.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely 76
7.2.1.10.9.4 Špecifikácia analyzovaných variantov 76
7.2.1.10.9.5 Počiatočné a okrajové podmienky 77
7.2.1.10.9.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti 79
7.2.1.10.9.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A 79
7.2.1.10.9.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A 80
7.2.1.10.9.6.3 Súhrnné zhodnotenie 80
7.2.1.10.10 Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka 81
7.2.1.10.10.1 Charakteristika udalosti 81
7.2.1.10.10.2 Použité kritériá prijateľnosti 81
7.2.1.10.10.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely 81
7.2.1.10.10.4 Špecifikácia analyzovaných variantov 82
7.2.1.10.10.5 Počiatočné a okrajové podmienky 82
7.2.1.10.10.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti 84
7.2.1.10.10.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A 84
7.2.1.10.10.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A 85

7.2.1.10.10.6.3 Súhrnné zhodnotenie 85
7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie 86
LITERATÚRA 89
ZOZNAM PRÍLOH 92
ZOZNAM OBRÁZKOV 93
ZOZNAM TABULIEK 94

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
COMS	systém ochrany proti studenému pretlakovaniu TNR
CPL	systém ochrany proti studenému pretlakovaniu TNR
DG	dieselgenerátor
DRTS	diverzitný systém automatického odstavenia reaktora
ENČ	hlavné napájacie čerpadlo
EOKO	elektrické ohrievače kompenzátora objemu
ESFAS	systém zaistenia bezpečnosti
HA	hydroakumulátor
HCČ	hlavné cirkulačné čerpadlo
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, kontajnment
HZK	horná zmiešavacia komora (UP Upper Plenum)
IU	iniciačná udalosť
KO	kompenzátor objemu
KON	koniec kampane (KON_{1c} - KON pre prvú kampaň; KON_{rc} - KON pre reprezentatívnu kampaň)
LOCA	havária so stratou chladiva
MKP	metóda konečných prvkov
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 prútik
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
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
ŠR	šachta reaktora
TG	turbogenerátor
TH	termo-hydraulické (analýzy)
TNR	tlaková nádoba reaktora
VT	vysokotlakový
VTČ	vysokotlakové čerpadlo
ZAC	začiatok kampane (ZAC_{1c} - ZAC pre prvú kampaň; ZAC_{rc} - ZAC pre reprezentatívnu kampaň)
ZK	zvarový kov
ZM	základný materiál

ÚVOD

Kapitola POSAR 7.2.1.10 je vypracovaná v súlade so súvisiacou legislatívou [II.26], [II.27], [II.15] a [II.16]. Ďalej bola vypracovaná podľa požiadaviek [II.12].

7.2.1.10 Tlakovo - teplotné šoky

Jedným z najnepriaznivejších procesov, ktoré sa môžu vyskytnúť počas prevádzky JE z hľadiska integrity TNR, sú teplotné šoky, zvlášť teplotné šoky pod tlakom (Pressurized Thermal Shock - PTS). Počas ich trvania je materiál TNR namáhaný jednak napätiami od rýchleho poklesu teploty, ale tiež mechanickými napätiami od vysokého tlaku.

Po vzniku iniciačnej udalosti dochádza k superpozícii mechanických napätí s teplotnými napätiami. Mechanické napätia v materiáli závisia od hodnoty tlaku v TNR, ktorý je formovaný činnosťou VT a NT systému a prechodovým procesom. Teplotné napätia vznikajú od rýchleho, hlbokého a časovo i priestorovo nerovnomerného ochladenia materiálu steny TNR.

7.2.1.10.0 Metodika hodnotenia integrity TNR počas procesov typu PTS

Metodika výpočtového hodnotenia integrity TNR VVER-440 bola inovovaná, pričom pri tvorbe súčasnej metodiky sa vychádzalo z doporučení MAAE [II.1].

V návodoch sú obsiahnuté požiadavky na vykonávanie výpočtových analýz hodnotiacich integritu tlakových reaktorových nádob typu VVER v priebehu PTS procesov. Tiež poskytujú rady pre jednotlivé časti PTS analýz, ako sú akceptačné kritériá, výber a kategorizácia iniciačných udalostí, T-H analýzy, štrukturálne analýzy vrátane výpočtov lomovej mechaniky, hodnotenia vlastností materiálov a výpočtov neutrónových polí.

Pri tvorbe metodiky termohydraulických analýz PTS procesov sa vychádzalo nielen z dokumentov [II.1], [II.6], [II.17], ale i z priamych skúsenosti získaných v rámci porovnávacích výpočtových štúdií RPV PTS ICAS (Reactor Pressure Vessel Pressurized Thermal Shock International Comparative Assessment Study) [II.7], IAEA WWER 440/213 RPV PTS Benchmark Exercise [II.8] a pri riešení rozsiahlych domácich projektov zaoberajúcich sa integritou TNR JE VVER 440 [I.1], [I.2].

7.2.1.10.0.1 Integrálne termohydraulické výpočty

Termohydraulické analýzy majú dva hlavné ciele: podpora pri výbere iniciačných udalostí a získanie potrebných vstupných dát pre štrukturálne analýzy.

Výstupom z analýz je časové a priestorové rozloženie tlaku, teploty a prietoku chladiva doplňovaného havarijnými systémami doplňovania do I.O., teplota a prietok chladiva cez studené vetvy, teplotné pole a koeficient prestupu tepla chladivo - stena v šachte reaktora. Tieto parametre slúžia ako počiatočné a okrajové podmienky pre následné výpočty teplotných a napäťových polí v materiáli steny TNR.

V prípade nesymetrického vychladzovania a/alebo stagnácie prúdenia v primárnom okruhu, kedy sú vztlakové sily dominantné pre správanie sa tokov chladiva v studených slučkách a v šachte reaktora, nie sú systémové výpočtové kódy vhodné pre výpočet teplotných polí. V týchto prípadoch je pre výpočet termálnej

stratifikácie a zmiešavacích efektov potrebné aplikovať špeciálne metódy, tzv. výpočty termálneho zmiešavania (thermal mixing calculations).

V prípadoch vzniku stagnácie prúdenia je úlohou systémových (integrálnych) kódov určenie momentu vzniku stagnácie a poskytnúť počiatočné a okrajové podmienky pre výpočty termálneho zmiešavania.

Iniciačné udalosti

Iniciačné udalosti možno rozdeliť podľa pravdepodobnosti vzniku na dve základné skupiny:

- očakávané udalosti - sú definované ako relatívne časté poruchy v podmienkach normálnej prevádzky, ktoré sú zapríčinené chybou komponentu alebo obsluhy
- postulované havárie - sú definované ako zriedkavé odchýlky od normálnych podmienok prevádzky, ktoré nie sú očakávané často, ale sú uvažované v pôvodnom projekte, v projektoch pre modernizáciu JE alebo sú založené na prehodnotení bezpečnosti JE.

Pre výber iniciačných udalostí sa aplikuje metodika deterministického výberu a musia sa uvažovať nepriaznivé faktory určujúce tepelné a tlakové zaťažovacie mechanizmy v šachte reaktora v priebehu vychladzovania. Tieto faktory sú:

- finálna teplota v šachte reaktora,
- rýchlosť poklesu teploty v I.O.,
- nesymetrické chladenie TNR, charakterizované existenciou studených prúdov (jazykov) a ich interakciou a nerovnomerné rozdelenie koeficientu prestupu tepla medzi chladivom a stenou TNR,
- úroveň tlaku v TNR,
- šírka studeného jazyka,
- počiatočná teplota v šachte reaktora,
- stratifikácia alebo stagnácia prúdenia v studených vetvách.

Ná výsledné teplotné a tlakové zaťaženie majú vplyv aj vlastnosti systémov bloku (napr. hydraulické charakteristiky čerpadiel HSCHZ (typ a počet čerpadiel), teplota vody HSCHZ, systém napájania PG, prevádzkové predpisy).

Typické iniciátory PTS procesov sa vyskytujú v nasledovných skupinách iniciačných udalostí: pokles zásoby primárneho chladiva, procesy so zvýšeným odvodom tepla z I.O. do II.O., procesy so zníženým odvodom tepla z I.O. do II.O. a procesy so zvýšením hmotnosti chladiva v I.O..

Počiatočné podmienky

Predpoklady:

- nastavenie parametrov formujúcich signály na rýchle odstavenie reaktora a ESFAS tak, aby sa dosiahlo skoré odstavenie reaktora a štart systémov havarijného doplňovania chladiva,
- znížená teplota vody v nádržiach pre havarijné doplňovanie chladiva,
- porucha komponentu (aplikácia kritéria jednoduchej poruchy),
- ako dodatočná porucha je uvažovaná strata vonkajšieho el. napájania,

- maximálny trend vychladzovania činnosťou havarijného doplňovania chladiva,
- operátor urobí správny zásah podľa prevádzkových predpisov (čas, technické prostriedky a výcvik),
- minimálny zvyškový výkon,
- počiatočné podmienky pre štart VTČ,
- predpoklady pre vznik prirodzenej cirkulácie a stagnáciu prúdenia,
- maximálny tlak v I.O.,

V termohydraulických analýzach pre hodnotenie integrity TNR nie sú dominantné neutrónovo-fyzikálne charakteristiky AZ.

Okrajové podmienky

Nie všetky systémy, ktoré vstupujú do činnosti po vzniku iniciačnej udalosti majú rovnakú spoľahlivosť. Preto sú pre účely výpočtových analýz rozdelené na bezpečnostné systémy s vysokou spoľahlivosťou a na riadiace systémy, ktoré nespĺňajú všetky podmienky na vysokú spoľahlivosť (pozri kap. 7.2.1.1). Práve činnosť systémov a ich prípadné poruchy výrazne ovplyvňujú priebeh procesu a formujú tak okrajové podmienky. Používajú sa najmä tieto predpoklady:

- činnosť riadiacich systémov sa neuvažuje, ak zlepšujú podmienky z hľadiska zaťaženia TNR,
- na činnosť bezpečnostných systémov môže byť aplikované kritérium jednoduchej poruchy, ak sa zvyšuje vplyv iniciačnej udalosti z hľadiska zaťaženia TNR,
- v niektorých iniciačných udalostiach sa ako dodatočná porucha predpokladá strata napájania vlastnej spotreby (SNVS).

Ďalšie predpoklady môžu byť aplikované pri analýzach konkrétnej iniciačnej udalosti.

Výpočtový program RELAP5/MOD3.2.2

T-H analýzy I.O. a II.O. boli vykonané výpočtovým programom RELAP5/Mod3.2.2, ktorý je určený pre simuláciu rôznych typov dynamických procesov vyskytujúcich sa v tlakovodných JE, s dôrazom na bezpečnosť. Fyzikálny model je úplne nerovnovážny, založený na šiestich rovniciach pre dve zložky.

Integrálne T-H výpočty I.O. a II.O. boli vykonané výpočtovým programom RELAP5/Mod3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Pre integrálne T-H analýzy I.O. a II.O. bol použitý 6-slučkový výpočtový model, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Nodalizačná schéma TNR MO34 pre analýzy typu PTS je uvedená v Prílohe 20.

7.2.1.10.0.2 Termálne miešanie v šachte reaktora

Významným znakom niektorých PTS procesov je stagnácia prúdenia vody v I.O.. Dochádza k nemu, ak je prúdenie významne ovplyvnené vztlakovými silami. Tieto javy môžu byť ovplyvňované charakterom prúdenia v oddeliteľnej časti studených vetiev I.O.. Existujúce a využívané systémové výpočtové termohydraulické kódy nedokážu tieto javy korektne simulovať. Trend vychladzovania I.O. je pritom ovplyvňovaný viacerými faktormi. Taktiež je možné identifikovať niekoľko predpokladov, pri ktorých dochádza k vzniku stagnujúceho prúdenia.

Nerovnomerná distribúcia teploty a mernej tepelnej prestupnosti je zapríčinená studenými prúdmi, studenými objemami vody a studenými pásmi. Prúdy a objemy studenej vody vstupujú z potrubí do šachty reaktora, ktorá je plná horúcej vody. Studené prúdy vytvárajú nerovnomernosť teploty v axiálnom aj v obvodovom smere, kým studené objemy (sektory) spôsobujú nerovnomernosti iba v obvodovom smere. Tento jav je vyvolaný najmä dodávkou chladiva od pasívnych a aktívnych systémov havarijného doplňovania chladiva do I.O.. Ku chladeniu studenými pásmi dochádza vtedy, keď v studených vetvách sa nachádza dvojfázová zmes a hladina v šachte reaktora je pod spodnou úrovňou studených nátrubkov.

Zmeny tlaku v I.O. sú určované v závislosti na type iniciačnej udalosti a na zmenách parametrov systémov primárneho a sekundárneho okruhu. V niektorých prípadoch je možné aj zvýšenie tlaku v I.O., ak je únik kompenzovateľný alebo izolovaný, alebo ak je vychladzovanie vyvolané poruchami v II.O..

Ak dôjde k teplotnej stratifikácii jednofázového chladiva a sformujú sa studené prúdy, vznikajú ťažkosti s aplikáciou systémového kódu RELAP5/MOD3.2.2 pri simulácii vychladzovania. Preto sa na výpočet pomerov v podmienkach stagnácie používa výpočtový program REMIX/NEWMIX, ktorý je založený najmä na experimentálnych údajoch. V prípadoch so stagnáciou prúdenia je úloha programu RELAP v stanovení začiatku stagnácie a poskytuje počiatočnú distribúciu teplôt a prietoky od VTČ ako okrajové podmienky pre výpočty programom REMIX.

Výpočtový program REMIX/NEWMIX

Výpočtový program REMIX bol vyvinutý na základe modelu oblastí miešania (regional mixing model). Tento model poskytuje fenomenologicky postavený analytický popis stratifikovaného prúdu a teplotného poľa ako dôsledok účinku doplňovania studeného chladiva do studenej vetvy. Základný výpočtový program REMIX je určený pre výpočty termálnej stratifikácie pri nízkych Froudových číslach (Fr < 3). Program NEWMIX je odvodený z výpočtového programu REMIX a popisuje limitné podmienky pri maximálnom miešaní v studenej vetve a je určený pre vysoké Froudove čísla (Fr > 3).

Výpočet v REMIX-e prebieha v dvoch úrovniach. Prvá je globálna a hľadá „strednú" odozvu systému. Vychádza z počiatočných podmienok a pokračuje po časových krokoch. Druhá úroveň je lokálna a hľadá rozdelenie hmoty a energie v studenom i v horúcom prúde v spojení s miešaním a protiprúdovým tokom (counter-current flow - CCF). Poskytuje "momentky" v ľubovoľných okamžikoch, v ktorých sú zachytené priebehy teplôt a súčiniteľu prestupu tepla. V praxi je výhodné, že obe úrovne výpočtu prebiehajú paralelne.

Pri výpočte na globálnej úrovni sa predpokladá, že chladivo je dokonale premiešané. Počítajú sa bilancie hmoty a energie medzi prúdom vody od VTČ a prenosom tepla zo stien do vody, zánik prúdu, dokonalé premiešanie a nastavenie stredných úrovní mernej hmotnosti a energie.

Na lokálnej úrovni výpočtov sa stanovujú prietoky, energie a objemy studených a horúcich prúdov. Jednou z významných čŕt popisovaného modelu je, že pomer objemov sa neurčuje iteračne, ale je časťou priameho výpočtu [II.5].

Programy REMIX/NEWMIX počítajú termálne miešanie a následnú stratifikáciu spojenú s prúdením vody od VTČ do stagnujúceho primárneho chladiva v priebehu PTS procesov. Ich výsledkom sú:

- teplota vody v šachte reaktora (v axiálnom a obvodovom smere),
- koeficient tepelnej prestupnosti medzi vodou a stenou TNR,

Výpočtový program REMIX/NEWMIX bol doplnený o výsledky experimentov pre reaktorové nádoby typu VVER, vykonaných fínskymi organizáciami [II.4], [II.5]. Podrobný popis výpočtového programu REMIX/NEWMIX je v [II.3].

7.2.1.10.0.3 Metodika hodnotenia integrity tlakovej nádoby reaktora.

Jedným z najnepriaznivejších procesov, ktoré sa môžu vyskytnúť počas prevádzky z hľadiska integrity TNR, sú tepelné šoky, zvlášť tepelné šoky pod tlakom (Pressurized Thermal Shock - PTS). Počas ich trvania je materiál TNR namáhaný jednak napätiami od poklesu teploty, ale tiež mechanickými napätiami od vysokého tlaku.

Obecne možno povedať, že k ochladzovaniu chladiva v I.O. a následne steny TNR dochádza:

- zvýšením prenosu tepla z I.O. do II.O.,
- únikom chladiva z I.O.,
- doplňovaním studeného chladiva do I.O..

Po vzniku iniciačnej udalosti dochádza k superpozícii mechanických napätí s teplotnými napätiami. Mechanické napätia v materiáli závisia od aktuálnej hodnoty tlaku v TNR. Teplotné napätia vznikajú od rýchleho, hlbokého a časovo i priestorovo nerovnomerného ochladenia materiálu steny TNR.

Pri tvorbe metodiky sa vychádzalo z doporučení MAAE [II.1] a z dokumentu VERLIFE [II.6]. Hodnotenie integrity sa vykonáva v niekoľkých krokoch. Najskôr sa urobí výber iniciačných udalostí, ktoré vedú k procesom, zvyšujúcim napätia v TNR. Nasleduje zostavenie podmienok a vykonanie termohydraulických výpočtov. Výsledky TH výpočtov poskytujú počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovo-deformačné analýzy v kritických miestach TNR pri uvážení prítomnosti postulovanej trhliny. Pri výbere týchto miest sa zohľadňuje ako lokálny stupeň radiačného poškodenia materiálu, tak i veľkosť lokálneho zaťaženia. Nakoniec sa pre tieto kritické miesta vykoná záverečné hodnotenie štrukturálnej integrity zahŕňajúce výpočty hodnôt J-integrálu (hodnôt K_I) a dovolenej hodnoty kritickej teploty krehkosti T_{Ka} pre každú udalosť PTS.

7.2.1.10.0.3.1 Metodika napäťovo-deformačných analýz

Pri tvorbe metodiky hodnotenia štrukturálnej integrity TNR počas PTS sa vychádzalo najmä z dokumentov [II.1], [II.6], [II.17], ale i z priamych skúsenosti získaných v rámci porovnávacích výpočtových štúdií RPV PTS ICAS (Reactor Pressure Vessel Pressurized Thermal Shock International Comparative Assessment Study) [II.7], IAEA WWER 440/213 RPV PTS Benchmark Exercise [II.8], CRP9 IAEA projekt [II.10] ("Review and benchmark of calculation methods for structural integrity assessment of reactor pressure vessels during pressurized thermal shock") a pri riešení rozsiahlych domácich projektov zaoberajúcich sa integritou TNR JE VVER 440 [I.1], [I.2].

Popis metodiky je rozdelený do niekoľkých kapitol odpovedajúcich jednotlivým fázam hodnotenia od výberu miest pre hodnotenie, cez postuláciu trhlín, stanovenie materiálových vlastností vstupujúcich do výpočtov, tvorbu MKP modelov, riešenie teplotných a mechanických úloh, stanovenie lomovo-mechanických parametrov a ich dovolených hodnôt až po vlastné hodnotenie integrity TNR, konkrétne stanovenie maximálnej prípustnej kritickej teploty krehkosti T_{Ka}. Základná schéma celého postupu je na Obr. 7.2.1.10.0-11.

7.2.1.10.0.3.2 Hodnotené miesta a postulované trhliny

Pri lokalizovaní hodnotených miest sa vychádzalo z doterajších skúseností s hodnotením štrukturálnej integrity TNR s reaktorom V213 [I.1] a [I.2], z odporučených návodov [II.1] a [II.6] a iných odporúčaní [II.6] a [II.17].

Pokiaľ ide o stanovenie najhoršej pozície pre postuláciu výpočtovej trhliny po obvode TNR, je možné v prípade nesymetrického vychladzovania ŠR predpokladať najhoršie miesto pod stredom studeného jazyka. Ak sa vytvorí v ŠR jediný studený jazyk, je situácia jasná. Pokiaľ ich bude viac, dá sa predpokladať, že najhoršia pozícia bude pod najchladnejším z nich. Môžu však nastať zložitejšie situácie (zlievanie studených jazykov, oscilácie, zmeny polôh jazykov a pod.). V tom prípade je možné najskôr vykonať zjednodušené lineárne-elastické hodnotenie na modeli celej valcovej časti TNR bez zahrnutia trhliny a na základe toho určiť kritické miesto pre postuláciu trhliny pre podrobné elasto-plastické hodnotenie.

Pre úplný popis postulácie výpočtovej trhliny v stene TNR je nutné stanoviť okrem jej lokalizácie v TNR tiež jej orientáciu, veľkosť a tvar. Čo sa týka orientácie vyžadujú dokumenty [II.1] a [II.6] hodnotenie osovej a obvodovej trhliny. Vo valcovej časti TNR pôsobia počas PTS napätia od nerovnomerného teplotného poľa, ktoré majú v prípade studených jazykov vyššiu osovú zložku a v prípade symetrického vychladzovania ŠR majú osovú i obvodovú zložku približne rovnakú. Okrem toho pôsobí napätie od vnútorného pretlaku, u ktorého je obvodová zložka približne dvakrát vyššia ako osová.

V súlade s odporučeniami MAAE [II.1], odporučeniami VERLIFE [II.6], ale i s ohľadom na bežnú prax v krajinách EÚ, vychádza v súčasnosti definícia rozmerov a tvaru postulovaných defektov z úrovne kvalitatívnych parametrov vykonávaných prevádzkových kontrol TNR. Podmienka pre možnosť použitia postulovaných defektov s hĺbkou menšou ako 0,25t je podľa [II.1], [II.6] najvhodnejším spôsobom vytvorená existenciou systému kvalifikovaných kontrol. SE, a.s. predložila ÚJD SR súbor dokumentov [II.24], [II.25] dokladujúcich vykonanú kvalifikáciu prevádzkových kontrol TNR. ÚJD SR akceptoval 28.3.2006 systém prevádzkových kontrol pre TNR VVER 440, typ 213 ako kvalifikovaný v zmysle BN ÚJD SR č. II.5.4/2004. Pre kritickú oblasť TNR sú kontroly kvalifikované na hĺbku **vnútorného defektu 6,5mm** so spoľahlivosťou 100%. Zároveň je maximálna dovolená chyba v určení hĺbky trhliny rovná ±5 mm so smerodajnou odchýlkou RMS rovnou 3 mm. To znamená, že podľa článku 5.7.2 VERLIFE [II.6] je možné pre danú lokalitu s rozumnou mierou konzervativizmu vybrať ako **hĺbku vnútornej postulovanej trhliny rozmer <u>a=15mm</u>**. Pre **povrchové** defekty je veľkosť spoľahlivo detekovateľného defektu rovná **3mm**, maximálna dovolená chyba v určení hĺbky trhliny je ±5 mm so smerodajnou odchýlkou RMS rovnou 3 mm. Opäť podľa článku 5.7.2 VERLIFE [II.6] je možné pre danú lokalitu s rozumnou mierou konzervativizmu vybrať ako **hĺbku povrchovej postulovanej trhliny rozmer <u>a=11mm</u>**. **Pre vnútorný rádiusový prechod TNR** (primárne nátrubky TNR) sú kontroly kvalifikované na hĺbku **vnútorného defektu 18mm** so spoľahlivosťou 100%. Zároveň je maximálna dovolená chyba v určení hĺbky trhliny rovná ±4 mm so smerodajnou odchýlkou RMS rovnou 3 mm. To znamená, že podľa článku 5.7.2 VERLIFE [II.6] je možné pre danú lokalitu s rozumnou mierou konzervativizmu vybrať ako **hĺbku vnútornej postulovanej trhliny rozmer <u>a=36 mm</u>**.

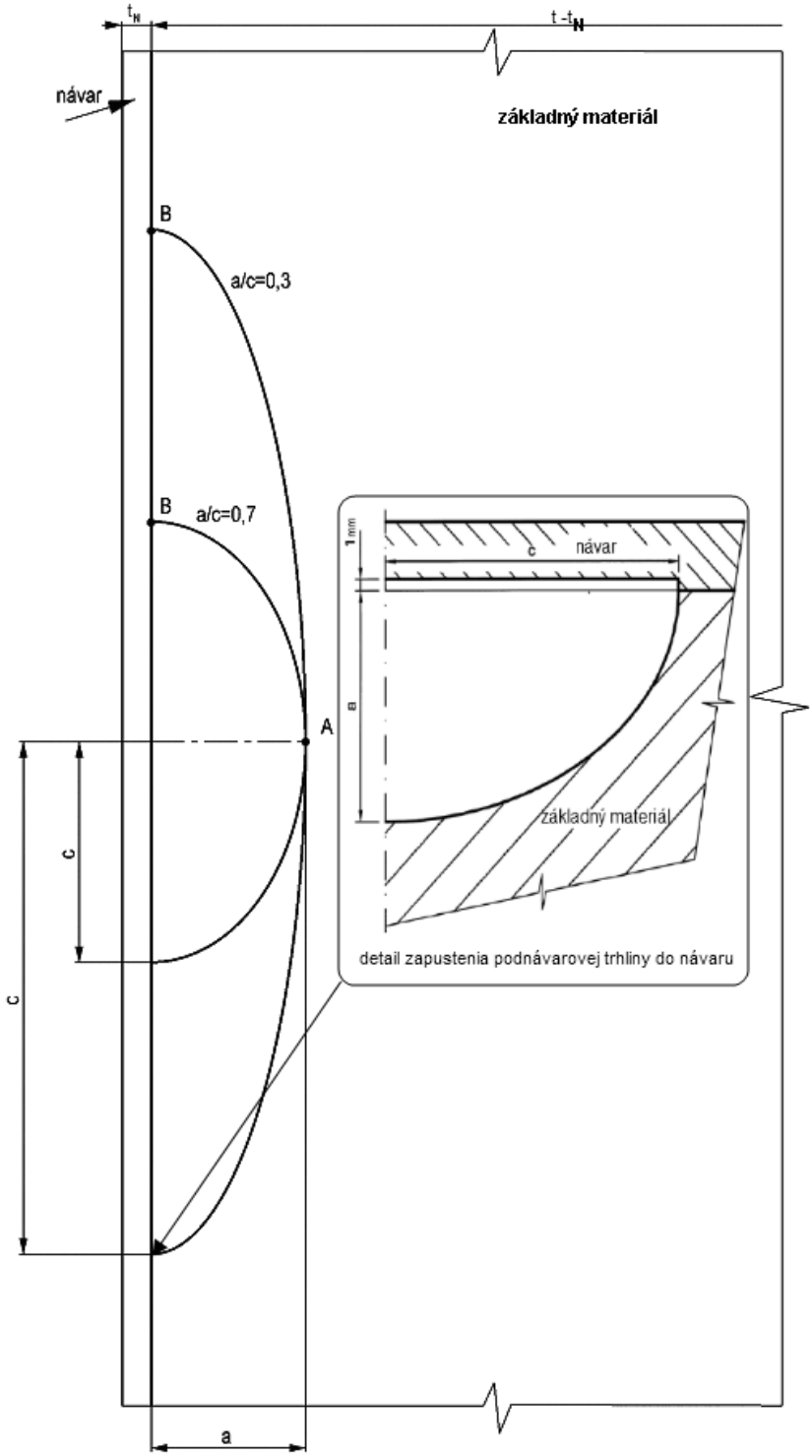
Vychádzajúc z uvedených kvalitatívnych parametrov vykonávaných prevádzkových kontrol TNR je preto možné v súlade s [II.6] pre analýzu integrity TNR v oblasti AZ reaktora použiť postulované osové a obvodové podnávarové trhliny s **a=15mm, a/c=0,3, a/c=0,7.** Je potrebné uviesť, že ďalšou podmienkou pre možnosť použitia takto postulovaných trhlín je skutočnosť, že:

- v návare neboli nájdené žiadne neprípustné defekty (povrchové, podpovrchové a laminárne trhliny),
- v danej oblasti TNR nebola identifikovaná neprípustná porucha priľnavosti návaru k ZM.

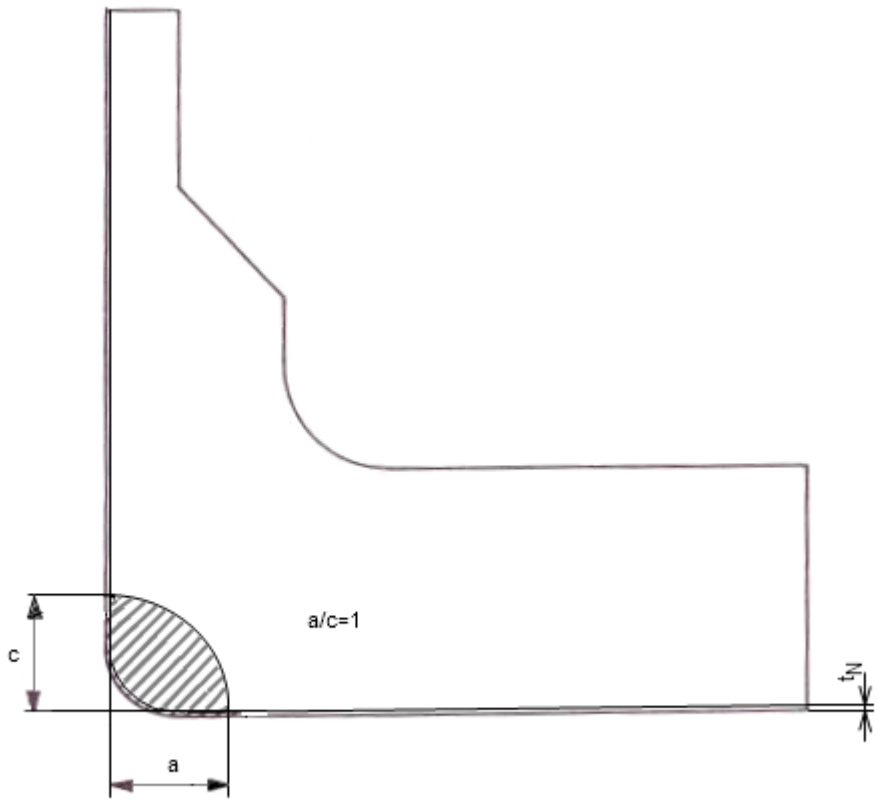
V prípade hodnotenia režimu chladenia vonkajšej steny TNR sa okrem týchto postulovaných trhlín používajú podľa [II.6] i na vonkajšom povrchu postulované osové a obvodové povrchové trhliny s **a=11mm, a/c=0,3, a/c=0,7.**

Pre analýzu integrity primárnych nátrubkov TNR je možné použiť postulovanú podnávarovú rohová trhlinu s **a=36mm**.

Pre možnosť hodnotenia narušenia integrity návarovej vrstvy sa postulované podnávarové trhliny definujú podľa VERLIFE [II.6] s presahom 1mm zo ZM (resp. ZK) do návaru TNR.



Obr. 7.2.1.10.0-1 Postulované trhliny na vnútornom povrchu TNR



Obr. 7.2.1.10.0-2 Postulovaná trhlina na nátrubku TNR

7.2.1.10.0.3.3 Výpočtový model

7.2.1.10.0.3.3.1 Materiálové vlastnosti

TNR je vyrobená z ocele s veľmi nízkou koncentráciou nečistôt, aby sa zabezpečila zvýšená radiačná odolnosť. Zvarový kov je tvorený antikoróznou oceľou a na vnútornom povrchu TNR je antikorózny austenitický návar.

Pre výpočty teplotných a napäťových polí sú použité nižšie uvedené materiálové vlastnosti (všetky materiálové vlastnosti sa predpokladajú závislé od teploty) :

1. Teplotechnické vlastnosti - tepelná vodivosť λ, hustota ρ, merná tepelná kapacita c_p a elastické vlastnosti - Youngov modul pružnosti E, koeficient teplotnej rozťažnosti α_{ref} a Poissonov pomer ν sú prevzaté z [II.6]
2. Pre výpočty deformácií a napätia je nutné stanoviť tzv. teplotu nenapätého stavu (stress-free-temperature) T_{sf}, na základe ktorej sa počítajú teplotné deformácie. Pri teplote T_{sf} sa predpokladajú nulové teplotné napätia a nulové deformácie v celom telese. Pre TNR JE VVER 440 sa používa T_{sf}, ktorá je blízka teplote nominálnej prevádzky podľa [II.6]. Táto voľba má rozumné fyzikálne zdôvodnenie: pri dlhodobom zotrvávaní materiálu TNR na prevádzkovej teplote je možné predpokladať, že vnútorné pnutia v materiáli pri tejto teplote vyrelaxujú. Naviac je tento proces značne urýchlený pôsobením neutrónového toku. Vyššia teplotná

rozťažnosť návaru ako základného materiálu (resp. zvarového kovu) spolu s takto volenou teplotou nenapätého stavu vyvolajú v návare pri ochladení pod prevádzkovú teplotu veľké ťahová napätia, ktoré odpovedajú zvyškovým napätiam v návare. Táto voľba je pri podobných výpočtoch obvyklá a bola použitá v rámci medzinárodných benchmarkov [II.7] a [II.8].

3. Ak sa používa ako teplota nenapätého stavu T_{sf} iná teplota, ako je referenčná teplota použitá pre meranie teplotnej rozťažnosti T_{ref} (obvykle 20 ºC), je nutné vykonať prepočet koeficienta teplotnej rozťažnosti na zadanú teplotu nenapätého stavu. Pre prepočet sa používa nasledujúci vzorec ([II.1], [II.6]):

$$\alpha_0(T) = \frac{\alpha_{ref}(T)\cdot(T - T_{ref}) - \alpha_{ref}(T_{sf})\cdot(T_{sf} - T_{ref})}{(T - T_{sf})\cdot\left[1 + \alpha_{ref}(T_{sf})\cdot(T_{sf} - T_{ref})\right]} \qquad (1)$$

kde

T_{sf} je teplota nenapätého stavu,

T_{ref} je referenčná teplota použitá pre meranie teplotnej rozťažnosti (obvykle 20°C),

T je teplota, pre ktorú sa stanovuje koeficient teplotnej rozťažnosti,

α_{ref} je koeficient teplotnej rozťažnosti stanovený pri T_{ref},

α_0 je koeficient teplotnej rozťažnosti prepočítaný pre T_{sf}

Hodnoty α_0, α_{ref} spolu s ostatnými fyzikálnymi vlastnosťami materiálov TNR, ktoré sú použité pri výpočtoch sú prebrané z [II.6].

Východzie ťahové vlastnosti základného materiálu a zvarového kovu: medza klzu $R_{p0,2}$, medza pevnosti R_m potrebné pre realizáciu elasticko-plastických výpočtov, sú prebraté z výpočtovej normy [II.9] a odpovedajúce vlastnosti návaru zo sprievodnej výrobnej dokumentácie TNR [II.23].

7.2.1.10.0.3.3.2 Zvyškové napätie v zvare

Zvyškové napätia v zvare (osová a obvodová zložka) sú podľa [II.1], [II.6] modelované vzťahom :

$$\sigma = 60 \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{t}\right) \quad [MPa] \qquad (2)$$

kde

σ *je* zvyškové napätie v zvare,

x je súradnica po hrúbke steny TNR (počítaná od prechodu návar/zvar),

t je hrúbka steny TNR v mieste zvaru.

Zvyškové napätia sú pri každej analýze udalostí PTS zahrnuté do hodnotenia integrity TNR nasledujúcim spôsobom :

a) separátny konzervatívny výpočet hodnôt K_I pre zaťaženie zodpovedajúce konštantnému priebehu napätia 60 MPa po hrúbke steny nádoby pomocou výpočtového programu NASGRO :

-v prípade podnávarovej trhliny a=15 mm, a/c=0,3 boli všetkým bodom obrysu trhliny priradené hodnoty K_{Ires} =11,9 Mpa.m$^{1/2}$,

-v prípade podnávarovej trhliny a=15mm, a/c=0,7 boli všetkým bodom obrysu trhliny priradené hodnoty K_{Ires} =9,7 Mpa.m$^{1/2}$,

-v prípade povrchovej trhliny na vonkajšom povrchu a=11mm, a/c=0,3 boli všetkým bodom obrysu trhliny priradené hodnoty K_{Ires} =10,7 Mpa.m$^{1/2}$,

-v prípade povrchovej trhliny na vonkajšom povrchu a=11mm, a/c=0,7 boli všetkým bodom obrysu trhliny priradené hodnoty K_{Ires} =9 Mpa.m$^{1/2}$,

b) pridanie takto vypočítaných hodnôt K_{Ires} k hodnotám K_I v každom hodnotenom bode obrysu trhliny pre každý časový okamih analyzovanej udalosti.

7.2.1.10.0.3.3.3 Modely MKP

Napäťovo-deformačné analýzy v kritických miestach TNR MO34 pri uvážení prítomnosti postulovanej trhliny boli urobené pomocou MKP výpočtového programu ADINA, ktorý je produktom americkej firmy ADINA Inc. a je úplne verifikovaný a validovaný pre oblasť jadrovej energetiky.

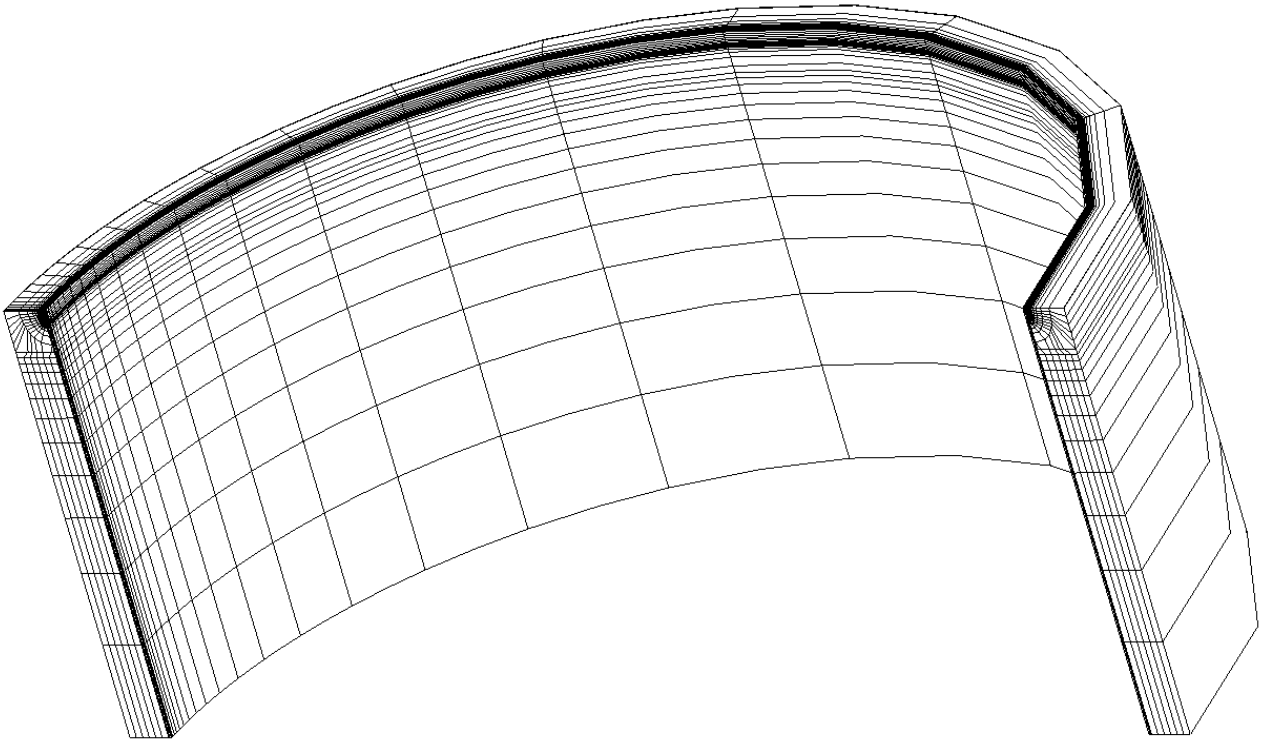
Výpočtové modely valcovej časti TNR v kritickom (hodnotenom) mieste nad dolným okrajom AZ boli valcové prstence, ktoré obsahovali postulované osové resp. obvodové **podnávarov**é trhliny s parametrami **a=15mm**, **a/c=0.3** resp. **a/c=0,7** (**Obr. 7.2.1.10.0-3** a **Obr. 7.2.1.10.0-4**). V prípade hodnotenia režimu chladenia vonkajšej steny TNR boli urobené ešte výpočtové modely obsahujúce na vonkajšom povrchu postulované osové a obvodové **povrchové** trhliny s parametrami **a=11mm, a/c=0,3, a/c=0,7 (Obr. 7.2.1.10.0-5** a **Obr. 7.2.1.10.0-6).** Geometria pri všetkých týchto výpočtových modelov presne zodpovedala geometrii valcovej časti TNR v oblasti AZ.

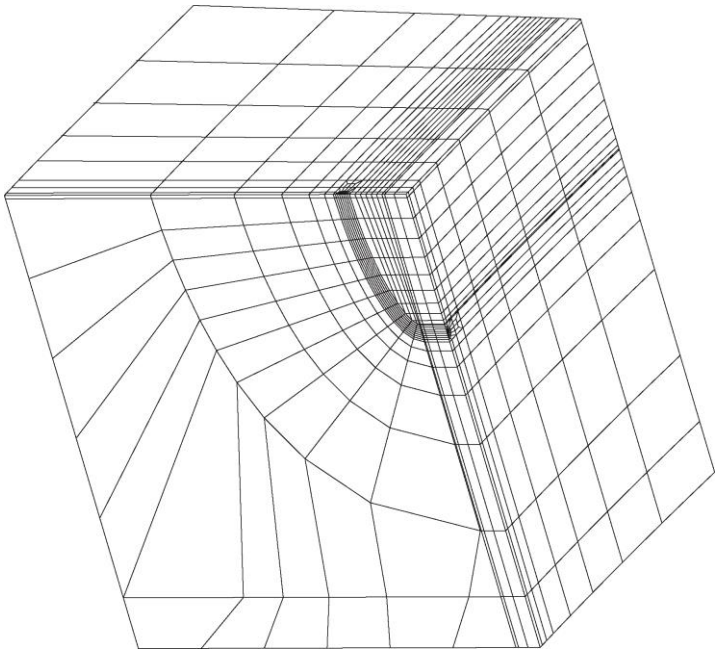
Pre analýzu integrity primárnych nátrubkov TNR bol výpočtový model urobený generárorom ORMNOZZLE, ktorý v telese nátrubku vytvorí požadovanú konfiguráciu postulovanej trhliny a sieť konečných prvkov transformuje do formátu výpočtového programu ADINA. Nedostatkom tohto generátora je, že nedokáže vytvoriť zložitejší tvar nátrubku, ale iba jednoduché spojenie nádoby a nátrubku s daným polomerom zakrivenia prechodu medzi vnútorným priemerom primárneho potrubia a vnútorným priemerom TNR. Skutočná geometria popísaného prechodu nátrubku TNR však podľa projektovej výkresovej dokumentácie pozostáva z troch kužeľov s uhlami 15°, 30° a 45°.

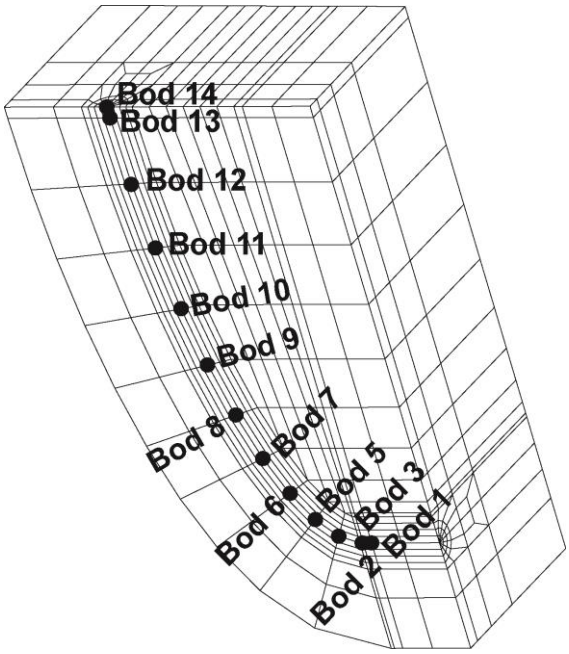
Z tohto dôvodu bolo nutné urobiť porovnávaciu štúdiu rozloženia napätí v mieste postulácie trhliny v nátrubku TNR (bez uvažovania postulovanej trhliny) pre obidve popísané geometrie a pre namáhanie primárnym tlakom. Pre geometriu nátrubku urobenú generátorom ORMNOZZLE (**Obr. 7.2.1.10.0-7**), ktorá bola použitá pri hodnotení integrity nátrubku TNR MO34, je rozloženie obvodového napätia, ktoré je dominantné pre namáhanie osovej postulovanej trhliny, pri namáhaní primárnym tlakom na **Obr. 7.2.1.10.0-8**. Výpočtový model pre skutočnú geometriu podľa projektovej výkresovej dokumentáciu bol urobený výpočtovým programom MSC.Marc a rozloženie obvodového napätia je znázornené na **Obr. 7.2.1.10.0-9**.

Porovnanim grafického znázornenia rozloženia obvodového napätia pre obidve geometrie nátrubku TNR možno skonštatovať, že rozloženie napätia je takmer identické. Pre podrobnejšie porovnanie priebehu obvodového napätia v stene nátrubku v mieste prechodu bol urobený pre obidve geometerie graf priebehu

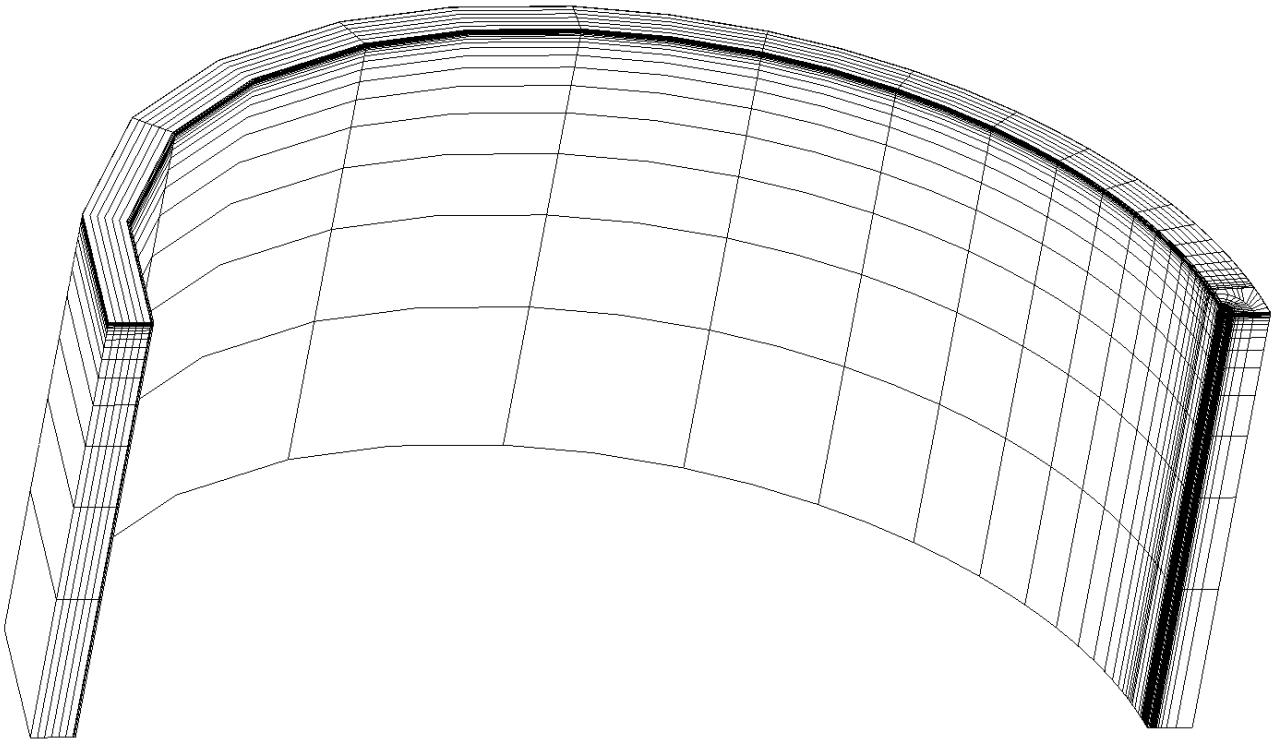
obvodového napätia po hrúbke steny znázornený na Obr. 7.2.1.10.0-10. Z tohto grafu je vidieť, že obvodové napätie pre geometriu nátrubku použitú pri hodnotení integrity nátrubku TNR MO34 (krivka ADINA 1) je takmer identické s priebehom obvodového napätia pri skutočnej geometrii nátrubku (krivka MARC 1). Ak porovnáme napätie v mieste čela postulovanej osovej podnávarovet trhliny a=36mm t.j. vo vzdialenosti 44mm od vnútorného povrchu (9mm návar + 36mm trhlina), potom je obvodové napätie pre geometriu nátrubku použitú pri hodnotení integrity ešte mierne väčšie ako pri skutočnej geometrii. Na základe výsledkov tejto porovnávacej štúdie je možno skonštatovať, že zjednodušenie geometrie modelu nátrubku TNR MO34 má **zanedbateľný vplyv** na úroveň napätosti a namáhanie postulovanej trhliny.

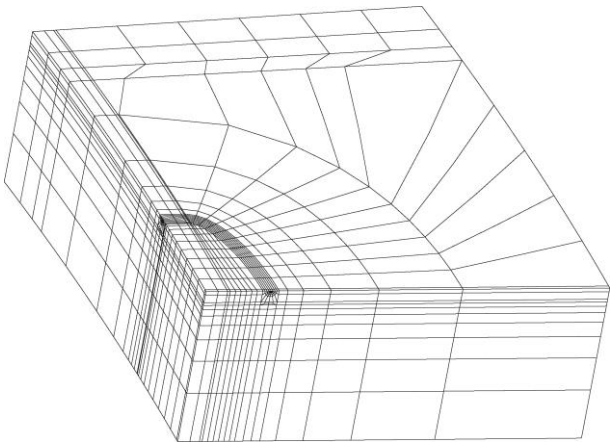


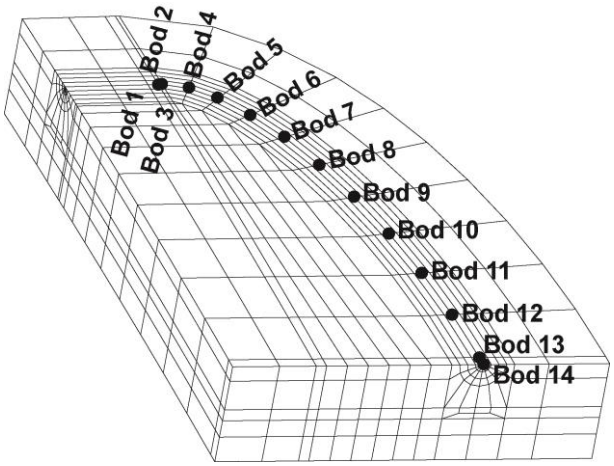




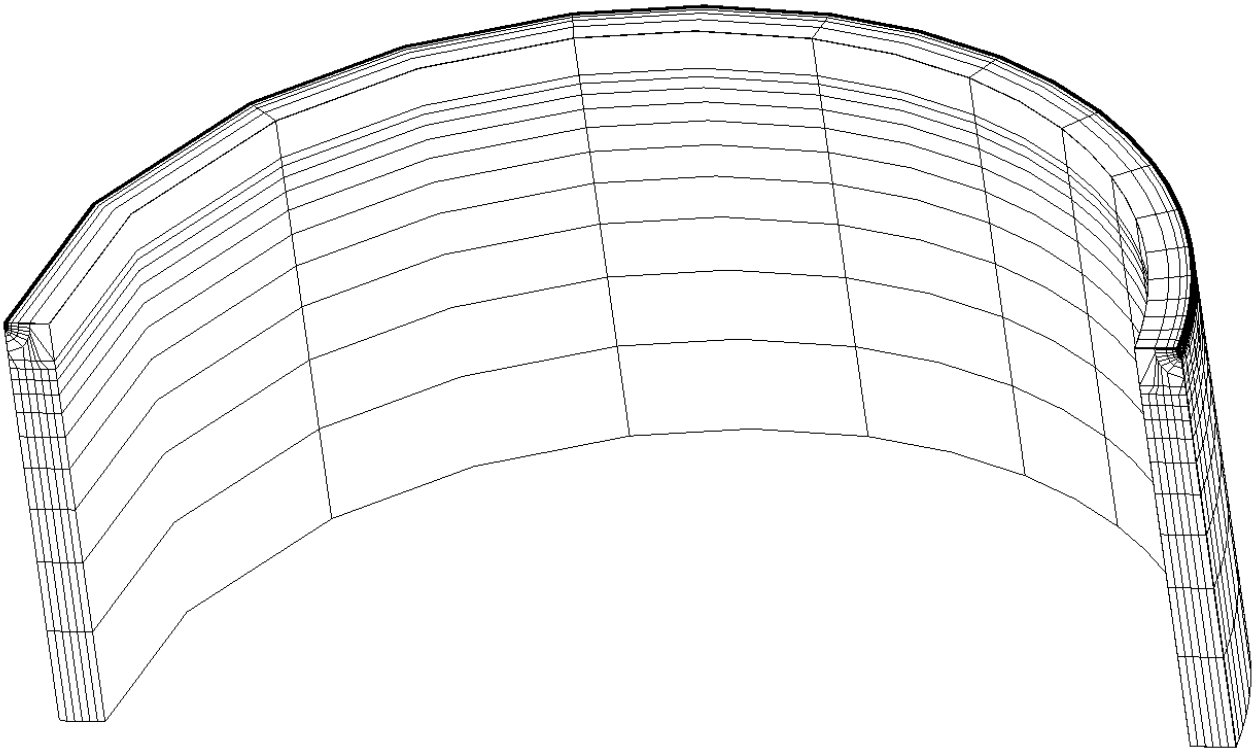
Obr. 7.2.1.10.0-3 Sieť konečných prvkov – osová postulovaná trhlina na vnútornom povrchu TNR

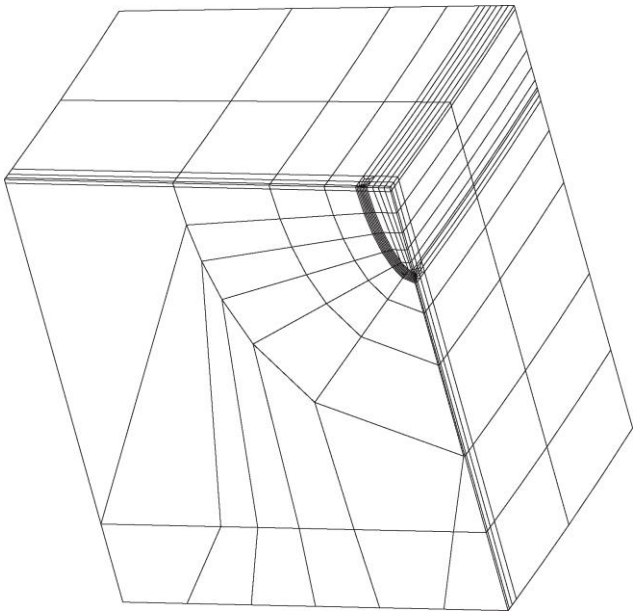


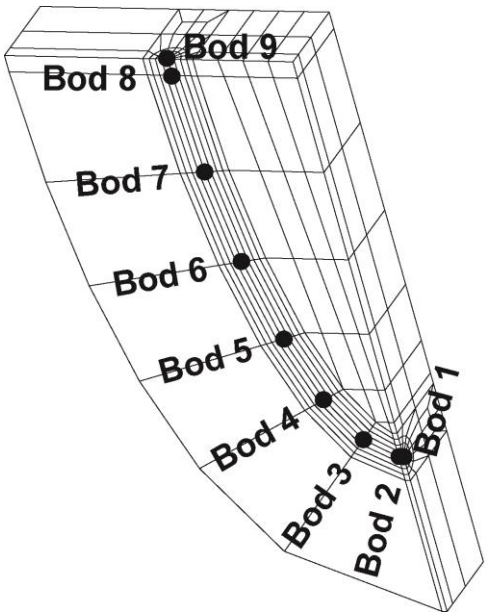




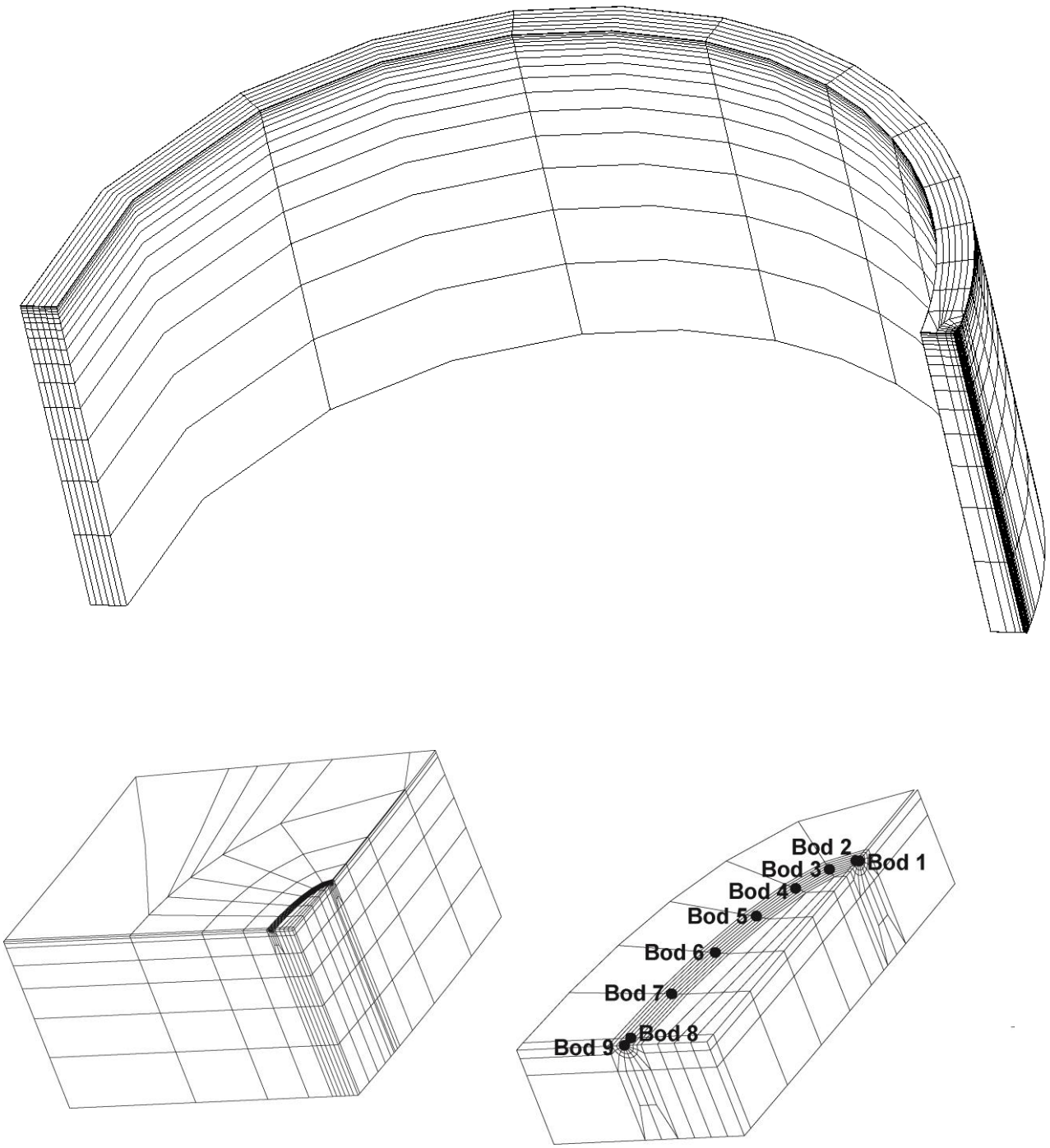
Obr. 7.2.1.10.0-4 Sieť konečných prvkov – obvod. postulovaná trhlina na vnútornom povrchu TNR



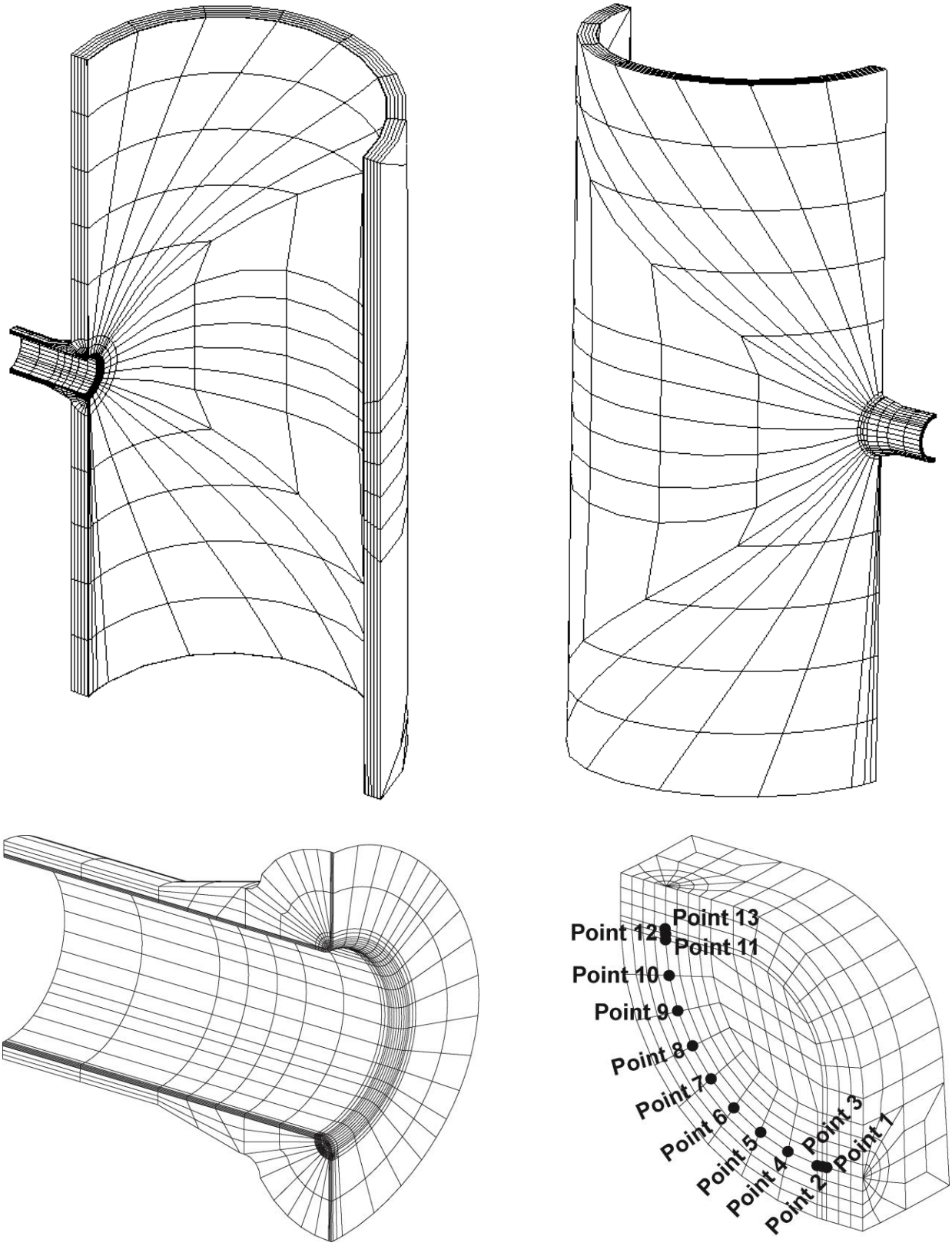




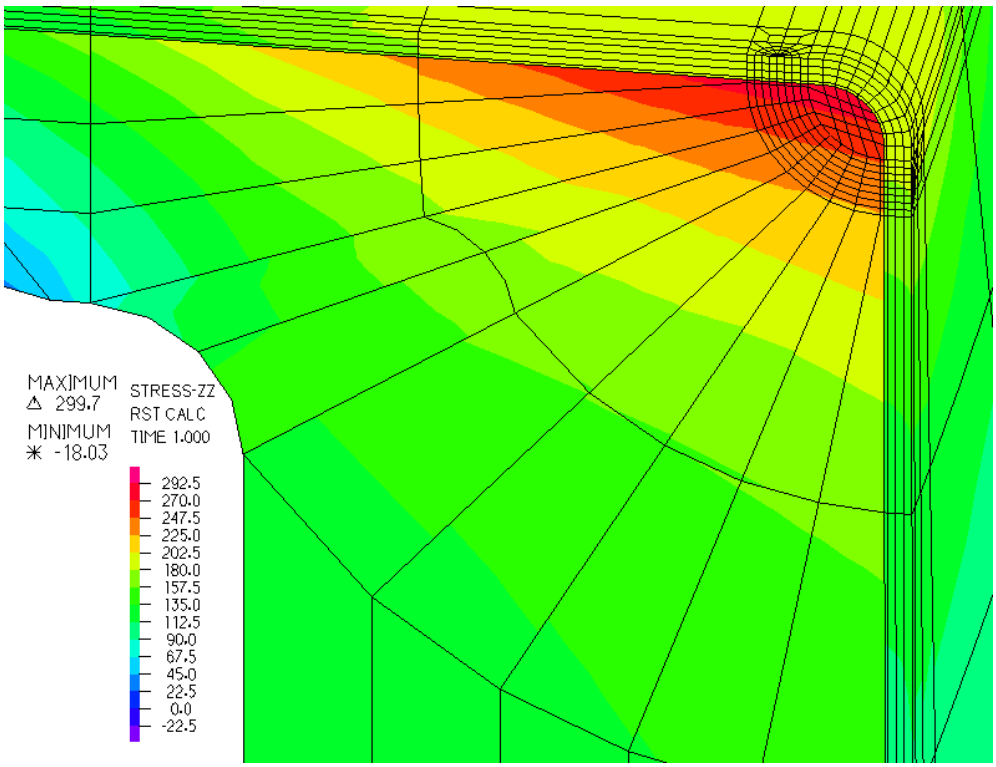
Obr. 7.2.1.10.0-5 Sieť konečných prvkov – osová postulovaná trhlina na vonkajšom povrchu TNR



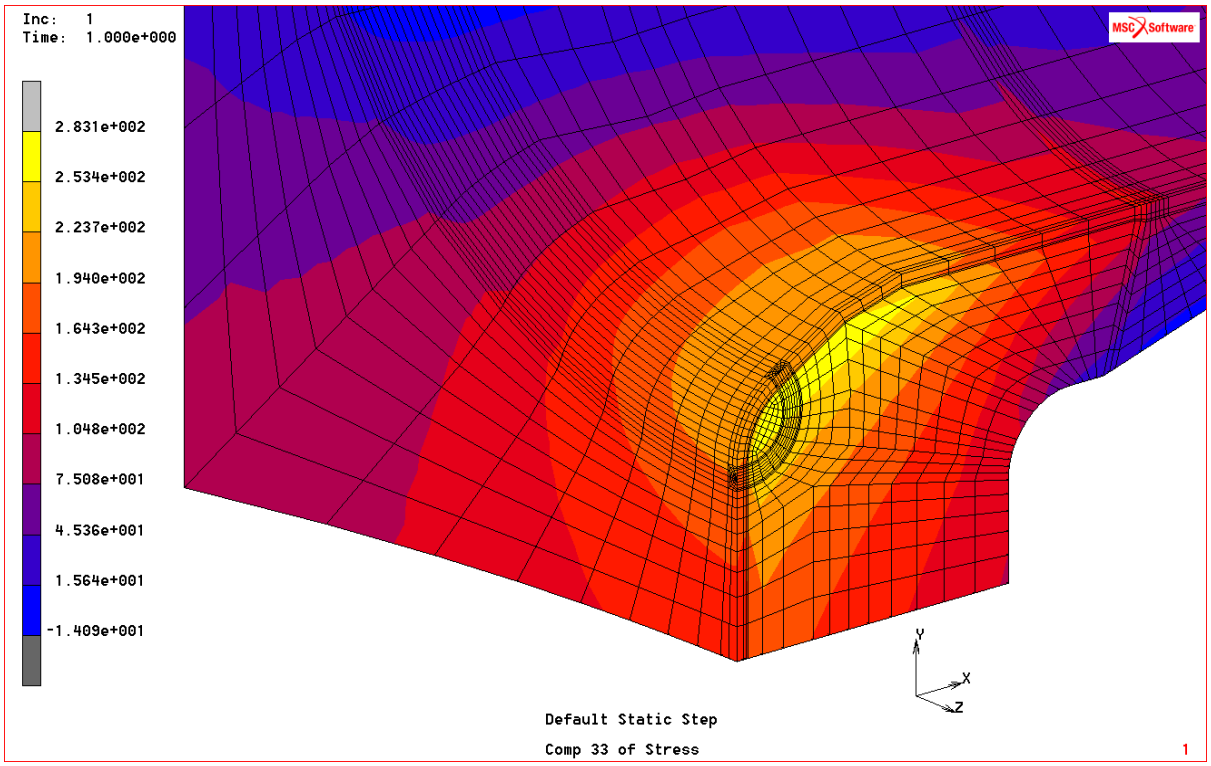
Obr. 7.2.1.10.0-6 Sieť konečných prvkov – obvod. postulovaná trhlina na vonkajšom povrchu TNR



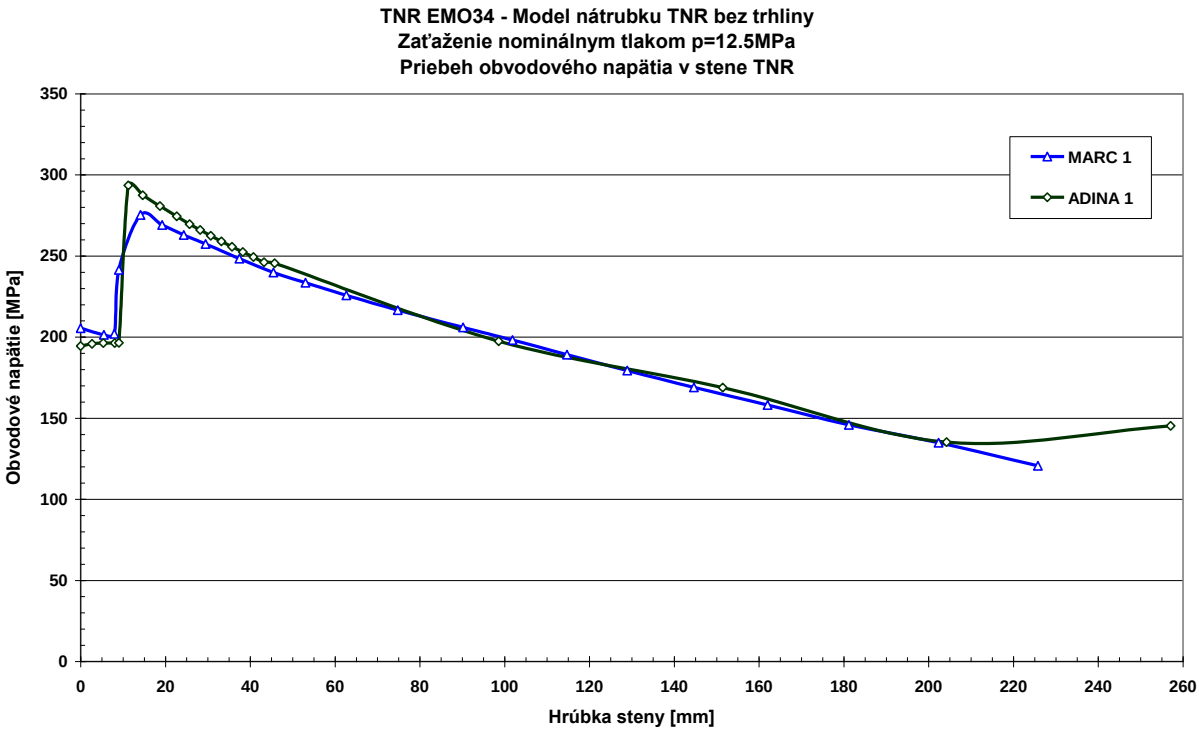
Obr. 7.2.1.10.0-7 Sieť konečných prvkov – osová postulovaná trhlina na nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.0-8 Rozloženie napätia pre geometriu nátrubku TNR použitú pri hodnotení integrity



Obr. 7.2.1.10.0-9 Rozloženie napätia pre skutočnú geometriu nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.0-10 Priebeh obvodového napätia po hrúbke steny pre obidve geometrie nátrubku

7.2.1.10.0.3.3.4 Teplotné výpočty

Ako vstupné údaje pre riešenie teplotnej úlohy a mechanickej úlohy sú použité výstupy z termohydraulických výpočtov. V podstate ide o kombináciu výstupov z globálnych termohydraulických analýz (program RELAP) a analýz miešania v ŠR (programy REMIX/NEWMIX). Ide o časové závislosti týchto parametrov:

- priebeh tlaku v primárnom okruhu
- priebeh teploty chladiva T
- koeficientu tepelného prestupu z chladiva do steny TNR v ŠR (v studenom jazyku a mimo jazyk, prípadne podrobne v celej ŠR).

Okrajové podmienky teplotných výpočtov sú definované časovo a priestorovo závislými priebehami teploty média a súčiniteľa prestupu tepla na vnútornom povrchu TNR. Tieto veličiny sú z termohydraulických analýz prenesené ako datové súbory a sú interpolované do jednotlivých uzlových bodov (prípadne stien prvkov) na vnútormom povrchu MKP modelu. Okrem toho sa definuje šírka studených jazykov, ktoré vznikajú na stene valcovej časti nádoby. Počiatočná teplota telesa uvažovaná v celom objeme telesa TNR, je rovná teplote média v studenej vetve slučky primárneho okruhu pri nominálnom stave.

Na vodorovných rezoch modelu výseku valcovej časti TNR, na rovine symetrie a na vonkajšom povrchu TNR je zadaný nulový prestup tepla. Zadanie nulového prestupu tepla na vonkajšom povrchu je konzervatívne. V skutočnosti je vonkajší povrch mierne ochladzovaný prúdiacim vzduchom a na počiatku prechodového deja je na vonkajšom povrchu o niečo nižšia teplota a teda teplotné napätie vyvolané prechodovým dejom sú nižšie.

Úloha vedenia tepla je riešená ako nelineárna (materiálové vlastnosti závisia od teploty) a nestacionárna. Časové kroky sú volené tak, aby v čase rýchlej zmeny teploty média bol volený čo najkratší časový krok.

7.2.1.10.0.3.3.5 Elastoplastické výpočty

Mechanická úloha je riešená ako priestorová úloha elasto-plasticity. Riešenie je založené na deformačnej teórii plasticity (teória malých pružno-plastických deformácií) pre model s izotropným spevnením deformácie a s Von Misesovou funkciou plasticity. Úloha je riešená s uvažovaním malých posunutí/rotácií a malých deformácií. Pre výpočet sú použité materiálové vlastnosti závislé od teploty. Elasto-plastická úloha je riešená na rovnakej sieti konečných prvkov ako úloha vedenia tepla. Okrem toho je potrebné definovať podmienky uloženia modelu nádoby - na rovinách symetrie sú predpísané nulové posunutia v smeroch kolmých k rovinám symetrie.

Dôvodom aplikácie elastoplastických výpočtov je skutočnosť, že lineárne-elastické riešenie pre podnávarovú trhlinu je takmer vždy nekonzervatívne. Pri PTS návar plastizuje, čo vedie k väčšiemu zaťaženiu trhliny. Vplyv návaru na chovanie podnávarovej trhliny je teda veľmi významný.

Elasto-plastická úloha je riešená pre súčasné zaťaženie vnútorným pretlakom, vlastnou tiažou a nestacionárnym teplotným poľom vypočítaným v predchádzajúcom teplotnom výpočte.

Elasto-plastická úloha je počítaná ako nestacionárna v časových intervaloch, ktoré musia byť volené tak, aby bola dosiahnutá konvergencia numerickej metódy, a aby boli čo najpodrobnejšie skúmané časy v okolí významných zmien teploty chladiva a časy očakávané ako kritické z hľadiska PTS.

Výpočtová analýza sa vykonáva pomocou programu ADINA, ktorý je produktom americkej firmy ADINA Inc. a je úplne verifikovaný a validovaný pre oblasť jadrovej energetiky.

Konečným výsledkom výpočtov sú súbory popisujúce časovo premenné teplotné polia v materiáli nádoby, polia deformácií a zložiek napätosti a časový priebeh hodnôt J integrálu a teplôt vo všetkých uzloch siete na čele trhliny. Hodnoty súčiniteľa intenzity napätia K_I sa získajú z hodnôt J integrálu jednoduchým prepočtom, ktorý je platný pre podmienky rovinnej deformácie:

$$K_I = \{E\ J / (1-\nu^2)\}^{1/2} \qquad (3)$$

Hodnoty J integrálu sú počítané v každom zadanom bode trhliny metódou virtuálnych posunutí a to vždy pre niekoľko rôznych hodnôt posunutí. Ak majú byť vypočítané J-integrály korektné, musia byť všetky hodnoty príslušné jednému bodu trhliny veľmi blízke, v opačnom prípade je J-integrál závislý na ceste a nie je platným parametrom lomovej mechaniky umožňujúcim charakterizáciu iniciácie krehkého lomu na čele trhliny (vrátane nemožnosti hore uvedeného prepočtu). Preto je vždy nevyhnutná kontrola nezávislosti J na integračnej ceste.

7.2.1.10.0.3.3.6 Lomovomechanické výpočty

Hodnotenie odolnosti TNR proti náhlemu lomu je vykonávané v kritických miestach TNR. Kritérium pre toto hodnotenie je [II.1], [II.6]:

$$K_I(T, a) < K_{IC}(T, T_K) \qquad (4)$$

Kritérium je aplikované pre všetky časy hodnotenej udalosti PTS vo všetkých bodoch postulovaných defektov. V súlade s požiadavkami oboch spomenutých dokumentov, je potrebné použiť bezpečnú krivku lomovej húževnatosti K_{IC} (T). Pre zvarový kov i základný materiál sa odporúča [II.1], [II.6] spodná obalová krivka pre všetky druhy materiálov TNR JE VVER 440 z pôvodnej ruskej normy [II.9]:

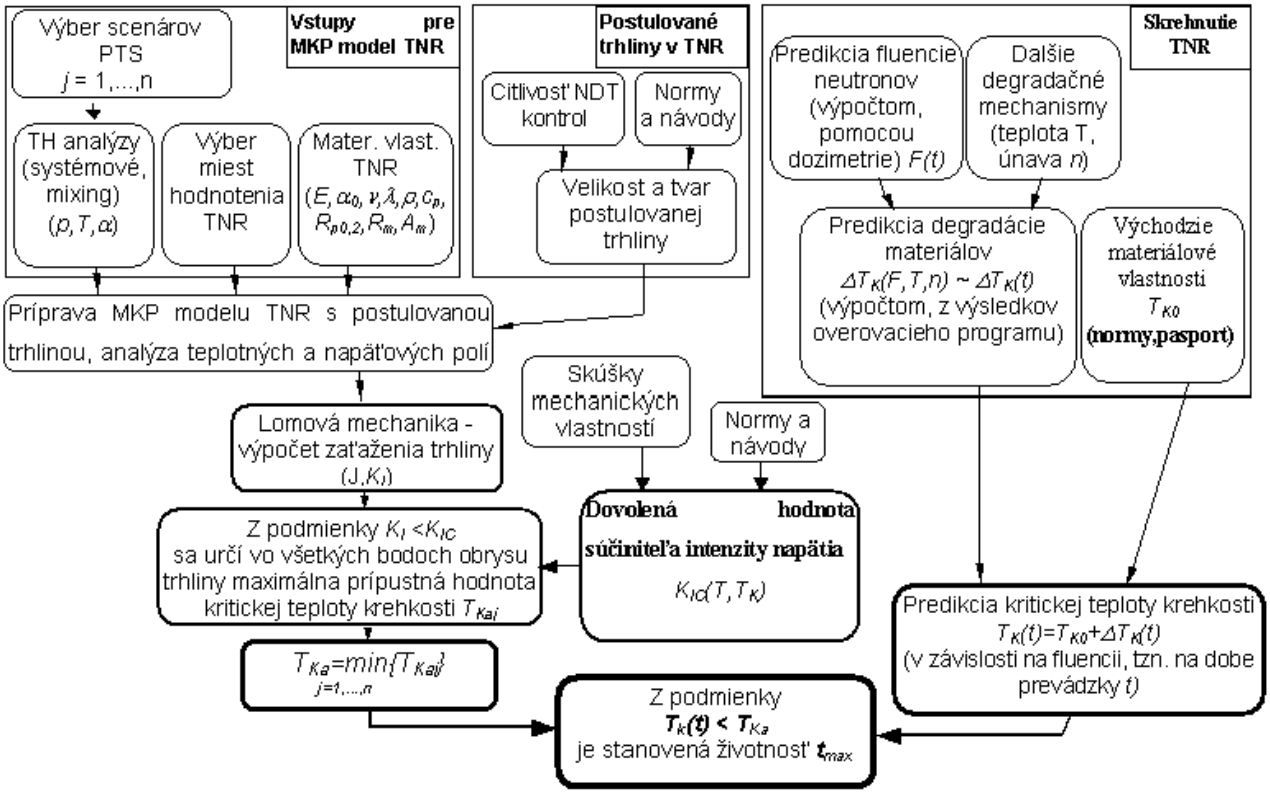
$$K_{IC}(T, T_K) = 26 + 36.\exp\{0{,}02(T-T_K)\} \qquad (5)$$

Porovnanie $K_I(T)=K_{IC}(T, T_K)$ je vykonané vo všetkých ***„i“*** bodoch obrysu postulovanej trhliny vo všetkých analyzovaných *l* časových okamihoch priebehu PTS. Získa sa tak pre každý ***i*-ty** bod obrysu trhliny súbory *l* dovolených hodnôt kritickej teploty krehkosti T_{Kali}, z nich najmenšia predstavuje dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Kai} pre daný *i*-tý bod a daný proces PTS. Minimum týchto hodnôt pre všetky body obrysu trhliny predstavuje dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka} pre daný proces PTS.

Výsledky každej PTS analýzy je možné prezentovať graficky v každom bode obrysu trhliny vykreslením dvoch závislostí $K_I(T)$, $K_{IC}(T, T_{Ka})$, ktorých dotyčnicový bod určuje práve hodnotu T_{Ka}.

Na záver je nutné upozorniť na efekt nazývaný „warm prestressing“- preťaženie za tepla, ktorý môže zvýšiť odolnosť materiálov TNR proti náhlemu lomu istým druhom „spevnenia“ počas PTS. Uplatňuje sa najmä v situácii, keď v „histórii“ zaťaženia po náraste K_I na maximum dôjde k značnému odľahčeniu pri súčasnom poklese teploty. V tejto fáze zaťaženia nie je pravdepodobné porušenie TNR, i keď podmienka (4) nie je splnená. Pokiaľ sa dotyčnicový bod kriviek $K_I(T)$, $K_{IC}(T)$ nachádza na monotónne klesajúcej (tu „klesajúci“ znamená klesajúci v čase) časti grafu teplotnej závislosti K_I pod 90 %-mi jej globálneho maxima K_I^{max}, určuje se hodnota T_{Ka} pomocou hodnoty súčiniteľa intenzity napätia, ktorý sa rovná $0{,}9*K_I^{max}$ namiesto hodnoty odpovedajúcej dotykovému bodu [II.1], [II.6].

Pre účel preverenia integrity návarovej vrstvy počas každej PTS stačí podľa [II.6] preukázať, že všetky hodnoty J-integrálu vo všetkých bodoch trhliny v návare (zapustenie trhliny je 1mm) sú vždy menšie ako J_{1mm} = 100 N/mm.



Obr. 7.2.1.10.0-11 Schéma hodnotenia integrity TNR

7.2.1.10.0.3.4 Výpočtový program ADINA

Výpočtový kód ADINA je špičkovým produktom americkej firmy ADINA R&D, Inc., ktorý umožňuje aplikáciou metódy konečných prvkov riešenie statických, dynamických, lineárnych i nelineárnych úloh na 2-D a 3-D telesách. Obsahuje bohatú škálu typov konečných prvkov ako sú: masívne typy prvkov, prútové prvky, potrubné prvky, dosky, škrupiny, výstuže a pod. Je možné použitie rôznych konštrukčných materiálov, ako sú kovy, plasty, betóny, tkaniny, keramické materiály, zeminy, skaly, drevo a pod. Program je autorizovaný NRC pre použitie v oblasti JE. Pre hodnotenie integrity TNR boli použité nasledovné moduly programového kódu ADINA:

1. **ADINA-AUI (Adina User Interface)** – je preprocesor a postprocesor programového balíka ADINA, v ktorom je možné vytvoriť geometriu výpočtového modelu priamo alebo exportovaním z niektorého z kompatibilných CAD systémov (AutoCAD, Pro/Engineer, I-DEAS), vygenerovať sieť konečných prvkov manuálne alebo pomocou automatického generátora siete, zadať materiálové vlastnosti analyzovanej konštrukcie, definovať počiatočné a okrajové podmienky výpočtu a zaťaženie. Postprocesor kódu ADINA umožňuje spracovanie výsledkov výpočtov formou ich exportu do textových súborov, vykreslením priebehu vybraného parametru do grafickej závislosti alebo farebným grafickým znázornením rozloženia vypočítaných veličín na modeli analyzovaného telesa.

2. ADINA-T – je časť programového balíka určená na riešenie stacionárnych a nestacionárnych, lineárnych a nelineárnych úloh vedenia tepla. Program umožňuje zadávať časovo a teplotne závislú tepelnú vodivosť materiálov, teplotnú závislosť mernej tepelnej kapacity a prestup tepla (konvekciu) a radiáciu pre uzly, hrany a plochy.

3. ADINA – je časť programového balíka určená na lineárne a nelineárne, statické a dynamické napäťové analýzy aplikáciou metódy konečných prvkov (MKP). Pri výpočtových analýzach je možné použiť rôzne typy konečných prvkov a zadať rôzne materiálové modely. Výpočet napätí a deformácií je možné urobiť pre predpoklad malých aj veľkých deformácií, elasto-plastickej analýzy, creepu s tepelným efektom, kontaktu dvoch telies, lomovej mechaniky s uvažovaním rastu trhliny (iba pre 2-D úlohy) atď. Pri výpočte tepelných napätí od nerovnomerného rozloženia teplôt v analyzovanom telese resp. rôznych materiálových vlastností jednotlivých častí konštrukcie je možné prostredníctvom súboru dát transformovať do programu ADINA nestacionárne teplotné pole (nestacionárny priebeh teploty v každom uzlovom bode siete konečných prvkov) vypočítané programom ADINA-T.

Validáciu výpočtového programu ADINA je možné rozdeliť do týchto troch oblastí:

1. ADINA / Teória - súčasťou programového balíka ADINA sú verifikačné manuály, v ktorých sú pre vybrané fyzikálne problémy porovnané výsledky analytického riešenia daného problému s výsledkami získanými výpočtovým kódom ADINA. Výpočtový kód ADINA-T obsahuje pre lineárne úlohy 12 príkladov a pre nelineárne úlohy 25 príkladov, výpočtový kód ADINA pre lineárne úlohy 124 a pre nelineárne 130 príkladov.

2. ADINA / Iné programy MKP – VUJE, a.s. sa v minulosti zúčastnilo niekoľkých medzinárodných projektov organizovaných IAEA, tzv., benchmarkov, zameraných na problematiku hodnotenia integrity TNR pri PTS (WWER-440/213 RPV PTS Analysis Benchmark Exercise, CRP9) [II.8], [II.10]. Výsledky týchto projektov preukázali veľmi dobrú zhodu výsledkov programu ADINA v porovnaní s inými výpočtovými programami a analytickými metodikami iných organizácií.

3. ADINA / Experiment – v rámci projektu Európskej komisie NESC-I [II.10] bol urobený experiment, pri ktorom bol valcový model steny TNR obsahujúci trhlinu zaťažený tepelným a tlakovým namáhaním simulujúcim podmienky namáhania TNR pri PTS. Zároveň 16 výskumných organizácií rôznymi metodikami a výpočtovými kódmi urobilo analýzy rozloženia teplôt, napätí a hodnotenia integrity tohto modelu TNR, ktoré boli porovnávané s nameranými výsledkami experimentu. Štyri organizácie pri svojich analýzach použili výpočtový program ADINA (Siemens, IWM, Vattenfall AB, GRS Köln) a dosiahli veľmi dobrú zhodu s experimentom.

Tab. 7.2.1.10.0-1 Zoznam dokumentov pre validáciu kódu ADINA

Číslo publikácie	Názov publikácie	Dátum vydania
Report ARD 92-9	ADINA Verification Manual - Linear Problem, ADINA R&D, Inc. 71 ELton Avenue, Watertown, MA 02172, USA	December 1992
Report ARD 92-10	ADINA Verification Manual - Nonlinear Problem, ADINA R&D, Inc. 71 ELton Avenue, Watertown, MA 02172, USA	December 1992
Report ARD 92-11	ADINA-T Verification Manual, ADINA R&D, Inc. 71 Elton Avenue, Watertown, MA 02172, USA	December 1992
IAEA, WWER-SC-211	WWER-440/213 RPV Pressurized Thermal Shock Analysis Benchmark Exercise (WPB), Results of Phase II. - Structural Analysis and Fracture Mechanics Analysis, MAAE, Vienna, 1999	1999
IAEA TECDOC 1627	CRP-9 On Review and Benchmark of Calculation Methods for Structural Integrity Assessment of RPVs During PTS, IAEA documents	2006
EUR 19051 EN	NESC-I Project Overview, Final Report, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Advanced Materials, Petten, The Netherlands	2001
EUR 22510 EN	Assessment of Dissimilar Weld Integrity, Final Report of the NESC-III Projekt , European Commission, Joint Research Centre, Institute for Advanced Materials, Petten, The Netherlands	2001

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

7.2.1.10.1.1 Charakteristika udalosti

Roztrhnutie potrubia tvoriaci tlakový celok s I.O. vedie k havárii s únikom chladiva (LOCA) z I.O. do hermetických priestorov - kontajnmentu. Za haváriu s únikom chladiva z I.O. je považované také porušenie celistvosti hranice I.O., pri ktorom nie sú systémy pre normálnu prevádzku schopné kompenzovať pokles zásoby chladiva v I.O.. V tejto kapitole sú hodnotené len účinky teplotných šokov na TNR, ostatné aspekty sú predmetom hodnotenia v kap. 7.2.1.7.

Počas LOCA automaticky vznikajú signály na štart aktívnych systémom havarijného doplňovania chladiva do I.O.. Ak je LOCA sprevádzaná väčším poklesom tlaku v I.O., tak môže dochádzať k aktivácii pasívnych systémov doplňovania chladiva do I.O.. Činnosť havarijného doplňovania chladiva vedie k vychladzovaniu I.O..

Pri niektorých typoch LOCA je v I.O. pomerne vysoký tlak, ktorý indukuje mechanické napätia v materiáli, a tak dochádza k ich superpozícii s napätiami od poklesu teploty. Tepelné a mechanické napätia vyvolané týmto mechanizmom môžu potenciálne ohroziť integritu TNR, lebo materiál TNR má pri nižších teplotách horšie lomovomechanické vlastnosti.

Spektrum havárií s únikom chladiva z I.O. je veľmi široké. Podľa určitých spoločných znakov sa rozdeľujú na niekoľko skupín - kategórií. Pre potreby hodnotenia PTS procesov, sú LOCA zatriedené do niekoľkých skupín podľa:

- veľkosti únikového otvoru, obvykle charakterizovaným ekvivalentným priemerom ***de***
- miesta úniku chladiva (studená vetva, horúca vetva, parná strana KO).

Podľa veľkosti únikového otvoru sa LOCA obvykle rozdeľujú na tri skupiny, ktoré sa líšia dynamikou procesu, dôsledkami na bezpečnosť AZ, zaťaženie kontajnmentu aj integritu TNR.

Cieľom analýz vykonaných v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.1.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Spektrum havárií s únikom chladiva z I.O.“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.7.1 a 7.2.1.14.2.

Kritérium prijateľnosti DB-A6

Postulovaný defekt nespôsobí krehký alebo húževnatý lom tlakovej nádoby reaktora pre celý súbor očakávaných udalostí a projektových havárií.

Metodické poznámky:

Napäťovo-deformačné výpočty analyzujú rozdelenie napätí v postulovaných defektoch vo všetkých kritických miestach TNR. Výsledkom je hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_I. V ďalšom kroku sa zisťuje miestna lomová húževnatosť K_{IC}, ktorá závisí predovšetkým na vlastnostiach materiálu TNR v hodnotenom kritickom mieste, pričom sa zohľadňujú degradačné mechanizmy, zmena mechanických vlastností materiálov s teplotou, tepelne ovplyvnené zóny a pod.

Integrita TNR je zabezpečená, ak hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_I postulovaných povrchových poloeliptických defektov v osovom i obvodovom smere je vo všetkých kritických miestach TNR počas celého havarijného procesu menšia ako miestna lomová húževnatosť K_{IC}.

Integrita TNR je taktiež zaistená, ak je odolnosť proti náhlemu lomu úspešne preukázaná aplikovaním postupu zahrňujúceho vplyv WPS (warm prestressing - teplotné spevnenie) podľa metodiky popísanej v kapitole 7.2.1.10.

Rozhodujúcim kritériom pre zaistenie integrity TNR oboch blokov MO34 je, aby počas celej plánovanej doby prevádzky bola vo všetkých analyzovaných lokalitách TNR dodržaná nerovnosť :

$$T_K < (T_{Ka})_{min}, \qquad (6)$$

, kde T_K je kritická teplota krehkosti.

Tá je pre valcovú časť TNR v blízkosti AZ určovaná z príslušného programu overovacích vzoriek. Vzhľadom na to, že pred začiatkom prevádzky nie sú dostupné reálne hodnoty T_K z programu overovacích vzoriek, bol urobený veľmi konzervatívny odhad T_K na základe návodu VERLIFE [II.6] a ruskej normy pevnostných výpočtov [II.9] (viď).

Hodnota T_K sa vypočíta podľa rovnice:

$$T_K = T_{K0} + \Delta T_N + \Delta T_T + \Delta T_F, \qquad (7)$$

kde posledné tri členy predstavujú prírastok kritickej teploty krehkosti spôsobenej únavou, teplotným starnutím a radiačným poškodením a T_{K0} je počiatočná hodnota kritickej teploty krehkosti. ΔT_F je popísaná poloempirickou rovnicou:

$$\Delta T_F = A_F.(F_n.10^{-22})^{1/3},\ 1.10^{22} n/m^{-2} \leq F \leq 3.10^{24} n/m^{-2}, \qquad (8)$$

kde A_F je koeficient radiačného krehnutia a F_n je fluencia neutrónov s energiou E > 0,5 MeV v rozsahu (10^{22}-10^{24}) n/m^2.

$$\Delta T_N = 20.D, \qquad (9)$$

kde D je lokálna hodnota kumulovaného únavového poškodenia ($0 \leq D \leq 1$).

Prírastok kritickej teploty krehkosti spôsobený teplotným starnutím je pre materiál TNR VVER 440 podľa ruskej normy [II.9] a návodu VERLIFE [II.6] nulový. Rovnaká hodnota je platná pre ΔT_N v dôsledku zanedbateľného únavového poškodenia vo valcovej časti TNR v blízkosti aktívnej zóny.

Pôvodne experimentálne určené hodnoty T_{K0} pre materiály TNR 3. a 4. bloku EMO sú v pasportoch TNR [II.23]. Vzhľadom na požiadavky v Appendix III, par.2.3 návodu VERLIFE [II.6] je použitie týchto hodnôt akceptovateľné iba v prípade, ak je pridaná dodatočná bezpečnostná rezerva δT_M.

Pri PTS analýzach TNR EMO34 boli však použité hodnoty počiatočnej kritickej teploty krehkosti $\mathbf{T_{K0}}$ pre TNR MO34, ako aj bezpečnostnej rezervy $\delta\mathbf{T_M}$ pre základný materiál a zvarový kov TNR MO34 určené na základe výsledkov expertnej analýzy „Analýza dopadů různých vyhodnocovacích metodik na průběh p-T křivek pro MO3,4“, v ktorej boli pre stanovenie $\mathbf{T_{K0}}$ a $\delta\mathbf{T_M}$ použité údaje z pasportov TNR MO34 [II.23] spoločne s výsledkami meraní urobených v rámci programu overovacích vzoriek TNR MO34 na vzorkách v neožiarenom stave (nulový stav). Tento postup bol schválený UJD SR v dokumente „Analýza p-T křivek dle metodiky VERLIFE“, Stanovisko UJD SR k dokumentu „Analýza dopadov rôznych vyhodnocovacích metodík na priebeh p-T kriviek pre MO3,4“.

Konzervatívne hodnoty $\mathbf{A_F}$ sú stanovené v ruskej norme [II.9] a v dokumente VERLIFE [II.6].

Hodnoty fluencie $\mathbf{F_n}$ v rovnici (8) boli prevzaté zo správy [II.28]. Reálne hodnoty musia byť v budúcnosti určené priamym meraním na vzorkách z programu overovacích vzoriek. Výstup z programu overovacích vzoriek poskytne významne nižšie hodnoty kritickej teploty krehkosti $\mathbf{T_K}$ (podľa skúseností z iných blokov VVER vrátane hodnôt $\mathbf{T_K}$ pre EMO12 po 10 rokoch prevádzky). Vzhľadom na tieto skutočnosti nie je vhodné uvažovať takúto vysokú úroveň konzervativizmu ešte aj v období po 30 rokov prevádzky. Na základe reálnych dát pochádzajúcich z programu overovacích vzoriek pre EMO12 bude dosiahnutá kritická $\mathbf{T_K}$ pre obdobie za 60 rokov [I.5]. Vzhľadom na podobnosť MO34 a EMO12 môže byť konštatované, že rovnaké výsledky sú očakávané tiež pre MO34.

V oblasti primárnych nátrubkov je podľa normy [II.9] zaručená hodnota $\mathbf{T_{K0}}$ **=0°C**. Očakávaná hodnota na konci prevádzky JE v tejto lokalite je potom podľa [II.9]:

$$\mathbf{T_K = T_{K0} + \Delta T_N = 0 + 20x0{,}007 = 0{,}14°C}$$

kde $\mathbf{\Delta T_N = 20.D}$, (D je maximálne 0,7% po 30 rokoch, viď skúsenosti z prevádzky ostatných blokov JE VVER 440 v SR) .

Definícia kritéria prijateľnosti ako aj metóda riešenia je založená na požiadavkách IAEA [II.1].

7.2.1.10.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Zaťaženie TNR a maximálna povolená kritická teplota krehkého lomu, alebo maximálna veľkosť trhliny je hodnotená v štyroch skupinách výpočtov:

- termohydraulické analýzy I.O. a II.O. (tzv. integrálne analýzy),
- analýzy termohydraulických pomerov v šachte reaktora (teplota chladiva a koeficient prestupu tepla stena ŠR - voda),
- napäťové analýzy (J - integrál),
- analýzy dovolenej kritickej teploty krehkosti T_{ka}.

Integrálne termohydraulické analýzy boli vykonané výpočtovým programom RELAP5/Mod3.2.2, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1 a v [II.2]. Pre termohydraulické analýzy I.O. a II.O. bol použitý 6-slučkový výpočtový model, ktorého stručný popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Nodalizačná schéma TNR MO34 pre PTS analýzy sa nachádza v Prílohe 20.

Analýzy termohydraulických pomerov v šachte reaktora (v prípade stagnácie prúdenia) boli vykonané výpočtovým programom REMIX/NEWMIX. Jeho popis, ako aj popis modelu je uvedený v kapitole 7.2.1.10.0.2 a v [II.3].

Výpočty napätí v stene TNR boli vykonané výpočtovým programom ADINA. Jeho popis, ako aj popis modelu je uvedený v kapitole 0.

7.2.1.10.1.4 Špecifikácia analyzovaných scenárov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku ľubovoľnej iniciačnej udalosti zo skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ nenastane porušenie kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov na nízkom i nominálnom výkone, pričom bol posúdený vplyv veľkosti a umiestnenia únikového otvoru, systému COMS a počtu pracujúcich VTČ. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A1:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 1
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: nízky
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant A2:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 1
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: vysoký
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant A3:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 2
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: nízky
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant A4:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 3
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: vysoký
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant B1:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 4
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: nízky
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant B2:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 5
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: vysoký
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant B3:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 6
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: vysoký
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant C1:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 7
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: vysoký
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant C2:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 8
- umiestnenie únikového otvoru: HV slučky č.1
- počiatočný výkon reaktora: vysoký
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

7.2.1.10.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Pre hodnotenie integrity TNR JE MO34 sa aplikuje metodika deterministického výberu, pričom sa musia uvažovať nepriaznivé faktory určujúce tepelné a tlakové zaťažovacie mechanizmy v šachte reaktora v priebehu vychladzovania [II.1]. Počiatočné a okrajové podmienky boli volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska relevantného kritéria prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotné zaťaženie TNR.

V termohydraulických analýzach pre hodnotenie integrity TNR nie sú dominantné neutrónovofyzikálne charakteristiky AZ, pretože nie sú zamerané na hodnotenie integrity palivových článkov.

Priebeh procesu výrazne ovplyvňujú a formujú najmä predpoklady o činnosti systémov a zariadení a ich prípadné poruchy. Tieto predpoklady tak vlastne vytvárajú okrajové podmienky.

Výkon reaktora bol pre každý variant zvolený na základe citlivostných výpočtov. Citlivostné výpočty boli vykonané pri nulovom výkone ako aj pri plnom výkone.

Voľba zvýšeného tlaku I.O. je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Voľba zníženej hladiny v KO je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Znížený prietok cez reaktor vedie k zvýšeniu teploty chladiva na začiatku havárie.

Zvýšený tlak v HPK vedie k nárastu počiatočnej teploty chladiva.

Znížená hladina v PG zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Teplota chladiva na vstupe do reaktora a na výstupe z reaktora je výsledkom počiatočnej hodnoty tlaku v II.O., prietoku cez reaktor a výkonu reaktora. Všetky tieto parametre sú definované za účelom zvýšenia počiatočnej teploty chladiva.

Stav AZ ako aj koncentrácia bóru boli uvažované pre začiatok kampane, pretože z pohľadu zvyškového výkonu po odstavení reaktora je začiatok kampane konzervatívny (pri minimálnom zvyškovom výkone je slabšia prirodzená cirkulácia a skorší vznik stagnácie prúdenia.

Minimálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k slabšej prirodzenej cirkulácii a skoršej stagnácii prúdenia po odstavení reaktora.

Výkon reaktora od začiatku havárie klesá. Koeficienty reaktivity ako aj β_{ef}, λ boli volené tak, aby viedli k zníženiu poklesu výkonu reaktora v tejto fáze havárie.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť v medzere medzi palivom a pokrytím vedie k rýchlejšiemu vychladzovaniu primárneho okruhu vďaka nižšiemu počiatočnému množstvu akumulovanej energie v AZ.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť a minimálna tepelná kapacita umožňujú rýchlejšie vychladzovanie primárneho okruhu vďaka nižšiemu množstvu akumulovanej energie v AZ.

Minimálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k nárastu počiatočnej hodnoty primárneho chladiva.

Tab. 7.2.1.10.1-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTČ	Áno	A4: Jednoduchá porucha
4	NTČ	Áno	A4: Jednoduchá porucha
5	Systém superhavarijného napájania PG	Áno	
6	Zaistené elektrické napájanie I. kategórie	Áno	
7	Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG)	Áno	
8	PV KO	Áno	
9	PV PG	Áno	
10	PS-A PG	Áno	
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.10.1-2 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	Var. A2: áno ost. var.: nie	
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	nie	
3	Regulátor turbíny	nie	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	áno	
6	Systém normálneho doplňovania do I.O.	nie	
7	Systém havarijného napájania PG (HNČ)	nie	
8	Odľahčovací ventil KO	nie/ áno	
9	Rýchlozatvárací ventil TG	áno	
10	Regulačný ventil TG	nie	
11	Hlavný parný uzáver TG	nie	
12	Sekčné armatúry na HPK	nie	
13	Prepúšťacia stanica do kondenzátora	Var. C1,C2:_áno ost. var.: nie	

Tab. 7.2.1.10.1-3 Jednoduchá porucha

	Varianty A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2	Variant A4
Jednoduchá porucha	Neuvažuje sa	Zlyhanie jednej redundancie HSCHZ

Pre žiadny variant okrem variantu A4 neboli zistené žiadne poruchy, ktoré by významne viedli k nárastu zaťaženia TNR.

Tab. 7.2.1.10.1-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Varianty A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3	Varianty C1, C2
SNVS	Na začiatku havárie	Neuvažuje sa

SNVS je dôležitá podmienka pre vznik stagnácie prúdenia, ktorého výsledkom je teplotná stratifikácia studeného chladiva doplneného z HSCHZ do horúceho primárneho chladiva. Havárie s únikom chladiva (LOCA) vedú k nárastu teploty a tlaku v kontajnmente, následkom čoho sú generované zodpovedajúce ESFAS signály.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

V analyzovaných variantoch bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny
- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne

- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

S cieľom dosiahnúť vyššiu mieru konzervatívnosti PTS analýz bola v analýzach uvažovaná činnosť systému COMS s uplatnením predpokladov konzervatívnych z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

7.2.1.10.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

7.2.1.10.1.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre varianty A1, A2, A3 a A4 (SB LOCA)

Variant A1

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 1. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 1.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá.

Počas analyzovaného času (7200 s) sa neuvažovalo so zásahom operátora, ktorý by viedol k zmierneniu priebehu udalosti. Predpokladá sa, že v reálnej situácii by operátor počas tohto času aplikoval zásahy, ktoré by viedli k ukončeniu zvyšovania PTS zaťaženia. To znamená, že v anlýzach sa uvažuje, že minimálna hodnota T_{ka} sa dosiahne do konca 7200s.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 01.

Variant A2

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 1. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 1. Oproti variantu A1 je vo variatne A2 navyše uvažovaná činnosť systému COMS s uplatnením predpokladov konzervatívnych z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. mierne klesá, tlak v II.O. je stabilizovaný a teplota v I.O. klesá.

Počas analyzovaného času (7200 s) sa neuvažovalo so zásahom operátora, ktorý by viedol k zmierneniu priebehu udalosti. Predpokladá sa, že v reálnej situácii by operátor počas tohto času aplikoval zásahy, ktoré by viedli k ukončeniu zvyšovania PTS zaťaženia. To znamená, že v anlýzach sa uvažuje, že minimálna hodnota T_{ka} sa dosiahne do konca 7200s.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 02.

Variant A3

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 2. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 2.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá.

Počas analyzovaného času (7200 s) sa neuvažovalo so zásahom operátora, ktorý by viedol k zmierneniu priebehu udalosti. Predpokladá sa, že v reálnej situácii by operátor počas tohto času aplikoval zásahy, ktoré by viedli k ukončeniu zvyšovania PTS zaťaženia. To znamená, že v anlýzach sa uvažuje, že minimálna hodnota T_{ka} sa dosiahne do konca 7200s.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 03.

Variant A4

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 3. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 3.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. mierne klesá, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 04.

7.2.1.10.1.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty A1, A2, A3 a A4 (SB LOCA)

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohách 01-04 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti $\mathbf{0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)}$.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.1.6.3 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre varianty B1, B2 a B3 (MB LOCA)

Variant B1

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 4. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 4.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT doplňovania, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 05.

Variant B2

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 5. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 5.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT a NT doplňovania, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 06.

Variant B3

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 6. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 6.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT a NT doplňovania, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 07.

7.2.1.10.1.6.4 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty B1, B2 a B3 (MB LOCA)

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohách 05-07 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.1.6.5 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre varianty C1 a C2 (LB LOCA)

Variant C1

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 7. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 7.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, resp. pod nátrubkom od pripojenia HA, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 3600 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT a NT doplňovania, tlak v II.O. mierne klesá a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 08.

Variant C2

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na horúcej vetve HCS1 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 8. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR pri uvažovaní únikového otvoru veľkosti č. 8.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, resp. pod nátrubkom od pripojenia HA, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Porovnania výsledkov z programu REMIX/NEWMIX s výsledkami integrálnych výpočtov s programom RELAP ukázali, že pod nátrubkami HCS s VT doplňovaním bola vypočítaná nižšia teplota chladiva s programom RELAP počas celého času výpočtu. Pre oblasť pod nátrubkom HCS s NT doplňovaním bola vypočítaná nižšia teplota s programom REMIX/NEWMIX a to od 180 s až do konca výpočtu (3600 s).

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 3600 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný, tlak v II.O. klesá a teplota v I.O. je stabilizovaná. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 09.

7.2.1.10.1.6.6 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty C1 a C2 (LB LOCA)

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohách 08-09 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.1.6.7 Súhrnné zhodnotenie

Vo variantoch A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, C1 a C2 boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu" (zaradené do kategórie projektových havárií) na integritu TNR. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre každý výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.2 Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu

7.2.1.10.2.1 Charakteristika udalosti

V tomto variante je analyzovaná iniciačná udalosť chybné otvorenie PV KO.

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.2.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Chybné otvorenie poistného ventilu KO“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.7.3 a 7.2.1.14.2.

7.2.1.10.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Chybné otvorenie poistného ventilu KO“ sú rovnaké, ako boli použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

7.2.1.10.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Chybné otvorenie poistného ventilu KO“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov na nízkom i nominálnom výkone, pričom bol posúdený vplyv činnosti operátora (čas zatvorenia PV1 KO, zníženie počtu VTČ, čas odstavenia VTČ) a pripravenosti systému COMS. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A:

- iniciačná udalosť: Chybné otvorenie PV KO a znovu uzavretie po 30 minútach
- umiestnenie únikového otvoru: PV1 KO
- jednoduchá porucha: Chybné znovuotvorenie PV1 KO
- SNVS v 0 s
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6
- činnosť operátora: Podľa platných EOPs.

Variant B:

- iniciačná udalosť: Chybné otvorenie PV KO a znovu uzavretie po 60 minútach
- umiestnenie únikového otvoru: PV1 KO
- jednoduchá porucha: Chybné znovuotvorenie PV1 KO
- SNVS v 0 s
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6
- Zásah operátora: V súlade s platným predpisom pre obnovenie kritických bezpečnostných funkcií, ktorý vedie k vyhnutiu sa resp. obmedzeniu pôsobenia teplotného resp. tlakovo-teplotného šoku na tlakovú nádobu reaktora. Prvý efektívny zásah operátora bol uvažovaný nie skôr ako v odporúčanom čase od začiatku udalosti podľa kapitoly 7.2.1.1.3 bod b.

7.2.1.10.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.1.5 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ je možné použiť aj pri analýze variantov A a B.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Chybné otvorenie poistného ventilu KO“

V analyzovaných variantoch boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotoné zaťaženie TNR.

Tab. 7.2.1.10.2-1 Počiatočné a okrajové podmienky

- pre variant A rovnako ako vo variante A1, kapitola 7.2.1.10.1.5
- pre variant B rovnako ako vo variante A4, kapitola 7.2.1.10.1.5

Tab. 7.2.1.10.2-2 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTČ	Áno	
4	NTČ	Áno	
5	Systém superhavarijného napájania PG	Áno	
6	Zaistené elektrické napájanie I. kategórie	Áno	
7	Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG)	Áno	
8	PV KO	Áno / Nie	1)
9	PV PG	Áno	
10	PS-A PG	Áno	
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

1) Ako iniciačná udalosť sa uvažuje chybné otvorenie PV1 KO v 0 s.

Tab. 7.2.1.10.2-3 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	nie	
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	nie	
3	Regulátor turbíny	nie	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	áno	
6	Systém normálneho doplňovania do I.O.	nie	
7	Systém havarijného napájania PG (HNČ)	nie	
8	Odľahčovací ventil KO	nie	
9	Rýchlozatvárací ventil TG	áno	
10	Regulačný ventil TG	nie	
11	Hlavný parný uzáver TG	nie	
12	Sekčné armatúry na HPK	nie	
13	Prepúšťacia stanica do kondenzátora	nie	

Tab. 7.2.1.10.2-4 Jednoduchá porucha

	Variant A	Variant B
Jednoduchá porucha	Zlyhanie PV1 KO	Zlyhanie PV1 KO

Ako iniciačná udalosť je uvažované chybné otvorenie PV1 KO. V priebehu udalosti dôjde k uzavretiu PV1 KO. Preto je vo Variantoch A a B ako jednoduchá porucha uvažované automatické znovuotvorenie ventilu.

Tab. 7.2.1.10.2-5 Strata napájania vlastnej spotreby

- pre oba varianty A a B rovnako ako vo variante A1, Tab. 7.2.1.10.1-4

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

V analyzovaných variantoch bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny
- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne
- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

7.2.1.10.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.2.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Iniciačnou udalosťou je chybné otvorenie prvého PV KO a jeho dočasné zaseknutie v otvorenej polohe. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR. V analýze sa predpokladá správna činnosť operátora, na základe ktorej dôjde k uzatvoreniu prvého PV KO v 1800 s.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je udržiavaný činnosťou PV KO, tlak v II.O. klesá a teplota v I.O. je stabilizovaná. V priebehu udalosti sa predpokladala správa činnosťou operátora podľa platných EOPs.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 10.

7.2.1.10.2.6.2 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant B

Iniciačnou udalosťou je chybné otvorenie prvého PV KO a jeho dočasné zaseknutie v otvorenej polohe. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR. V analýze sa predpokladá správna činnosť operátora, na základe ktorej dôjde k uzatvoreniu prvého PV KO v 3600 s.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je udržiavaný činnosťou PV KO, tlak v II.O. je stabilizovaný a teplota v I.O. mierne rastie. V priebehu udalosti sa predpokladala správa činnosťou operátora podľa platných EOPs.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 11.

7.2.1.10.2.6.3 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohe 10 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.2.6.4 Súhrnné zhodnotenie

Vo variantoch A a B boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Chybné otvorenie poistného ventilu KO" ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre každý výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Chybné otvorenie poistného ventilu KO", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.3 Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora

7.2.1.10.3.1 Charakteristika udalosti

Typickou iniciačnou udalosťou havárie s únikom chladiva z primárneho do sekundárneho okruhu (PRISE) je roztrhnutie jednej, prípadne niekoľkých rúrok PG, alebo roztesnenie primárneho veka kolektora PG [I.1], [I.4].

Úniky chladiva z primárnej do sekundárnej strany PG patrí do skupiny malých LOCA a z hľadiska procesov PTS je táto iniciačná udalosť zaujímavá preto, že v jej priebehu dochádza k dodávke studeného chladiva do I.O. od VT čerpadiel. V záujme dosiahnutia primeranej konzervatívnosti výsledkov bol prijatý predpoklad o SNVS v okamžiku vzniku havárie.

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.3.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.8.1.

7.2.1.10.3.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora“ sú rovnaké, ako boli použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

7.2.1.10.3.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov na nízkom i nominálnom výkone, pričom bol posúdený vplyv uniestnenia únikového otvoru (bol uvažovaný únik na oboch PG s VTČ a bez VTČ) a pripravenosti systému COMS. Pri citlivostných výpočtoch boli vzaté do úvahy taktiež požiadavky IAEA [II.18]. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A:

- iniciačná udalosť: Roztesnenie primárneho veka kolektora PG
- umiestnenie únikového otvoru: PG4, studený kolektor
- jednoduchá porucha: zlyhanie RČA na parovode PG4
- SNVS v 0 s
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

7.2.1.10.3.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.1.5 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ je možné použiť aj pri analýze variantu A.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora“

V analyzovaných variantoch boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotné zaťaženie TNR.

Výkon reaktora bol pre každý variant zvolený na základe citlivostných výpočtov. Citlivostné výpočty boli vykonané pri nulovom výkone ako aj pri plnom výkone.

Voľba zvýšeného tlaku I.O. je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Voľba zníženej hladiny v KO je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Zvýšený prietok cez reaktor vedie k zvýšenému prietoku chladiva cez únik v úvodnej fáze havárie.

Zvýšený tlak v HPK vedie k nárastu počiatočnej teploty chladiva.

Zvýšená hladina v PG predlžuje odvod tepla z I.O. stratou chladiva z II.O..

Teplota chladiva na vstupe do reaktora a na výstupe z reaktora je výsledkom počiatočnej hodnoty tlaku v II.O., prietoku cez reaktor a výkonu reaktora. Všetky tieto parametre sú definované za účelom zvýšenia počiatočnej teploty chladiva.

Stav AZ ako aj koncentrácia bóru boli uvažované pre začiatok kampane, pretože z pohľadu zvyškového výkonu po odstavení reaktora je začiatok kampane konzervatívny (pri minimálnom zvyškovom výkone je slabšia prirodzená cirkulácia a skorší vznik stagnácie prúdenia.

Minimálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k slabšej prirodzenej cirkulácii a skoršej stagnácii prúdenia po odstavení reaktora.

Výkon reaktora od začiatku havárie klesá. Koeficienty reaktivity ako aj βef, λ boli volené tak, aby viedli k zníženiu poklesu výkonu reaktora v tejto fáze havárie.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť v medzere medzi palivom a pokrytím vedie k rýchlejšiemu vychladzovaniu primárneho okruhu vďaka nižšiemu počiatočnému množstvu akumulovanej energie v AZ.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť a minimálna tepelná kapacita umožňujú rýchlejšie vychladzovanie primárneho okruhu vďaka nižšiemu množstvu akumulovanej energie v AZ.

Minimálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k nárastu počiatočnej hodnoty primárneho chladiva.

Tab. 7.2.1.10.3-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	**Systém**	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTČ	Áno	
4	NTČ	Áno	
5	Systém superhavarijného napájania PG	Áno	
6	Zaistené elektrické napájanie I. kategórie	Áno	
7	Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG)	Áno	
8	PV KO	Áno	
9	PV PG	Áno	
10	PS-A PG	Áno	
11	RČA PG	Áno / Nie	zlyhanie RČA na parovode PG4
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.10.3-2 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	**Systém**	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	nie	
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	nie	
3	Regulátor turbíny	nie	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	áno	
6	Systém normálneho doplňovania do I.O.	nie	
7	Systém havarijného napájania PG (HNČ)	nie	
8	Odľahčovací ventil KO	nie	
9	Rýchlozatvárací ventil TG	áno	
10	Regulačný ventil TG	nie	
11	Hlavný parný uzáver TG	nie	
12	Sekčné armatúry na HPK	nie	
13	Prepúšťacia stanica do kondenzátora	nie	

Tab. 7.2.1.10.3-3 Jednoduchá porucha

	Variant A
Jednoduchá porucha	Zlyhanie RČA na parovode PG4

Cez nezatvorenú RČA na PG4 prúdi chladivo z poškodeného PG4 do II.O., čim sa dosahujem menší nárast tlaku v II.O. a rýchlejší odvod tepla z I.O..

Tab. 7.2.1.10.3-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Variant A
SNVS	Uvažuje sa na začiatku havárie

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

V analyzovaných variantoch bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny
- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne
- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

7.2.1.10.3.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.3.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Vo variante A bol analyzovaný havarijný proces so vznikom netesnosti tesniaceho uzla veka studeného primárneho kolektora PG4. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS. Ako jednoduchá porucha sa uvažovalo nezatvorenie RČA na parovode PG4. Počiatočné a okrajové podmienky boli zvolené s ohľadom na vyhodnotenie kritérií prijateľnosti DB-A6. Cieľom nastavenia počiatočných a okrajových podmienok analýzy bolo získať taký priebeh udalosti, ktorý bude viesť k maximálnemu tlakovo-teplotnému zaťaženiu TNR.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT doplňovania, tlak v II.O. je regulovaný činnosťou systémov II.O. a teplota v I.O. je stabilizovaná.

Počas analyzovaného času (7200 s) sa neuvažovalo so zásahom operátora, ktorý by viedol k zmierneniu priebehu udalosti. Predpokladá sa, že v reálnej situácii by operátor počas tohto času aplikoval zásahy, ktoré by viedli k ukončeniu zvyšovania PTS zaťaženia. To znamená, že v anlýzach sa uvažuje, že minimálna hodnota T_{ka} sa dosiahne do konca 7200 s.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 12.

7.2.1.10.3.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohe 12 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.3.6.3 Súhrnné zhodnotenie

Vo variante A boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora" ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Porovnaním s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2 vyplýva, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.4 Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.

7.2.1.10.4.1 Charakteristika udalosti

Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania I.O. (napr. VTČ) zvyšuje množstvo chladiva v I.O. Ak k tejto iniciačnej udalosti dôjde na nominálnych parametroch bloku, tak integrita TNR nie je ohrozená.

Pre integritu TNR je nebezpečnejší prechodový proces, pri ktorom dochádza k zvýšeniu tlaku v I.O. pri nízkych teplotách chladiva.

Aby sa pravdepodobnosť vzniku tejto iniciačnej udalosti minimalizovala, sú urobené príslušné technické aj administratívne opatrenia.

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.4.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.4.1. a 7.2.1.14.5.2.

7.2.1.10.4.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.“ sú rovnaké, ako boli použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

7.2.1.10.4.4 Špecifikácia analyzovaných scenárov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov na nulovom i nominálnom výkone, pričom bol posúdený vplyv počiatočného stavu bloku (počiatočná hladina v KO, $T_{I.O.}$, $p_{I.O.}$) a pripravenosti systému COMS. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A:

- iniciačná udalosť: Chybné zapracovanie jedného VTČ v POS11 (prevádzkový režim 4)
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6
- činnosť operátora: Podľa platných EOPs

7.2.1.10.4.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.0.1 je možné použiť aj pri analýze variantu A.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.“

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaného kritéria prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotoné zaťaženie TNR. V nasledujúcom texte a tabuľkách sú zosumarizované tie vstupné parametre, ktoré sú v prípade chybného štartu VTČ potrebné na vyhodnotenie správania sa bloku v odstavenom režime. Počas iniciačnej udalosti sa uvažuje z činnosťou operátora. Uvažovaný počiatočný stav bloku je POS11 (prevádzkový režim 4).

Výkon reaktora bol minimálny, pretože minimálny výkon reaktora je konzervatívny z hľadiska sledovaného kritéria prijateľnosti.

Voľba zvýšeného tlaku I.O. je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Zvýšená počiatočná teplota chladiva zabezpečí vyšší pokles teploty chladiva.

Počiatočná teplota chladiva v nádržiach aktívnych ECCS systémoch bola uvažovaná minimálna, pretože to je konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Tab. 7.2.1.10.4-1 Jednoduchá porucha

	Variant A
Jednoduchá porucha	neuvažuje sa

Neboli zistené žiadne poruchy, ktoré by významne viedli k nárastu zaťaženia TNR.

Tab. 7.2.1.10.4-2 Strata napájania vlastnej spotreby

	Variant A
SNVS	neuvažuje sa

S cieľom dosiahnúť vyššiu mieru konzervatívnosti PTS analýz bola v analýzach uvažovaná činnosť systému COMS s uplatnením predpokladov konzervatívnych z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

V analyzovanom variante bolo uvažované VTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

7.2.1.10.4.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.4.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Iniciačnou udalosťou je štart 1 VTČ, ktoré počas prevádzkového režimu 4 (POS 11), doplňuje chladivo do I.O..

Počiatočné a okrajové podmienky boli definované za účelom overenia kritéria prijateľnosti DB-A6.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 13.

7.2.1.10.4.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohe 13 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a

nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti $\mathbf{0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)}$.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.4.6.3 Súhrnné zhodnotenie

Vo variante A boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O." ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaného kritéria prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.5 Chybná činnosť systému normálneho doplňovania

7.2.1.10.5.1 Charakteristika udalosti

Nesprávne uvedenie systému normálneho doplňovania I.O. do činnosti zvyšuje množstvo chladiva v I.O.. Ak k tejto iniciačnej udalosti dôjde na nominálnych parametroch bloku, tak integrita TNR nie je ohrozená.

Pre integritu TNR je nebezpečnejší prechodový proces, pri ktorom dochádza k zvýšeniu tlaku v I.O. pri nízkych teplotách chladiva. Aby sa pravdepodobnosť vzniku tejto iniciačnej udalosti minimalizovala, sú urobené príslušné technické aj administratívne opatrenia.

Pre uvedenú iniciačnú udalosť sa predpokladá odstavený a dochladený reaktor v režime 5 „Odstavenie s dochladzovaním“.

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

7.2.1.10.5.2 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Bola analyzovaná iniciačná udalosť „Chybná činnosť systému normálneho doplňovania”, ktorá je zaradená do kategórie PTS procesov. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh iniciačnej udalosti „Chybná činnosť systému normálneho doplňovania”, bol konzervatívne hodnotený na základe výsledkov z kapitoly 7.2.1.10.4 „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.”. Analýza obálkového prípadu ukázala, že pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je proces bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Chybná činnosť systému normálneho doplňovania“, zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.6 Nesprávne uvedenie do činnosti elektroohrievačov kompenzátora objemu

7.2.1.10.6.1 Charakteristika udalosti

Systém kompenzácie objemu obsahuje bloky elektrických ohrievačov, ktoré sú rozdelené do 5 skupín. Pri normálnom režime prispievajú k udržiavaniu nominálnej hodnoty tlaku. Nesprávne uvedenie elektroohrievačov do činnosti pri nominálnom tlaku nevedie k ohrozeniu integrity TNR.

Pre integritu TNR je nebezpečnejší prechodový proces, pri ktorom dochádza k zvýšeniu tlaku v I.O. pri nízkych teplotách chladiva

Aby sa pravdepodobnosť vzniku tejto iniciačnej udalosti minimalizovala, sú urobené príslušné technické aj administratívne opatrenia.

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.6.2 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

Bola analyzovaná iniciačná udalosť „Nesprávne uvedenie elektroohrievačov kompenzátora objemu do činnosti", ktorá je zaradená do kategórie PTS procesov. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh iniciačnej udalosti „Nesprávne uvedenie elektroohrievačov kompenzátora objemu do činnosti", bol konzervatívne hodnotený na základe výsledkov z kapitoly 7.2.1.10.4 „Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.". Analýza obálkového prípadu ukázala, že pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je proces bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritérií prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Nesprávne uvedenie elektroohrievačov kompenzátora objemu do činnosti", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.7 Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK

7.2.1.10.7.1 Charakteristika udalosti

Procesy s chybným otvorením PV PG, PS-A na PG alebo PSK patria do skupiny iniciačných udalostí, ktorých dôsledkom je zvýšený odvod tepla z I.O..

Obálkovým prípadom v rámci tejto skupiny iniciačných udalostí je otvorenie PSK. V porovnaní s nesprávnym otvorením iných ventilov na parnej strane sú ostatné iniciačné udalosti tejto skupiny menej nepriaznivé, lebo zvýšenie prietoku pary je pri nich niekoľkonásobne nižšie a ani nedôjde k iniciácii VT doplňovania chladiva do I.O..

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.7.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.5.4.

7.2.1.10.7.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK“ sú rovnaké, ako boli použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

7.2.1.10.7.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov na nízkom i nominálnom výkone, pričom bol posúdený vplyv chybného otvorenia rôznych ventilov (bolo testované otvorenie PV PG, PS-A a PSK), rôzneho miesta úniku sekundárneho chladiva (na PG 1, 3, 4), výberu jednoduchej poruchy, pripravenosti systému COMS a rôzneho počtu VTČ. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A:

- iniciačná udalosť: Chybné otvorenie všetkých PSK
- jednoduchá porucha: Zlyhanie RČA na parovode PG3
- SNVS v 0 s
- Vychladzovanie TNR: maximálne intenzívne
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant B:

- iniciačná udalosť: Chybné otvorenie všetkých PSK
- jednoduchá porucha: Zlyhanie RČA na parovode PG3
- SNVS v 0 s
- Vychladzovanie TNR: maximálne nehomogénne
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

7.2.1.10.7.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.1.5 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ je možné použiť aj pri analýze variantov A a B.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK“.

V analyzovaných variantoch boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaného kritéria prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotné zaťaženie TNR.

Výkon reaktora bol pre každý variant zvolený na základe citlivostných výpočtov. Citlivostné výpočty boli vykonané pri nulovom výkone ako aj pri plnom výkone.

Voľba zníženého tlaku I.O. je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Voľba zníženej hladiny v KO je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Voľba zvýšeného prietoku cez reaktor je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Zvýšený tlak v HPK vedie k nárastu počiatočnej teploty chladiva.

Zvýšená hladina v PG predlžuje odvod tepla z I.O. stratou chladiva z II.O..

Teplota chladiva na vstupe do reaktora a na výstupe z reaktora je výsledkom počiatočnej hodnoty tlaku v II.O., prietoku cez reaktor a výkonu reaktora. Všetky tieto parametre sú definované za účelom zvýšenia počiatočnej teploty chladiva.

Stav AZ ako aj koncentrácia bóru boli uvažované pre začiatok kampane, pretože z pohľadu zvyškového výkonu po odstavení reaktora je začiatok kampane konzervatívny (pri minimálnom zvyškovom výkone je slabšia prirodzená cirkulácia a skorší vznik stagnácie prúdenia.

Minimálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k slabšej prirodzenej cirkulácii a skoršej stagnácii prúdenia po odstavení reaktora.

Výkon reaktora od začiatku havárie klesá. Koeficienty reaktivity ako aj βef, λ boli volené tak, aby viedli k zníženiu poklesu výkonu reaktora v tejto fáze havárie.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť v medzere medzi palivom a pokrytím vedie k rýchlejšiemu vychladzovaniu primárneho okruhu vďaka nižšiemu počiatočnému množstvu akumulovanej energie v AZ.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť a minimálna tepelná kapacita umožňujú rýchlejšie vychladzovanie primárneho okruhu vďaka nižšiemu množstvu akumulovanej energie v AZ.

Nominálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k zvýšenému odvodu tepla z I.O. počas fázy odtlakovania II.O..

Tab. 7.2.1.10.7-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	**Systém**	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTČ	Áno	var. B: jednoduchá porucha
4	NTČ	Áno	var. B: jednoduchá porucha
5	Systém superhavarijného napájania PG	Áno	
6	Zaistené elektrické napájanie I. kategórie	Áno	
7	Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG)	Áno	
8	PV KO	Áno	
9	PV PG	Áno	
10	PS-A PG	Áno	
11	RČA PG	Áno/Nie	Zlyhanie RČA PG3
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.10.7-2 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	áno	.
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	nie	
3	Regulátor turbíny	nie	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	áno	
6	Systém normálneho doplňovania do I.O.	nie	
7	Systém havarijného napájania PG (HNČ)	nie	
8	Odľahčovací ventil KO	áno	
9	Rýchlozatvárací ventil TG	áno	
10	Regulačný ventil TG	nie	
11	Hlavný parný uzáver TG	nie	
12	Sekčné armatúry na HPK	nie	
13	Prepúšťacia stanica do kondenzátora	nie	

Tab. 7.2.1.10.7-3 Jednoduchá porucha

	Variant A	Variant B
Jednoduchá porucha	Zlyhanie RČA PG3	- Zlyhanie RČA PG3 - Zlyhanie jednej redundancie HSCHZ

Tab. 7.2.1.10.7-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Variant A, B
SNVS	Uvažuje sa na začiatku havárie

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

V analyzovaných variantoch bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny

- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne
- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

S cieľom dosiahnúť vyššiu mieru konzervatívnosti PTS analýz bola v analýzach uvažovaná činnosť systému COMS s uplatnením predpokladov konzervatívnych z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

7.2.1.10.7.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.7.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Iniciačnou udalosťou je otvorenie PSK na oboch TG v 0 s a zaseknutie ventilov v otvorenej polohe. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT čerpadiel, tlak v nepostihnutých PG mierne klesá, postihnutý PG je odtlakovaný a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 14.

7.2.1.10.7.6.2 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant B

Iniciačnou udalosťou je otvorenie PSK na oboch TG v 0 s a zaseknutie ventilov v otvorenej polohe. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studeného prúdu, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. mierne klesá, tlak v nepostihnutých PG mierne klesá, postihnutý PG je odtlakovaný a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 15.

7.2.1.10.7.6.3 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A a B

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohách 14-15 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.7.6.4 Súhrnné zhodnotenie

Vo variantoch A a B boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK" ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre každý výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.8 Spektrum roztrhnutí parných potrubí

7.2.1.10.8.1 Charakteristika udalosti

Tieto procesy sú spôsobené deštrukciou materiálu potrubia ostrej pary, ktorá potom uniká z oboch koncov netesnosti kritickým prietokom. HPU nemajú kvalifikáciu bezpečnostných systémov, preto sa s ich činnosťou v analýzach neuvažuje.

Podľa miesta netesnosti sa menia podmienky havárie a charakter procesu. Možné miesta netesností na parnom potrubí:

- Netesnosť v kontajnmente
- Netesnosť mimo kontajnmentu - Ak je netesnosť mimo kontajnmentu, nie sú inicializované automatické zásahy od zvýšenia tlaku v ňom.
- Roztrhnutie HPK

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.8.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Spektrum roztrhnutí parných potrubí“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.5.5.

7.2.1.10.8.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum roztrhnutí parných potrubí“ sú rovnaké, ako boli použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

7.2.1.10.8.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Spektrum roztrhnutí parných potrubí“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov za účelom posúdenia vplyvu rôznych veľkostí únikových otvorov (únik na HPK alebo roztrhnutie parného potrubia), rôzneho umiestnenia únikového otvoru (v kontajnmente alebo mimo kontajnmentu), výberu poškodeného parného potrubia (bol testovaný únik na parnom potrubí PG1 a PG2), výberu

jednoduchej poruchy (RČA na parnom potrubí PG 2, 3, 4 a 6), počtu pracujúcich VTČ a pripravenosti systému COMS. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A:

- iniciačná udalosť: Roztrhnutie hlavného parného kolektora
- jednoduchá porucha: Zlyhanie RČA na parnom potrubí PG3
- SNVS v 0 s
- Vychladzovanie TNR: maximálne intenzívne
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

Variant B:

- iniciačná udalosť: Roztrhnutie parovodu v HZ
- jednoduchá porucha: Zlyhanie RČA na parnom potrubí PG3
- SNVS v 0 s
- Vychladzovanie TNR: maximálne nehomogénne
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

7.2.1.10.8.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.1.5 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ je možné použiť aj pri analýze variantov A a B.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Spektrum roztrhnutí parných potrubí“.

V analyzovaných variantoch boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotné zaťaženie TNR.

Počiatočné a okrajové podmienky boli použité rovnako ako vo variantoch A a B, ktoré sú uvedené v kapitole 7.2.1.10.7.5.

Tab. 7.2.1.10.8-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

- rovnako ako vo variantoch A a B, Tab. 7.2.1.10.7-1

Tab. 7.2.1.10.8-2 Pripravenosť riadiacich systémov

- rovnako ako vo variantoch A a B, Tab. 7.2.1.10.7-2

Tab. 7.2.1.10.8-3 Jednoduchá porucha

- pre variant A rovnako ako vo variante A, Tab. 7.2.1.10.7-3
- pre variant B rovnako ako vo variante B, Tab. 7.2.1.10.7-3

Tab. 7.2.1.10.8-4 Strata napájania vlastnej spotreby

- rovnako ako vo variantoch A a B, Tab. 7.2.1.10.7-4

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia zaťaženia TNR.

V analyzovaných variantoch bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny
- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne
- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

S cieľom dosiahnúť vyššiu mieru konzervatívnosti PTS analýz bola v analýzach uvažovaná činnosť systému COMS s uplatnením predpokladov konzervatívnych z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

7.2.1.10.8.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.8.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Iniciačnou udalosťou je roztrhnutie HPK v 0 s. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný, tlak v nepostihnutých PG mierne klesá, postihnutý PG je odtlakovaný a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 16.

7.2.1.10.8.6.2 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant B

Iniciačnou udalosťou je roztrhnutie parovodu v HZ v 0 s. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. mierne klesá, tlak v nepostihnutých PG mierne klesá, postihnutý PG je odtlakovaný a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Počas analyzovaného času (7200 s) sa neuvažovalo so zásahom operátora, ktorý by viedol k zmierneniu priebehu udalosti. Predpokladá sa, že v reálnej situácii by operátor počas tohto času aplikoval zásahy, ktoré by viedli k ukončeniu zvyšovania PTS zaťaženia. To znamená, že v anlýzach sa uvažuje, že minimálna hodnota T_{ka} sa dosiahne do konca 7200s.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 17.

7.2.1.10.8.6.3 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre varianty A a B

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohách 16-17 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.8.6.4 Súhrnné zhodnotenie

Vo variantoch A a B boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Spektrum roztrhnutí parných potrubí" ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre každý výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Spektrum roztrhnutí parných potrubí", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.9 Roztrhnutie potrubí napájacej vody

7.2.1.10.9.1 Charakteristika udalosti

Roztrhnutie potrubia NV sa môže týkať buď roztrhnutia HNK alebo roztrhnutia potrubia NV medzi HNK a PG.

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.9.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Roztrhnutie potrubí napájacej vody“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2). Ostatné kritériá prijateľnosti pre túto skupinu iniciačných udalostí sú hodnotené v kapitole 7.2.1.6.8.

7.2.1.10.9.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Roztrhnutie potrubí napájacej vody“ sú rovnaké, ako boli použité na analýzu iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

7.2.1.10.9.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Roztrhnutie potrubí napájacej vody“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov za účelom posúdenia vplyvu rôzneho umiestnenia únikového otvoru (roztrhnutie napájacieho potrubia PG1, 2, 3 a 4 výberu jednoduchej poruchy (RČA na parnom potrubí PG 2, 3, 4 a 6), počtu pracujúcich VTČ a pripravenosti systému COMS. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

Variant A:

- iniciačná udalosť: Roztrhnutie potrubia napájacej vody PG
- umiestnenie únikového otvoru: PG4, medzi PG a spätnou klapkou
- jednoduchá porucha: Zlyhanie RČA na parnom potrubí PG4
- SNVS v 0 s
- COMS: uvažuje sa (OV KO)
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6

7.2.1.10.9.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.1.5 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ je možné použiť aj pri analýze variantu A.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Roztrhnutie potrubí napájacej vody“

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotné zaťaženie TNR.

Výkon reaktora bol pre každý variant zvolený na základe citlivostných výpočtov. Citlivostné výpočty boli vykonané pri nulovom výkone ako aj pri plnom výkone.

Voľba zníženého tlaku I.O. je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Voľba zníženej hladiny v KO je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Voľba zvýšeného prietoku cez reaktor je konzervatívna z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Zvýšený tlak v HPK vedie k nárastu počiatočnej teploty chladiva.

Zvýšená hladina v PG predlžuje odvod tepla z I.O. stratou chladiva z II.O..

Teplota chladiva na vstupe do reaktora a na výstupe z reaktora je výsledkom počiatočnej hodnoty tlaku v II.O., prietoku cez reaktor a výkonu reaktora. Všetky tieto parametre sú definované za účelom zvýšenia počiatočnej teploty chladiva.

Stav AZ ako aj koncentrácia bóru boli uvažované pre začiatok kampane, pretože z pohľadu zvyškového výkonu po odstavení reaktora je začiatok kampane konzervatívny (pri minimálnom zvyškovom výkone je slabšia prirodzená cirkulácia a skorší vznik stagnácie prúdenia.

Minimálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k slabšej prirodzenej cirkulácii a skoršej stagnácii prúdenia po odstavení reaktora.

Výkon reaktora od začiatku havárie klesá. Koeficienty reaktivity ako aj βef, λ boli volené tak, aby viedli k zníženiu poklesu výkonu reaktora v tejto fáze havárie.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť v medzere medzi palivom a pokrytím vedie k rýchlejšiemu vychladzovaniu primárneho okruhu vďaka nižšiemu počiatočnému množstvu akumulovanej energie v AZ.

Zvolená maximálna tepelná vodivosť a minimálna tepelná kapacita umožňujú rýchlejšie vychladzovanie primárneho okruhu vďaka nižšiemu množstvu akumulovanej energie v AZ.

Nominálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k zvýšenému odvodu tepla z I.O. počas fázy odtlakovania II.O..

Tab. 7.2.1.10.9-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTČ	Áno	
4	NTČ	Áno	
5	Systém superhavarijného napájania PG	Áno	
6	Zaistené elektrické napájanie I. kategórie	Áno	
7	Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG)	Áno	
8	PV KO	Áno	
9	PV PG	Áno	
10	PS-A PG	Áno	
11	RČA PG	Áno/Nie	Zlyhanie RČA PG4
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.10.9-2 Pripravenosť riadiacich systémov

- rovnako ako vo variantoch A, Tab. 7.2.1.10.7-2

Tab. 7.2.1.10.9-3 Jednoduchá porucha

	Variant A
Jednoduchá porucha	Zlyhanie RČA PG4

Tab. 7.2.1.10.9-4 Strata napájania vlastnej spotreby

- rovnako ako vo variante A, Tab. 7.2.1.10.7-4

V analyzovanom variante bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovanom variante bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovanom variante bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

V analyzovanom variante bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny
- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne
- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

S cieľom dosiahnúť vyššiu mieru konzervatívnosti PTS analýz bola v analýzach uvažovaná činnosť systému COMS s uplatnením predpokladov konzervatívnych z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

7.2.1.10.9.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.9.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Iniciačnou udalosťou je roztrhnutie potrubia NV medzi spätnou klapkou a PG4 v 0 s. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy. Ich výsledky sú uvedené v nasledovnej kapitole.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný činnosťou VT čerpadiel, tlak v nepostihnutých PG mierne klesá, postihnutý PG je odtlakovaný a teplota v I.O. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Počas analyzovaného času (7200 s) sa neuvažovalo so zásahom operátora, ktorý by viedol k zmierneniu priebehu udalosti. Predpokladá sa, že v reálnej situácii by operátor počas tohto času aplikoval zásahy, ktoré by viedli k ukončeniu zvyšovania PTS zaťaženia. To znamená, že v anlýzach sa uvažuje, že minimálna hodnota T_{ka} sa dosiahne do konca 7200s.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 18.

7.2.1.10.9.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohe 18 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti $\mathbf{0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)}$.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.9.6.3 Súhrnné zhodnotenie

Vo variante A boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Roztrhnutie potrubí napájacej vody" ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre každý výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaných kritérií prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Roztrhnutie potrubí napájacej vody", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.10 Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka

7.2.1.10.10.1 Charakteristika udalosti

Jednou z iniciačných udalostí, ktorá môže viesť k vonkajšiemu chladeniu TNR, je havária s únikom chladiva z primárneho okruhu. V analýzach sa predpokladá, že ku vzniku netesnosti dôjde v mieste zvaru na nátrubku TNR a studenou vetvou HCS. Veľkosť únikového otvoru bola zvolená tak, aby množstvo unikajúceho chladiva bolo konzervatívne z pohľadu tlakovo-teplotného zaťaženia TNR.

Pri uvažovaní malého únikového otvoru sa teplota a tlak chladiva v I.O. udržuje na vysokej úrovni. Intenzívne vonkajšie chladenie TNR teda vedie k vzniku výrazných tlakovo-teplotných napätí.

Cieľom vykonanej analýzy v tejto kapitole je overiť, že v priebehu procesu vyvolaného iniciačnou udalosťou a pri aplikácii konzervatívneho prístupu, nedôjde k narušeniu relevantných kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

7.2.1.10.10.2 Použité kritériá prijateľnosti

Iniciačná udalosť analyzovaná v tejto kapitole je zaradená do kategórie projektových havárií. Je potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritéria prijateľnosti stanoveného pre projektové havárie z pohľadu integrity TNR.

Pre iniciačnú udalosť „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka“, analyzovanú v tejto kapitole, je relevantné kritérium prijateľnosti kritérium pre hodnotenie integrity TNR v podmienkach tlakového teplotného šoku (DB-A6, pozri kapitolu 7.2.1.10.1.2).

7.2.1.10.10.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

Výpočtové programy a výpočtové modely použité na integrálne výpočty iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka“ sú rovnaké, ako boli použité na integrálny výpočty iniciačných udalostí zaradených do skupiny „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“, ktoré sú popísané v kapitole 7.2.1.10.1.3.

Pre termohydraulické výpočty procesov prebiehajúcich pri vonkajšom chladení bol vyvinutý špeciálny výpočtový model, ktorého popis je uvedený v nasledujúcom texte.

Jednokanálový model varného kanála

Pri analýze iniciačnej udalosti zaradenej do skupiny „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka“ je použitý jednokanálový model varného kanála. Tento výpočtový model popisuje relevantný priestor mimo TNR. Nodalizačná schéma vytvoreného modelu je zobrazená v Prílohe 21. Detailný popis jednokanálového modelu je uvedený v procesnej výpočtovej správe „Hydraulické výpočty VT doplňovania“.

Stručný popis modelu varného kanála

Oblasť podlahy boxov PG a okolie pod nátrubkami studených vetiev TNR sú modelované okrajovou podmienkou. Ako počiatočné a okrajové podmienky slúžia výsledky analýz správania sa bloku ako celku získané systémovým kódom RELAP.

Rozšírená časť varného kanála nad serpentinitovým tienením je modelovaná dvomi paralelnými vertikálnymi kanálmi, navzájom prepojenými horizontálnymi spojmi “cross-flow“, aby bola umožnená vnútorná cirkulácia v rozšírenej časti varného kanála. Dolná časť ŠR je modelovaná tak, aby boli zachované výškové kóty a prietočné prierezy v tejto oblasti, pričom ostatné konštrukcie, nachádzajúce sa v dolnej časti ŠR, boli zanedbané, t.j. neboli v modeli vôbec uvažované.

Stena TNR, cez ktorú je odvádzané teplo do chladiva prúdiaceho cez varný kanál, je modelovaná tepelnými štruktúrami. Teplota steny TNR po výške nádoby je uvažovaná konštantná. Vedenie tepla cez TNR v radiálnom smere je počítané pomocou piatich výpočtových bodov. Vo všetkých tepelných štruktúrach je uvažovaná nominálna hrúbka TNR. Tepelná štruktúra v stene ŠR nie je modelovaná. Prestup tepla je teda uvažovaný iba medzi stenou TNR a chladivom.

7.2.1.10.10.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Cieľom analýz uvedených v tejto kapitole je overiť, že v prípade vzniku iniciačnej udalosti „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka“ nenastane porušenie sledovaného kritéria prijateľnosti.

Vzhľadom na faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh termohydraulických procesov a majú svoj podiel na intenzite vychladzovania stien TNR, bolo z hľadiska integrálneho chovania bloku analyzovaných niekoľko citlivostných výpočtov na nízkom i nominálnom výkone, pričom bol posúdený vplyv rôznej veľkosti únikového otvoru, umiestnenia únikového otvoru a nastavenia systémov. Výsledky citlivostných výpočtov sú uvedené v [III.1].

Tieto varianty boli analyzované na preukázanie splnenia akceptačného kritéria, že pre postulovaný defekt s rozmerom **a** musí byť zaťaženie vyjadrené pomocou K_I menšie ako dovolená hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_{IC} .

<u>Variant A</u>:

- iniciačná udalosť: LOCA veľkosti č. 9
- umiestnenie únikového otvoru: na SV slučky č.2, v mieste vstupného nátrubku TNR
- jednoduchá porucha: zlyhanie jednej redundancie HSCHZ
- SNVS v 0 s
- COMS: neuvažuje sa
- sledované kritérium prijateľnosti: DB-A6
- činnosť operátora: Podľa platných predpisov EOPs.

7.2.1.10.10.5 Počiatočné a okrajové podmienky

Všetky všeobecné predpoklady týkajúce sa počiatočných a okrajových podmienok uvedené v kapitole 7.2.1.10.1.5 „Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu“ je možné použiť aj pri analýze variantu A.

V nasledujúcej časti sú detailnejšie uvedené iba počiatočné a okrajové podmienky špecifické pre iniciačné udalosti „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka“.

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti. Cieľom voľby počiatočných a okrajových podmienok pre T-H analýzu je maximalizovať tlakovo-teplotné zaťaženie TNR.

Tab. 7.2.1.10.10-1 Počiatočné a okrajové podmienky

- rovnako ako vo variante A1, kapitola 7.2.1.10.1.5

Tab. 7.2.1.10.10-2 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTČ	Áno	jednoduchá porucha
4	NTČ	Áno	jednoduchá porucha
5	Systém superhavarijného napájania PG	Áno	
6	Zaistené elektrické napájanie I. kategórie	Áno	
7	Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG)	Áno	jednoduchá porucha
8	PV KO	Áno	
9	PV PG	Áno	
10	PS-A PG	Áno	
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.10.10-3 Pripravenosť riadiacich systémov

- rovnako ako vo variante A1, Tab. 7.2.1.10.1-2

Tab. 7.2.1.10.10-4 Jednoduchá porucha

	Variant A
Jednoduchá porucha	Zlyhanie jednej redundancie HSCHZ

Nad rámec jednoduchej poruchy sa uvažuje zlyhanie automatického štartu aktívneho HSCHZ systému.

Tab. 7.2.1.10.10-5 Strata napájania vlastnej spotreby

- rovnako ako vo variante A1, Tab. 7.2.1.10.1-4

V analyzovanom variante bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom odstavenia reaktora v čo najkratšom čase.

V analyzovanom variante bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom začatia činnosti systému HSCHZ v čo najkratšom čase.

V analyzovanom variante bolo nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov volené za účelom zvýšenia zaťaženia TNR.

V analyzovanom variante bolo uvažované VTČ a NTČ doplňovanie chladiva podľa dodávacej krivky, ktorá dáva väčšie prietoky a má vyšší „záverný bod“, čo je z pohľadu zaťaženia TNR konzervatívnejšie.

Pre okrajové podmienky HSCHZ boli zvolené nasledujúce nastavenia, ktoré sú konzervatívne z pohľadu hodnoteného kritéria prijateľnosti:

- Teplota chladiva v nádržiach HSCHZ - minimálna
- Koncentrácia bóru v nádržiach HSCHZ - nominálna
- Objem chladiva v HA - maximálny
- Tlak v HA - maximálny
- Oneskorenie medzi vytvorením príslušného ESFAS signálu na štart havarijného doplňovania chladiva do I.O. a samotným doplňovaním chladiva do I.O. - minimálne
- Vo všetkých variantoch bola uvažovaná maximálna doplňovacia charakteristika VT a NT systému a je uvažovaná činnosť VT ako aj NT čerpadiel.

7.2.1.10.10.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritéria prijateľnosti

7.2.1.10.10.6.1 Termohydraulické analýzy I.O. a II.O. pre variant A

Popis výsledkov integrálneho výpočtu

Iniciačnou udalosťou je vznik netesnosti na studenej vetve HCS2 s ekvivalentným priemerom veľkosti č. 9. Miesto únikové otvoru je uvažované v spodnej časti vstupného nátrubku TNR. Súčasne so vznikom netesnosti sa predpokladala SNVS.

Pre tento variant boli vykonané tiež výpočty distribúcie teploty chladiva a mernej tepelnej prestupnosti v axiálnom i obvodovom smere v ŠR. Teploty chladiva rýchlo klesajú najmä v prvom úseku pod HCS3 s doplňovaním, potom sa voda pri zostupe postupne ohrieva.

Merná tepelná prestupnosť v studenom prúde má vyššie hodnoty ako v okolí studených prúdov, pričom sa smerom dolu ešte zvyšuje, lebo sa doplňovaná voda ohrieva. Vysoké hodnoty mernej tepelnej prestupnosti zintenzívňujú ochladzovanie materiálu steny TNR.

Výsledky termohydraulických výpočtov boli spracované do vhodnej formy, aby mohli byť použité ako počiatočné a okrajové podmienky pre napäťovodeformačné analýzy.

Popis výsledkov výpočtov vonkajšieho chladenia TNR

Pred vznikom netesnosti sa uvažuje, že v šachte reaktora sa nachádza vzduch vyhriaty na maximálnu teplotu. Po vzniku netesnosti v 0 s dochádza k úniku prehriateho chladiva z I.O.. Unikajúce chladivo sa bude transformovať do rovnovážneho stavu, pričom vznikne 60% sýtej pary a 40% sýtej vody s teplotou 100 °C.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 7200 s. Vtedy bol stav bloku nasledovný: reaktor je bezpečne odstavený, tlak v I.O. je stabilizovaný, tlak v II.O. mierne klesá, a teplota v I.O. mierne klesá. Uvažovala sa správna činnosť operátora podľa platných EOPs.

Grafické výsledky sa nachádzajú v Prílohe 19.

7.2.1.10.10.6.2 Posúdenie integrity tlakovej nádoby reaktora pre variant A

V predchádzajúcich častiach tejto kapitoly 7.2.1.10 bola popísaná metodika použitá pre hodnotenie integrity TNR MO34, výsledky TH analýz vybraných udalostí typu PTS a výsledky nadväzujúcich výpočtov namáhania TNR. Výpočty namáhania TNR realizované na modeloch TNR s postulovanými trhlinami poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom posudzovanom režime PTS. Pre tento účel boli použité súbory popisujúce hodnoty J-integrálu a hodnoty teplôt v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{Ka} metodikou popísanou v kapitole 7.2.1.10.0.3.

Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{Ka} pre všetky uvažované konfigurácie postulovaných trhlín, ktoré sú prezentované v Prílohe 19 spolu s časovým priebehom J-integrálu. Obrázky ukazujú pre každý analyzovaný režim časový (a súčasne teplotný) priebeh hodnôt súčiniteľa intenzity napätia K_I pre kritický bod obrysu trhliny a priebeh lomovej húževnatosti K_{IC} v závislosti od teploty pre odpovedajúcu dovolenú kritickú teplotu krehkosti T_{Ka}. Vo všetkých týchto obrázkoch je pre určenie T_{Ka} použité tzv. **tangenciálne kritérium $K_I = K_{IC}(T,T_K)$**. V prípade existencie maxima K_{Imax} a nasledujúceho monotónneho klesania K_I v závislosti od času je možné využiť **efekt WPS** a vyhodnotiť korigovanú hodnotu T_{Ka}, ktorá je určená z rovnosti **$0{,}9*K_{Imax} = K_{IC}(T,T_K)$**.

Integrita návarovej vrstvy TNR je počas všetkých uvažovaných scenárov PTS zaistená, príslušná analýza je uvedená v 7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie.

7.2.1.10.10.6.3 Súhrnné zhodnotenie

Vo variante A boli analyzované dôsledky iniciačných udalostí zo skupiny „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka" ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií. Cieľom analýzy uvedenej v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejší prípad z hľadiska kritéria prijateľnosti DB-A6.

Priebeh procesu, vyvolaného touto iniciačnou udalosťou, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatočných podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu kritéria prijateľnosti pre danú kategóriu procesov.

Pre výpočtový variant boli vyhodnotené najnepriaznivejšie hodnoty sledovaného kritéria prijateľnosti. Tieto boli následne porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2. Z porovnania vyplynulo, že integrita TNR je pre hodnotenú skupinu iniciačných udalostí typu PTS zaistená po celú plánovanú dobu prevádzky pre oba bloky MO34.

Predložené bezpečnostné analýzy a rozbory, 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 „Chladenie tlakovej nádoby reaktora zvonka", zaradenej do kategórie PTS procesov, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.10.11 Komplexné zhodnotenie

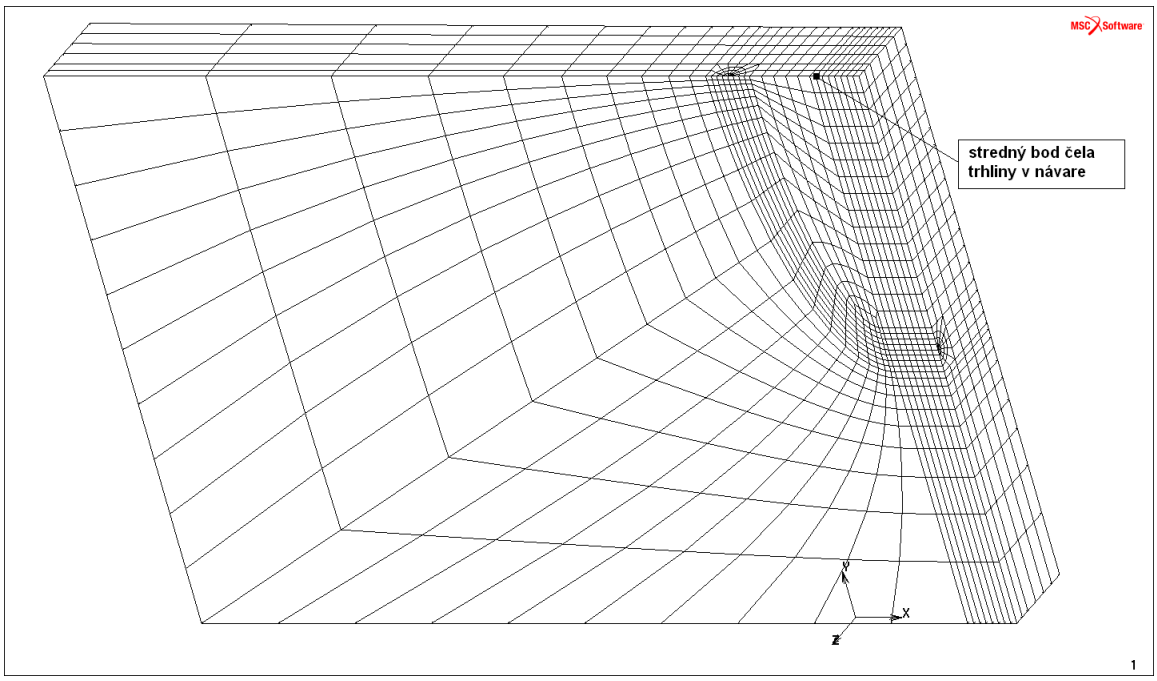
V kapitole 7.2.1.10 bolo riešené hodnotenie integrity tlakovej nádoby reaktora MO34 pre spektrum režimov PTS. Výpočty namáhania realizované na modeloch postulovaných trhlín TNR poskytujú údaje pre záverečné hodnotenie integrity TNR v každom bode obrysu postulovanej trhliny v celom časovom priebehu analyzovaného režimu. Pre každý bod čela trhliny bola určená dovolená kritická teplota krehkosti T_{ka} metodikou popísanou v kapitole 0. Výsledkom tohto hodnotenia je súbor dovolených kritických teplôt krehkosti T_{ka}, ktoré sú pre každý analyzovaný proces porovnané s predikovanými hodnotami T_k podľa kapitoly 7.2.1.10.1.2.

Hodnotenie integrity návaru

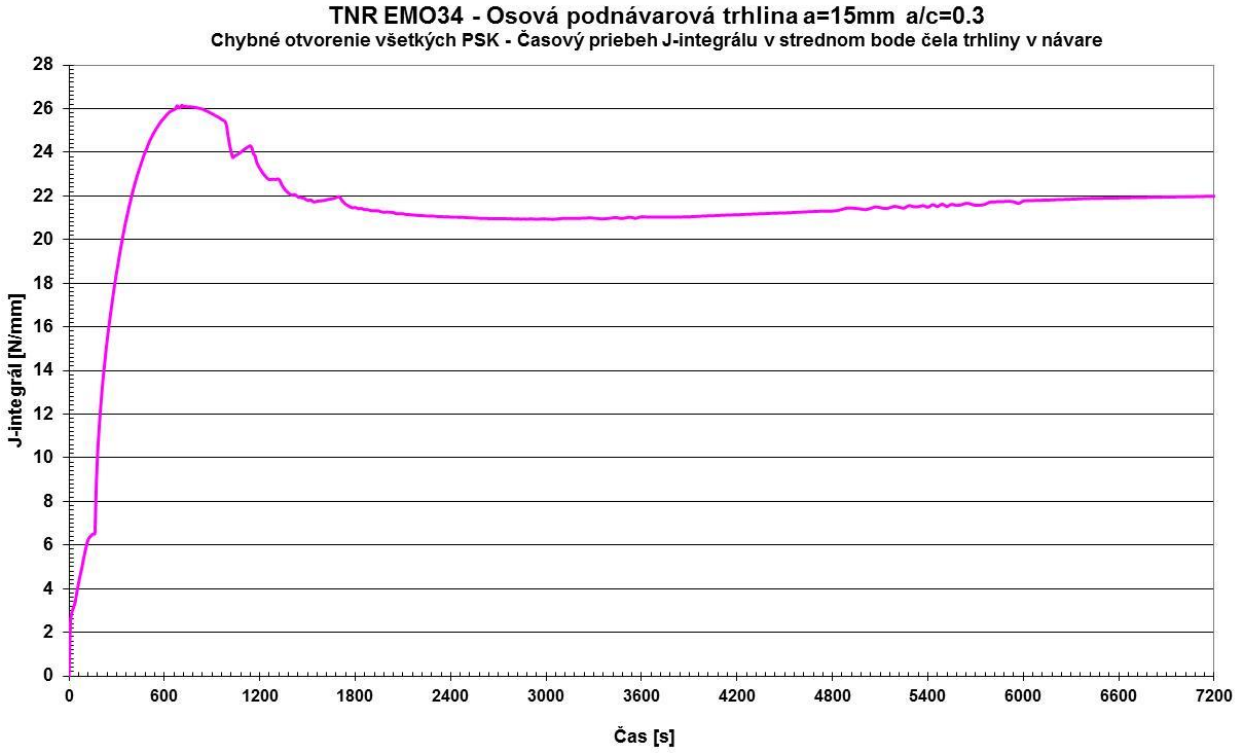
Podľa návodu VERLIFE 2008 [II.6] môžu byť v PTS analýzach používané postulované podnávarové trhliny za podmienky, že sa súčasne preukáže, že počas celého PTS je zaistená integrita návaru. Nástrojom na riešenie tejto požiadavky pre TNR VVER 440 je preukázanie faktu, že hodnoty J-integrálu vo všetkých bodoch postulovaných trhlín v návare (viď definícia postulovaných trhlin v kap. 7.2.1.10.0) sú vo všetkých časových okamihov PTS udalostí menšie ako **J_{1mm} value=100 N/mm**. Pri tom je dostatočujúce počítať hodnoty J-integrálu len v strednom bode čela trhliny v návare.

Príslušné výpočtové analýzy boli vykonané, ako pre valcovú časť, tak i pre primárny nátrubok TNR len pre jediný režim, ktorý prináša maximálne hodnoty J-integrálu a pre trhlinu, u ktorej bola maximálna hodnota J-integrálu dosiahnutá (tzn. vo valcovej časti pre trhlinu osovej orientácie s a=15mm, a/c=0.3). Tento postup konzervatívne pokrýva všetky PTS z analyzovaného rozsahu udalostí.

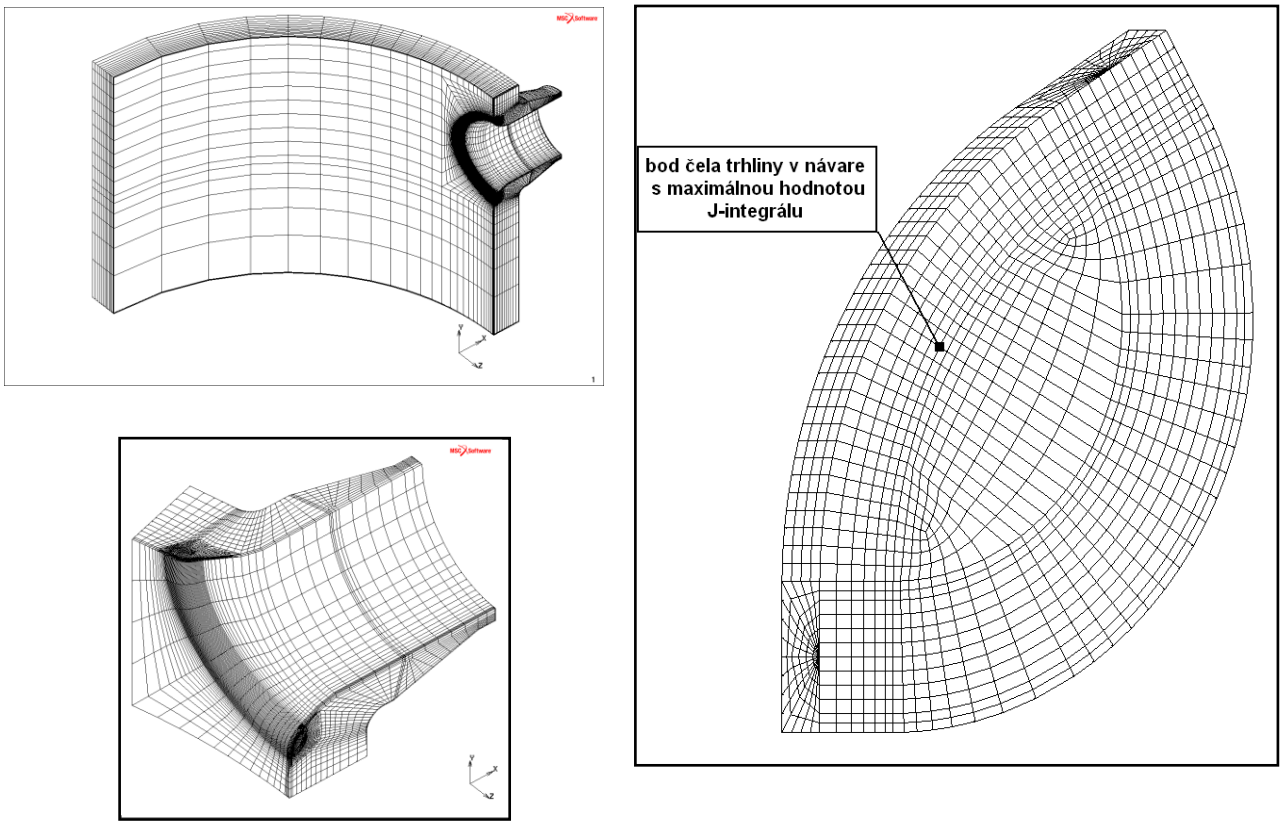
Výpočty boli vykonané pomocou výpočtového programu MSC.MARC pre udalosť Roztrhnutie parovodu v HZ (definícia je v kap. 7.2.1.10.8, Scenár B). Modely MKP spolu s výsledkami analýz sú prezentované na nasledujúcich obrázkoch. Hodnoty J-integrálu v návare sú v oboch častiach TNR počas celej hodnotenej udalosti menšie ako limitná hodnota **J_{1mm} =100 N/mm** a preto je možné konštatovať, že **integrita návaru TNR je zaistená počas všetkých analyzovaných udalostí PTS**.



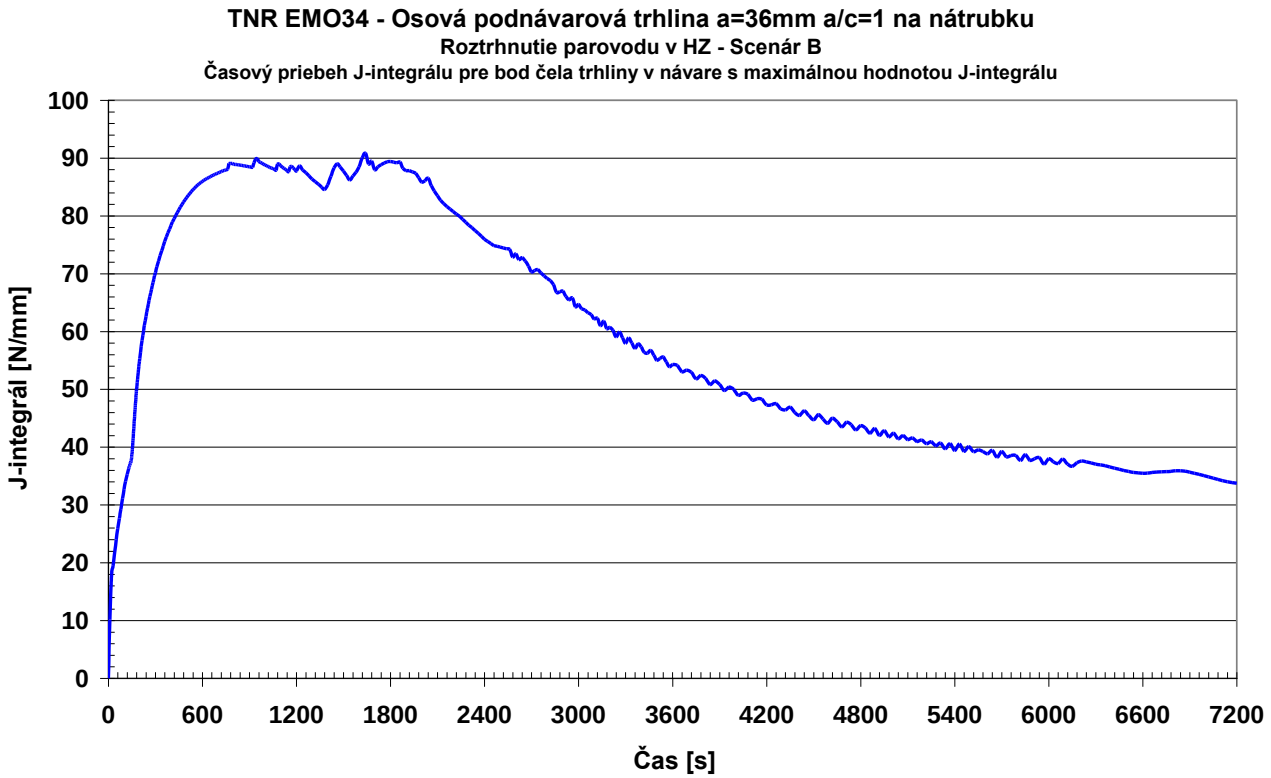
Obr. 7.2.1.10.11-1 Detail siete konečných prvkov pre hodnotenie J-integrálu v návare



Obr. 7.2.1.10.11-2 Časový priebeh J-integrálu v strednom bode čela trhliny v návare



Obr. 7.2.1.10.11-3 Detail siete konečných prvkov pre hodnotenie J-integrálu v návare nátrubku



Obr. 7.2.1.10.11-4 Časový priebeh J-integrálu pre bod čela trhliny v návare s max. hodnotou

LITERATÚRA

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

[I.1] M.Hrázský, P.Hermanský : Hodnotenie odolnosti TNR JE V2 proti náhlemu lomu, súhrnná záverečná správa, správa VÚJE 298/1999.

[I.2] M.Hrázský, P.Hermanský : Hodnotenie odolnosti TNR JE V1 proti náhlemu lomu, súhrnná záverečná správa, správa VÚJE 164/2000.

[I.3] WP 03.2 - Koncepty revízie projektu, Koncepty revízie projektu pre zvýšenie výkonovej rezervy bloku, Ev. č. DMO/032/0102/T, VUJE, október 2007.

[I.4] DPS 3.01.02 Parogenerátory, Kolektor, Výkres č. 0-1005-207f, EMO3.

[I.5] PpBS pre 1. a 2. blok EMO, revízia 2 - zmena č. 71a/2011, apríl 2011.

[I.6] Predpisy NS pre MO34, NS/0300.1, revision 1, 2011.

[I.7] M.Fogel, M.Lacková: T-H analýzy vonkajšieho chladenia TNR počas projektových nehôd a ťažkej havárie, technická správa, december 2013.

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

[II.1] Guidelines on PTS Analysis for WWER Nuclear Power Plant, IAEA-EBP-WWER-08, Revision 1, IAEA, 2006.

[II.2] RELAP5/MOD3.2.2 Manuál, NUREG/CR-5535-Vol. I.-VII.

[II.3] K. Iyer, H.P. Nourbakhsk : REMIX - A Computer Program for Temperature Transient Due to High Pressure Injection after Interruption of Natural Circulation. NUREG CR-3701, May 1986.

[II.4] H.Tuomisto : Thermal-Hydraulics of the Loviisa Reactor Pressure Vessel Overcooling Transients. IVO-A-01/87, Helsinki 1987.

[II.5] I.Kokhonen, H.Tuomisto : Application of the REMIX Thermal Mixing Calculation Program for the Loviisa Reactor. IVO-A-02/87. Helsinki 1987.

[II.6] Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in WWER NPPs, VERLIFE, project of the 6th Framework Programme of the EU, Version 2008.

[II.7] Comparison Report of RPV Pressurised Thermal Shock International Comparative Assessment Study (PTS ICAS), OECD, NEA/CSNI/R(99)3, 1999.

[II.8] WWER-440/213 RPV Pressurized Thermal Shock Analysis Benchmark Exercise (WPB), Results of Phase II. - Structural Analysis and Fracture Mechanics Analysis, MAAE, Vienna, 1999.

[II.9] Normy pevnostného výpočtu komponentov a potrubí JEZ, Energoatomizdat, Moskva, ZSSR, 1989.

[II.10] CRP-9 ON REVIEW AND BENCHMARK OF CALCULATION METHODS FOR STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF RPVs DURING PTS, IAEA documents.

[II.11] NESC-I Project Overview, European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Advanced Material, Petten, The Netherlands, 2001.

[II.12] 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.13] International Atomic Energy Agency, Accident Analysis for Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 23, IAEA, Vienna, 2002.

[II.14] International Atomic Energy Agency, Accident Analysis for Nuclear Power Plants with Pressurized Water Reactors, Safety Reports Series No. 30, IAEA, Vienna, 2003.

[II.15] 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.16] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004.

[II.17] Pressurized Thermal Shock in Nuclear Power Plants: Good Practices for Assessment, Deterministic Evaluation for the Integrity of Reactor Pressure Vessel, IAEA-TECDOC-1627, IAEA, Vienna, 2010.

[II.18] Safety Analysis of WWER-440 Nuclear Power Plants: Potential Consequences of a Large Primary to Secondary System Leakage Accident, IAEA-TECDOC-1610, IAEA, Vienna, 2009.

[II.19] Normalizace v jaderné technice č.4/1988, Normy výpočtu pevnosti zařízení a potrubí JE (NTD MHS Interatomenergo).

[II.20] Normativně technická dokumentace Asociace strojních inženýrů, sekce IV. –Hodnocení zbytkové životnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, Praha a Brno, Máj 2007

[II.21] Metodika opredelenija resursa korpusov atomnych reaktorov v procese ekspluataciji, MRK-SCHR-2000, ROSENERGOATOM, 2000.

[II.22] Niffenegger M.: The proper Use of Thermal Expansion Coefficient in Finite Element Calculations, Sborník Workshop on RPV PTS ICAS, Orlando, 1998.

[II.23] Tlaková nádoba a horní blok reaktoru V-213, Specifikace na materiály, správa Škoda, oborový podnik Plzeň, Ae 4502/Dok, Plzeň 1980

[II.24] Dokumentácia výsledkov kvalifikácie systému skúšania obvodových zvarov prstencov tlakovej nádoby reaktora, vnútorného rádiusového prechodu hrdla DN500 do tlakovej nádoby reaktora a zvarového spoja hrdla s nástavcom DN500 tlakovej nádoby reaktora, SE a.s.

[II.25] Dokumentácia výsledkov kvalifikácie systému skúšania obvodových zvarov prstencov tlakovej nádoby reaktora v oblasti AZ, SE a.s.

[II.26] Zákon NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (Atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

[II.27] 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.28] S. M. Zarickij: Výpočet fluencie rýchlych neutrónov na telese reaktora pre dobu prevádzky JE 40 rokov na tému: Realizácia komplexu neutróno-fyzikálnych výpočtov pre zdôvodnenie prevádzky paliva na blokoch 3 a 4 JE EMO, p.4 kalendárneho plánu dohody № 923-10/ИЯР/03-10/335 z 13.07.10, Moskva 2010.

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

[III.1] PAA-22-BSMO34-kap7-2-1-10-JRE, Interný dokument VUJE, 2014.

[III.2] Cvan M. a kol.: Popis výpočtového modelu pre VVER 440/V213 pre kód MELCOR 1.8.5, „Model hermetickej zóny HZMO34BS“, Technická správa VUJE V01-TS/PAM-22-MELCORHZMO34BS/2013-41, revízia 0, Trnava, júl 2013.

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 01 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant A1, LOCA ø25 mm na HV1, 0,1% N_{nom}

Príloha 02 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant A2, LOCA ø25 mm na HV1, 96% N_{nom}, COMS

Príloha 03 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant A3, LOCA ø32 mm na HV1, 0,1% N_{nom}

Príloha 04 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant A4, LOCA ø20 mm na HV1, 96% N_{nom}

Príloha 05 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant B1, LOCA ø50 mm na HV1, 0,1% N_{nom}

Príloha 06 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant B2, LOCA ø71 mm na HV1, 96% N_{nom}

Príloha 07 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant B3, LOCA ø107 mm na HV1, 96% N_{nom}

Príloha 08 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant C1, LOCA ø233 mm na HV1, 0,1% N_{nom}

Príloha 09 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.1, Variant C2, LOCA 2x ø500 mm na HV1, 0,1% N_{nom}

Príloha 10 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.2, Variant A, Chybné otvorenie PV1 KO a uzavretie po 30 min

Príloha 11 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.2, Variant B, Chybné otvorenie PV1 KO a uzavretie po 60 min

Príloha 12 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.3, Variant A, Roztesnenie primárneho veka kolektora PG4

Príloha 13 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.4, Variant A, Chybné zapracovanie VTČ do slučky č.2

Príloha 14 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.7, Variant A, Chybné otvorenie všetkých PSK

Príloha 15 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.7, Variant B, Chybné otvorenie všetkých PSK

Príloha 16 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.8, Variant A, Roztrhnutie HPK

Príloha 17 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.8, Variant B, Roztrhnutie parovodu v HZ

Príloha 18 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.9, Variant A, Roztrhnutie potrubia napájacej vody PG3

Príloha 19 Obrázková príloha ku kapitole 7.2.1.10.10, Variant A, LOCA ø16 mm na SV2 v mieste nátrubkov TNR

Príloha 20 Nodalizačná schéma výpočtového modelu tlakovej nádoby reaktora MO34 pre PTS výpočty programom RELAP5

Príloha 21 Nodalizačná schéma jednokanálového modelu varného kanála šachty reaktora MO34 pre PTS výpočty programom RELAP5

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 7.2.1.10.0-1 Postulované trhliny na vnútornom povrchu TNR 13
Obr. 7.2.1.10.0-2 Postulovaná trhlina na nátrubku TNR 14
Obr. 7.2.1.10.0-3 Sieť konečných prvkov – osová postulovaná trhlina na vnútornom povrchu TNR 18
Obr. 7.2.1.10.0-4 Sieť konečných prvkov – obvod. postulovaná trhlina na vnútornom povrchu TNR 19
Obr. 7.2.1.10.0-5 Sieť konečných prvkov – osová postulovaná trhlina na vonkajšom povrchu TNR 20
Obr. 7.2.1.10.0-6 Sieť konečných prvkov – obvod. postulovaná trhlina na vonkajšom povrchu TNR 21
Obr. 7.2.1.10.0-7 Sieť konečných prvkov – osová postulovaná trhlina na nátrubku TNR 22
Obr. 7.2.1.10.0-8 Rozloženie napätia pre geometriu nátrubku TNR použitú pri hodnotení integrity 23
Obr. 7.2.1.10.0-9 Rozloženie napätia pre skutočnú geometriu nátrubku TNR 23
Obr. 7.2.1.10.0-10 Priebeh obvodového napätia po hrúbke steny pre obidve geometrie nátrubku....24
Obr. 7.2.1.10.0-11 Schéma hodnotenia integrity TNR 27
Obr. 7.2.1.10.11-1 Detail siete konečných prvkov pre hodnotenie J-integrálu v návare....86
Obr. 7.2.1.10.11-2 Časový priebeh J-integrálu v strednom bode čela trhliny v návare 87
Obr. 7.2.1.10.11-3 Detail siete konečných prvkov pre hodnotenie J-integrálu v návare nátrubku....87
Obr. 7.2.1.10.11-4 Časový priebeh J-integrálu pre bod čela trhliny v návare s max. hodnotou 88

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 7.2.1.10.0-1 Zoznam dokumentov pre validáciu kódu ADINA 29
Tab. 7.2.1.10.1-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov 36
Tab. 7.2.1.10.1-2 Pripravenosť riadiacich systémov 36
Tab. 7.2.1.10.1-3 Jednoduchá porucha 37
Tab. 7.2.1.10.1-4 Strata napájania vlastnej spotreby 37
Tab. 7.2.1.10.2-1 Počiatočné a okrajové podmienky 47
Tab. 7.2.1.10.2-2 Pripravenosť bezpečnostných systémov 48
Tab. 7.2.1.10.2-3 Pripravenosť riadiacich systémov 48
Tab. 7.2.1.10.2-4 Jednoduchá porucha 48
Tab. 7.2.1.10.2-5 Strata napájania vlastnej spotreby 48
Tab. 7.2.1.10.3-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov 54
Tab. 7.2.1.10.3-2 Pripravenosť riadiacich systémov 54
Tab. 7.2.1.10.3-3 Jednoduchá porucha 54
Tab. 7.2.1.10.3-4 Strata napájania vlastnej spotreby 55
Tab. 7.2.1.10.4-1 Jednoduchá porucha 59
Tab. 7.2.1.10.4-2 Strata napájania vlastnej spotreby 59
Tab. 7.2.1.10.7-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov 66
Tab. 7.2.1.10.7-2 Pripravenosť riadiacich systémov 67
Tab. 7.2.1.10.7-3 Jednoduchá porucha 67
Tab. 7.2.1.10.7-4 Strata napájania vlastnej spotreby 67
Tab. 7.2.1.10.8-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov 72
Tab. 7.2.1.10.8-2 Pripravenosť riadiacich systémov 73
Tab. 7.2.1.10.8-3 Jednoduchá porucha 73
Tab. 7.2.1.10.8-4 Strata napájania vlastnej spotreby 73
Tab. 7.2.1.10.9-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov 78
Tab. 7.2.1.10.9-2 Pripravenosť riadiacich systémov 78
Tab. 7.2.1.10.9-3 Jednoduchá porucha 78
Tab. 7.2.1.10.9-4 Strata napájania vlastnej spotreby 78
Tab. 7.2.1.10.10-1 Počiatočné a okrajové podmienky 83
Tab. 7.2.1.10.10-2 Pripravenosť bezpečnostných systémov 83
Tab. 7.2.1.10.10-3 Pripravenosť riadiacich systémov 83
Tab. 7.2.1.10.10-4 Jednoduchá porucha 83
Tab. 7.2.1.10.10-5 Strata napájania vlastnej spotreby 83

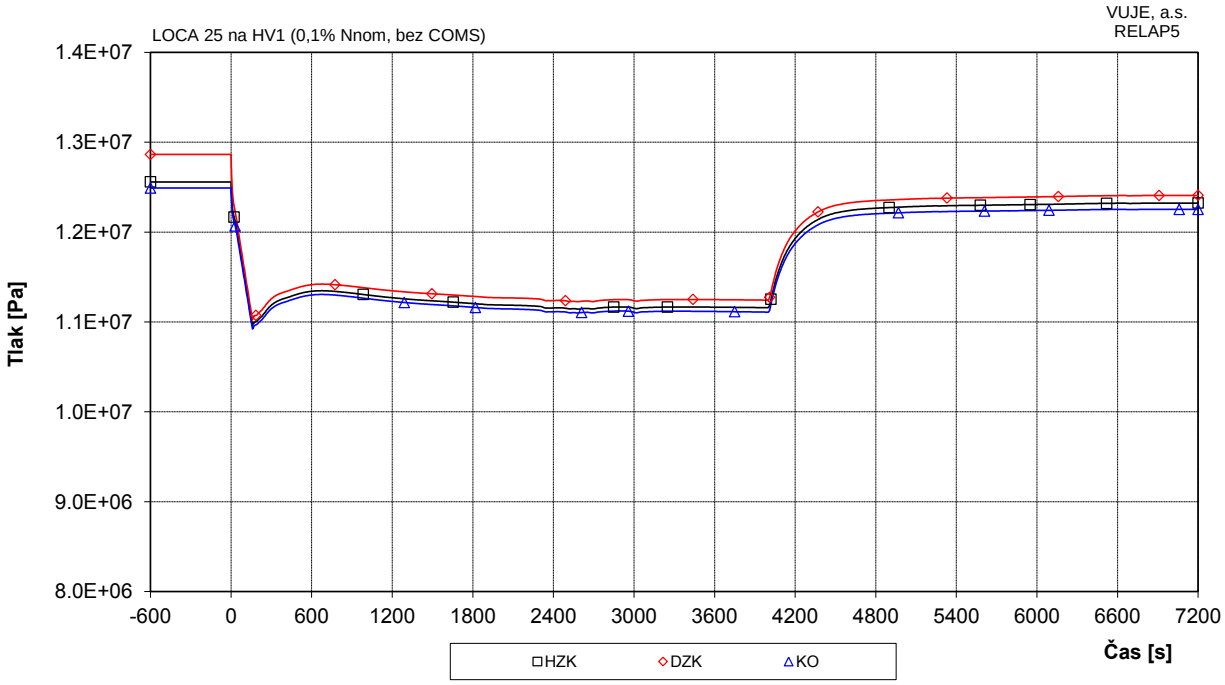
Príloha č. 01

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

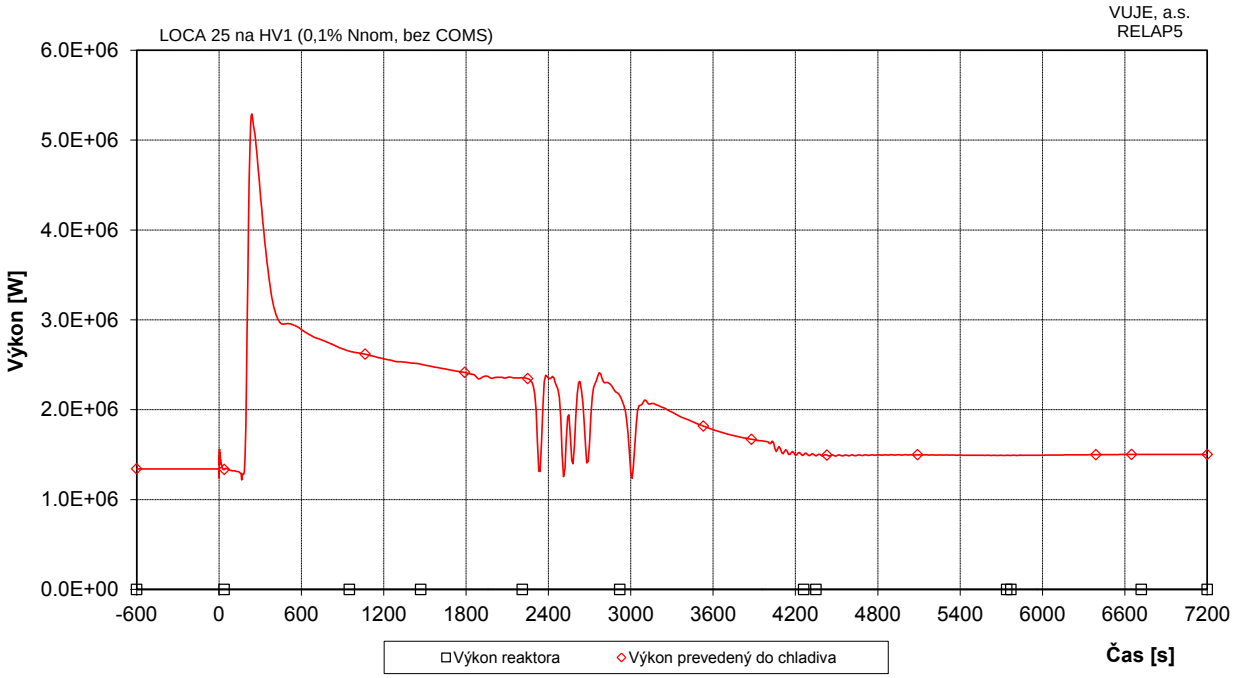
Scenár A1 LOCA ø25 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

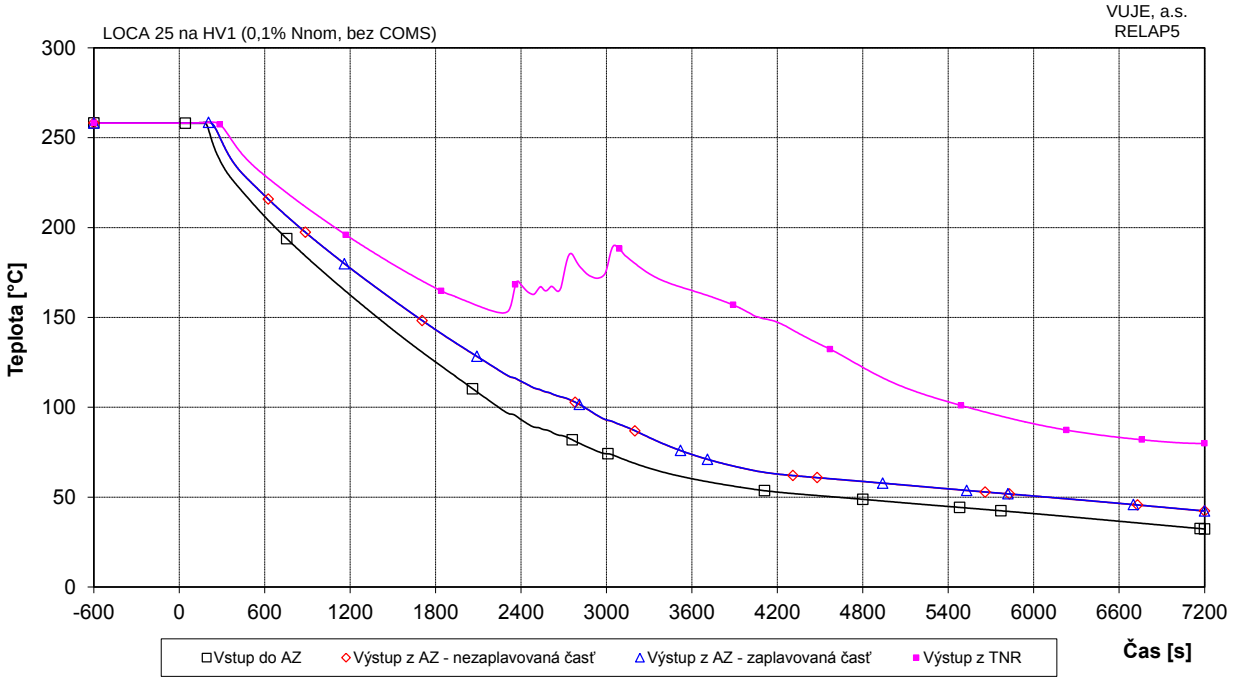
Obr. 7.2.1.10.1-A1-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-A1-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-A1-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-A1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-A1-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-A1-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-A1-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-A1-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-A1-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-A1-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-A1-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-A1-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-A1-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-A1-14: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-A1-15: Tlak na výstupe z PG ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-A1-16: Tlak v HPK ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-A1-17: Celková hladina v PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-A1-18: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-A1-19: Prietok pary z PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-A1-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-A1-21: Prietok pary do TG ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-A1-22: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-A1-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-A1-24: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-A1-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-A1-26: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-A1-27: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-A1-28: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-A1-29: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-A1-30: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-A1-31: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-A1-32: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-A1-33: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-A1-34: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-A1-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-A1-36: Určenie $T_{K}a$, osová podnáv. trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 ... 19



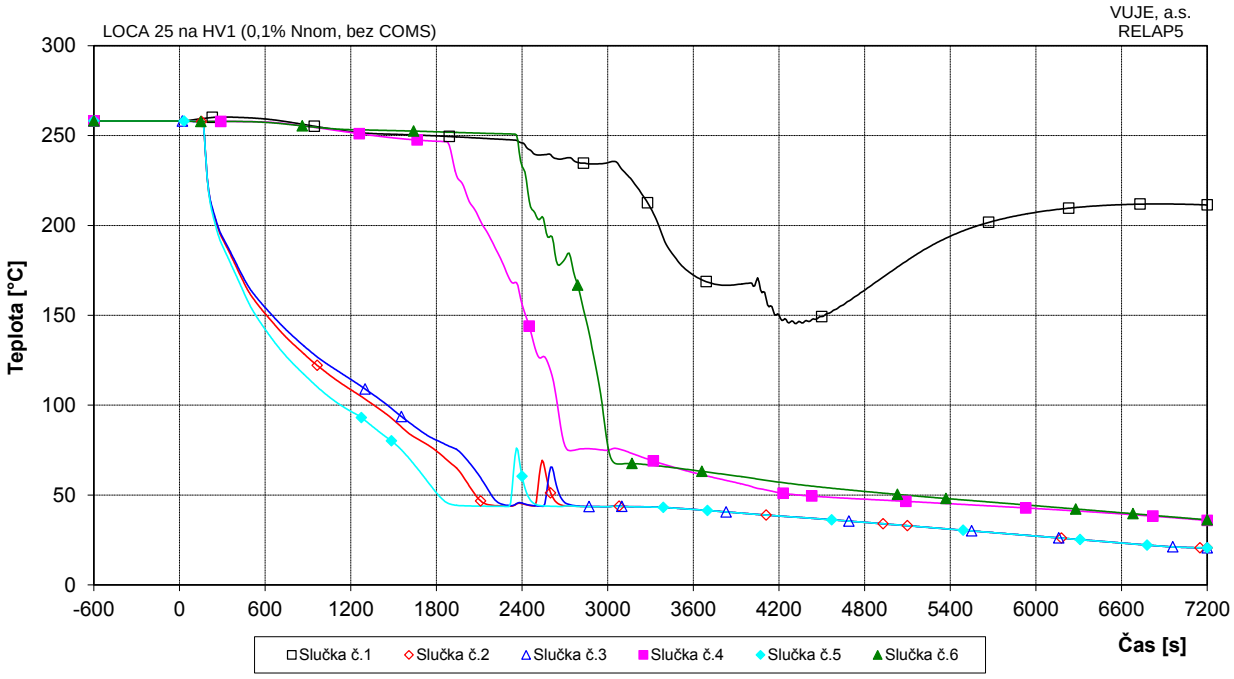
Obr. 7.2.1.10.1-A1-1: Tlak v I.O.



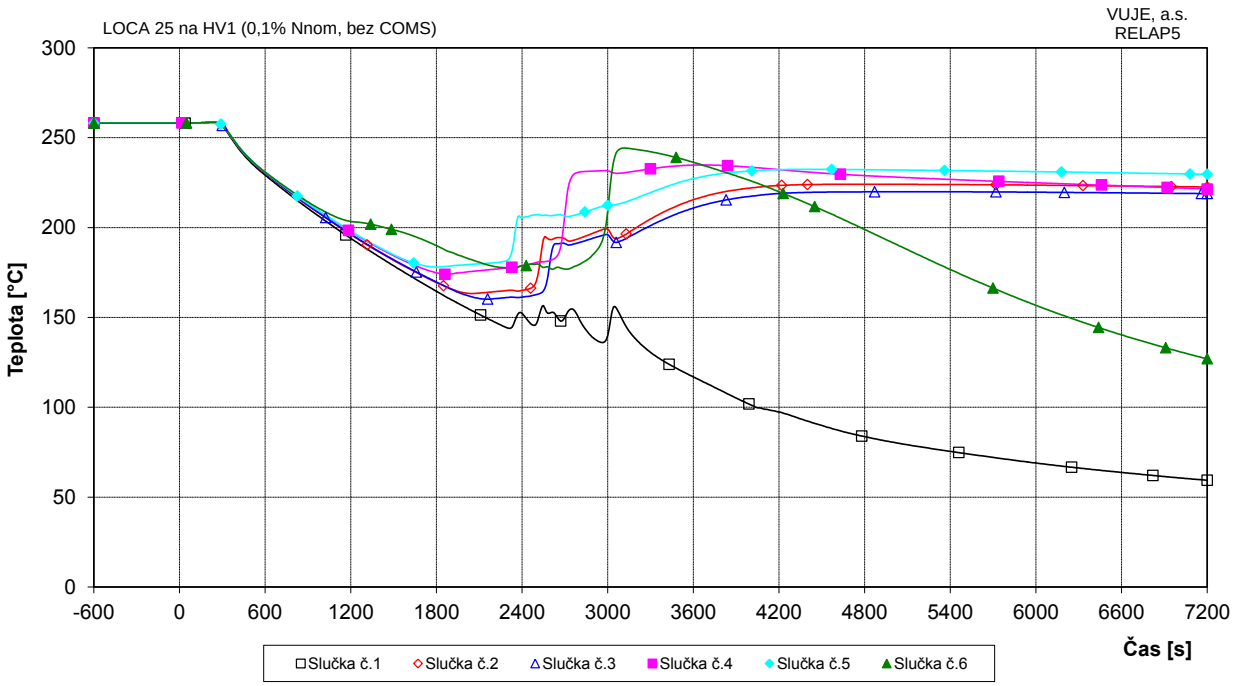
Obr. 7.2.1.10.1-A1-2: Výkon reaktora



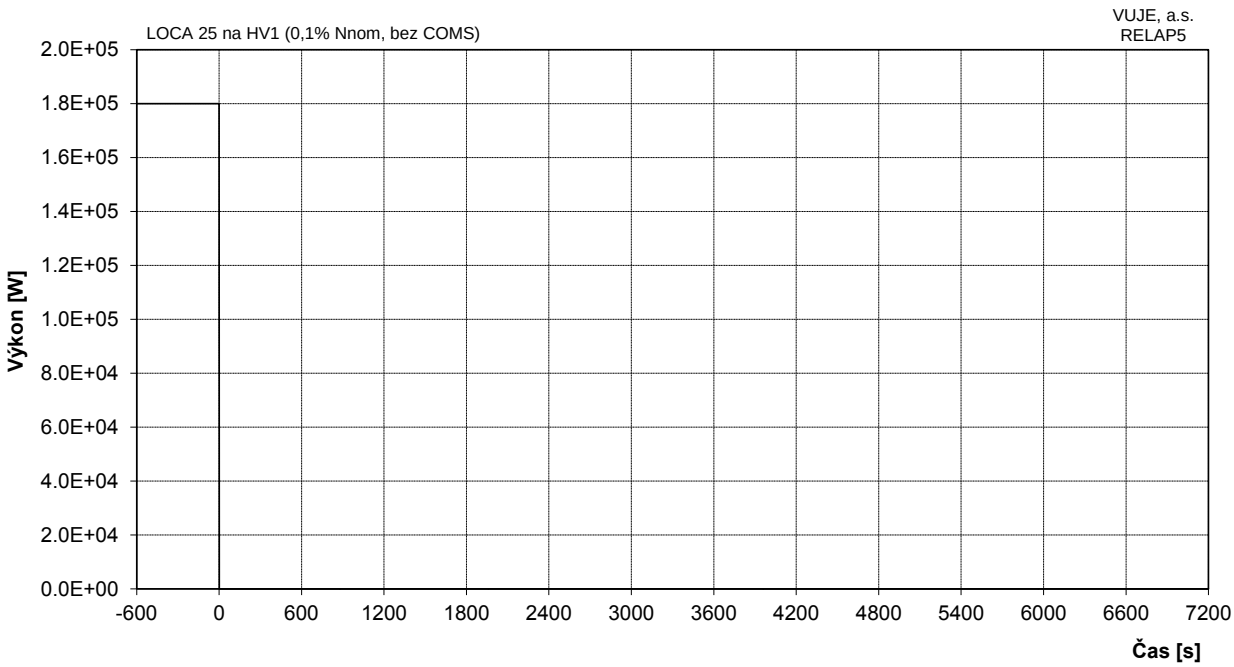
Obr. 7.2.1.10.1-A1-3: Teplota chladiva v TNR



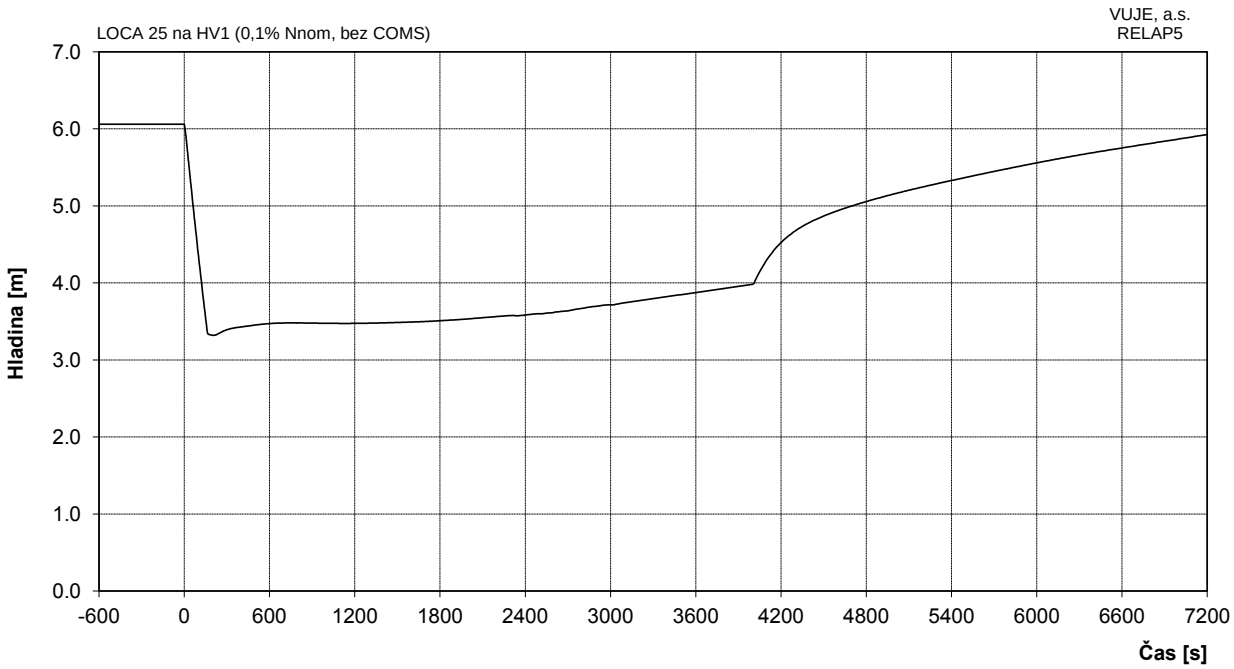
Obr. 7.2.1.10.1-A1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



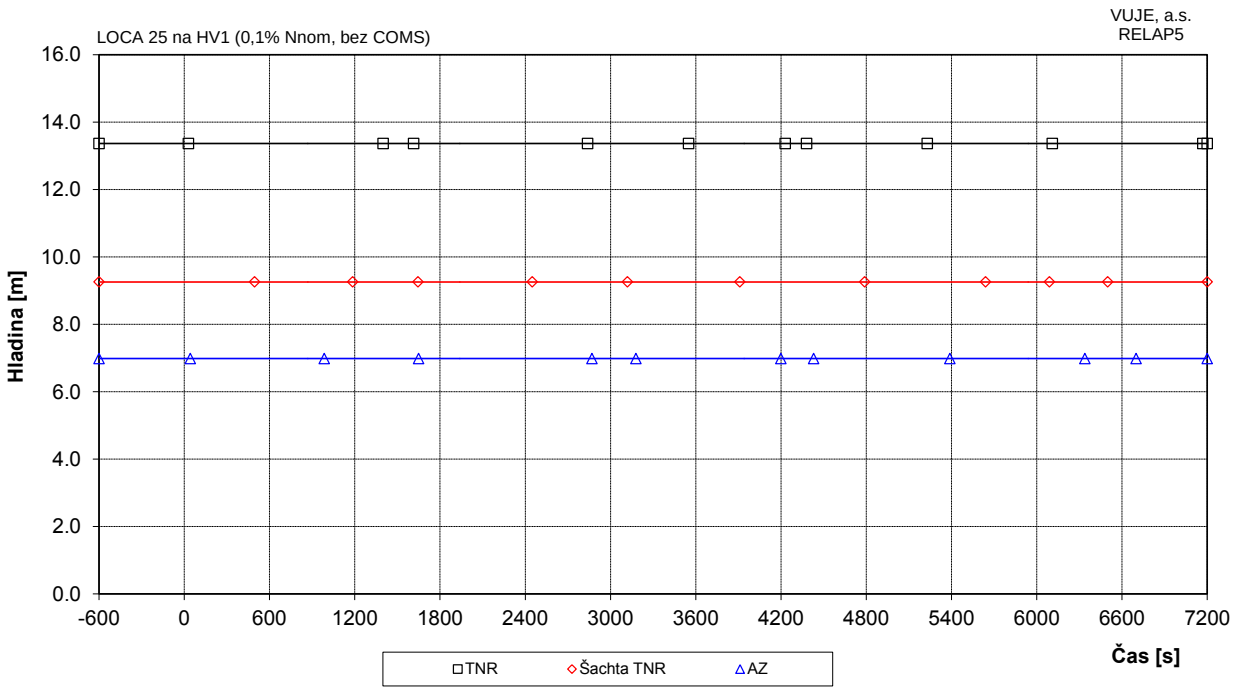
Obr. 7.2.1.10.1-A1-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



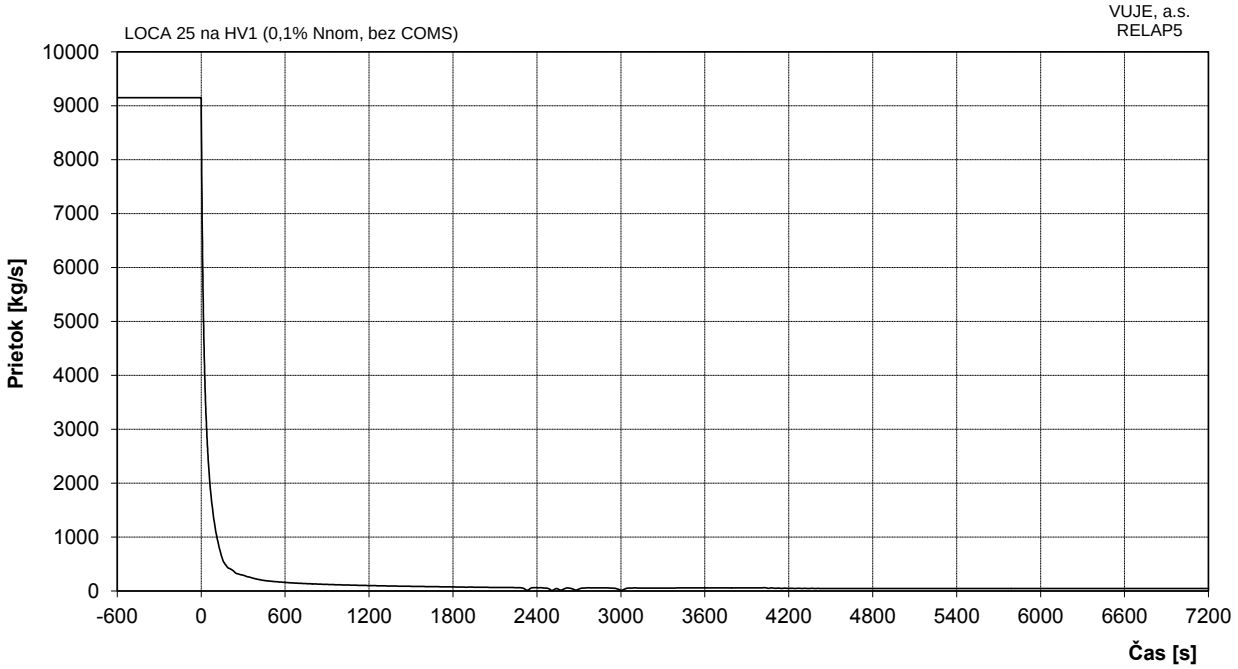
Obr. 7.2.1.10.1-A1-6: Celkový výkon EOKO



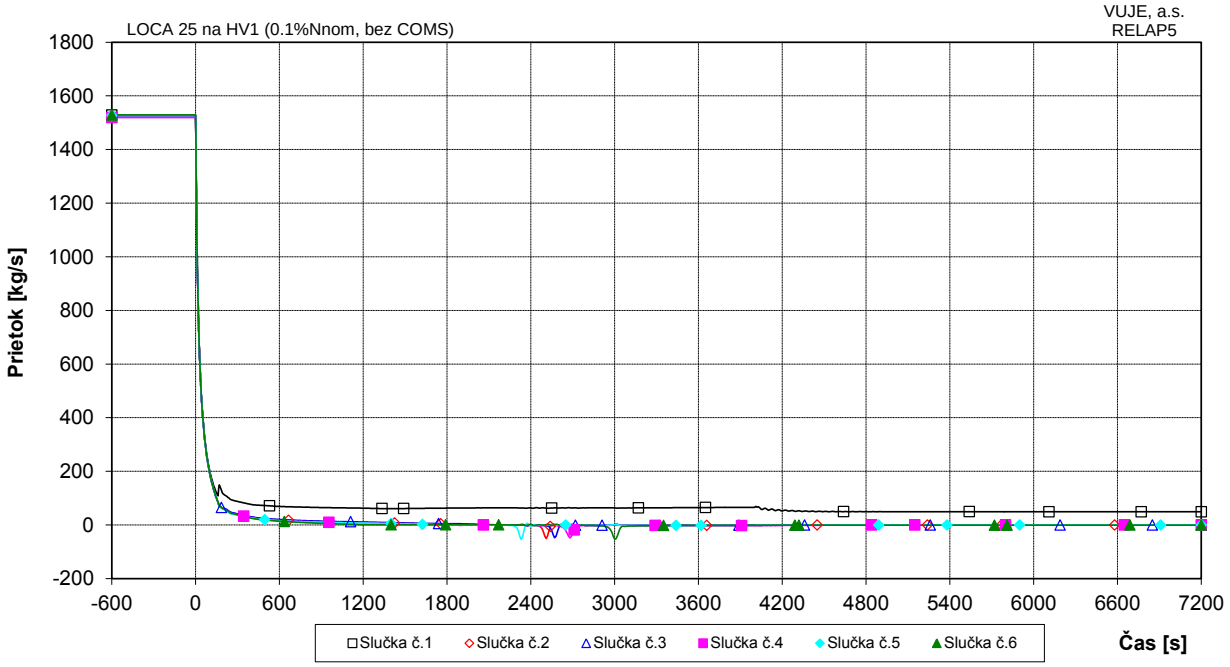
Obr. 7.2.1.10.1-A1-7: Celková hladina v KO



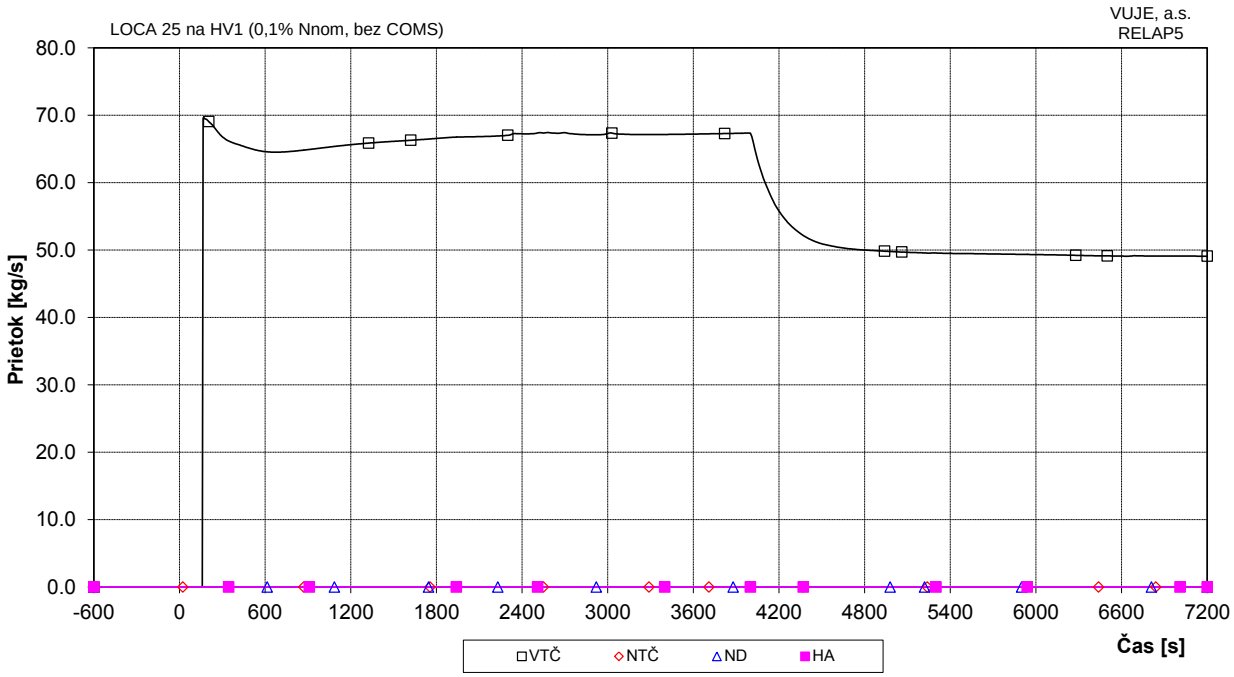
Obr. 7.2.1.10.1-A1-8: Hladina chladiva v TNR



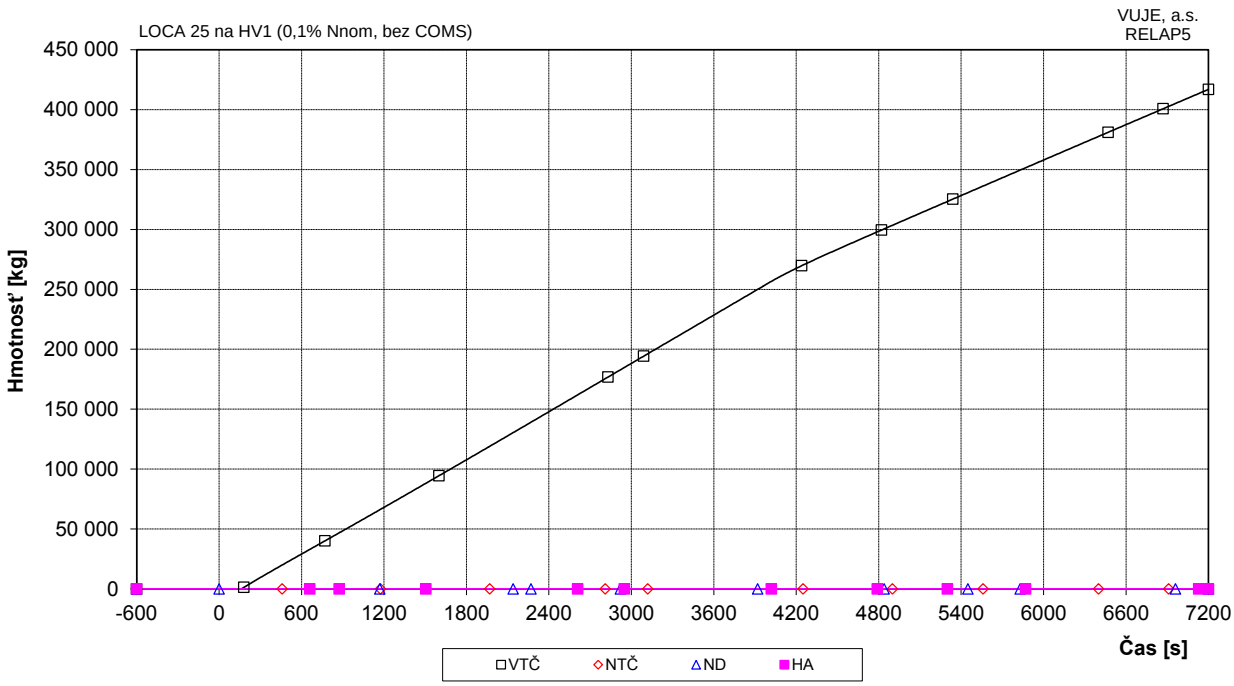
Obr. 7.2.1.10.1-A1-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



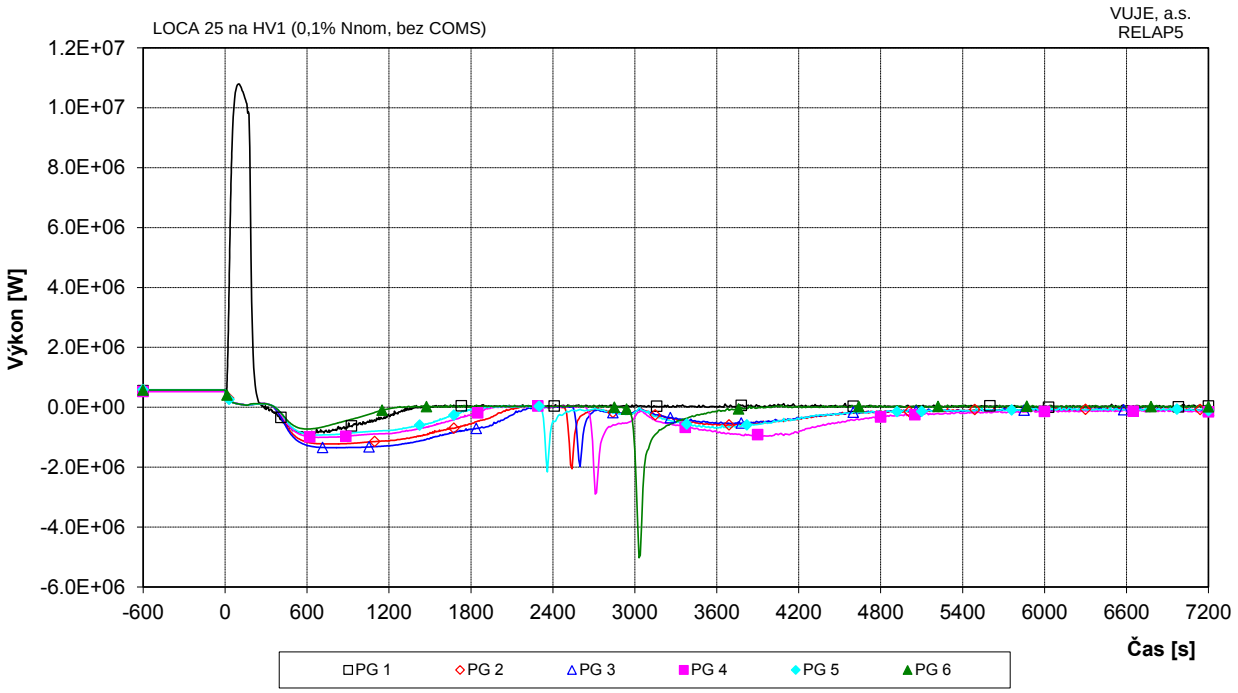
Obr. 7.2.1.10.1-A1-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



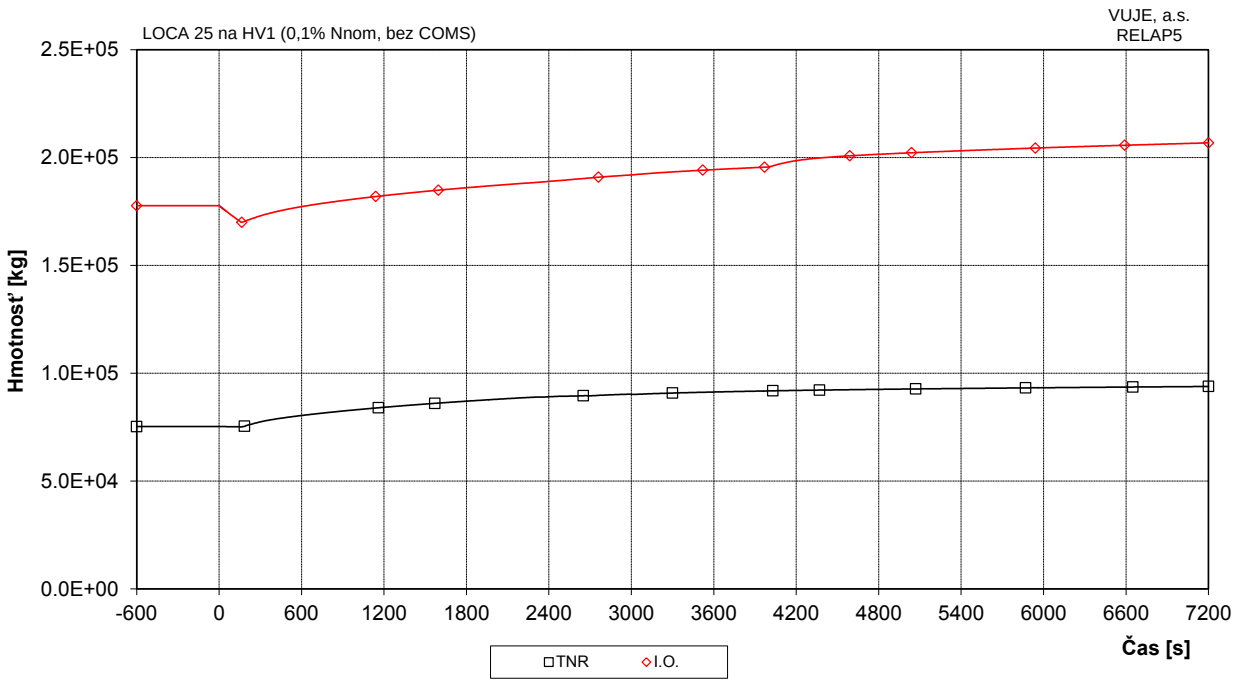
Obr. 7.2.1.10.1-A1-11: Doplňovanie do I.O.



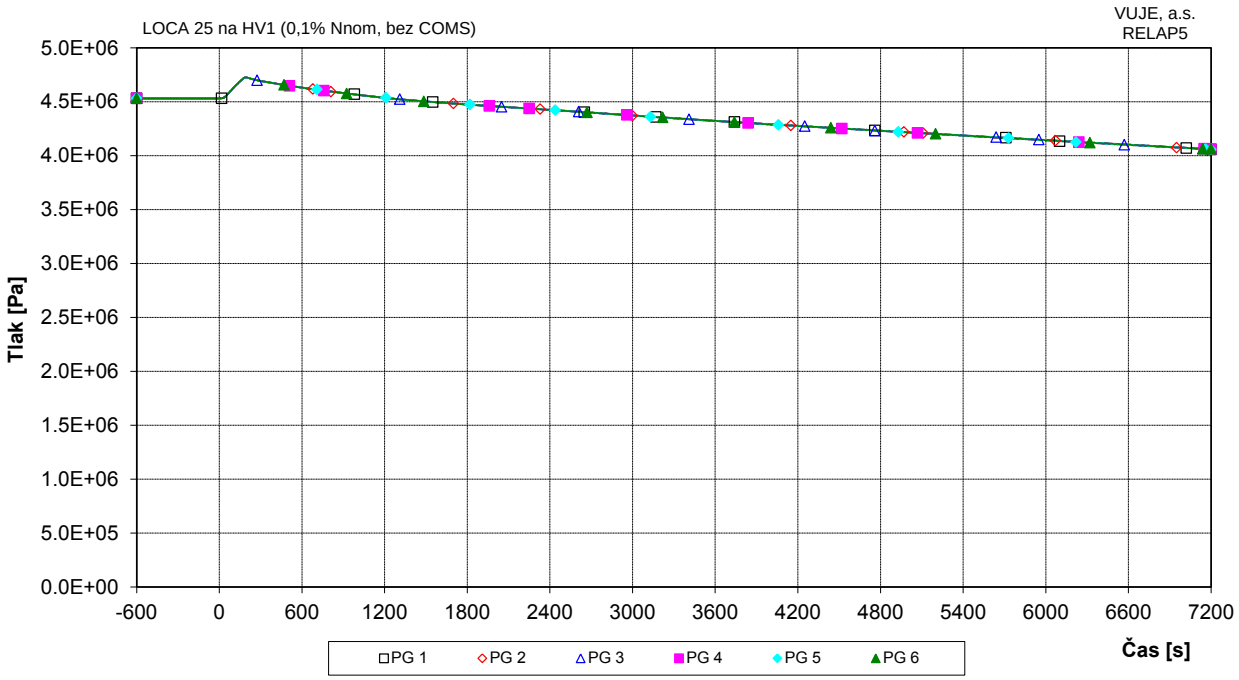
Obr. 7.2.1.10.1-A1-12: Integrál doplňovania do I.O.



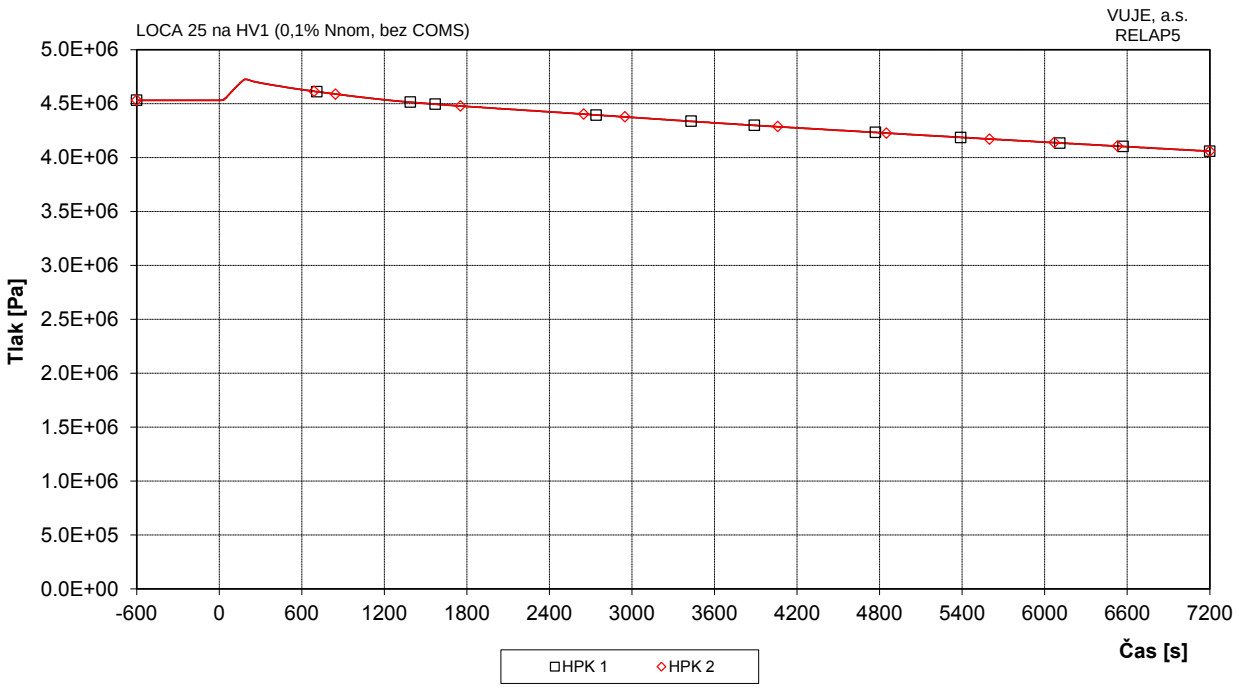
Obr. 7.2.1.10.1-A1-13: Výkon PG



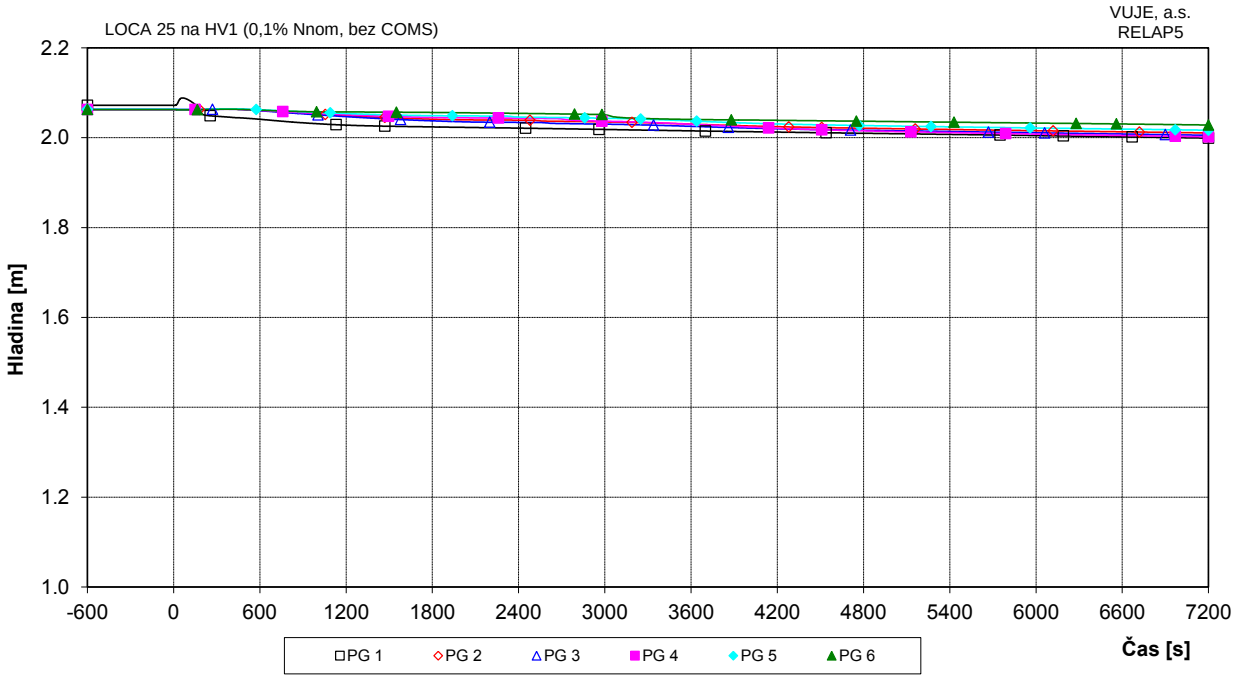
Obr. 7.2.1.10.1-A1-14: Hmotnosť chladiva v I.O.



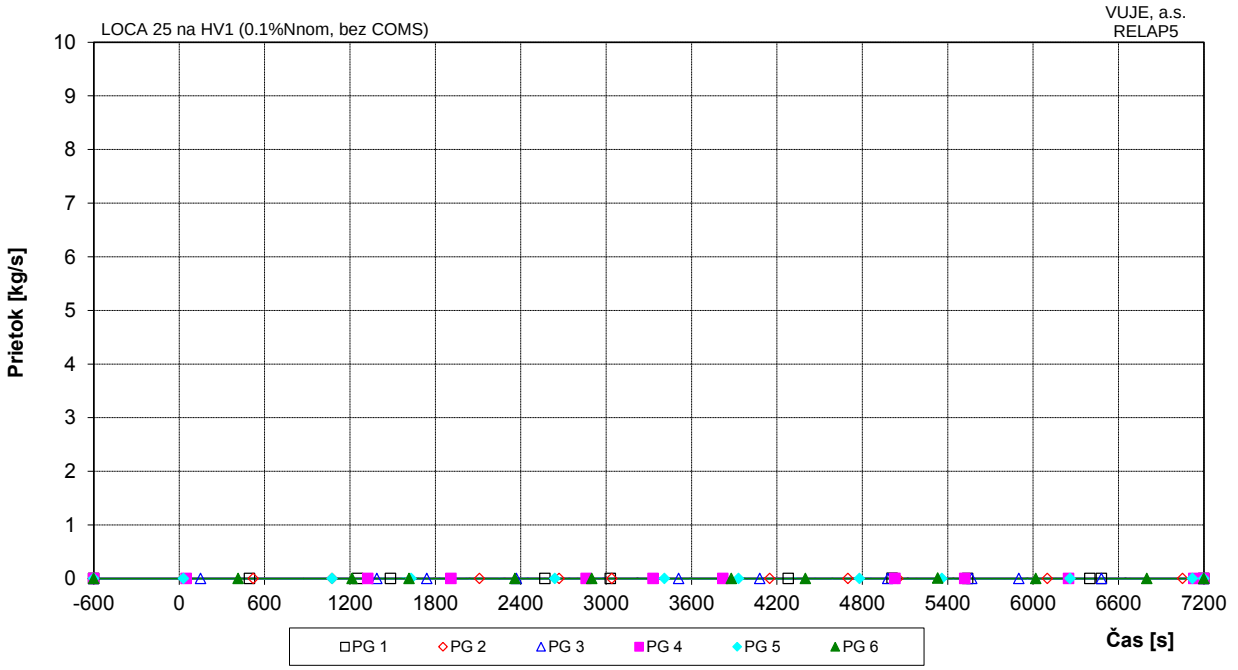
Obr. 7.2.1.10.1-A1-15: Tlak na výstupe z PG



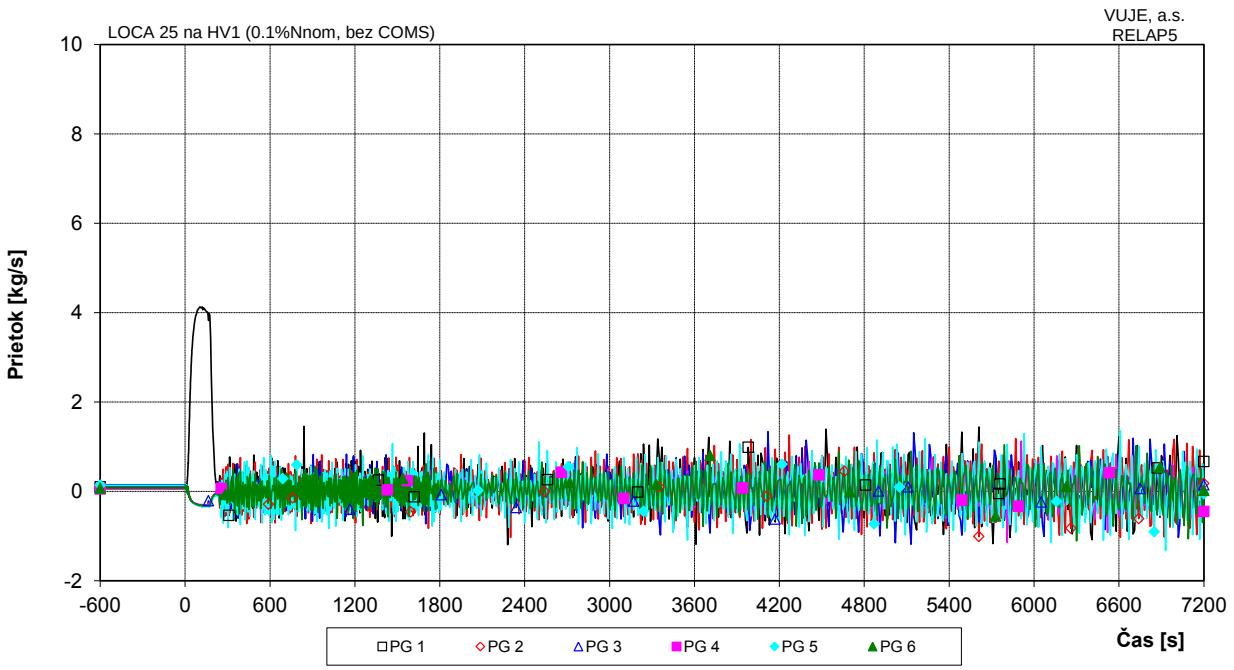
Obr. 7.2.1.10.1-A1-16: Tlak v HPK



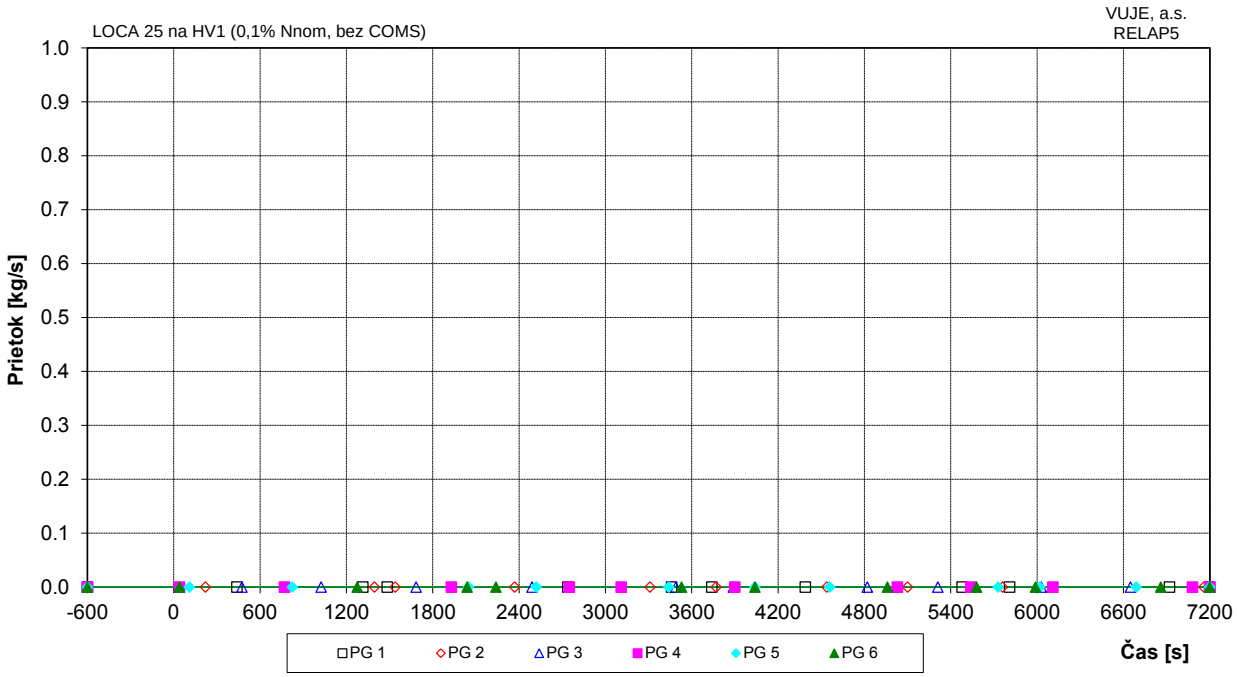
Obr. 7.2.1.10.1-A1-17: Celková hladina v PG



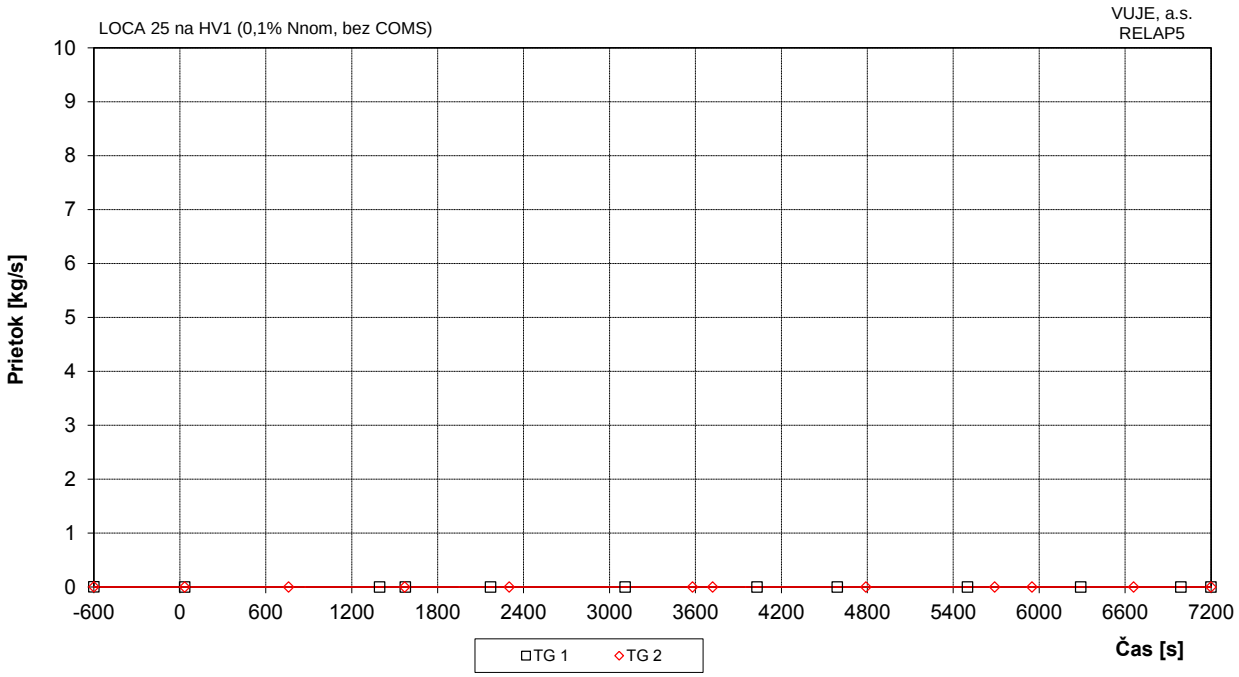
Obr. 7.2.1.10.1-A1-18: Celkový prietok napájacej vody do PG



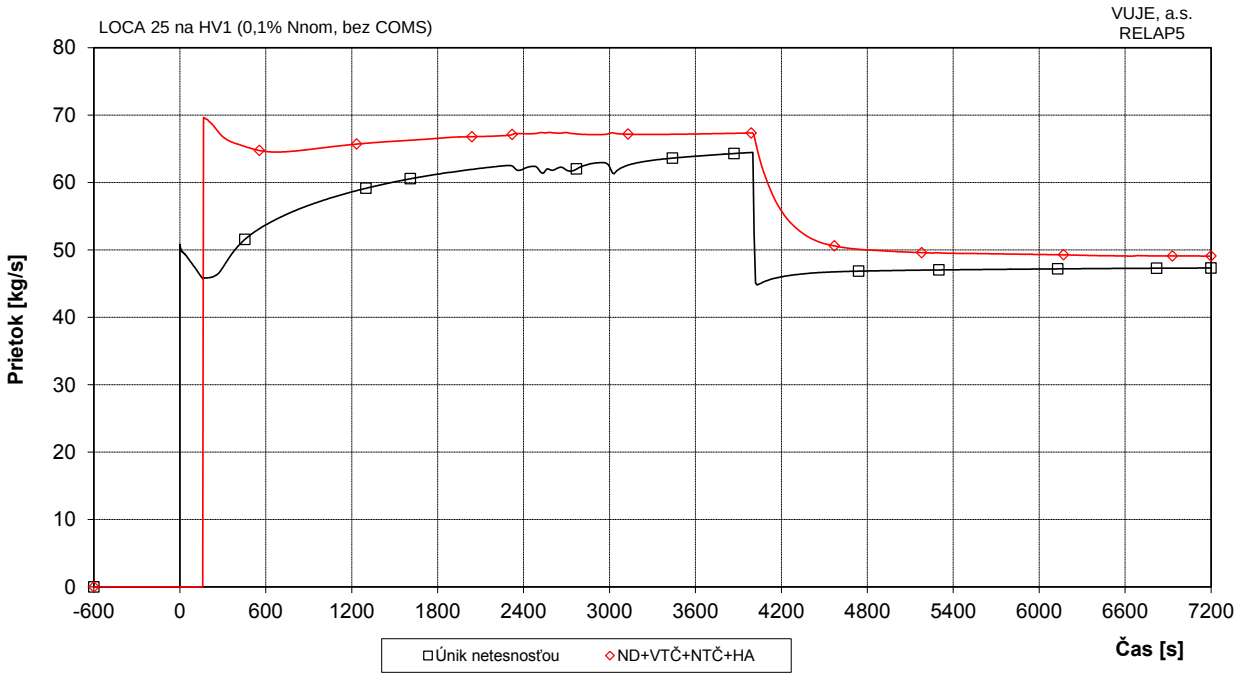
Obr. 7.2.1.10.1-A1-19: Prietok pary z PG



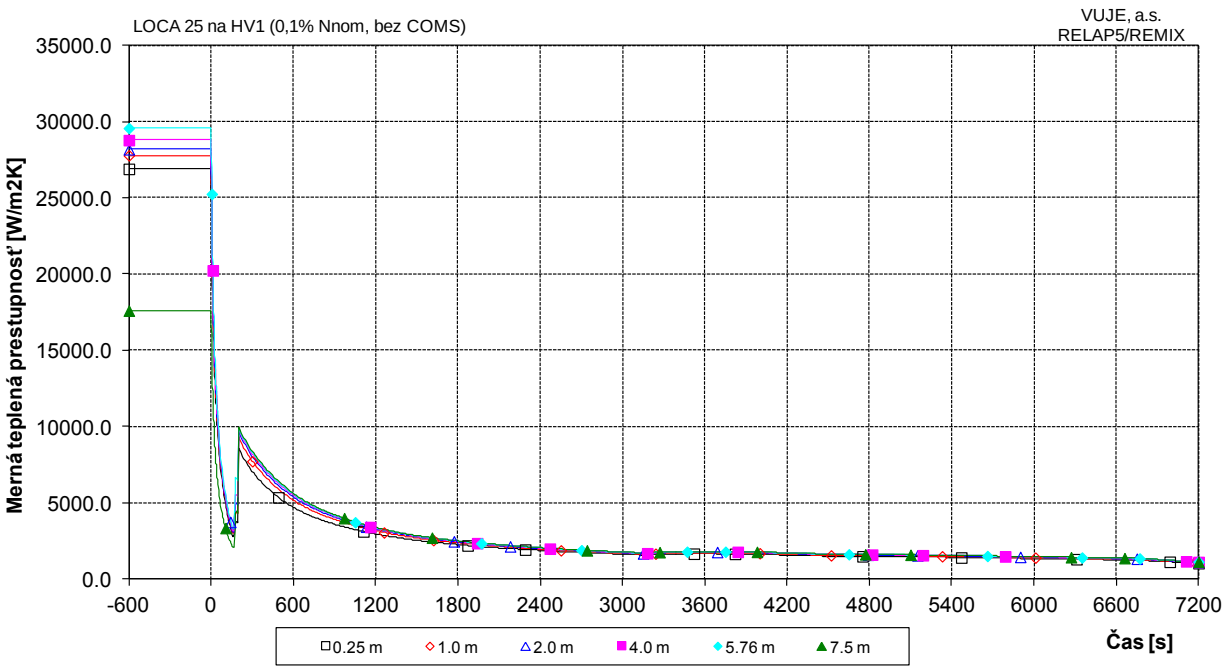
Obr. 7.2.1.10.1-A1-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



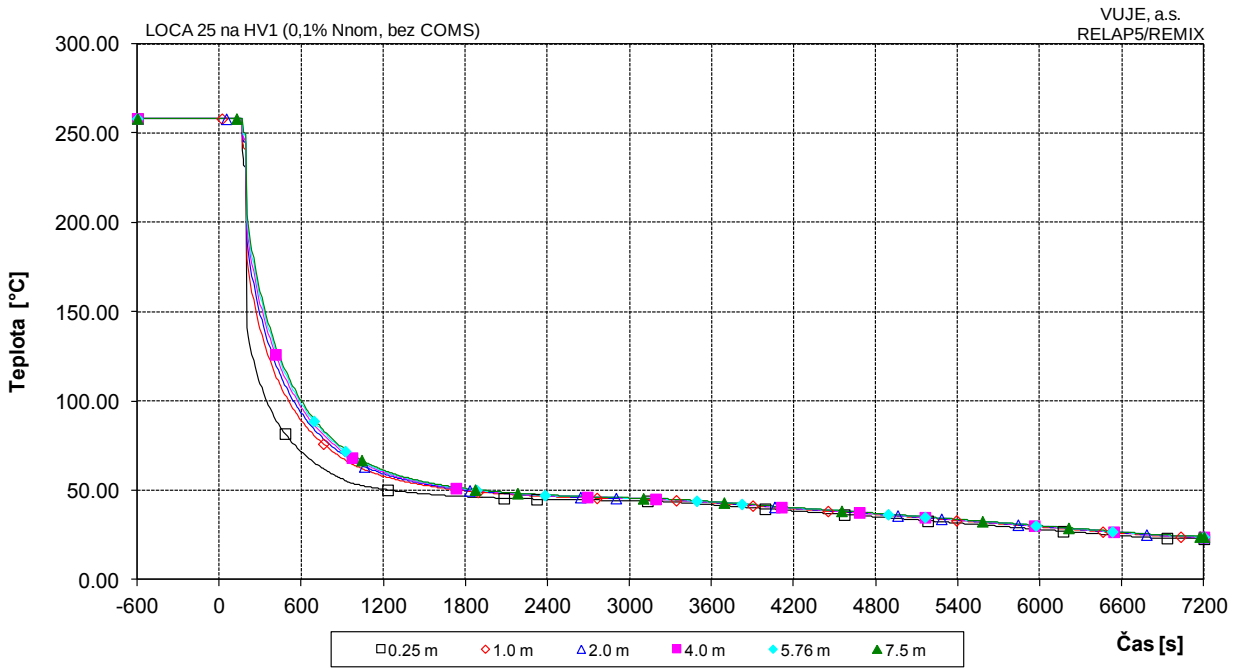
Obr. 7.2.1.10.1-A1-21: Prietok pary do TG



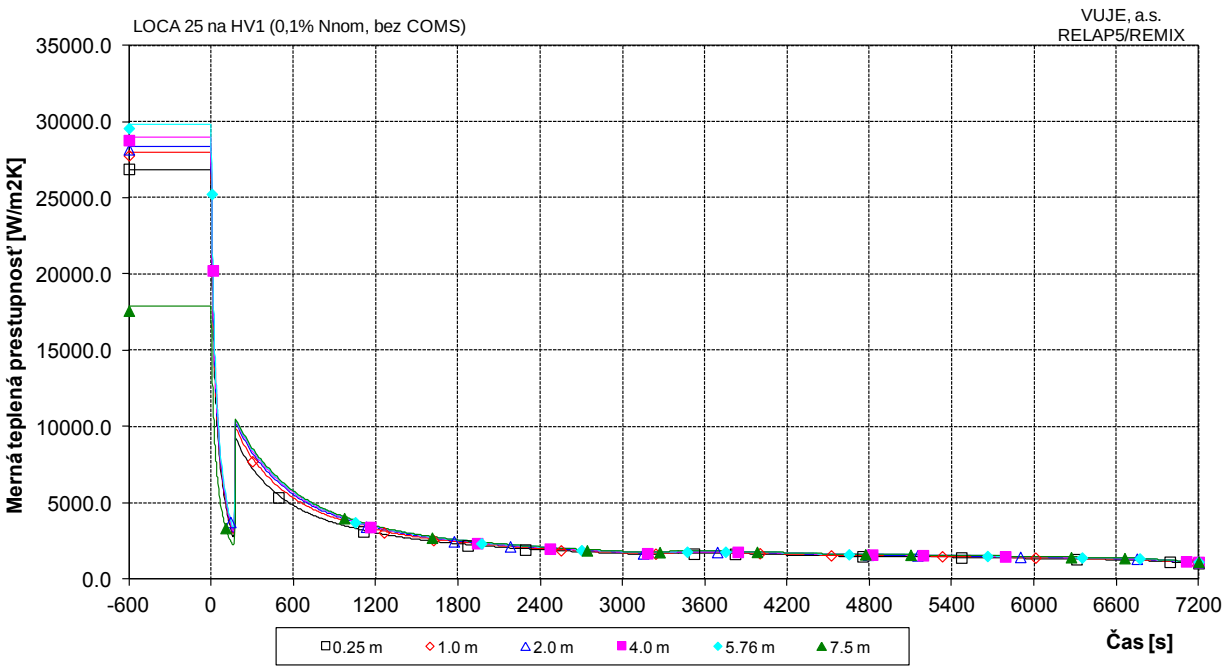
Obr. 7.2.1.10.1-A1-22: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.



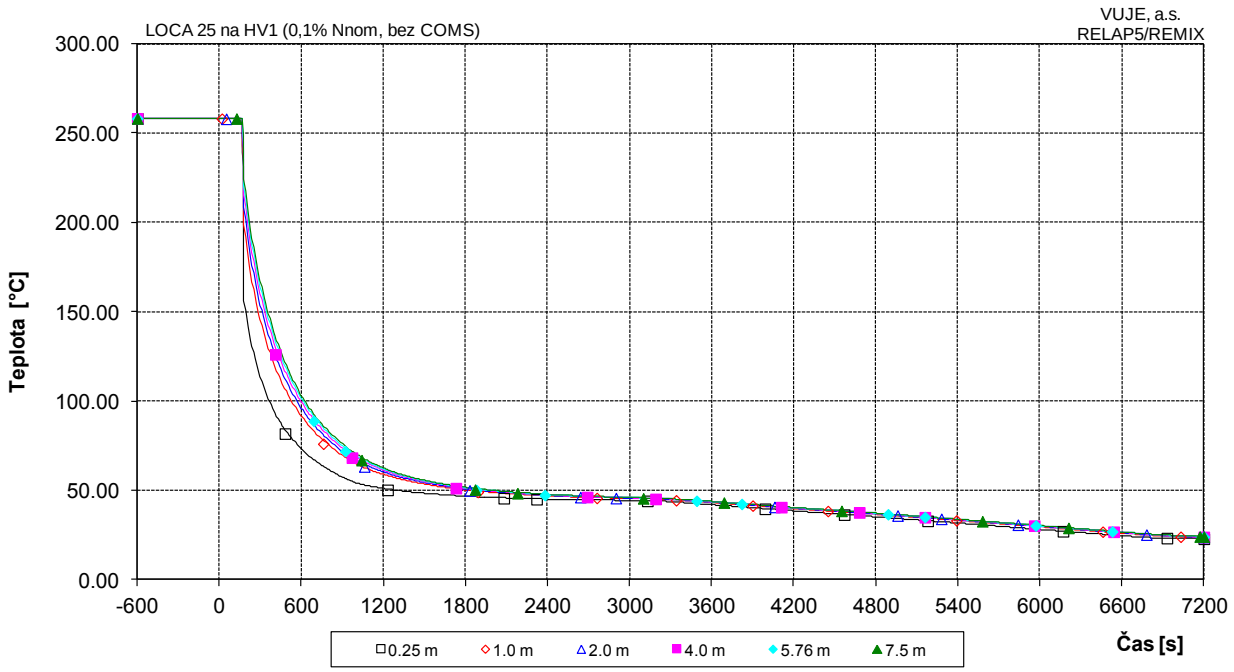
Obr. 7.2.1.10.1-A1-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2



Obr. 7.2.1.10.1-A1-24: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2

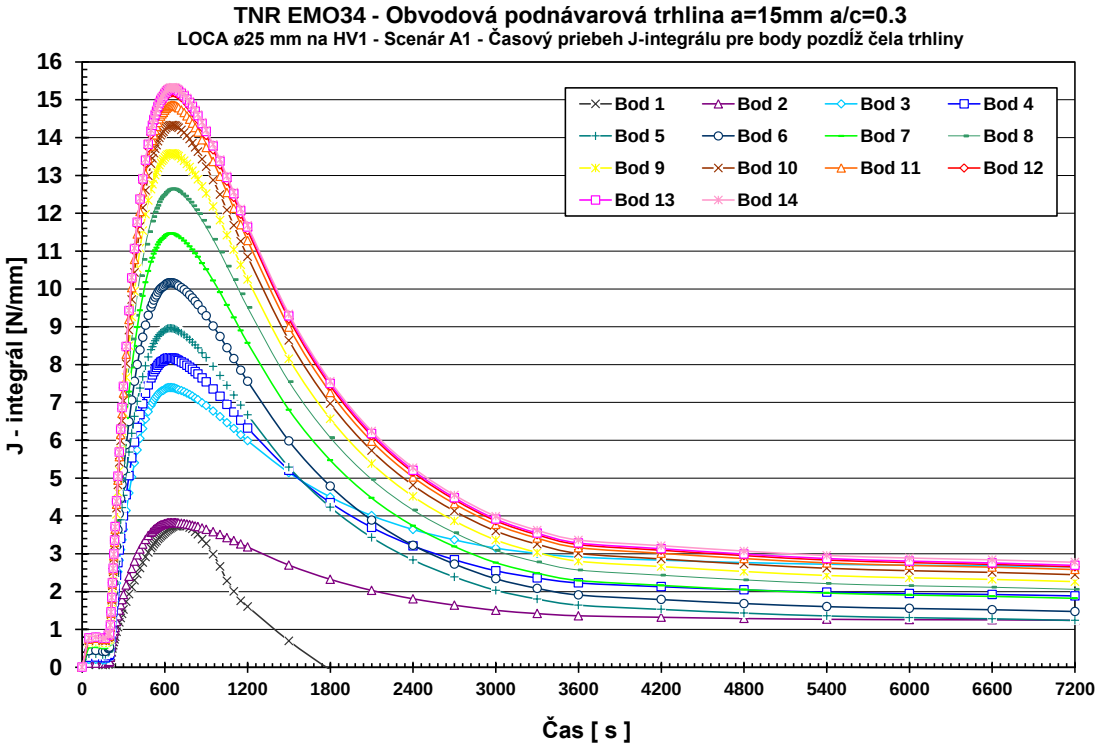


Obr. 7.2.1.10.1-A1-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5

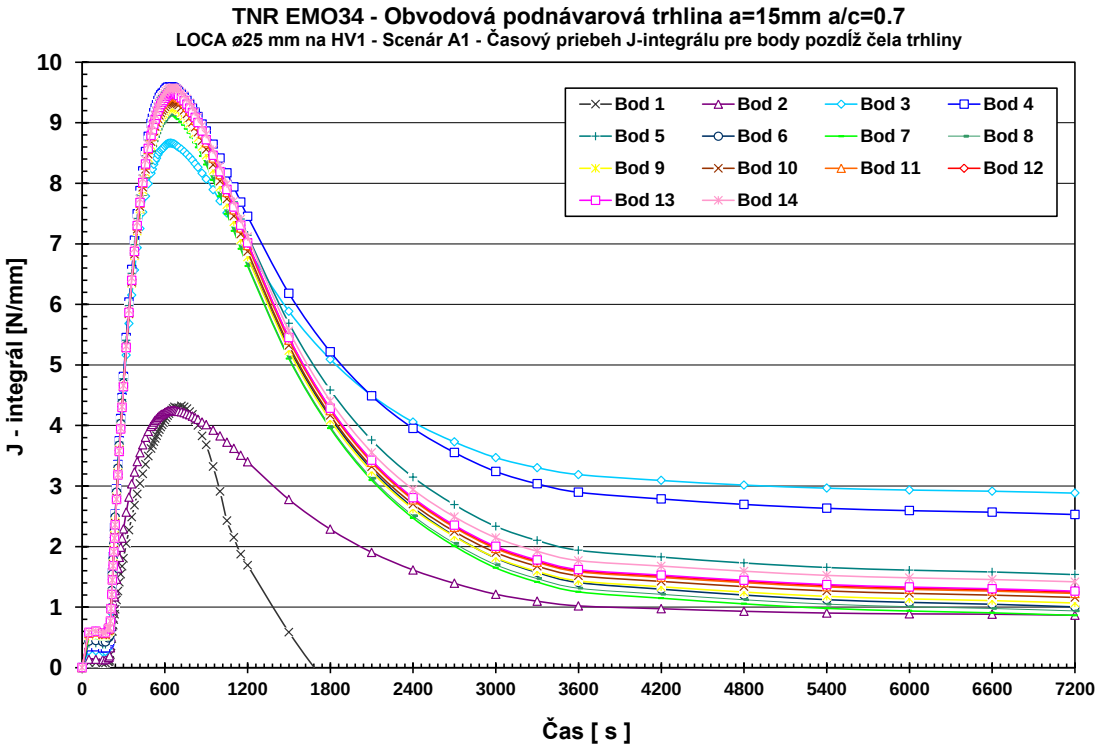


Obr. 7.2.1.10.1-A1-26: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5

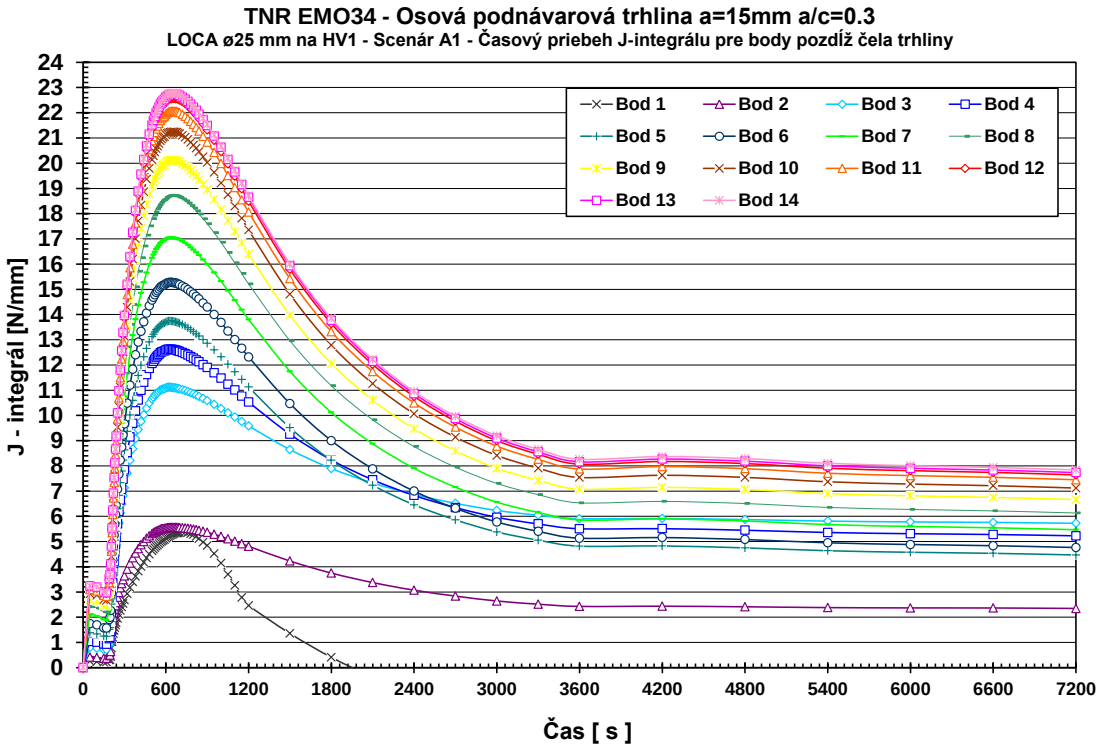
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



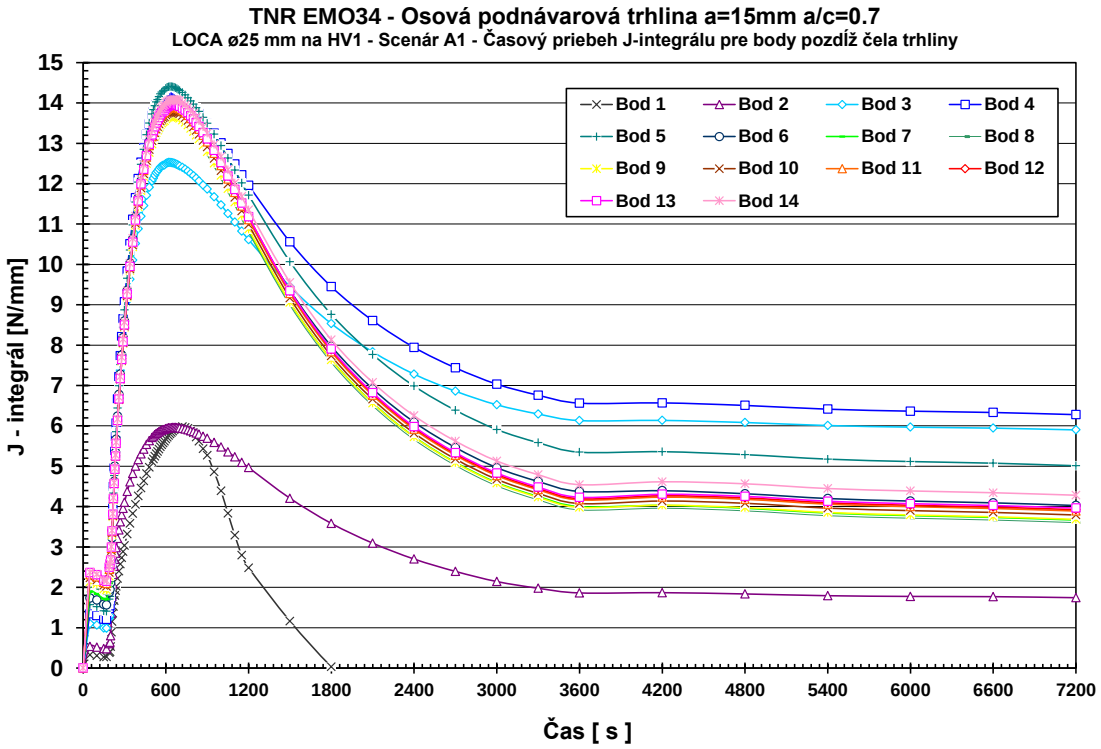
Obr. 7.2.1.10.1-A1-27: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



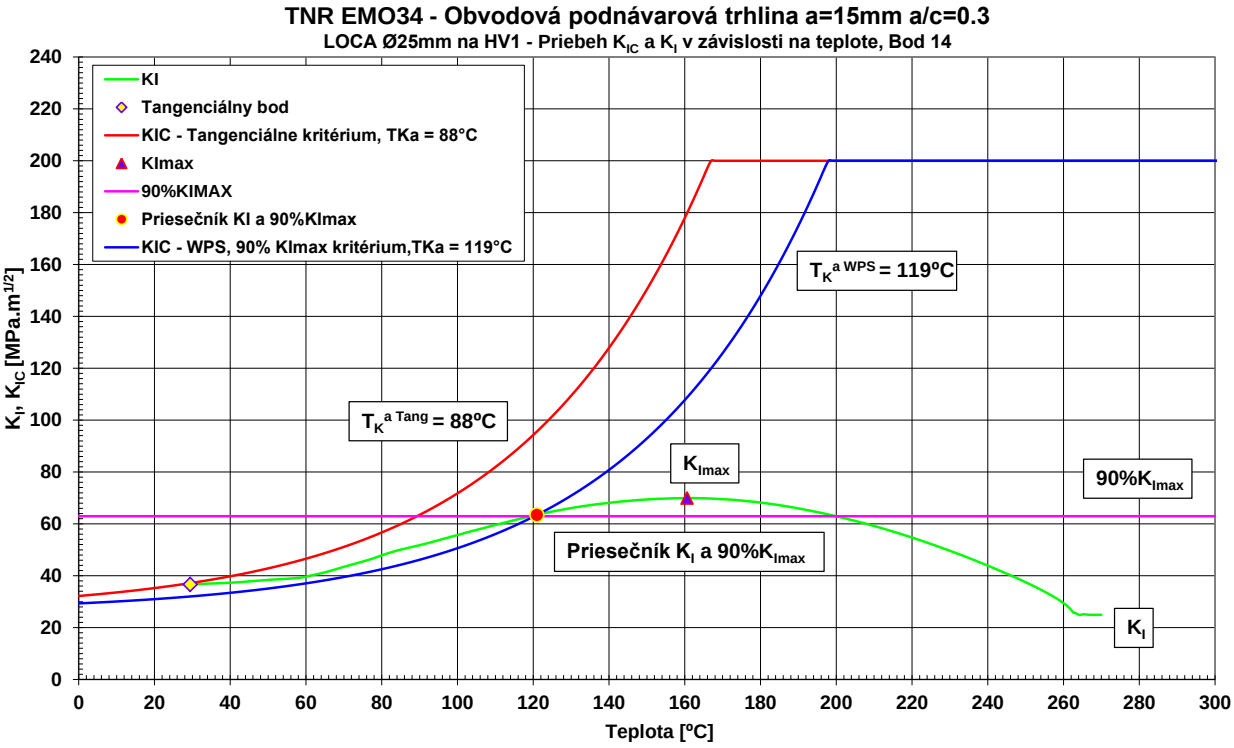
Obr. 7.2.1.10.1-A1-28: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



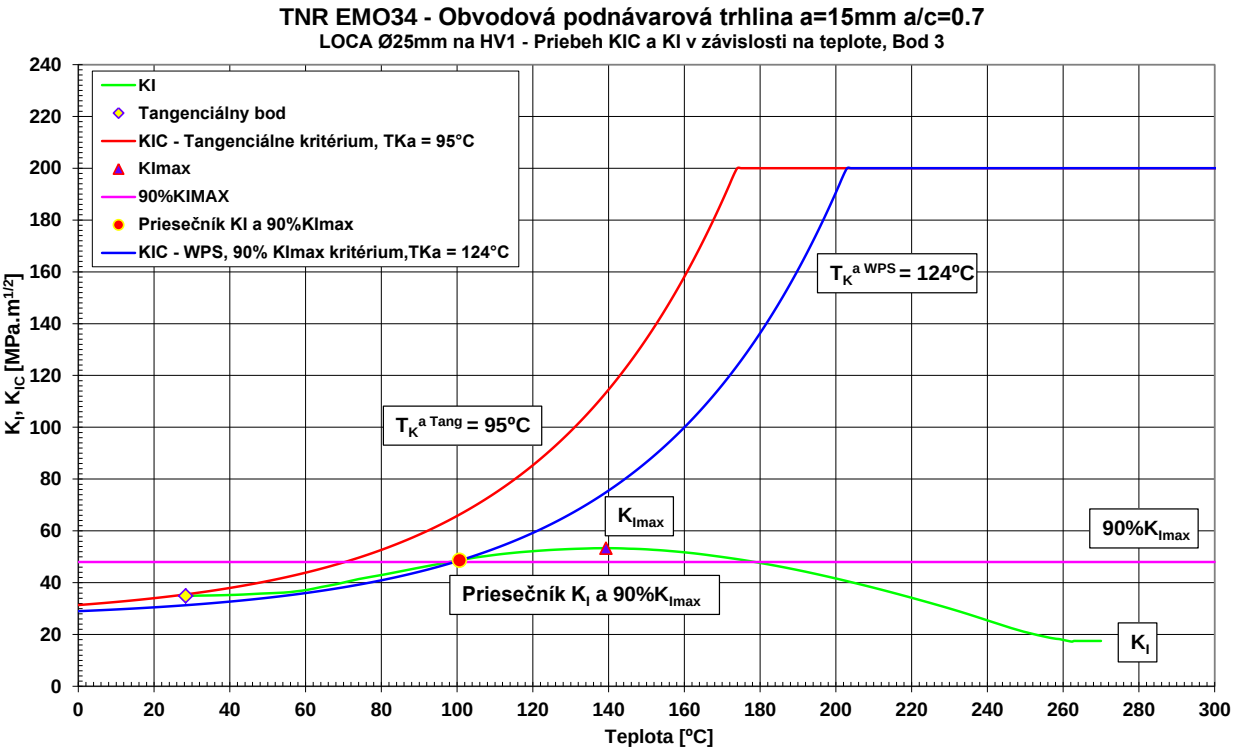
Obr. 7.2.1.10.1-A1-29: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



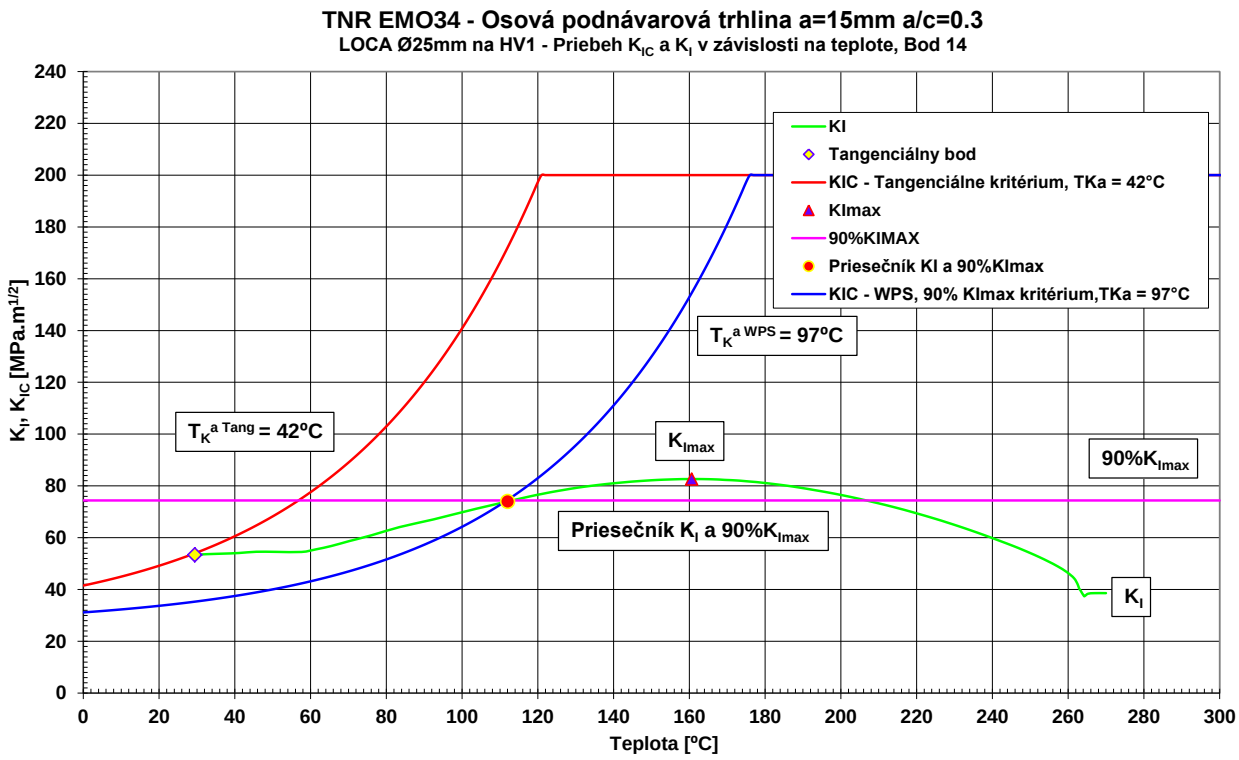
Obr. 7.2.1.10.1-A1-30: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



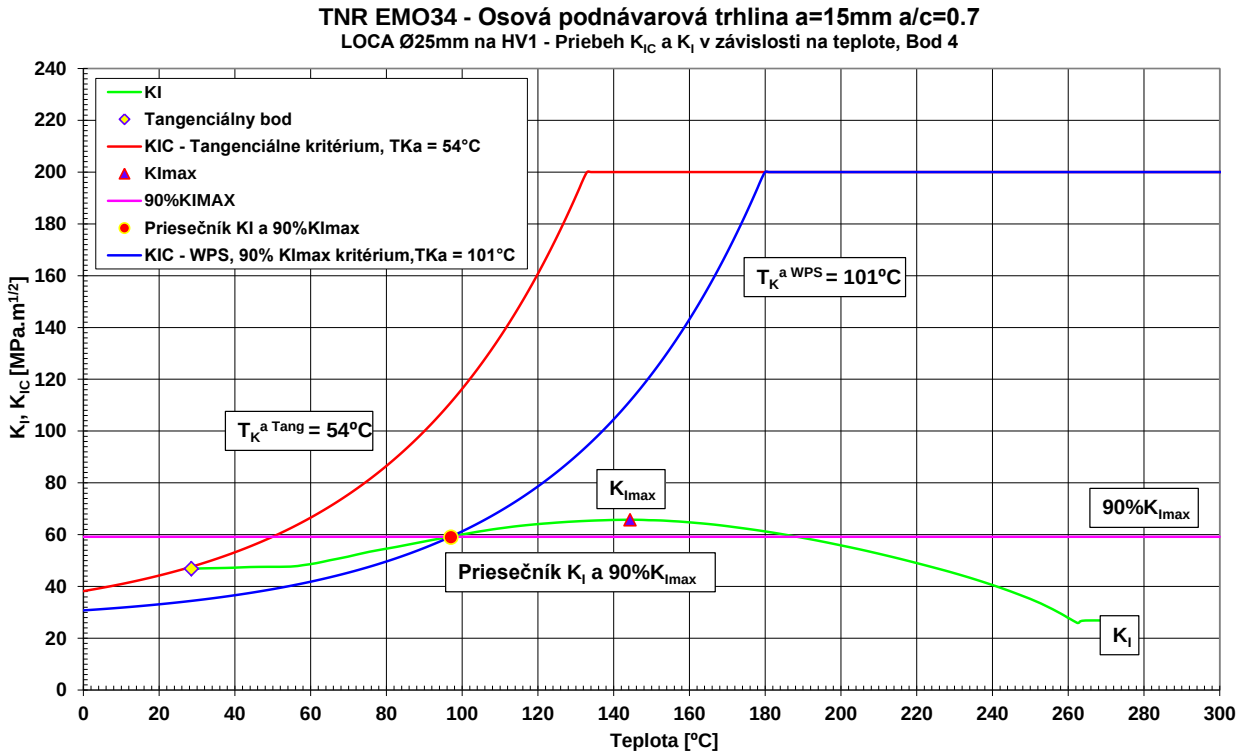
Obr. 7.2.1.10.1-A1-31: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-A1-32: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

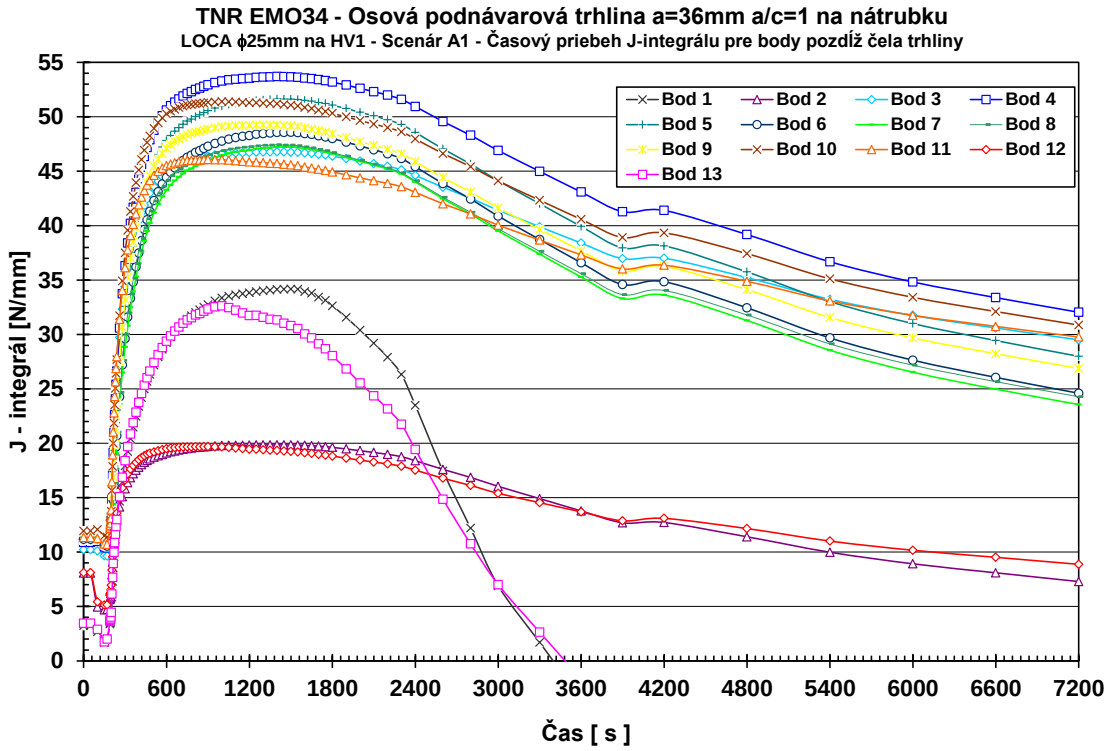


Obr. 7.2.1.10.1-A1-33: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

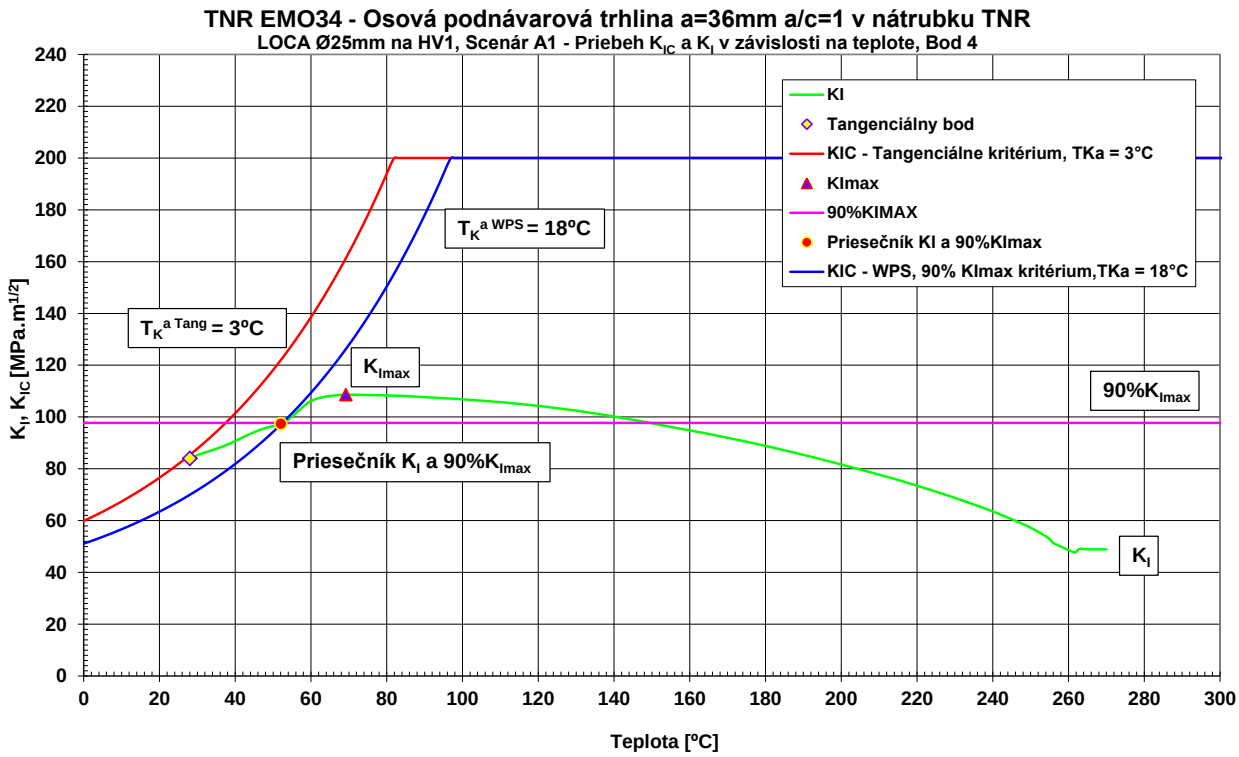


Obr. 7.2.1.10.1-A1-34: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A1-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A1-36: Určenie T_Ka, osová podnáv. trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

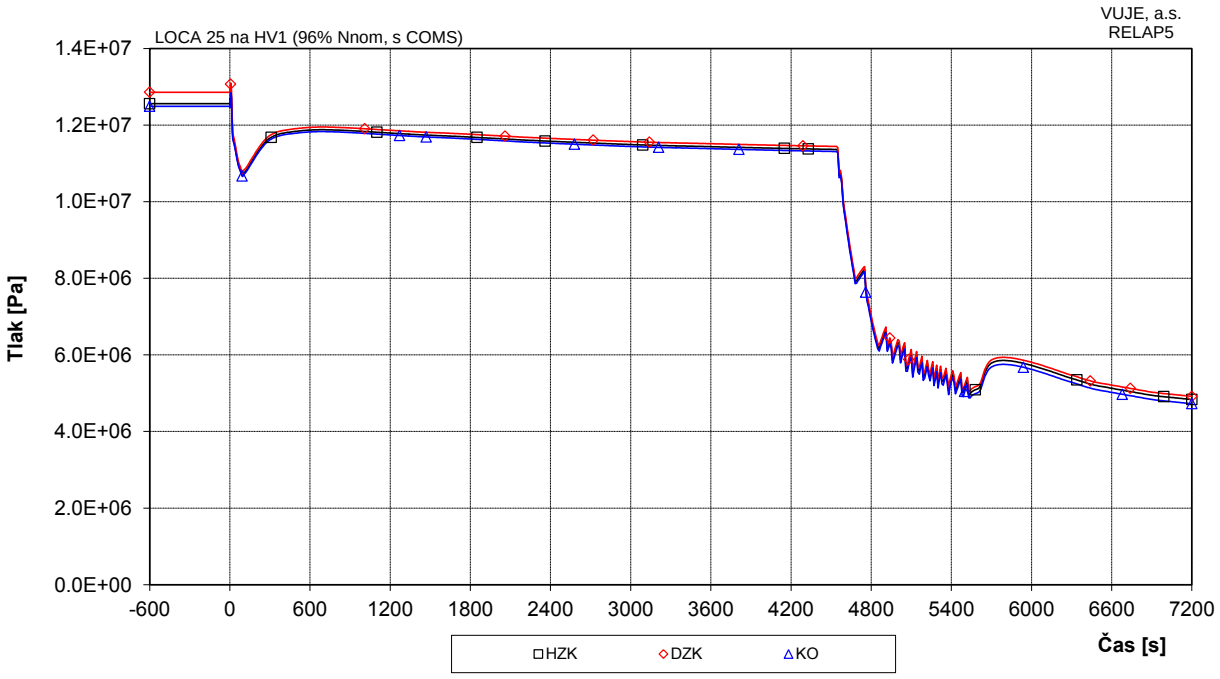
Príloha č. 02

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

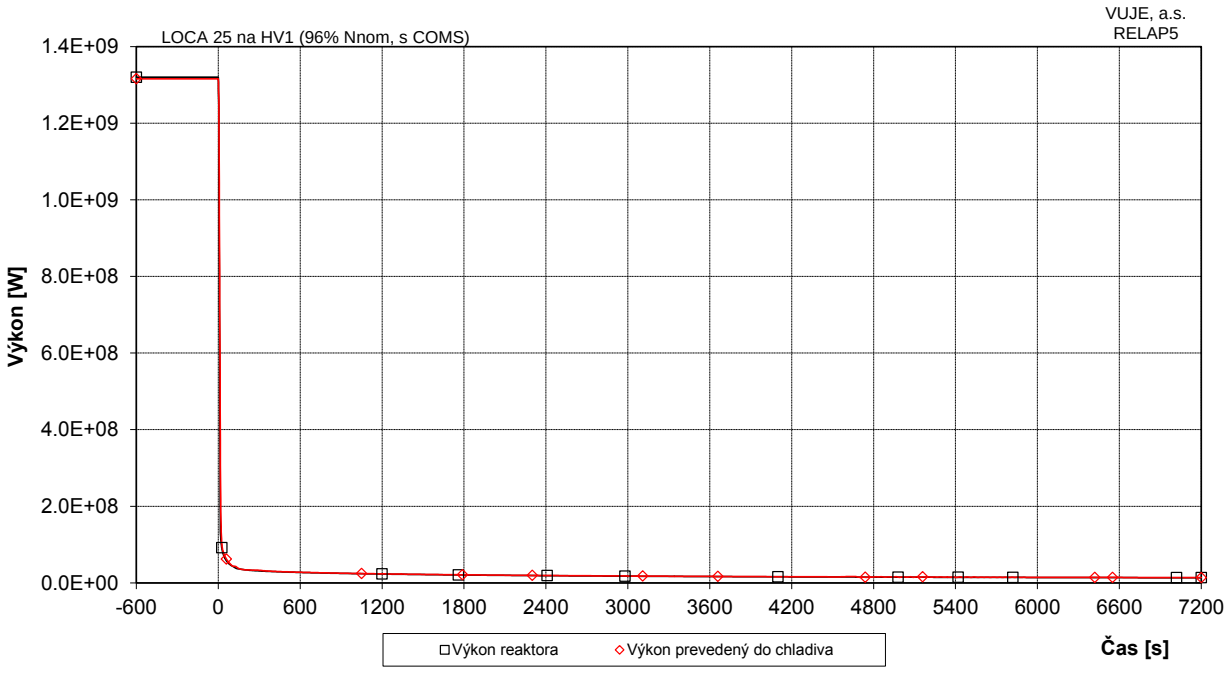
Scenár A2 LOCA ø25 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

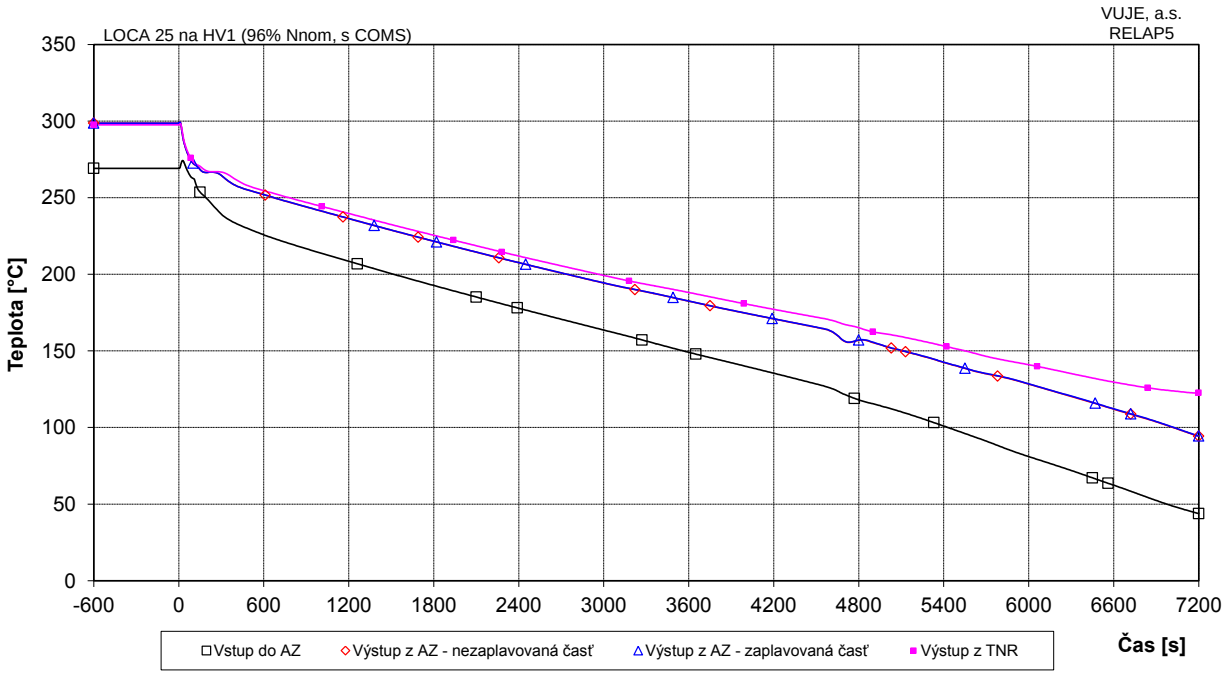
Obr. 7.2.1.10.1-A2-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-A2-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-A2-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-A2-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-A2-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-A2-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-A2-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-A2-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-A2-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-A2-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-A2-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-A2-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-A2-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-A2-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-A2-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-A2-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-A2-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-A2-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-A2-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-A2-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-A2-21: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-A2-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-A2-23: Prietok pary do TG ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-A2-24: Integrál prietoku chladiva cez poistné ventily KO ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-A2-25: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-A2-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,3,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-A2-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,3,5 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-A2-28: J-integrál – Obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-A2-29: J-integrál – Obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-A2-30: J-integrál – Osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-A2-31: J-integrál – Osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-A2-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-A2-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-A2-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-A2-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-A2-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-A2-37: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 ... 20



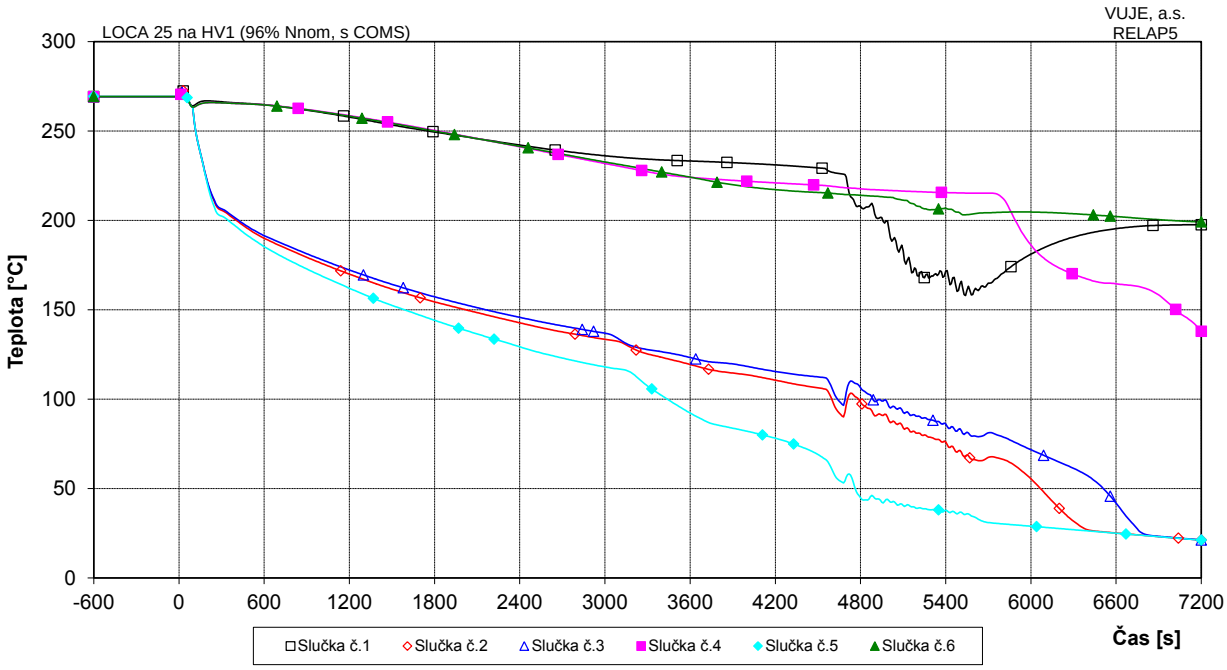
Obr. 7.2.1.10.1-A2-1: Tlak v I.O.



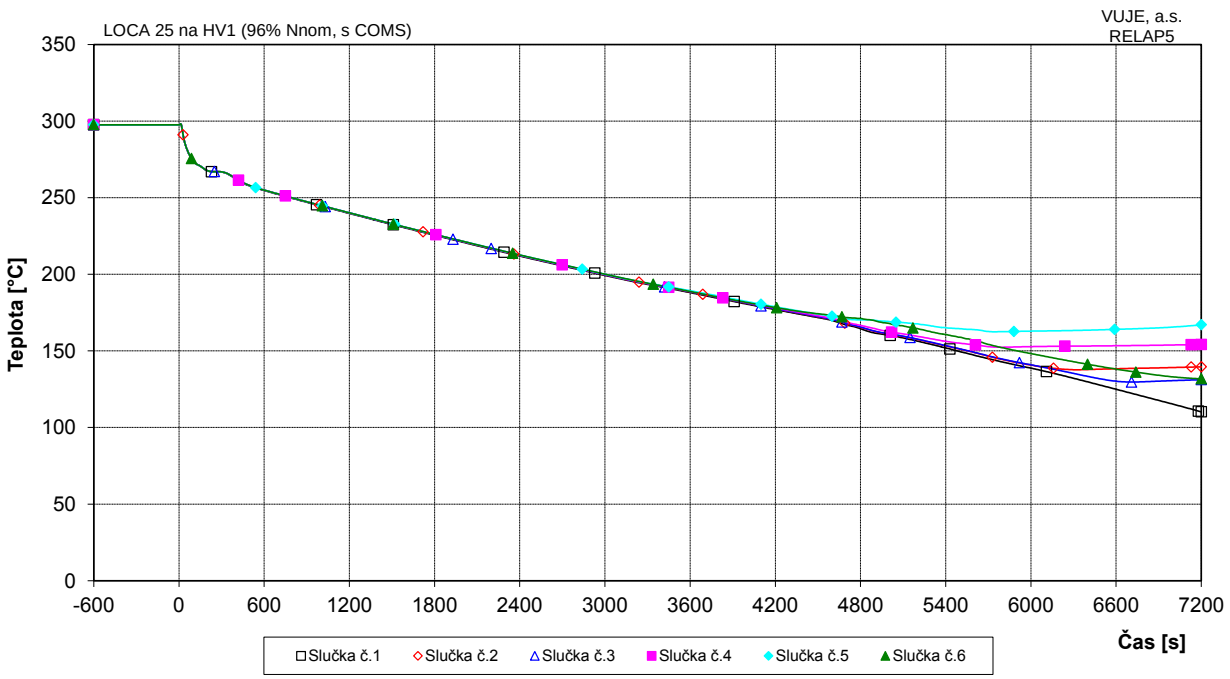
Obr. 7.2.1.10.1-A2-2: Výkon reaktora



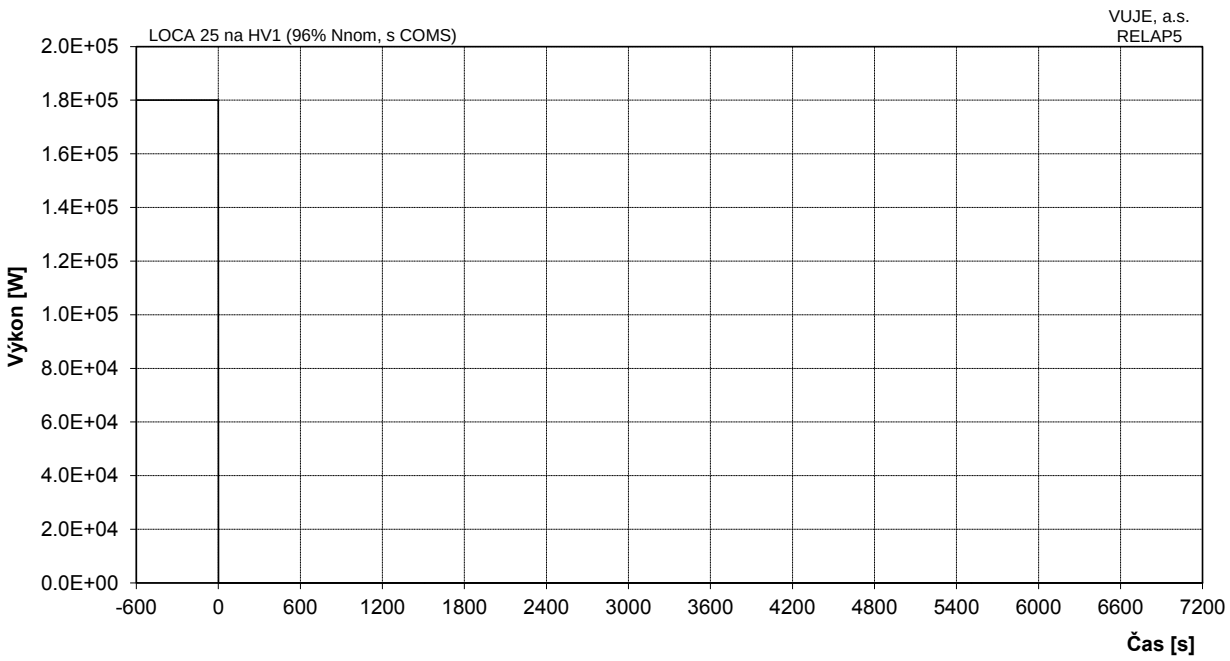
Obr. 7.2.1.10.1-A2-3: Teplota chladiva v TNR



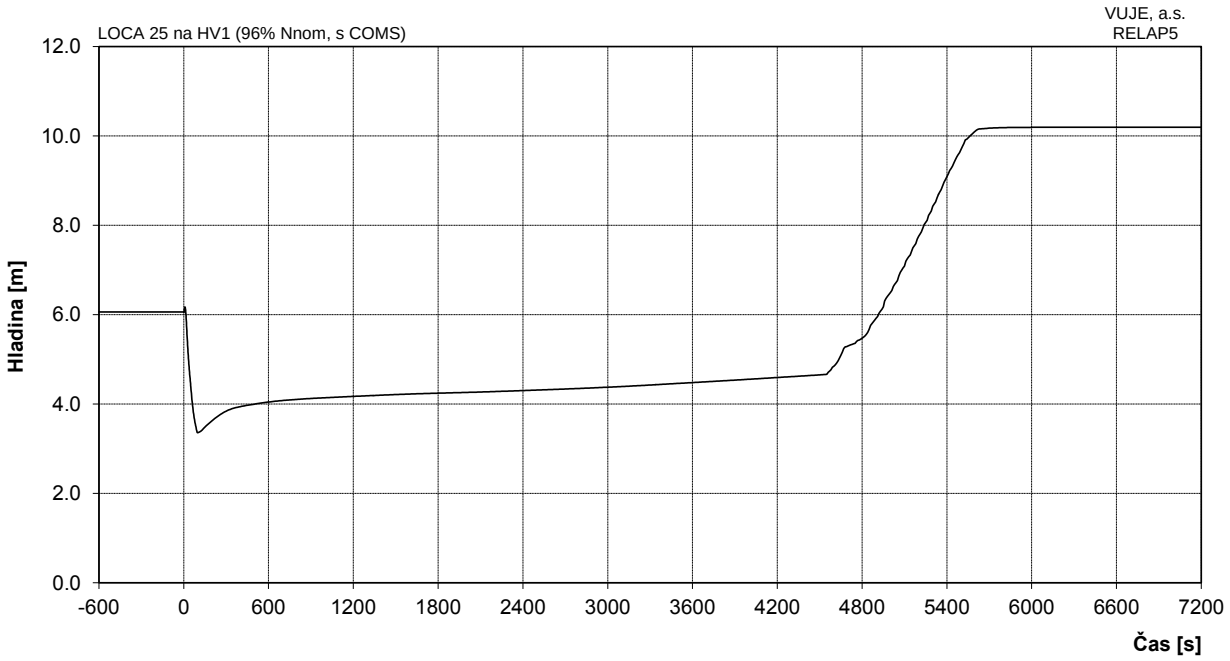
Obr. 7.2.1.10.1-A2-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



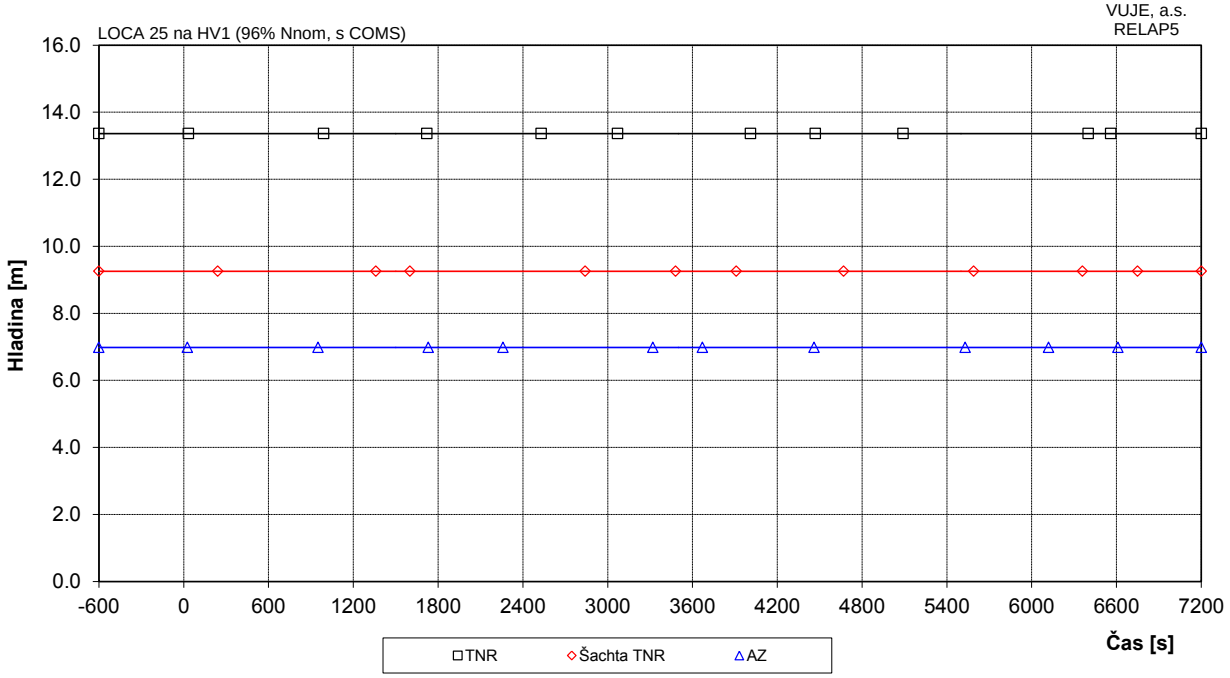
Obr. 7.2.1.10.1-A2-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



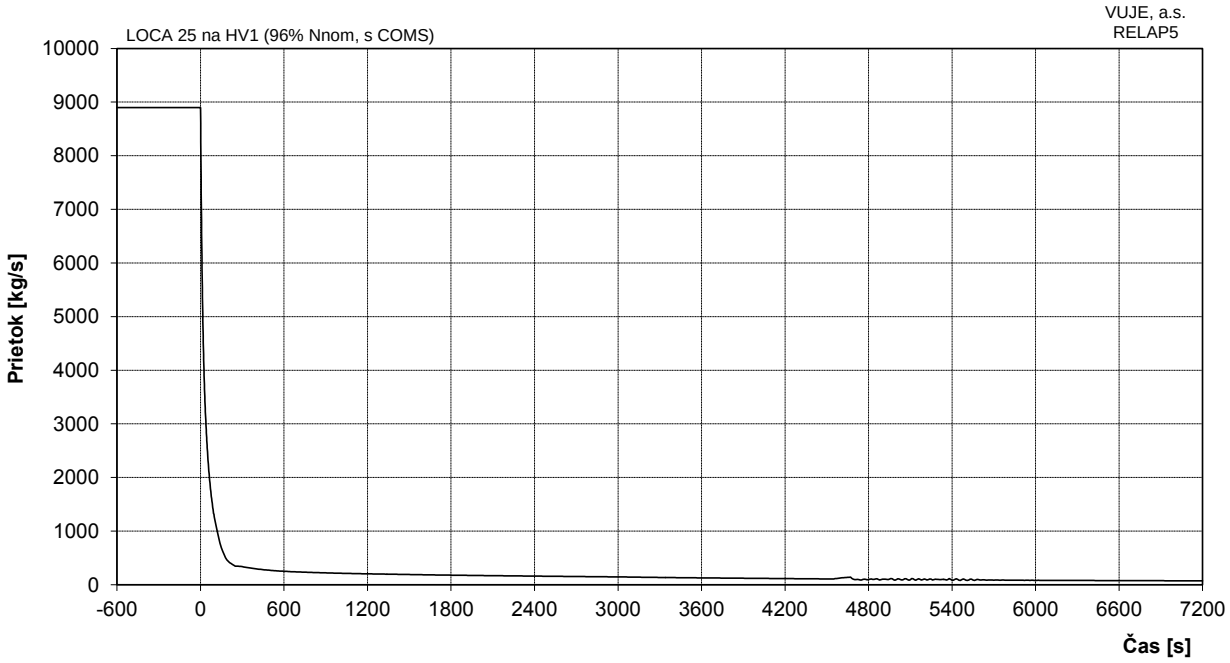
Obr. 7.2.1.10.1-A2-6: Celkový výkon EOKO



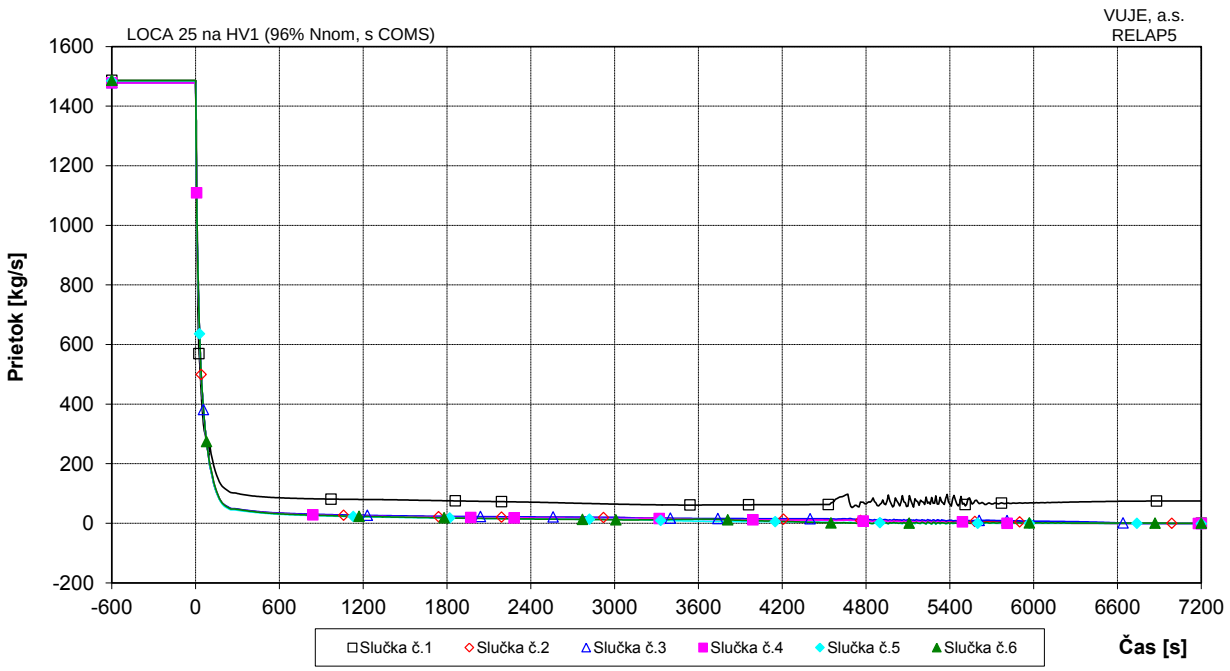
Obr. 7.2.1.10.1-A2-7: Celková hladina v KO



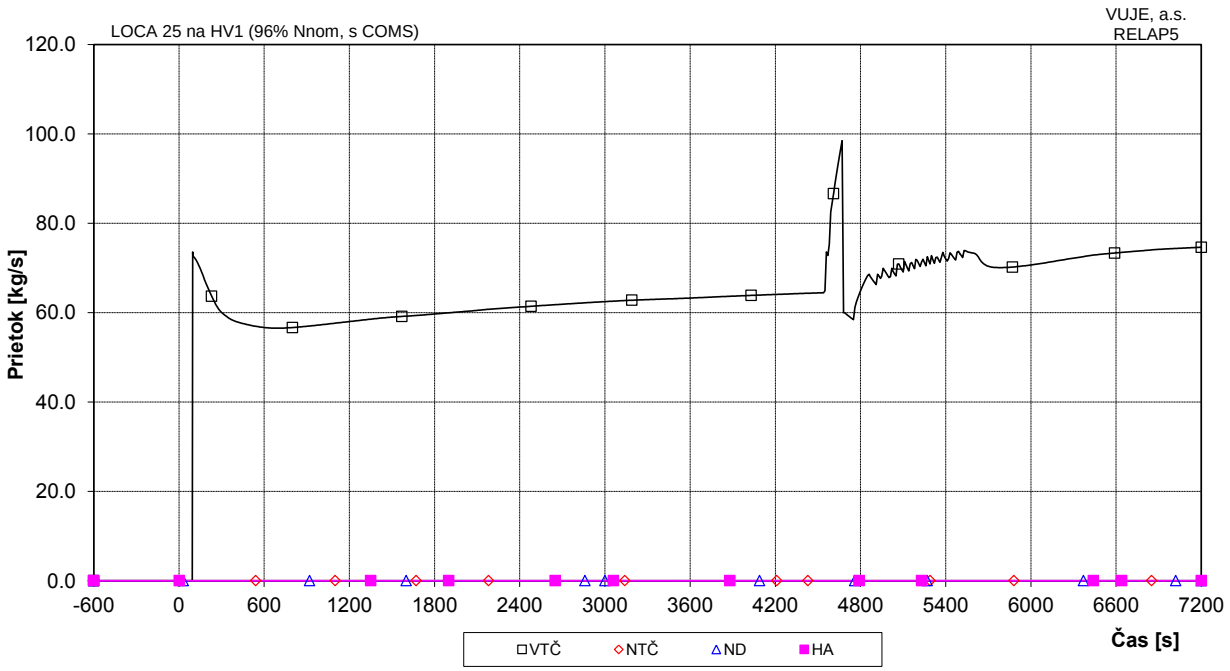
Obr. 7.2.1.10.1-A2-8: Hladina chladiva v TNR



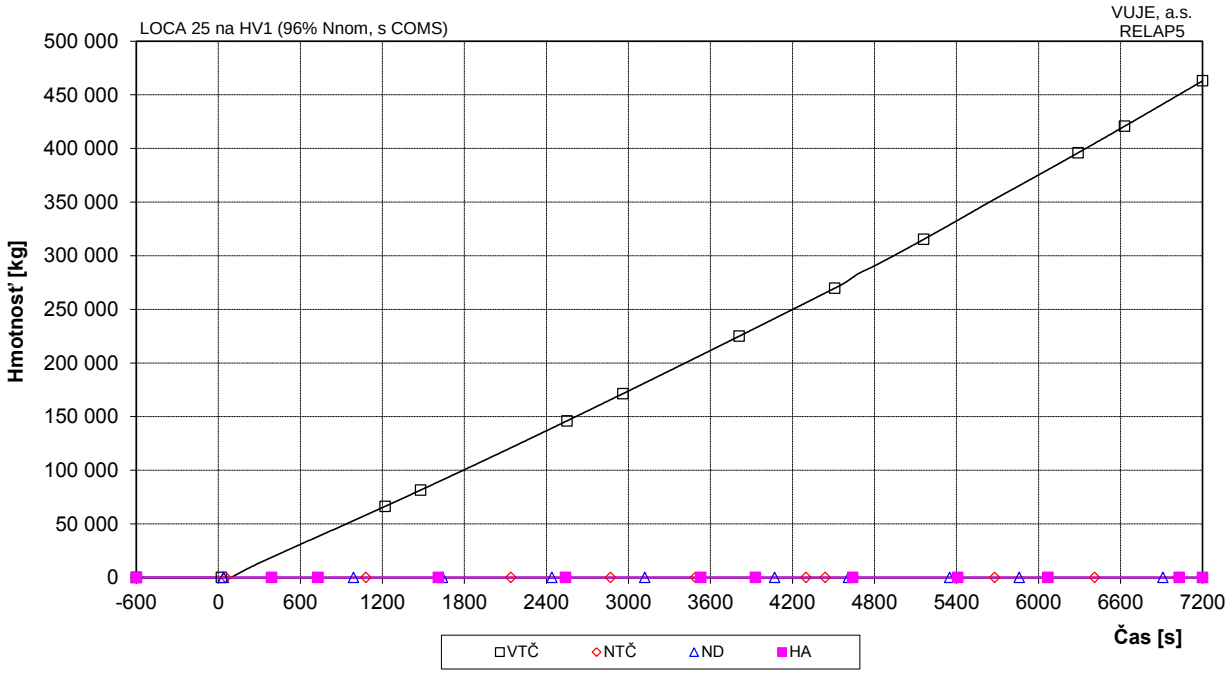
Obr. 7.2.1.10.1-A2-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



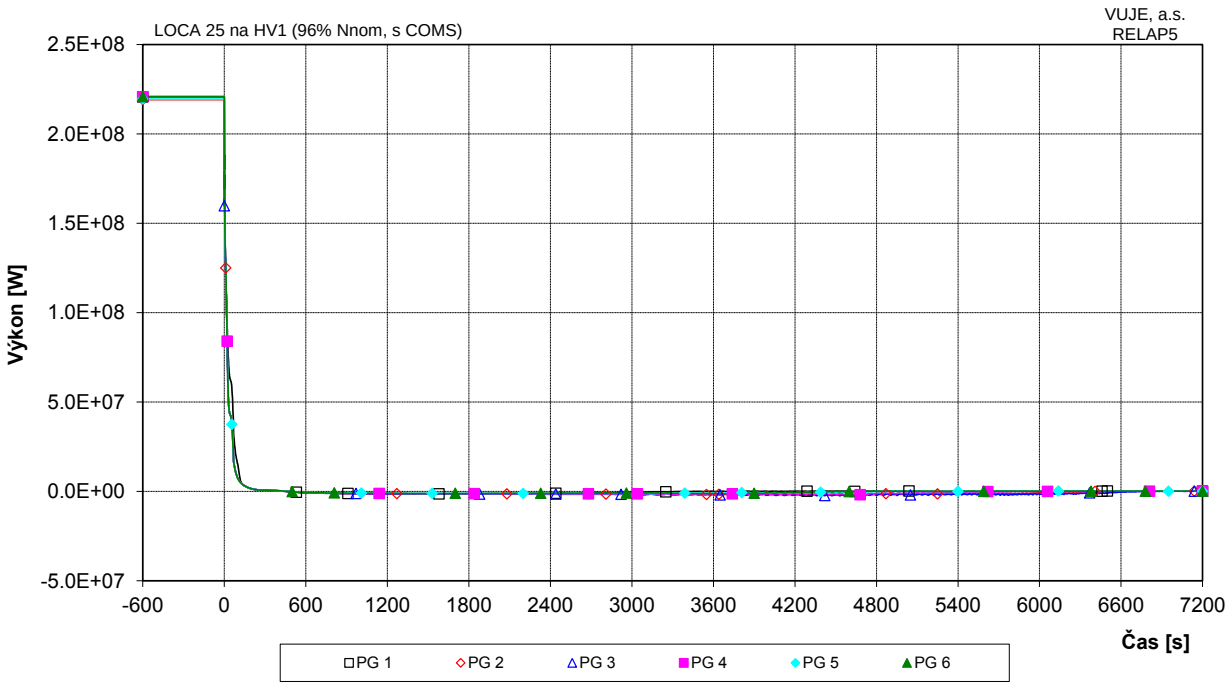
Obr. 7.2.1.10.1-A2-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



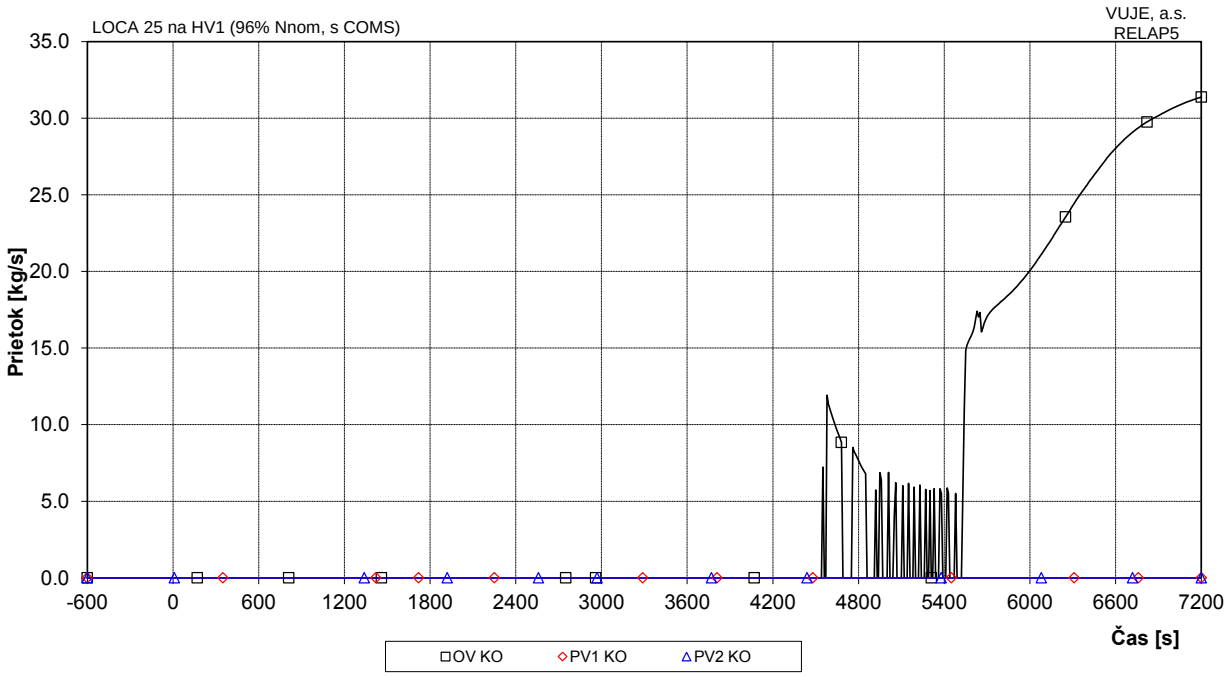
Obr. 7.2.1.10.1-A2-11: Doplňovanie do I.O.



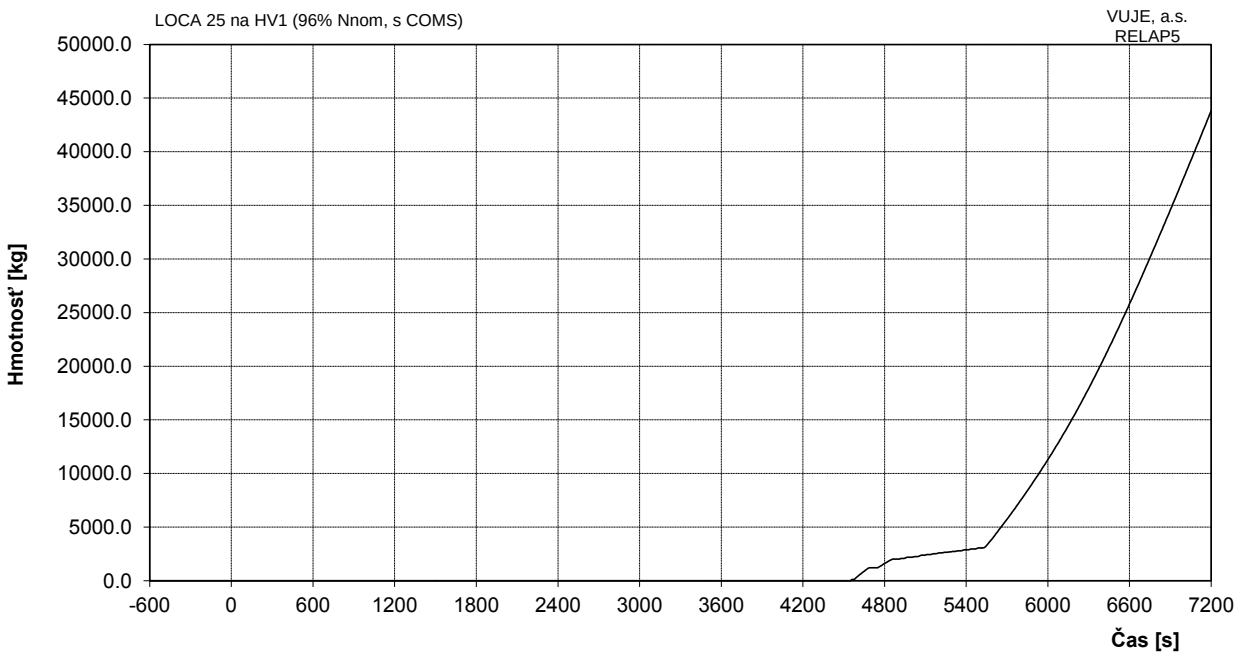
Obr. 7.2.1.10.1-A2-12: Integrál doplňovania do I.O.



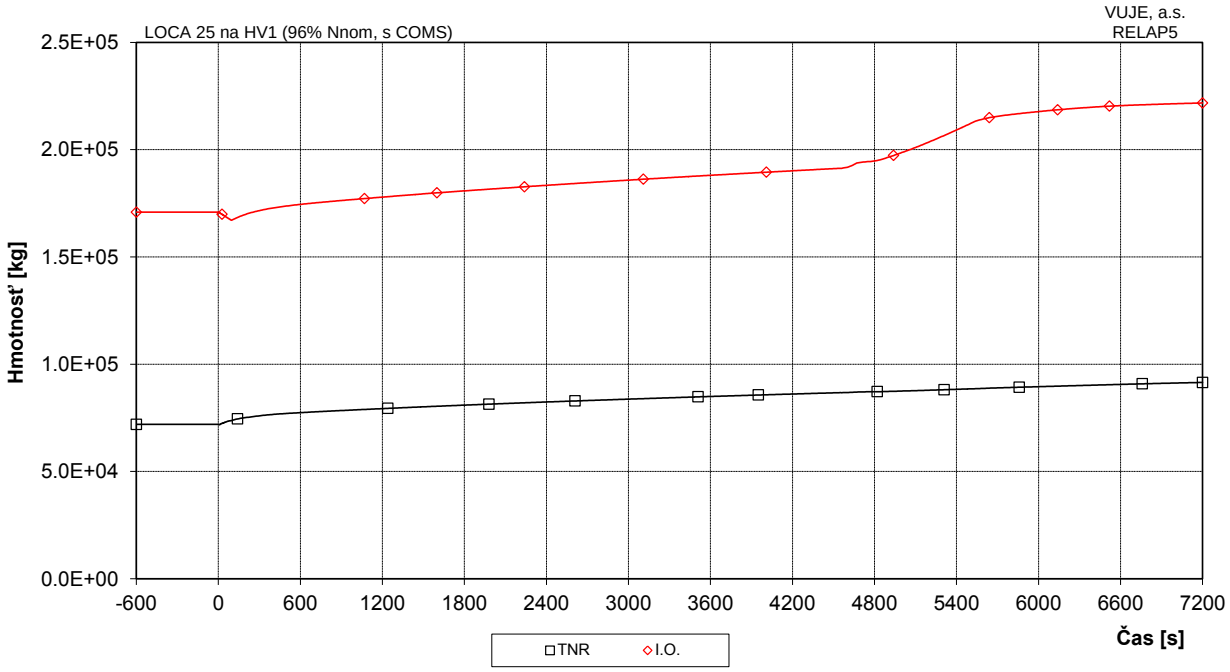
Obr. 7.2.1.10.1-A2-13: Výkon PG



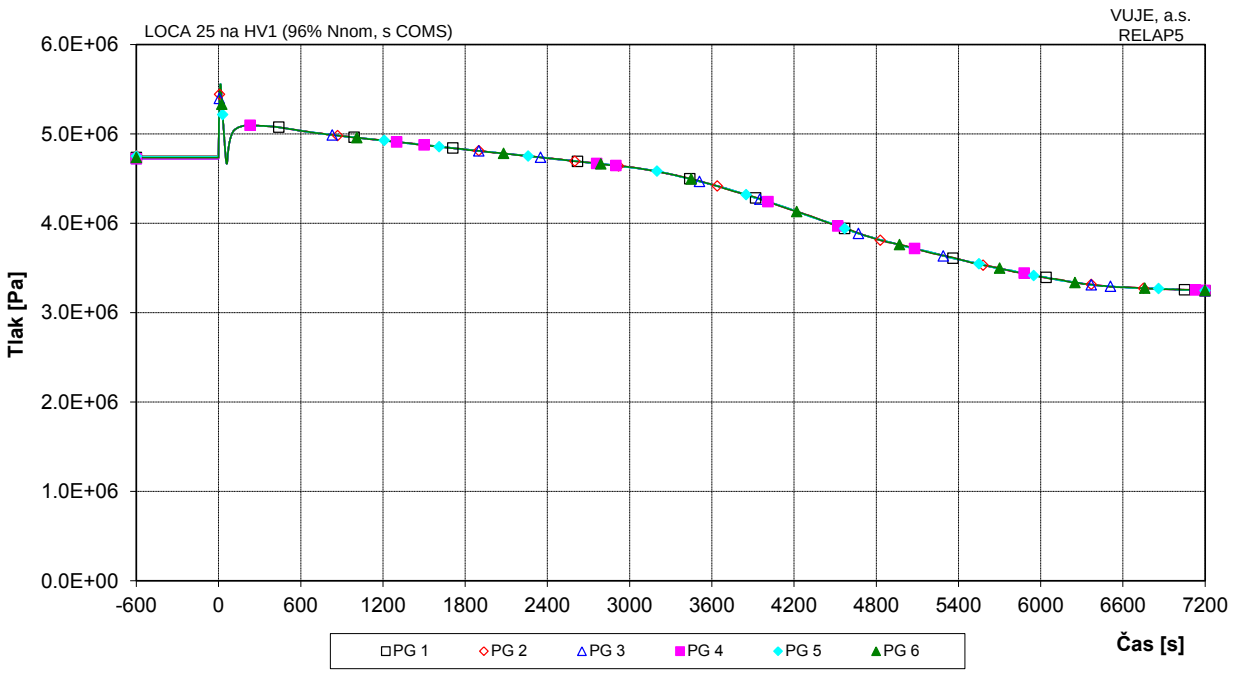
Obr. 7.2.1.10.1-A2-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



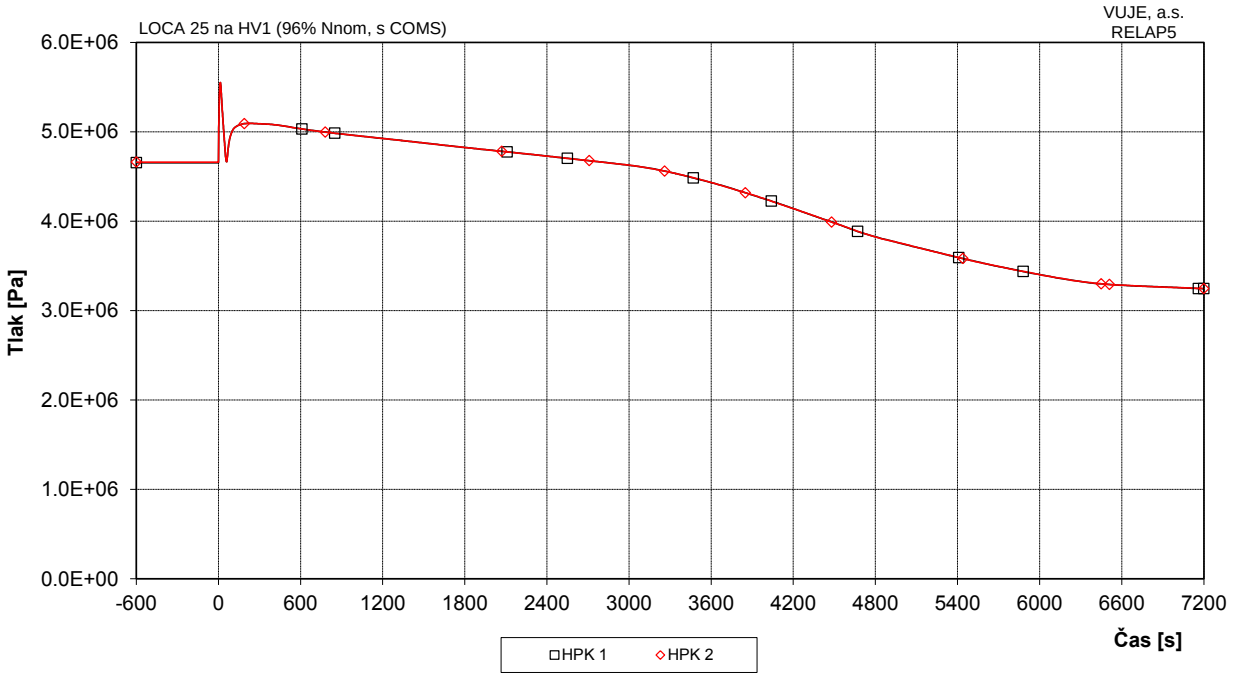
Obr. 7.2.1.10.1-A2-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



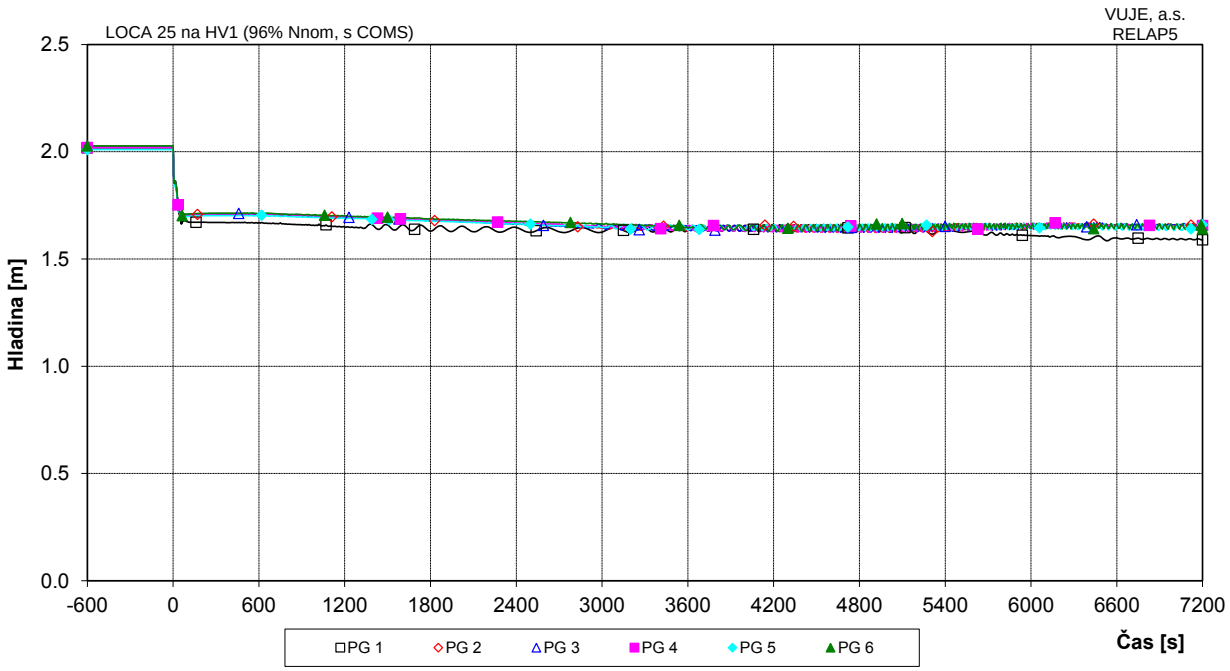
Obr. 7.2.1.10.1-A2-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



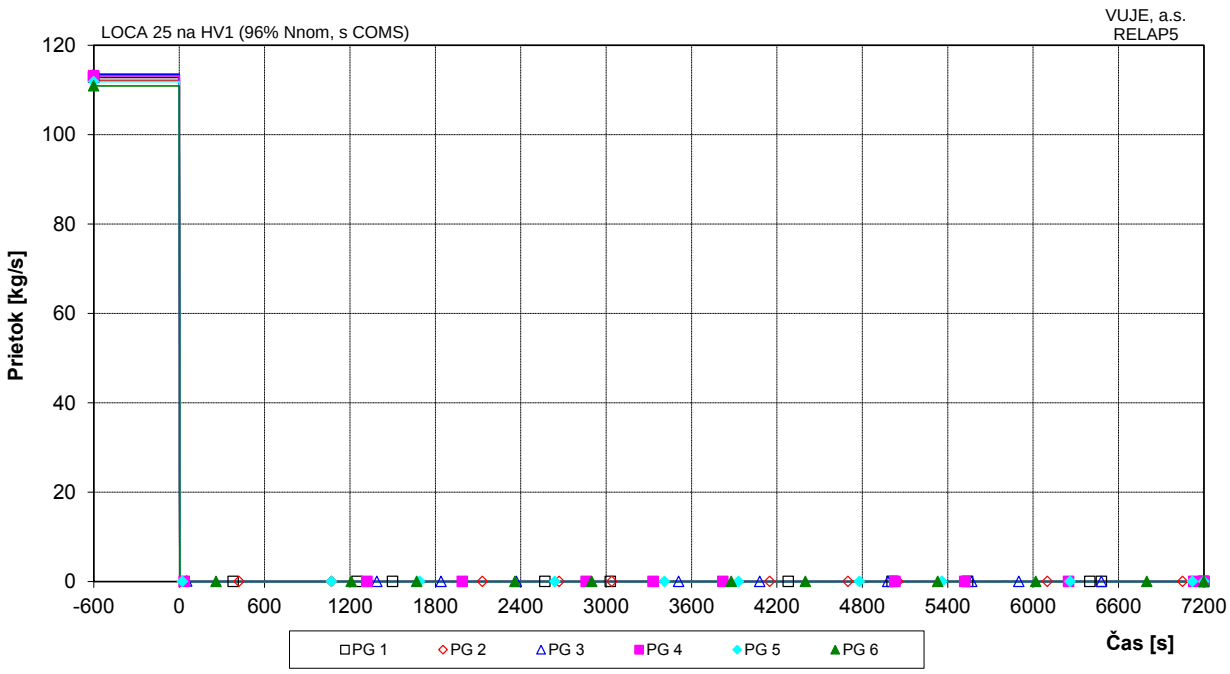
Obr. 7.2.1.10.1-A2-17: Tlak na výstupe z PG



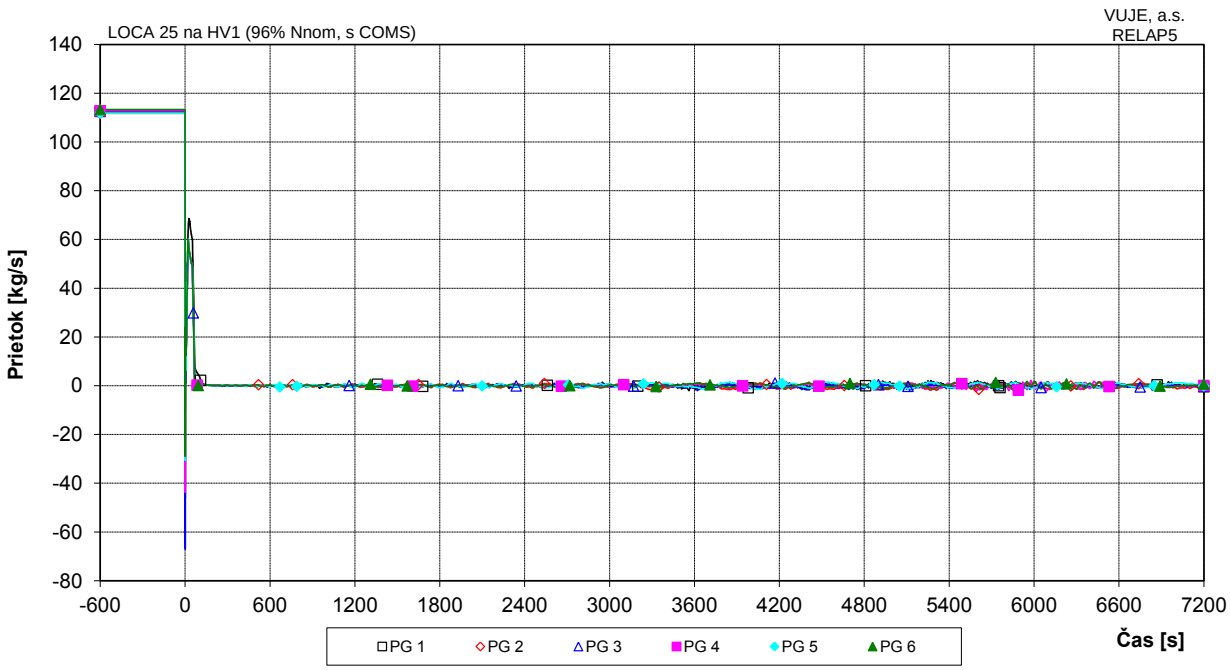
Obr. 7.2.1.10.1-A2-18: Tlak v HPK



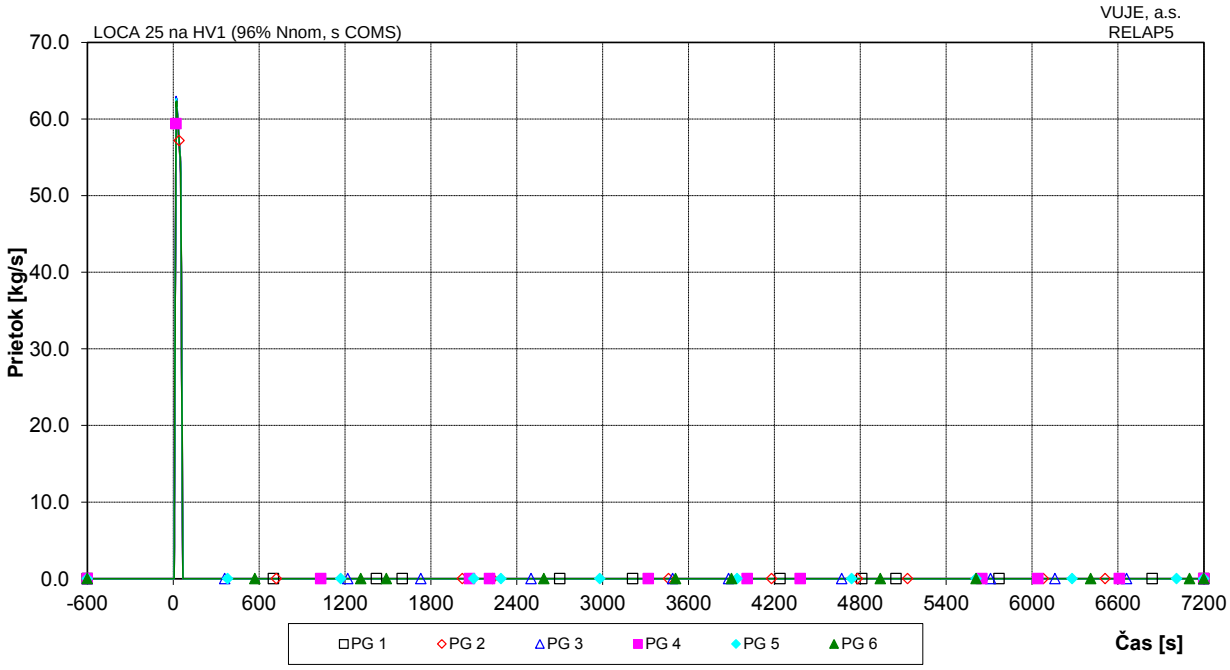
Obr. 7.2.1.10.1-A2-19: Celková hladina v PG



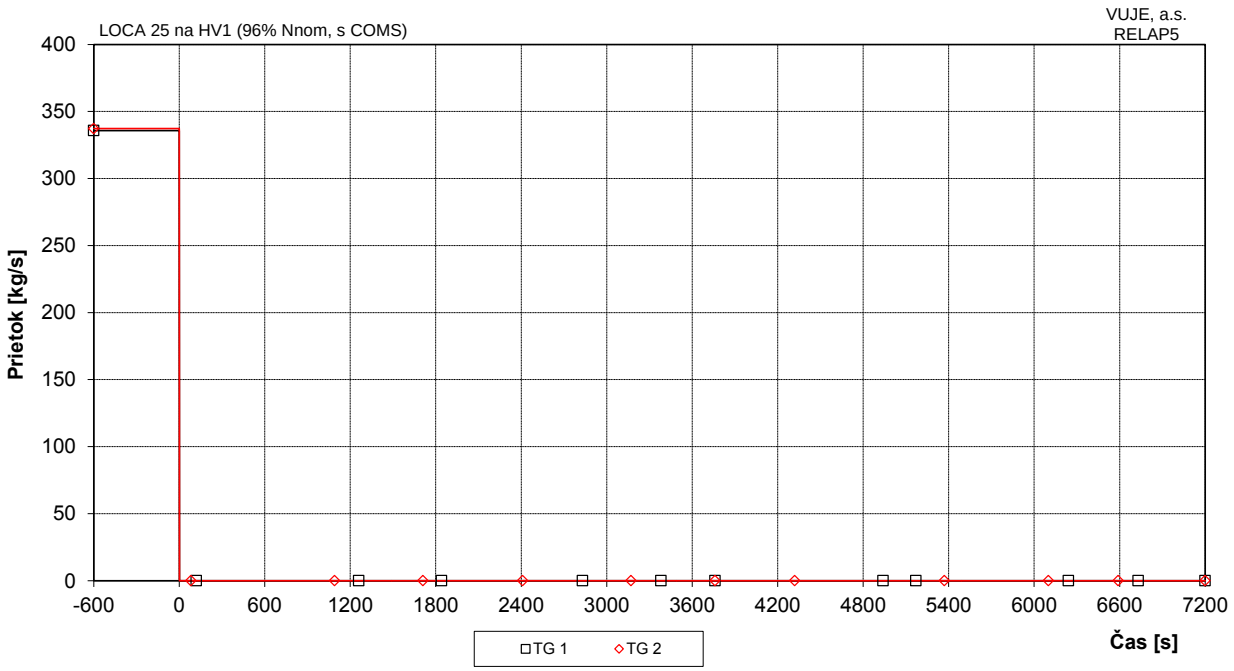
Obr. 7.2.1.10.1-A2-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



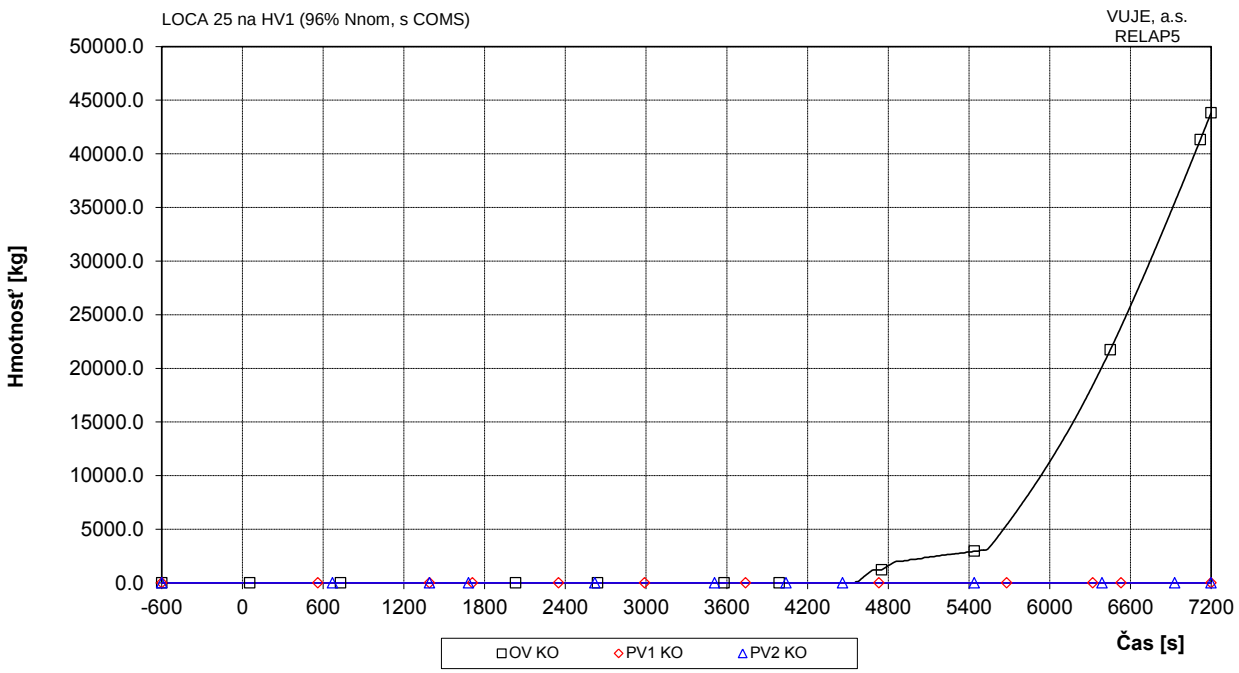
Obr. 7.2.1.10.1-A2-21: Prietok pary z PG



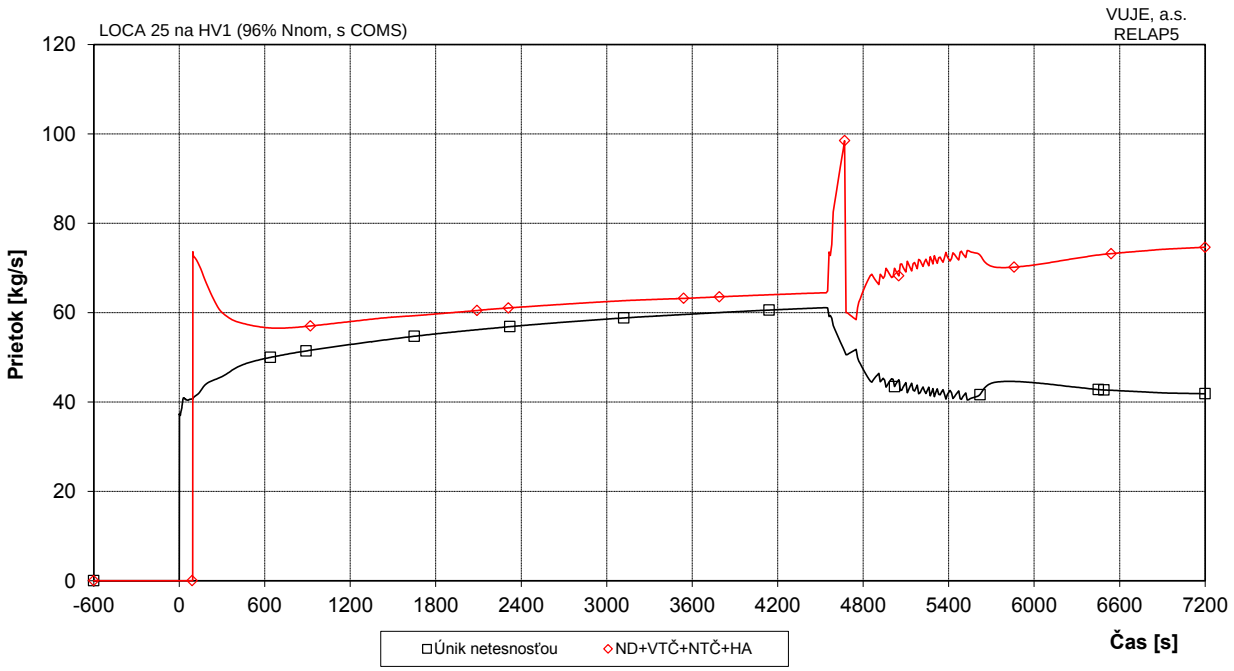
Obr. 7.2.1.10.1-A2-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



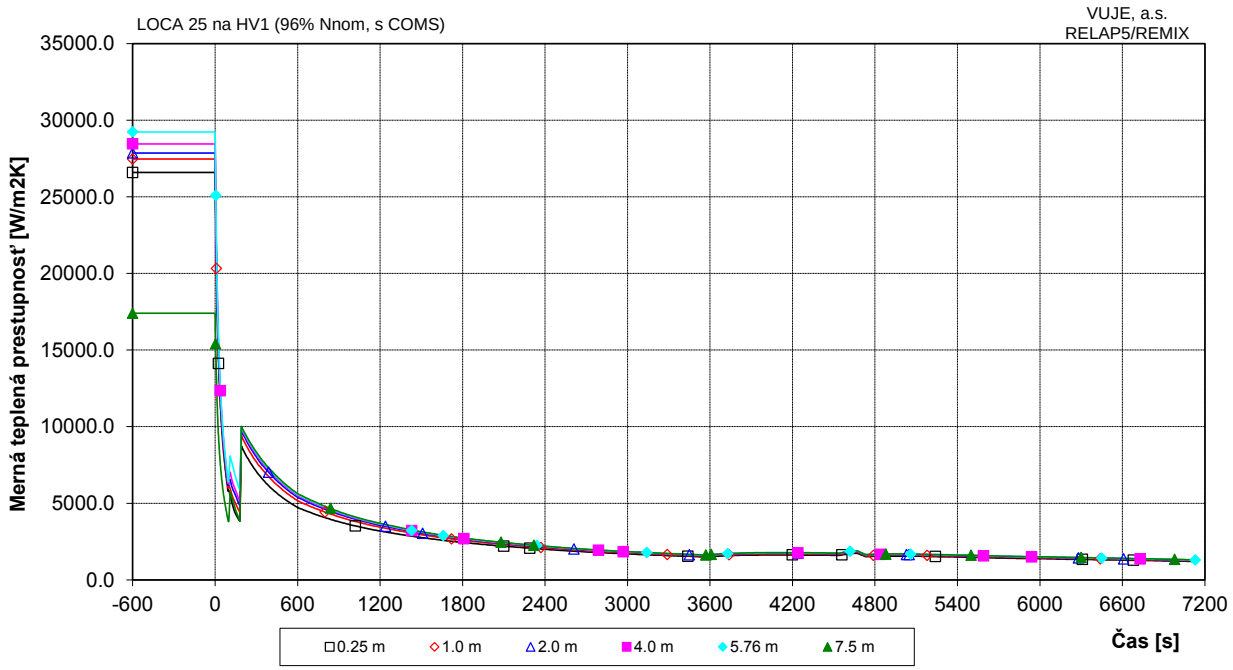
Obr. 7.2.1.10.1-A2-23: Prietok pary do TG



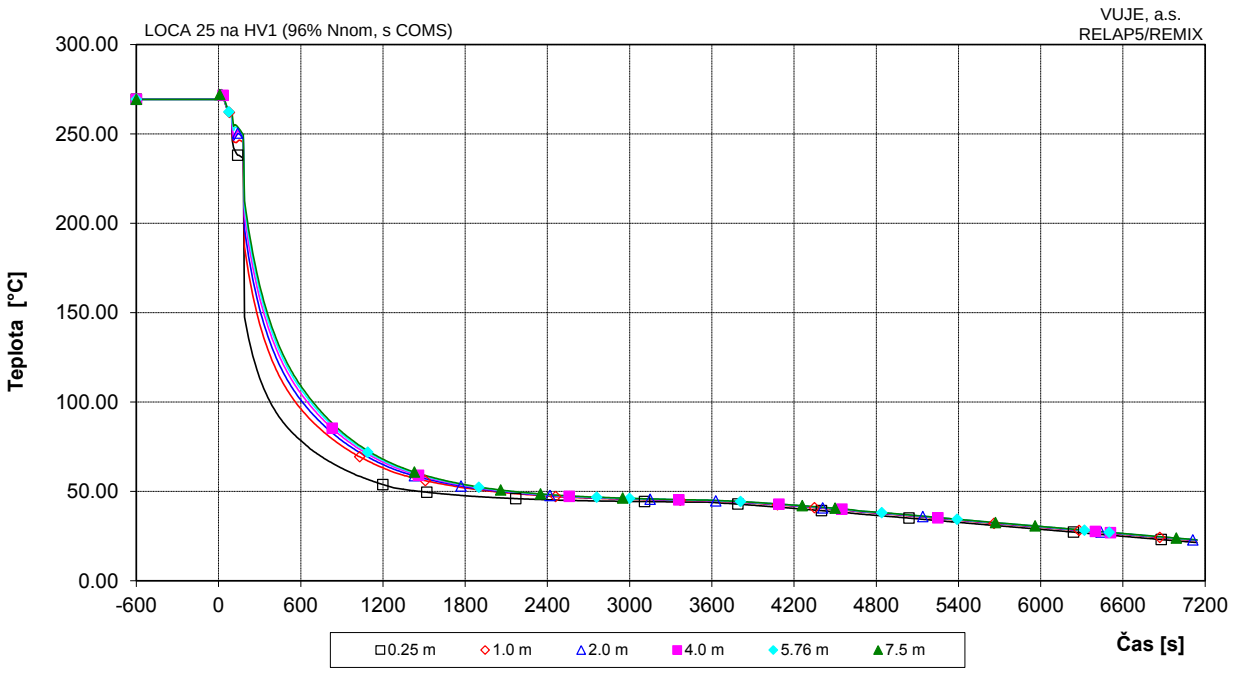
Obr. 7.2.1.10.1-A2-24: Integrál prietoku chladiva cez poistné ventily KO



Obr. 7.2.1.10.1-A2-25: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.

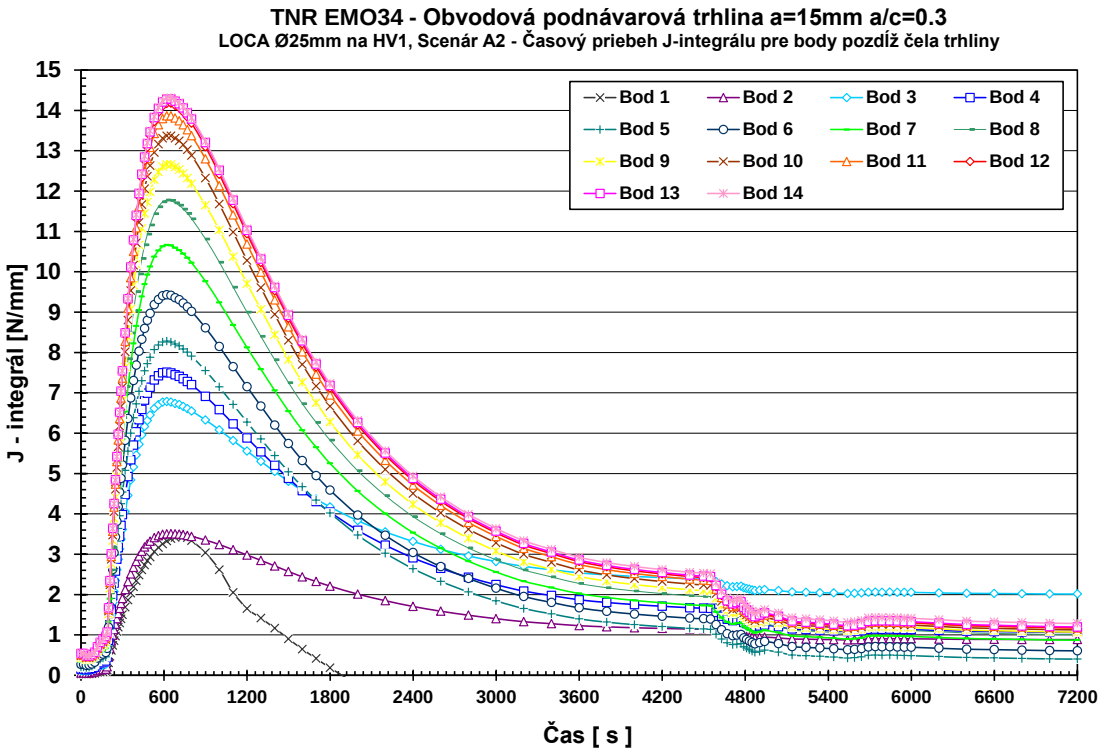


Obr. 7.2.1.10.1-A2-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,3,5

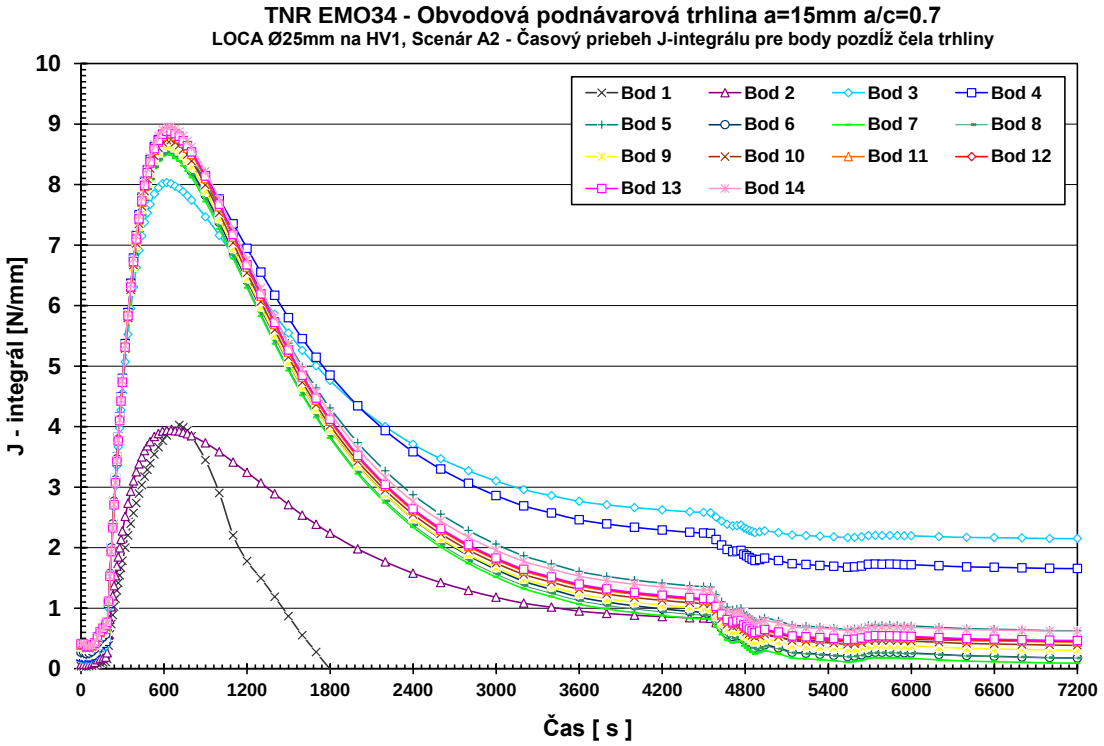


Obr. 7.2.1.10.1-A2-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,3,5

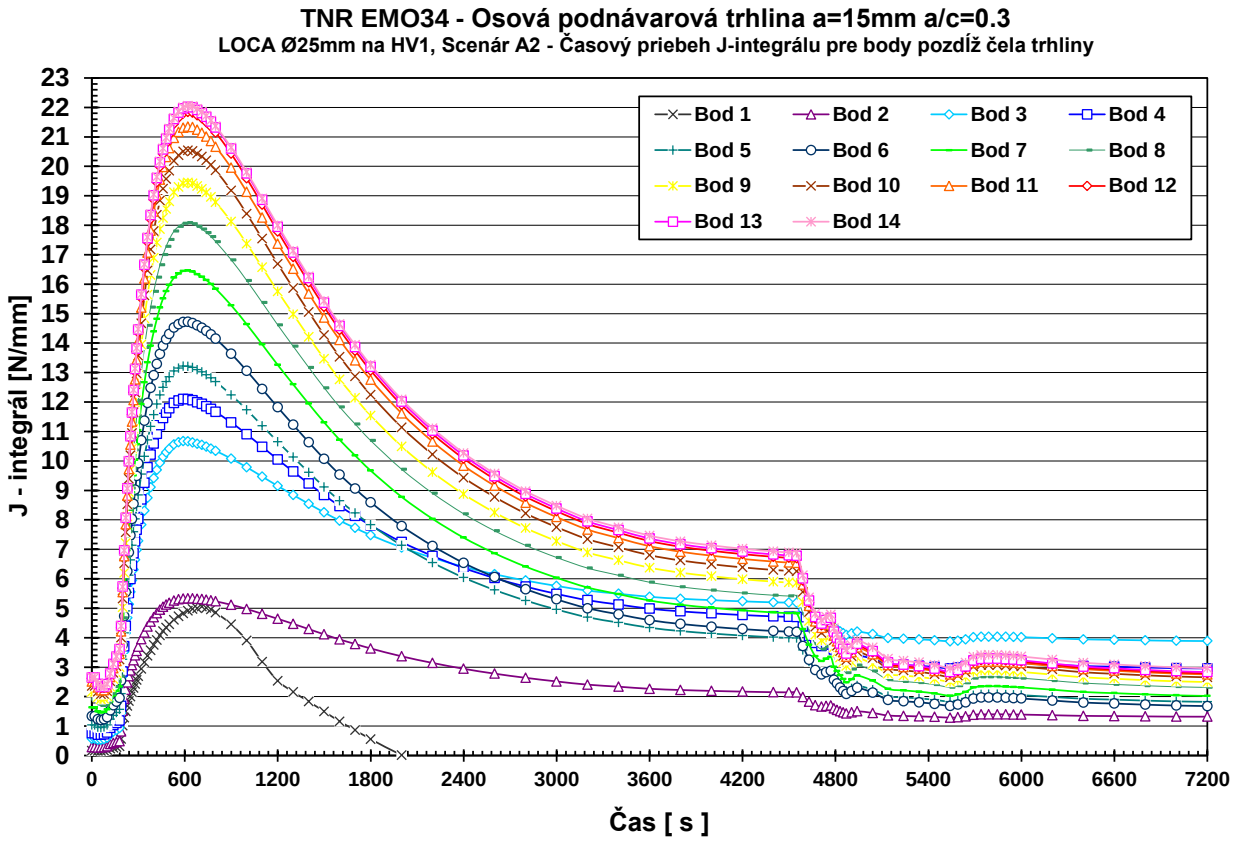
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



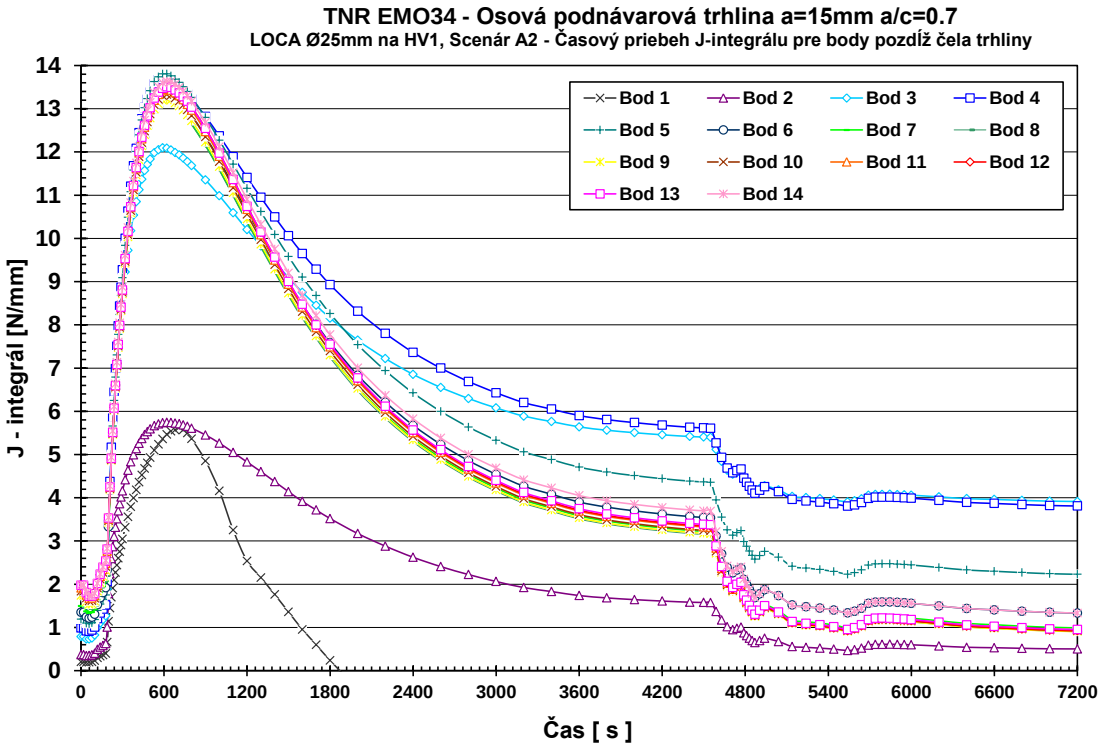
Obr. 7.2.1.10.1-A2-28: J-integrál – Obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



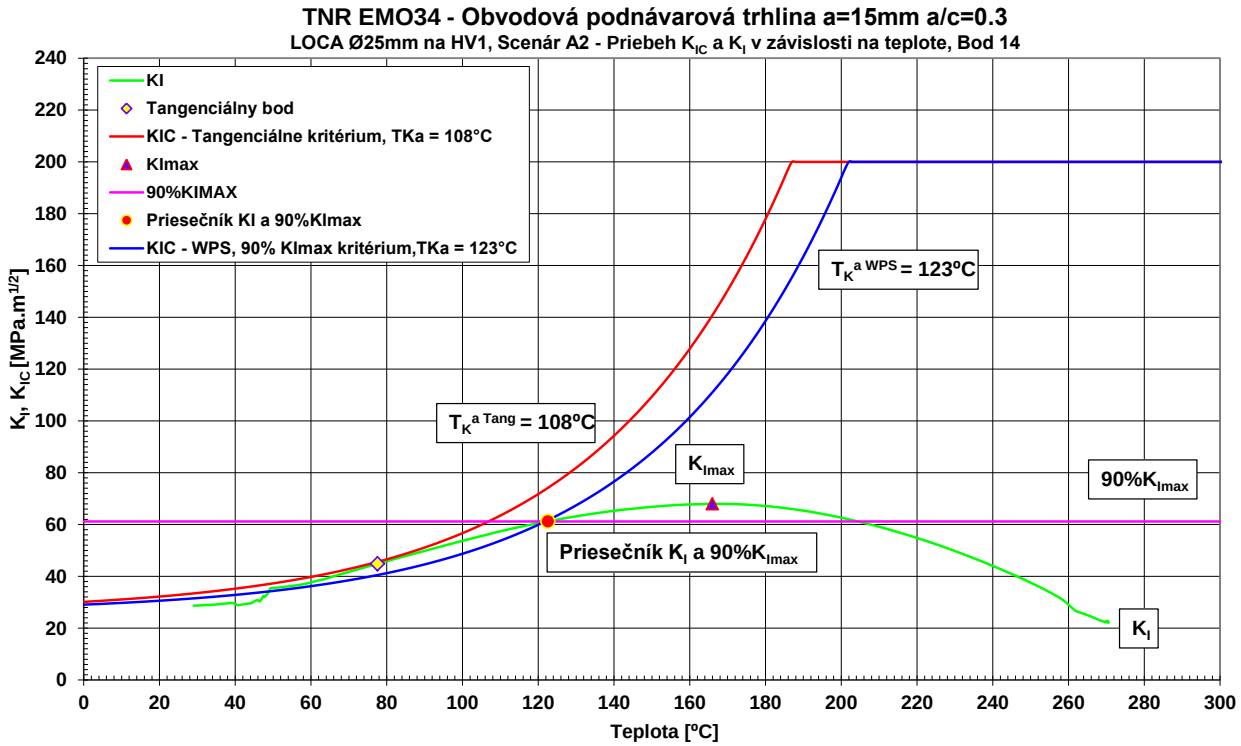
Obr. 7.2.1.10.1-A2-29: J-integrál – Obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



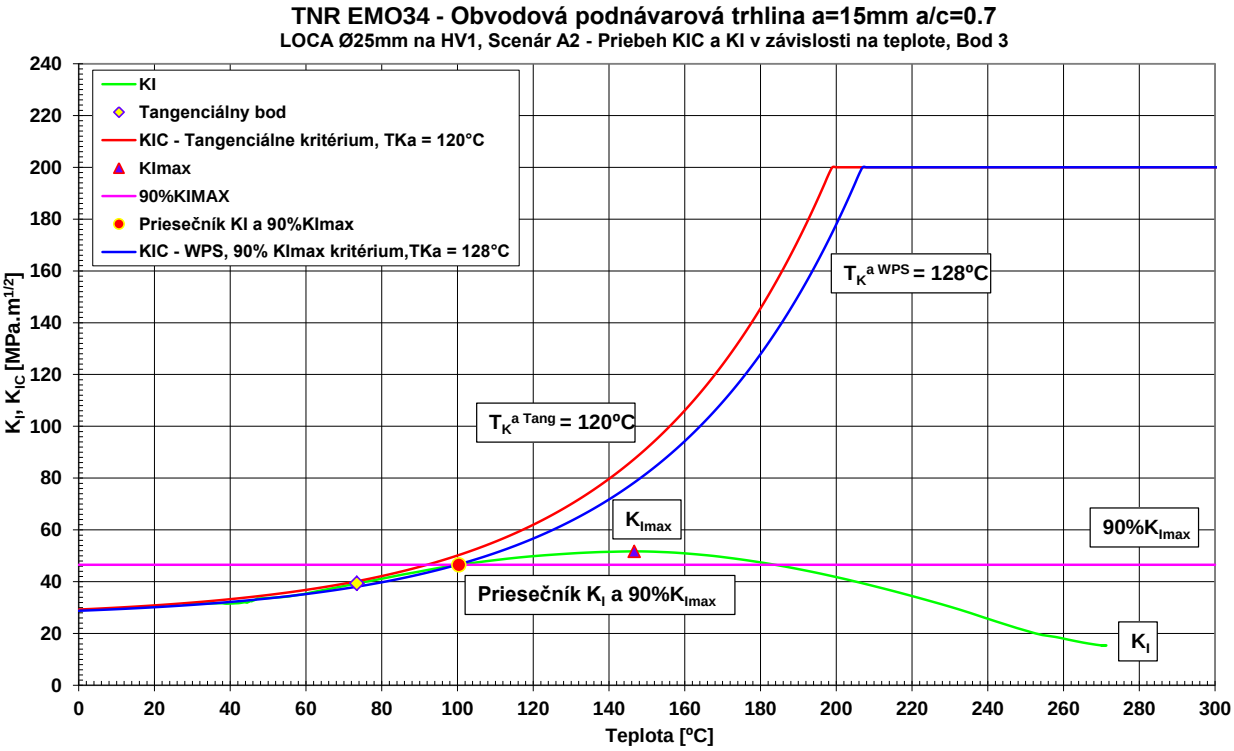
Obr. 7.2.1.10.1-A2-30: J-integrál – Osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



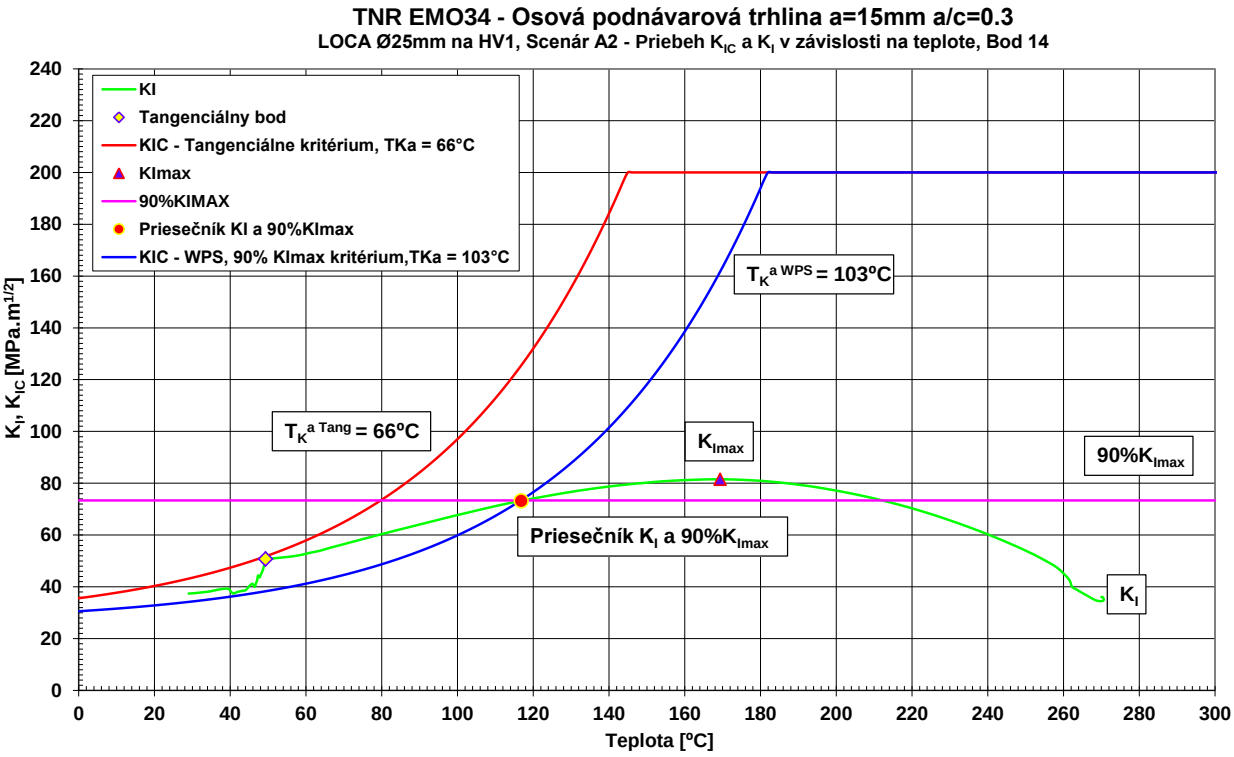
Obr. 7.2.1.10.1-A2-31: J-integrál – Osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



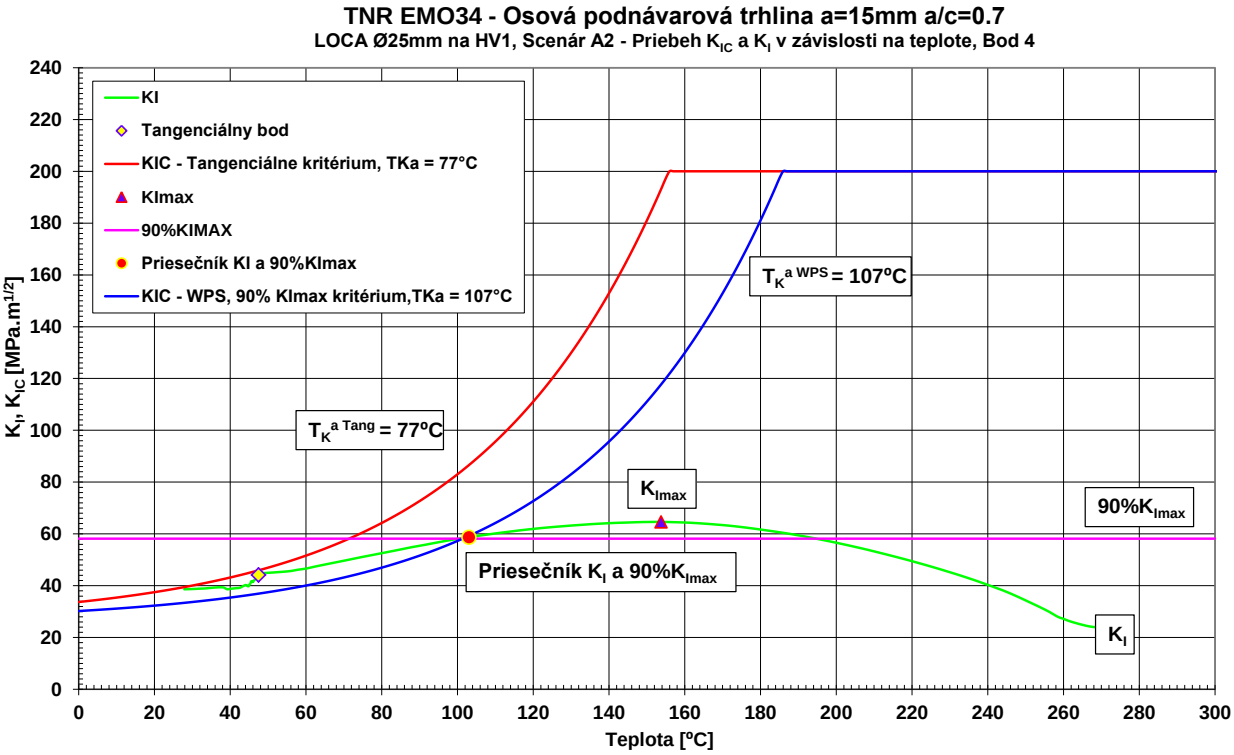
Obr. 7.2.1.10.1-A2-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-A2-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

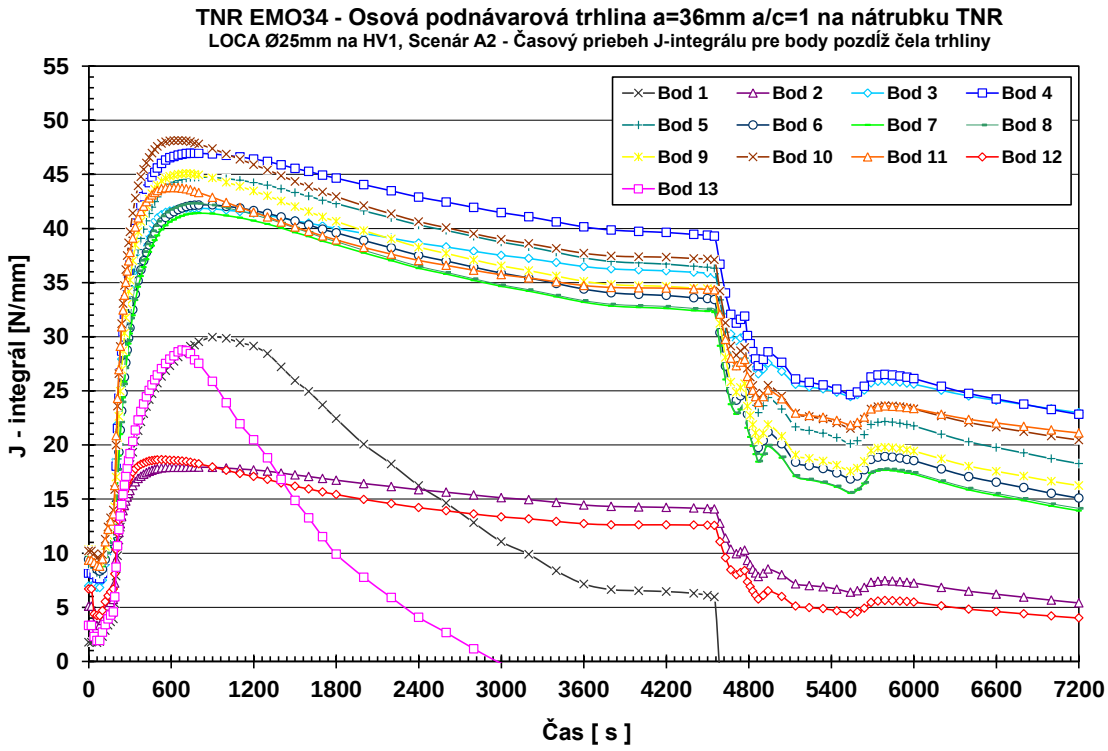


Obr. 7.2.1.10.1-A2-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

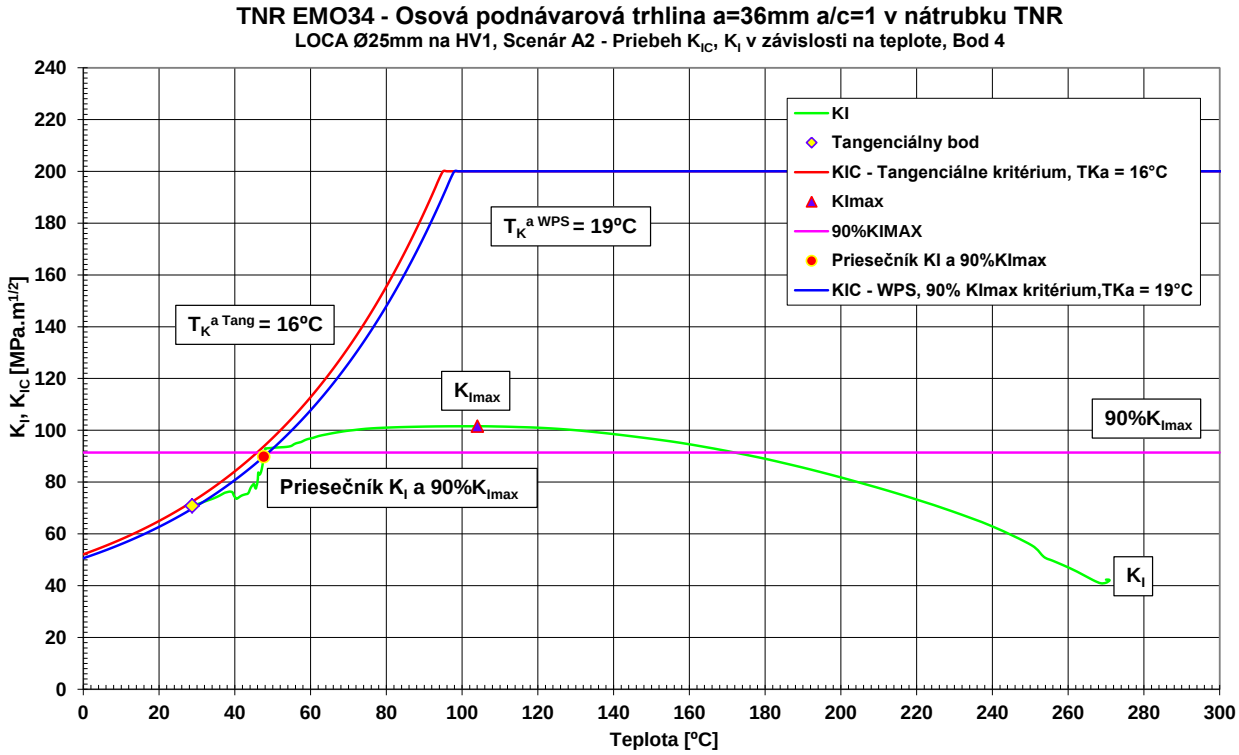


Obr. 7.2.1.10.1-A2-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A2-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A2-37: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

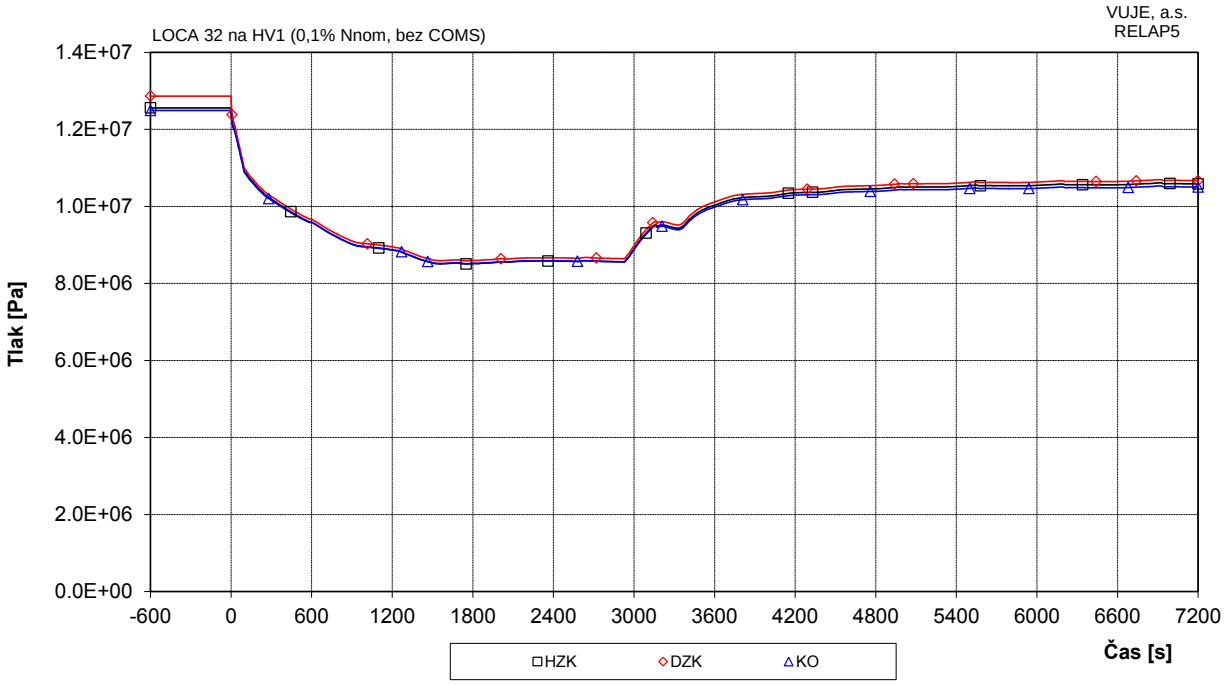
Príloha č. 03

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

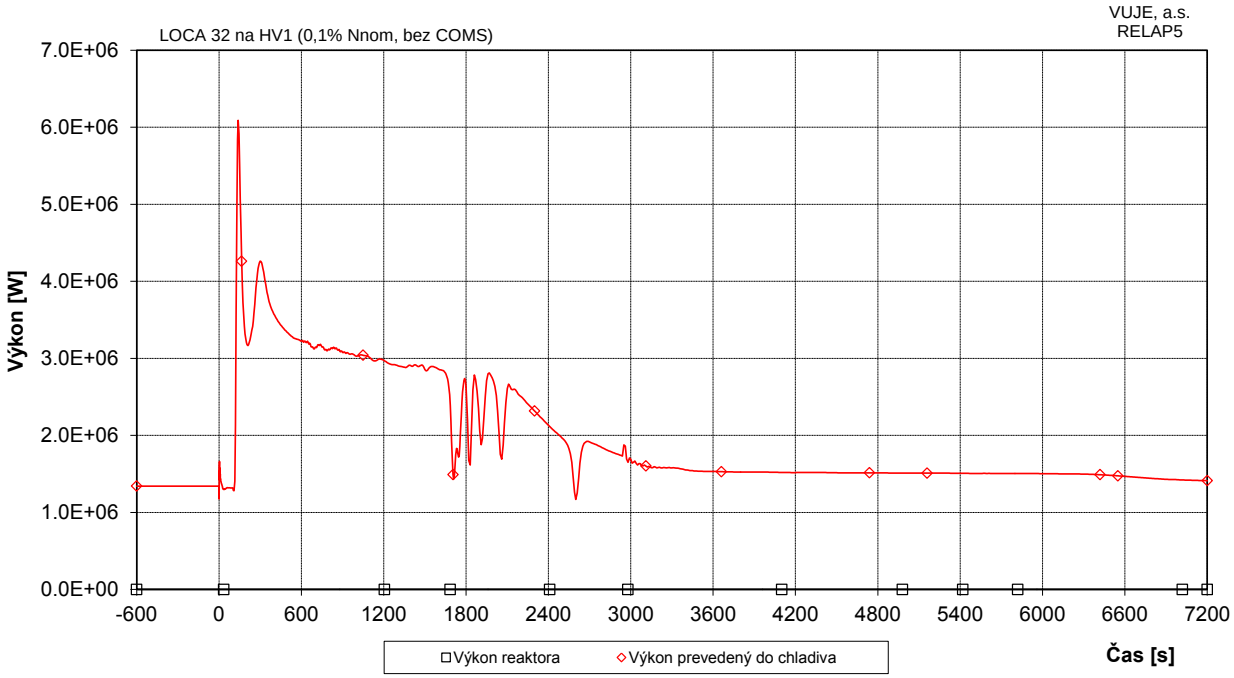
Scenár A3 LOCA ø32 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

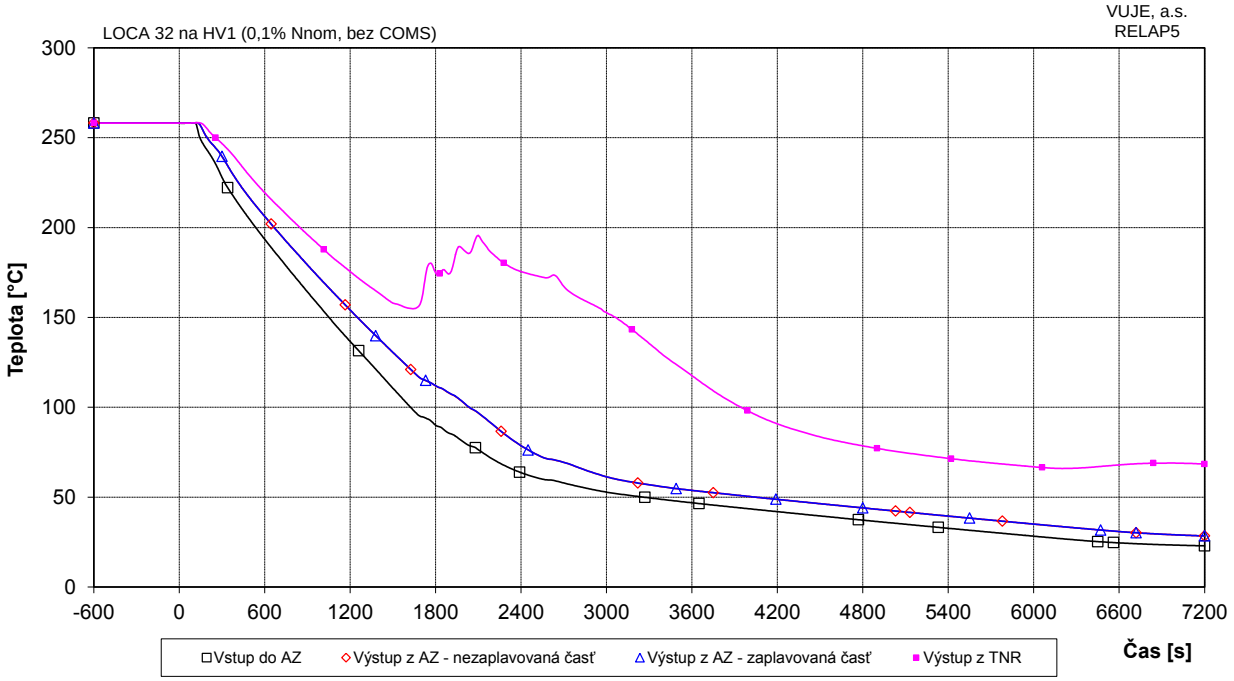
Obr. 7.2.1.10.1-A3-1: Tlak v I.O. 2
Obr. 7.2.1.10.1-A3-2: Výkon reaktorar 2
Obr. 7.2.1.10.1-A3-3: Teplota chladiva v TNR 3
Obr. 7.2.1.10.1-A3-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR 3
Obr. 7.2.1.10.1-A3-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR 4
Obr. 7.2.1.10.1-A3-6: Celkový výkon EOKO 4
Obr. 7.2.1.10.1-A3-7: Celková hladina v KO 5
Obr. 7.2.1.10.1-A3-8: Hladina chladiva v TNR 5
Obr. 7.2.1.10.1-A3-9: Hmotnostný prietok cez reaktor 6
Obr. 7.2.1.10.1-A3-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR 6
Obr. 7.2.1.10.1-A3-11: Doplňovanie do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.1-A3-12: Integrál doplňovania do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.1-A3-13: Výkon PG 8
Obr. 7.2.1.10.1-A3-14: Hmotnosť chladiva v I.O. 8
Obr. 7.2.1.10.1-A3-15: Tlak na výstupe z PG 9
Obr. 7.2.1.10.1-A3-16: Tlak v HPK 9
Obr. 7.2.1.10.1-A3-17: Celková hladina v PG 10
Obr. 7.2.1.10.1-A3-18: Celkový prietok napájacej vody do PG 10
Obr. 7.2.1.10.1-A3-19: Prietok pary z PG 11
Obr. 7.2.1.10.1-A3-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch 11
Obr. 7.2.1.10.1-A3-21: Prietok pary do TG 12
Obr. 7.2.1.10.1-A3-22: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. 12
Obr. 7.2.1.10.1-A3-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 13
Obr. 7.2.1.10.1-A3-24: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 13
Obr. 7.2.1.10.1-A3-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5 14
Obr. 7.2.1.10.1-A3-26: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5 14
Obr. 7.2.1.10.1-A3-27: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 15
Obr. 7.2.1.10.1-A3-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 15
Obr. 7.2.1.10.1-A3-29: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 16
Obr. 7.2.1.10.1-A3-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 16
Obr. 7.2.1.10.1-A3-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 17
Obr. 7.2.1.10.1-A3-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 17
Obr. 7.2.1.10.1-A3-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 18
Obr. 7.2.1.10.1-A3-34: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 18
Obr. 7.2.1.10.1-A3-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR 19
Obr. 7.2.1.10.1-A3-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 19



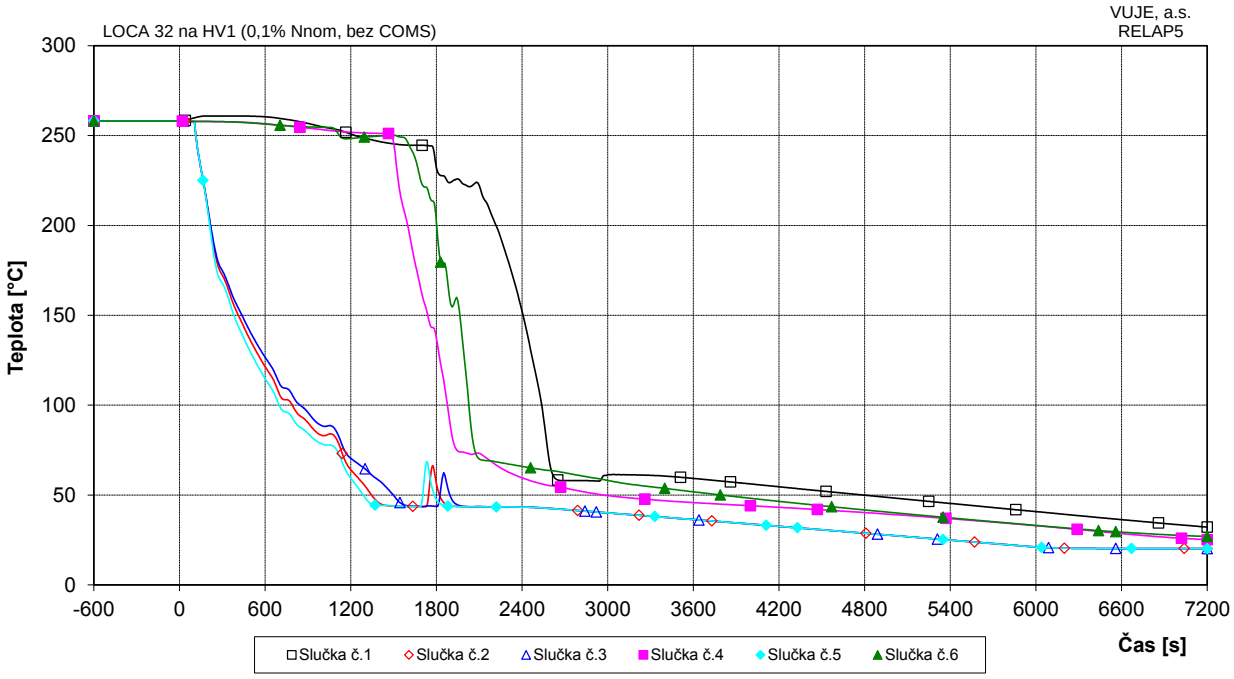
Obr. 7.2.1.10.1-A3-1: Tlak v I.O.



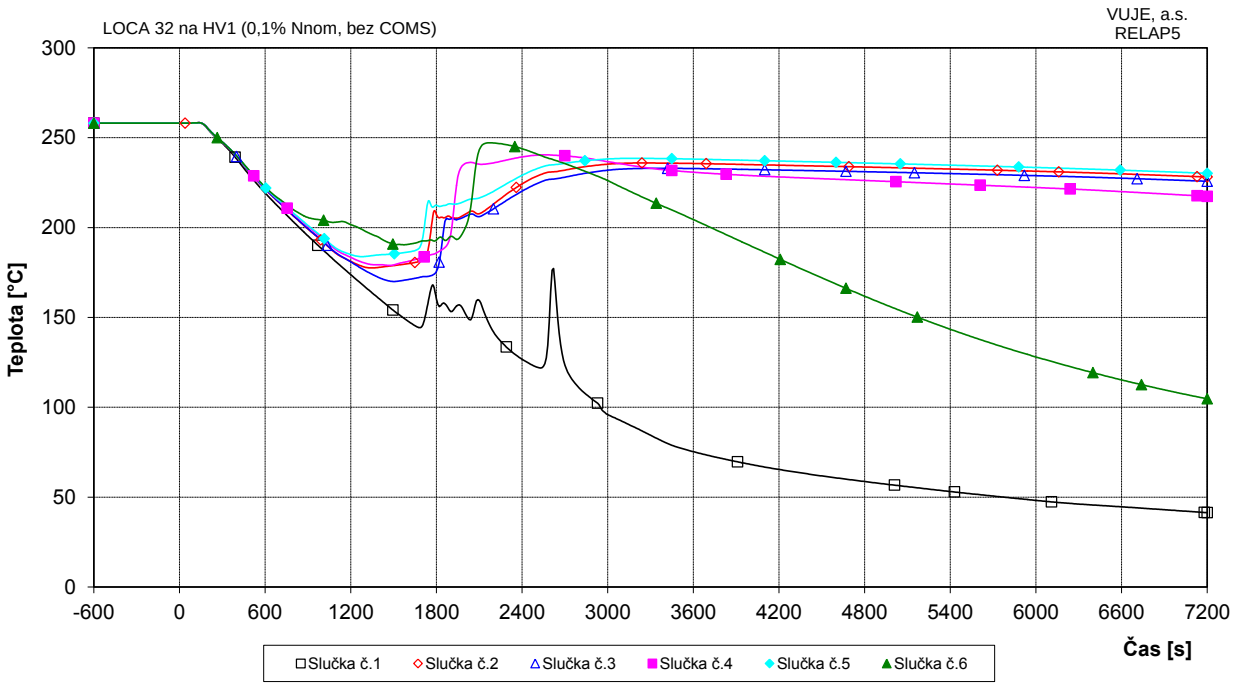
Obr. 7.2.1.10.1-A3-2: Výkon reaktorar



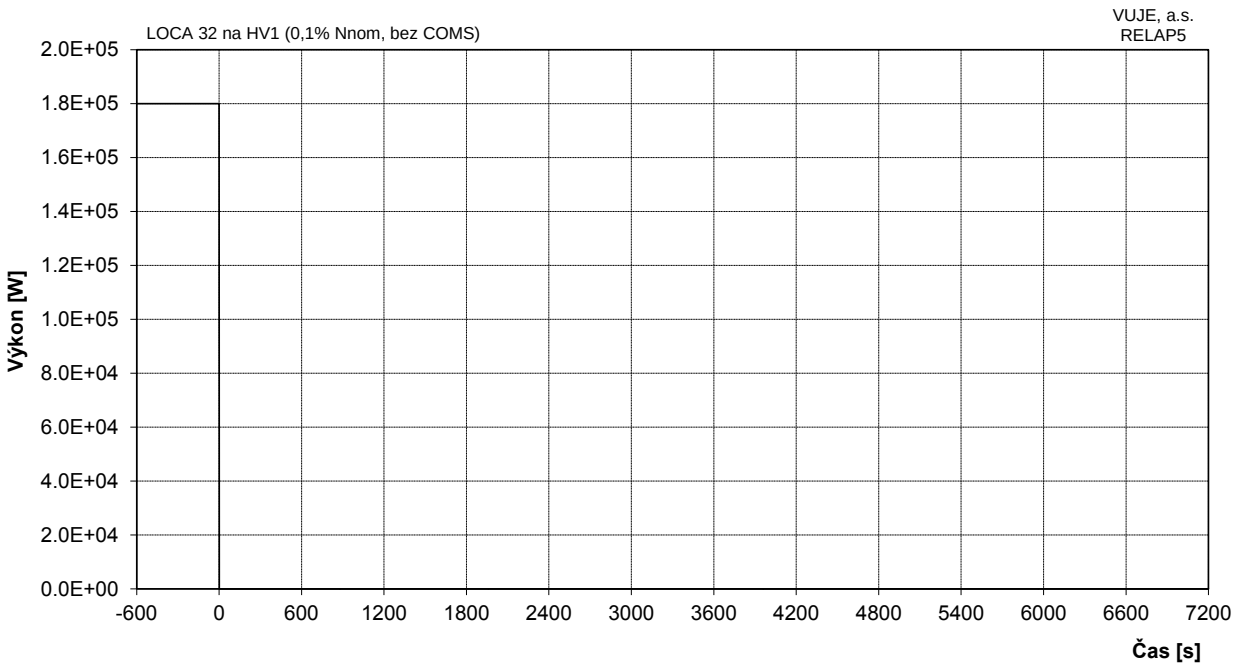
Obr. 7.2.1.10.1-A3-3: Teplota chladiva v TNR



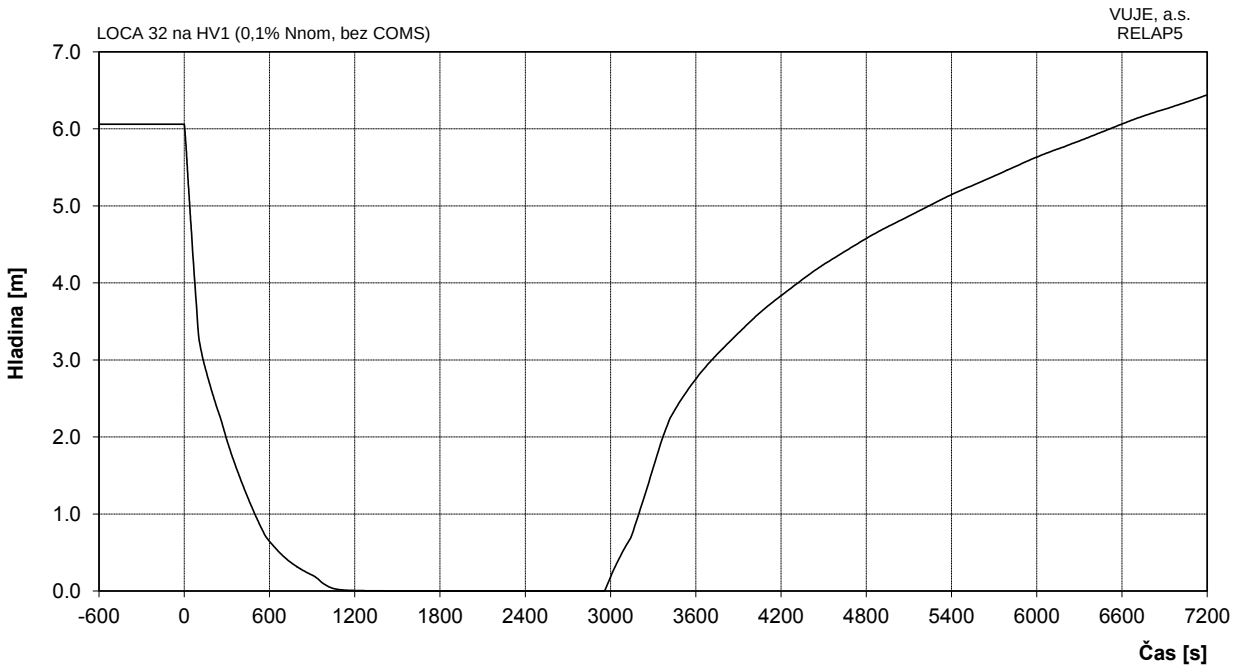
Obr. 7.2.1.10.1-A3-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



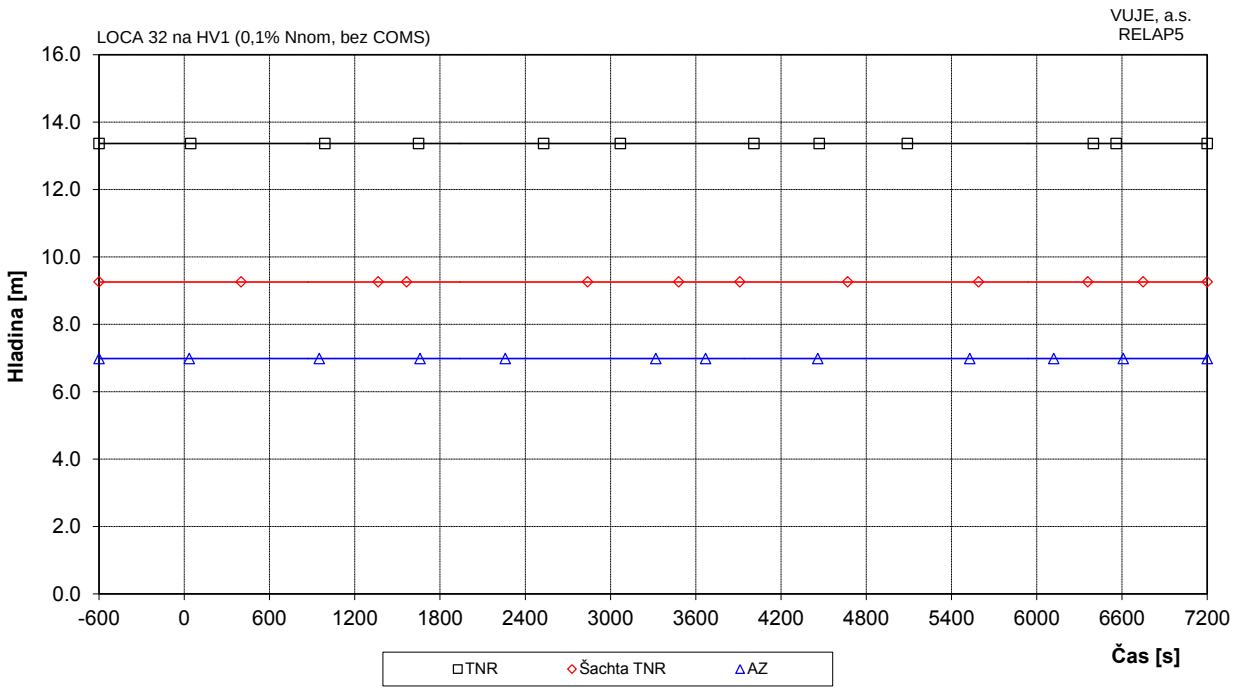
Obr. 7.2.1.10.1-A3-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



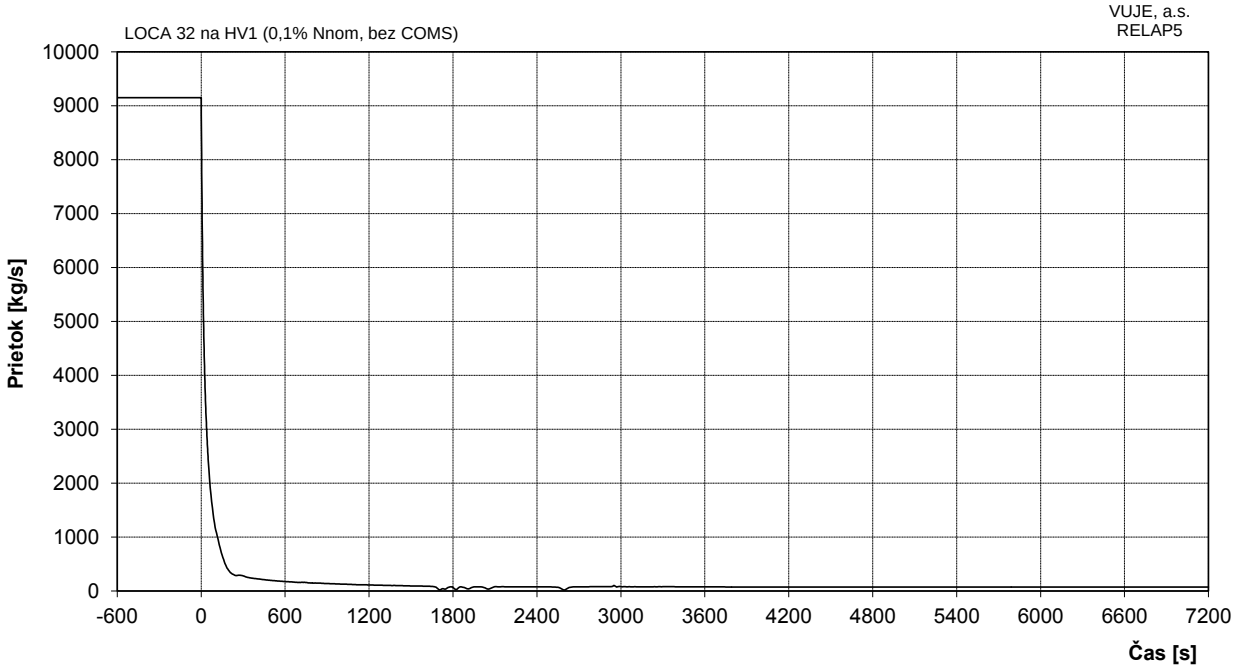
Obr. 7.2.1.10.1-A3-6: Celkový výkon EOKO



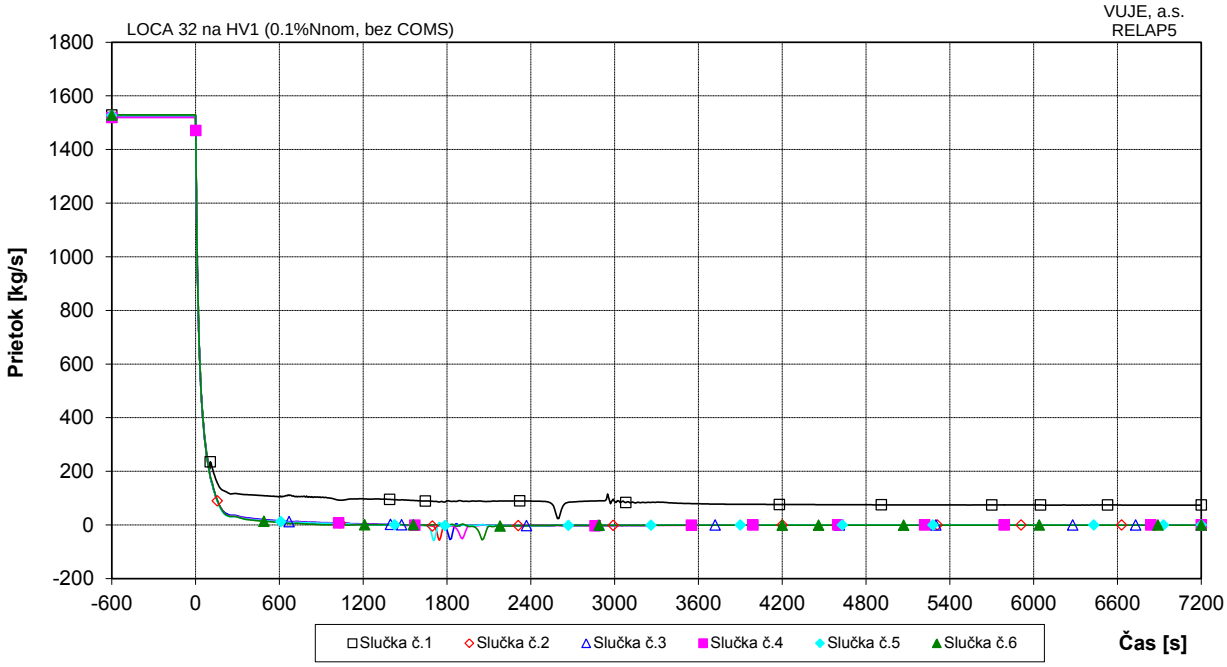
Obr. 7.2.1.10.1-A3-7: Celková hladina v KO



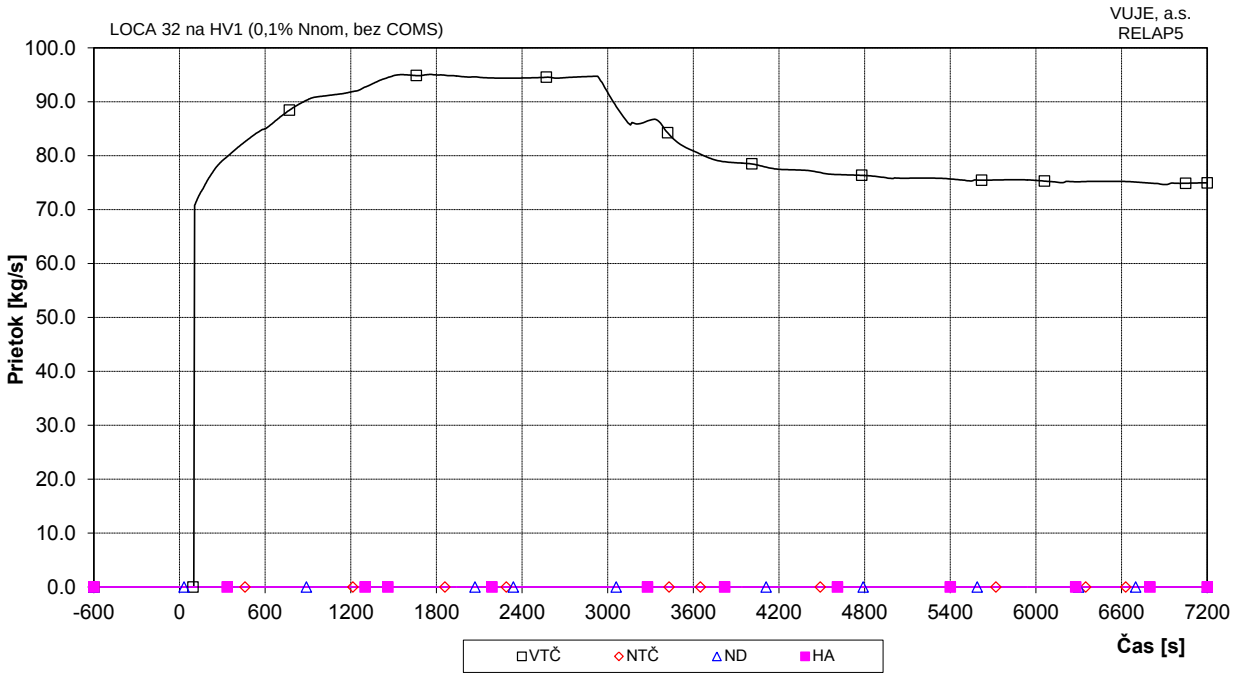
Obr. 7.2.1.10.1-A3-8: Hladina chladiva v TNR



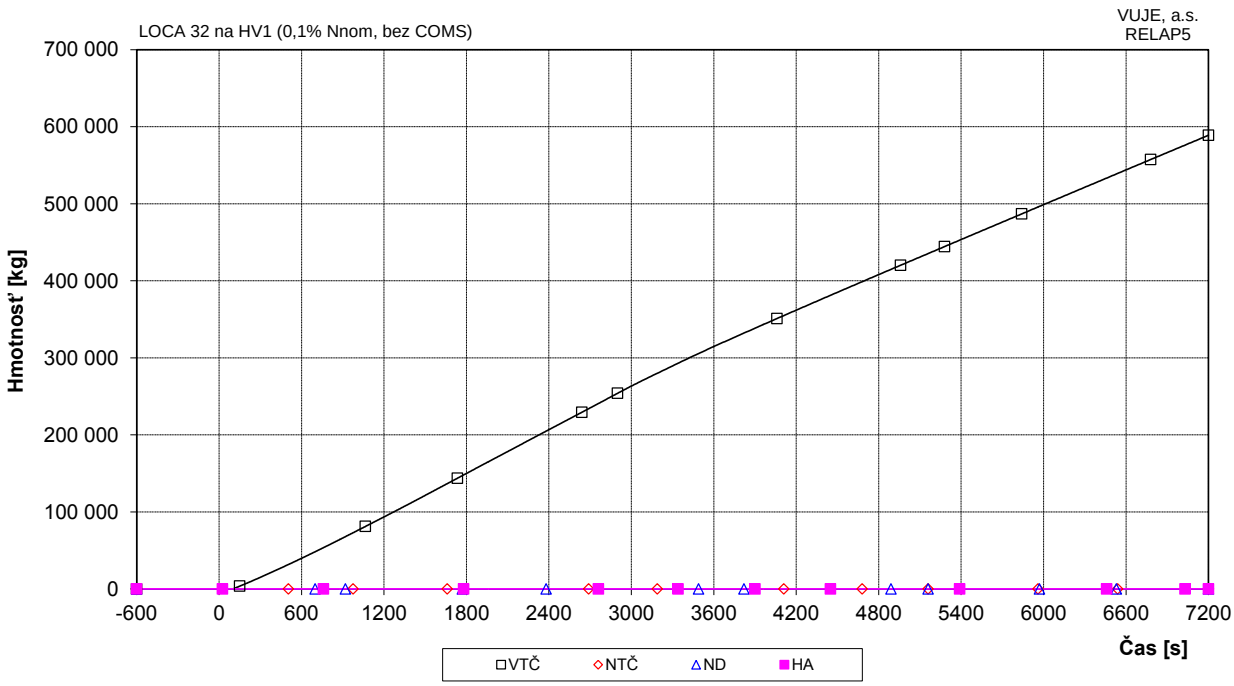
Obr. 7.2.1.10.1-A3-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



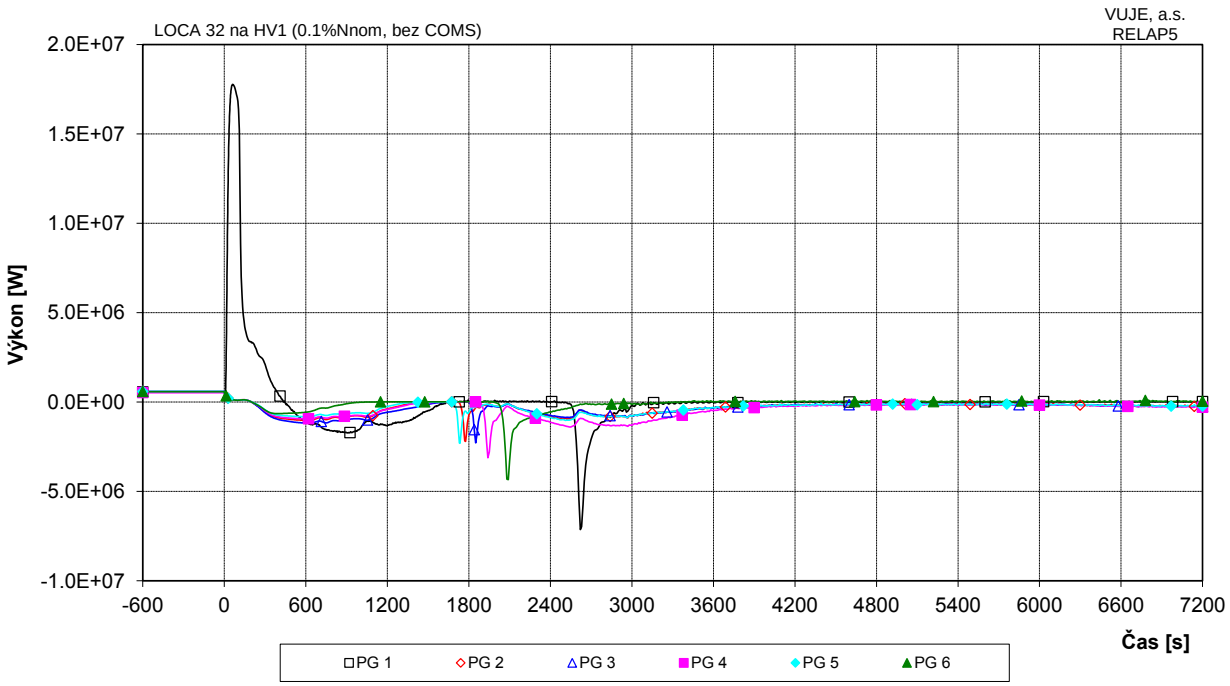
Obr. 7.2.1.10.1-A3-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



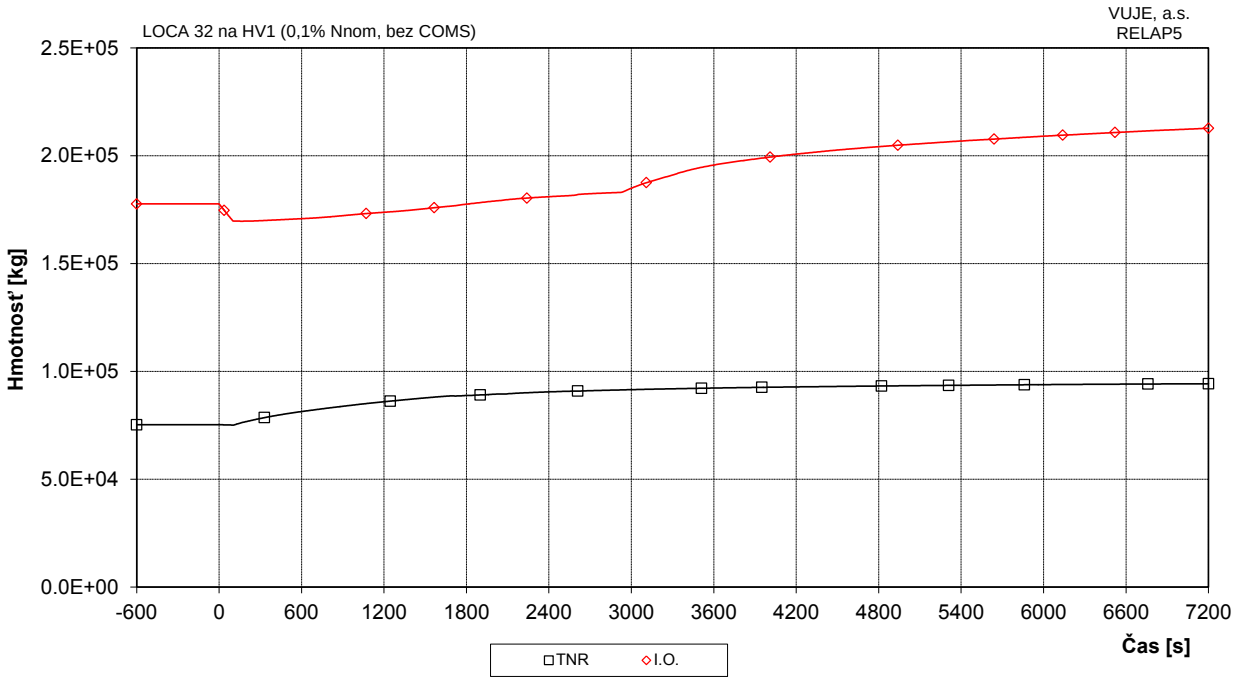
Obr. 7.2.1.10.1-A3-11: Doplňovanie do I.O.



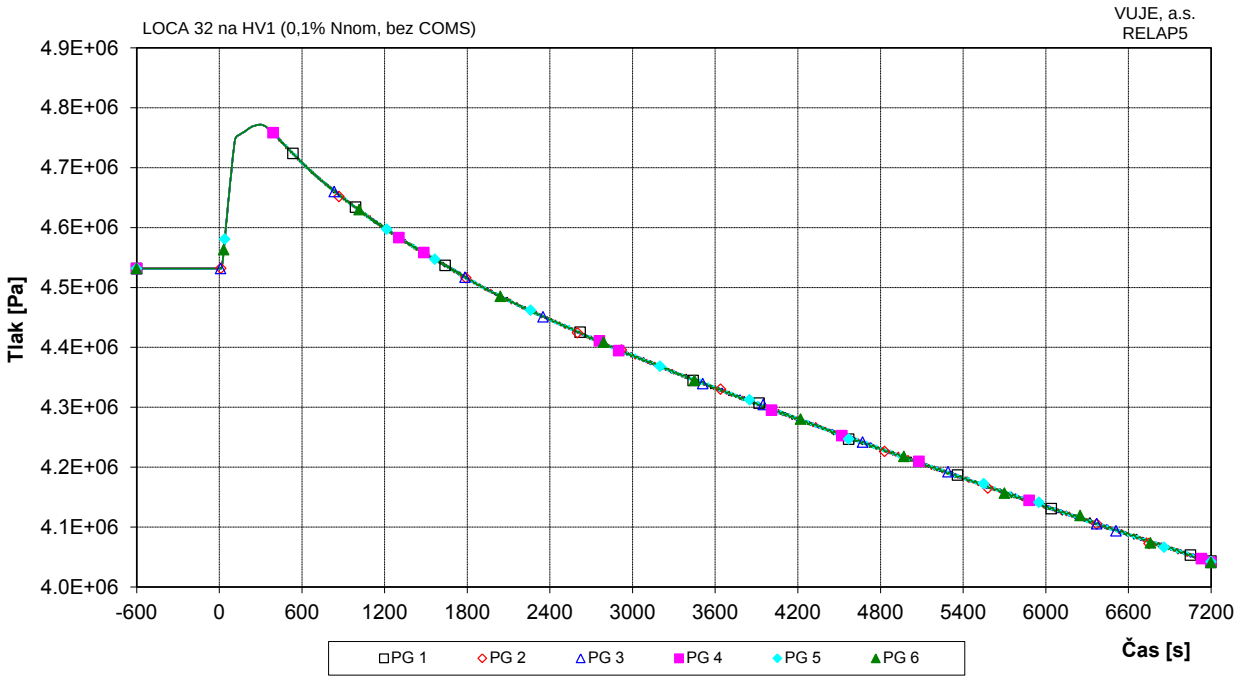
Obr. 7.2.1.10.1-A3-12: Integrál doplňovania do I.O.



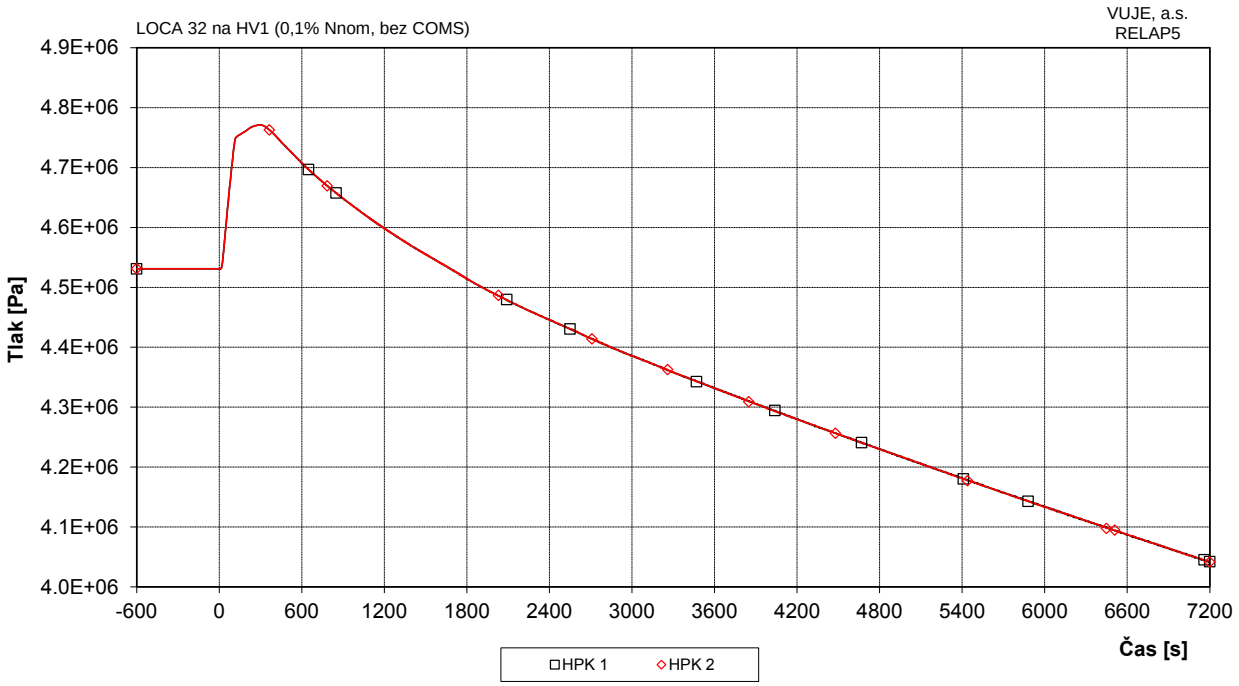
Obr. 7.2.1.10.1-A3-13: Výkon PG



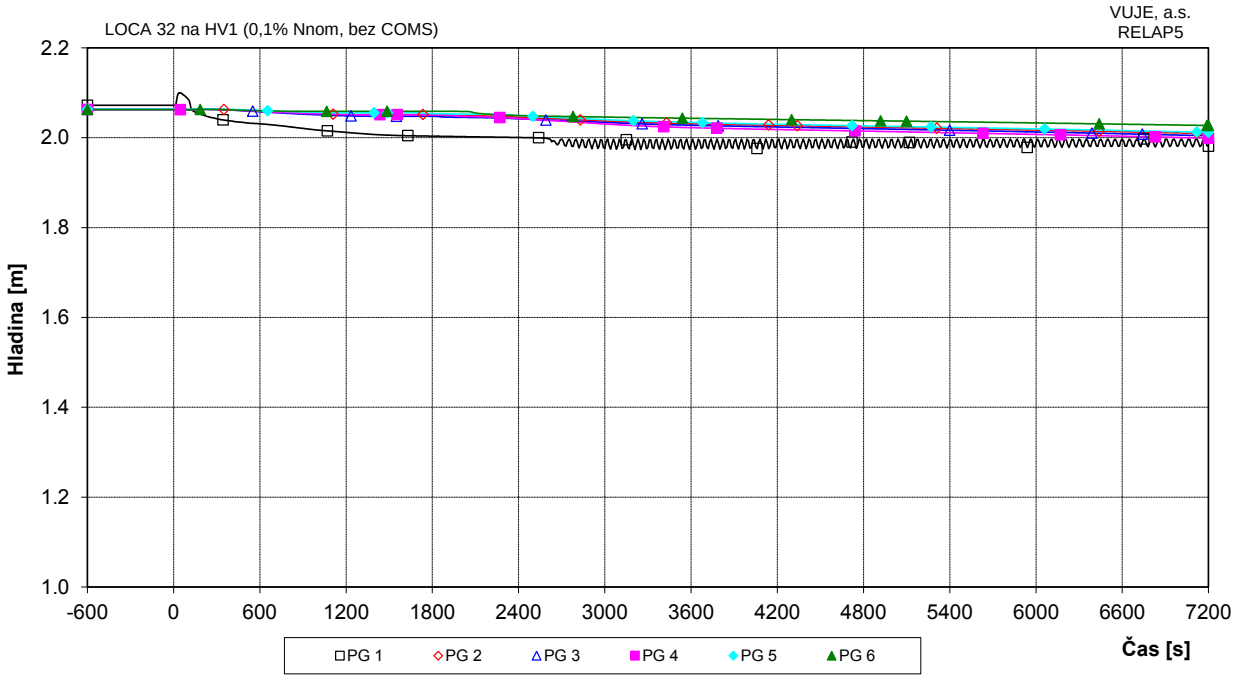
Obr. 7.2.1.10.1-A3-14: Hmotnosť chladiva v I.O.



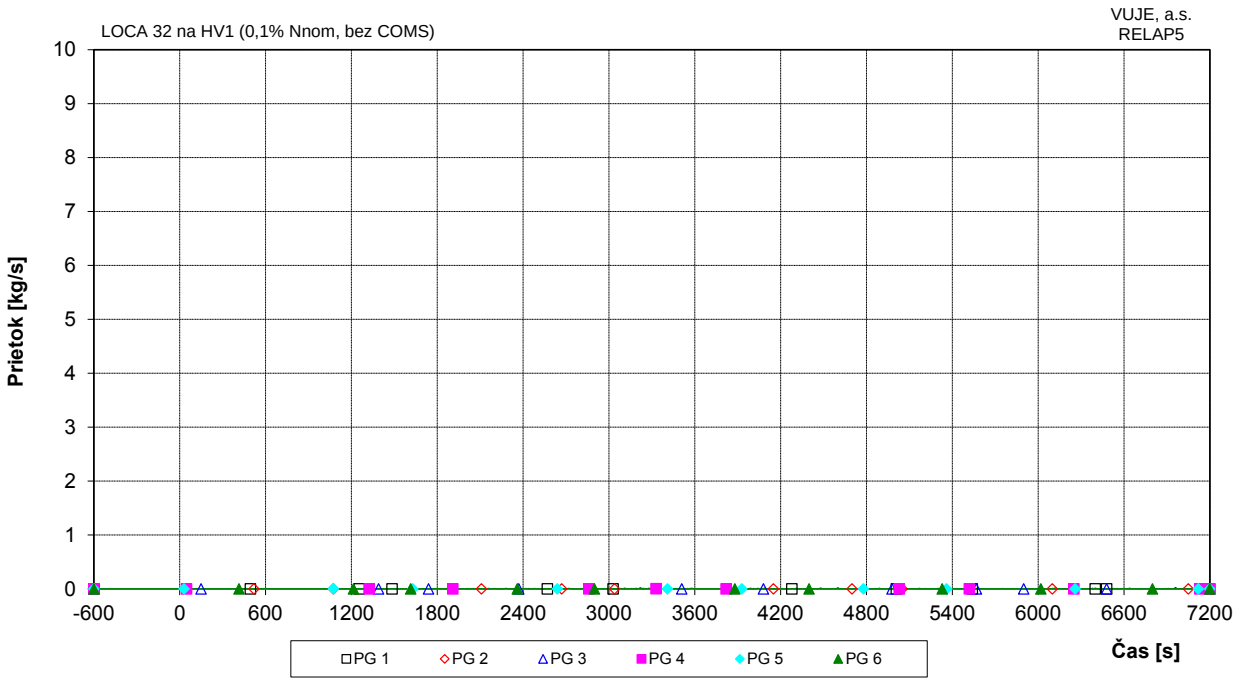
Obr. 7.2.1.10.1-A3-15: Tlak na výstupe z PG



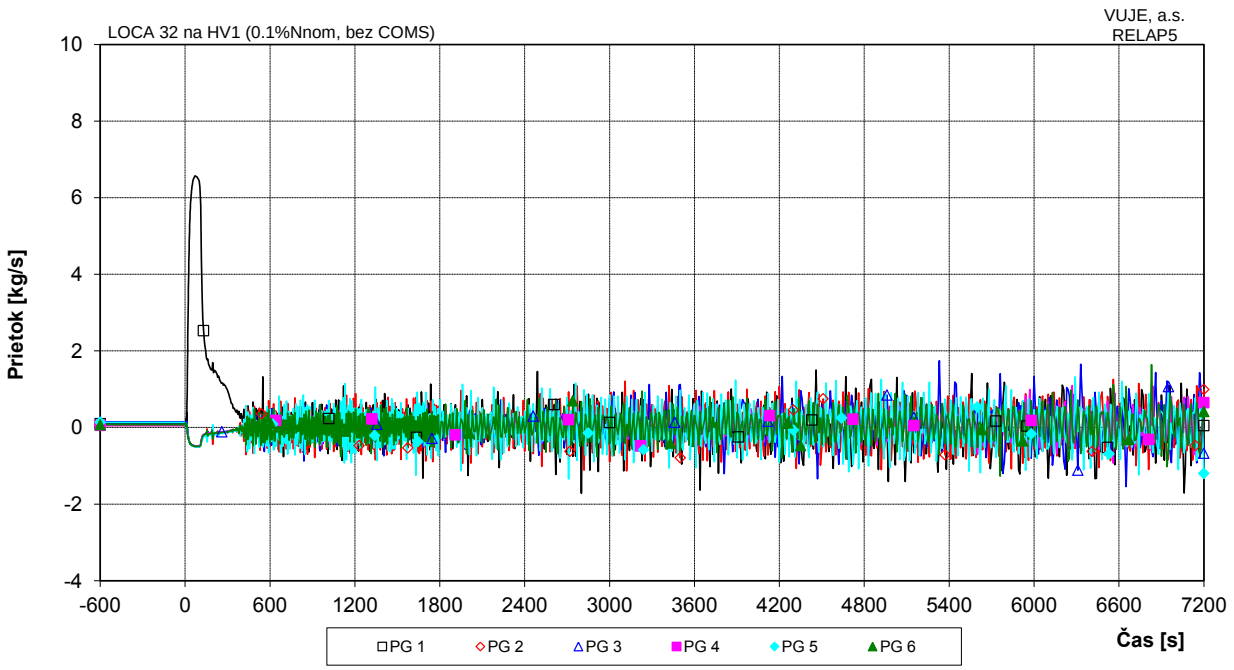
Obr. 7.2.1.10.1-A3-16: Tlak v HPK



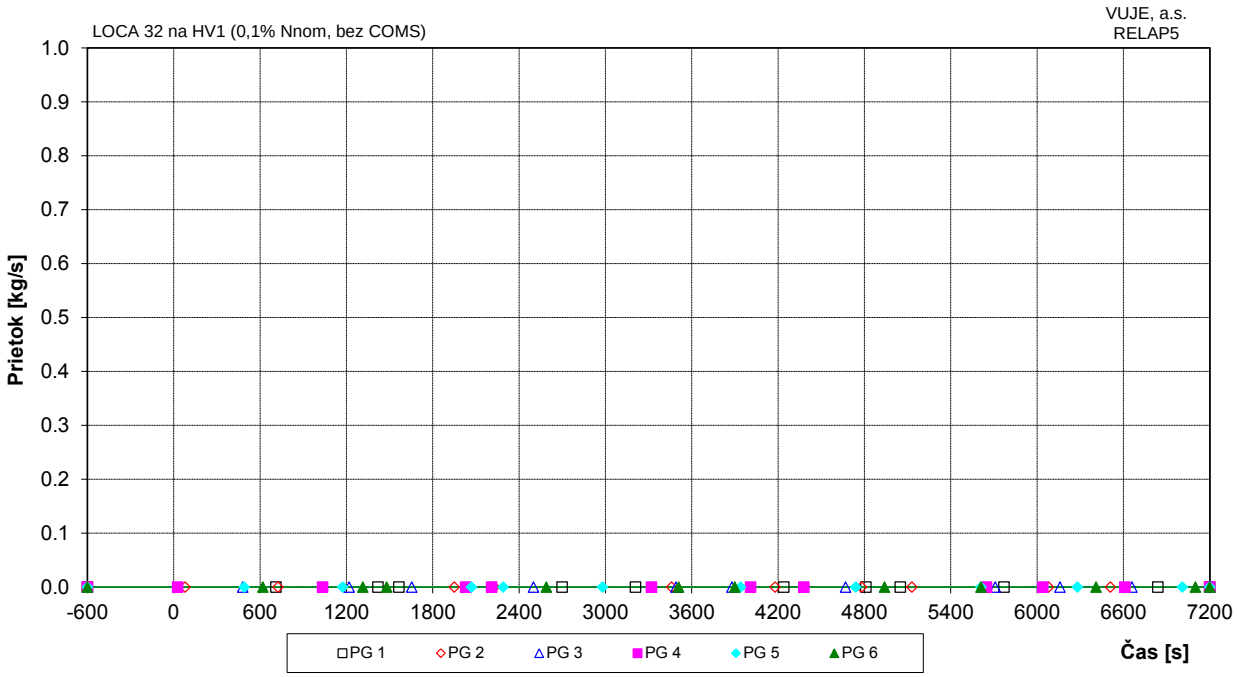
Obr. 7.2.1.10.1-A3-17: Celková hladina v PG



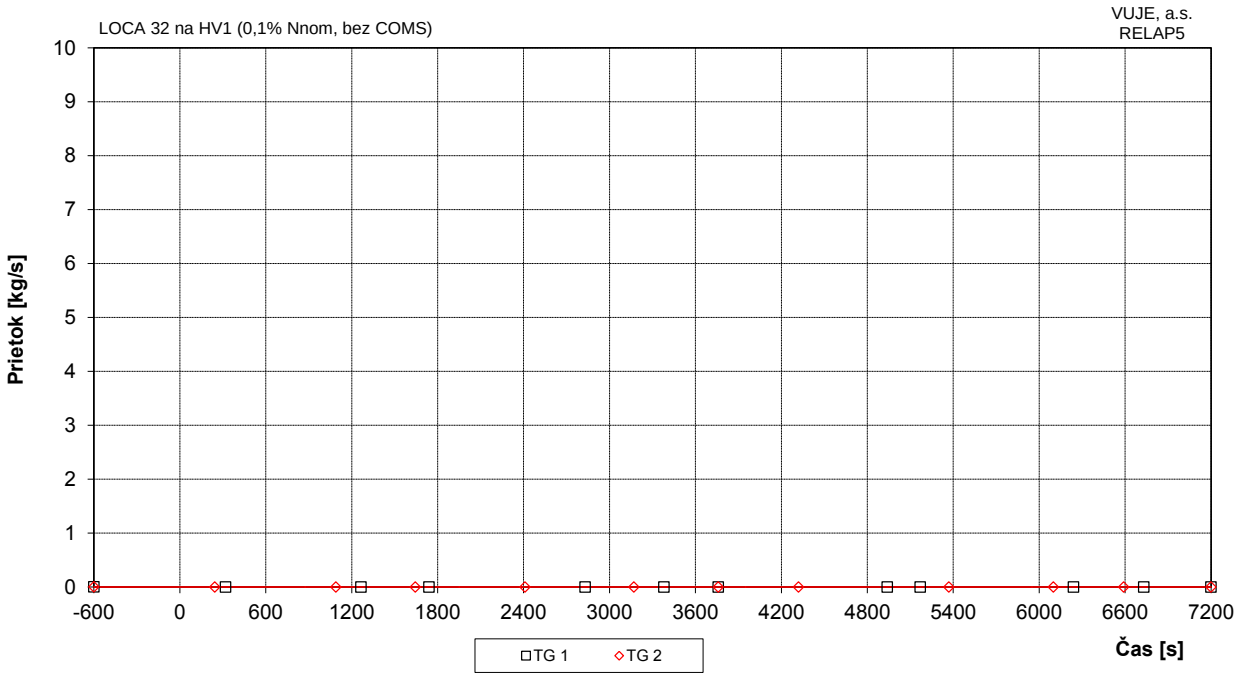
Obr. 7.2.1.10.1-A3-18: Celkový prietok napájacej vody do PG



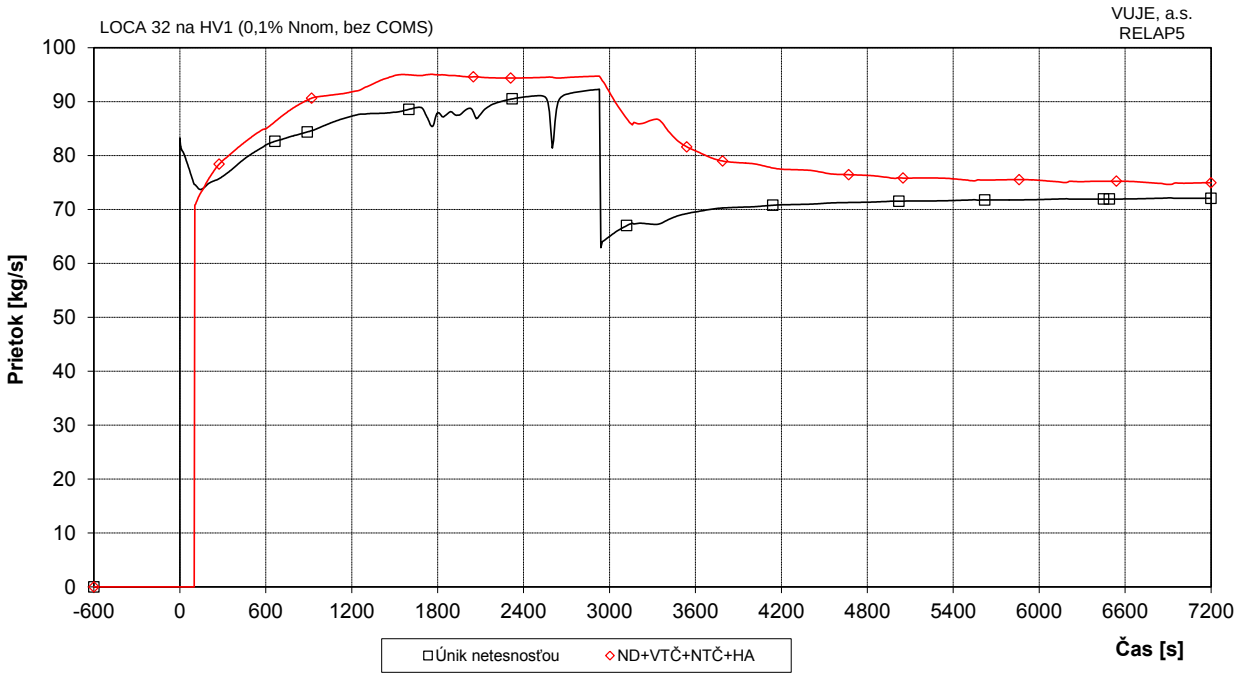
Obr. 7.2.1.10.1-A3-19: Prietok pary z PG



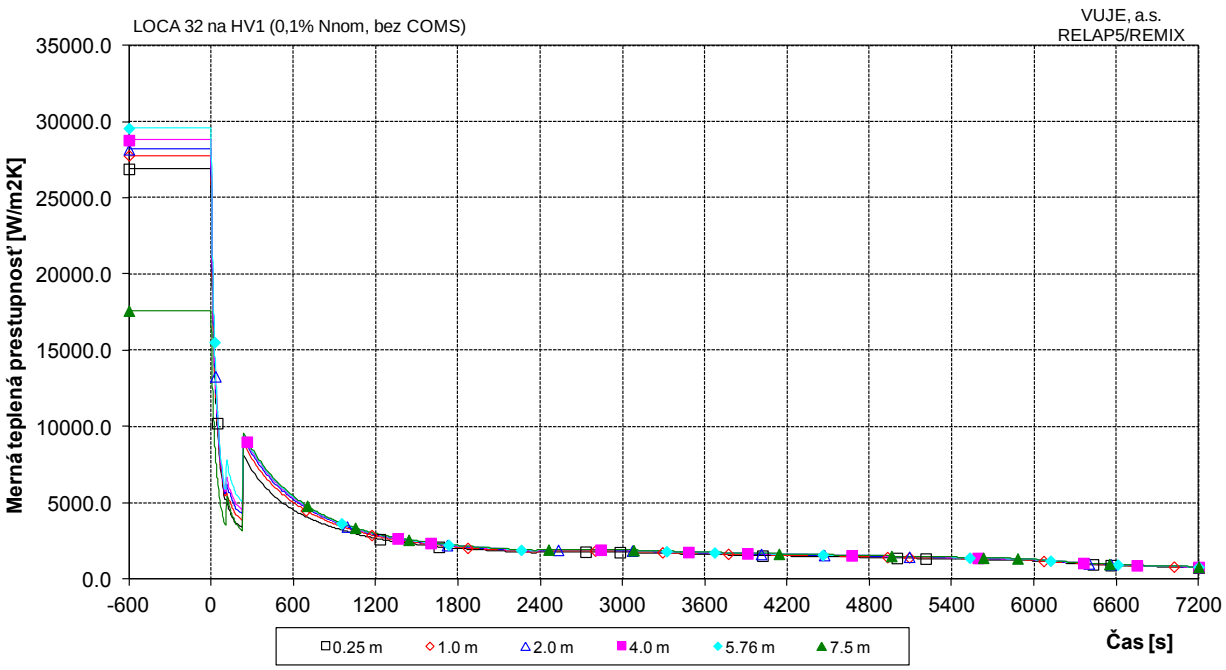
Obr. 7.2.1.10.1-A3-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



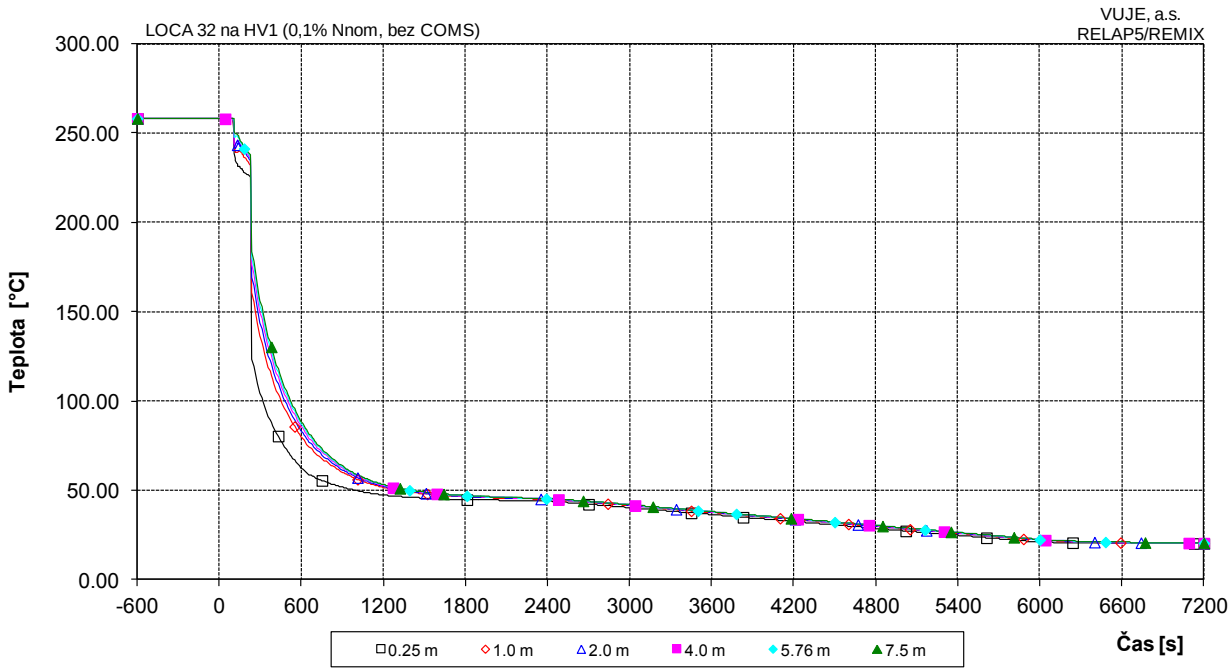
Obr. 7.2.1.10.1-A3-21: Prietok pary do TG



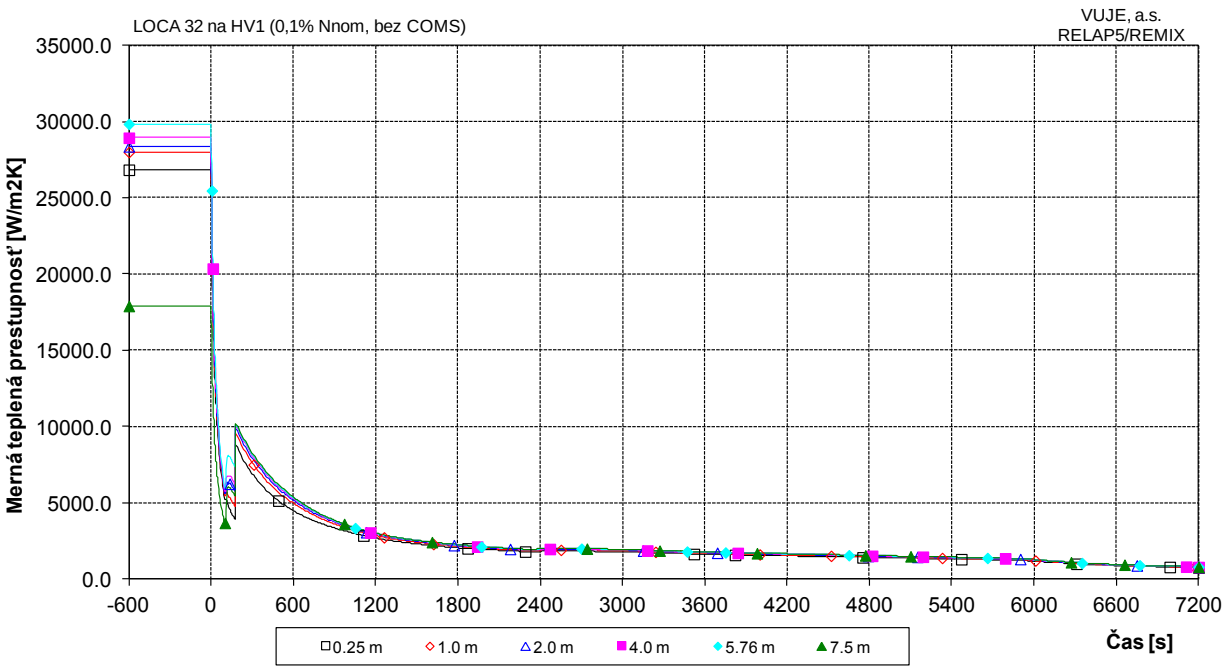
Obr. 7.2.1.10.1-A3-22: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.



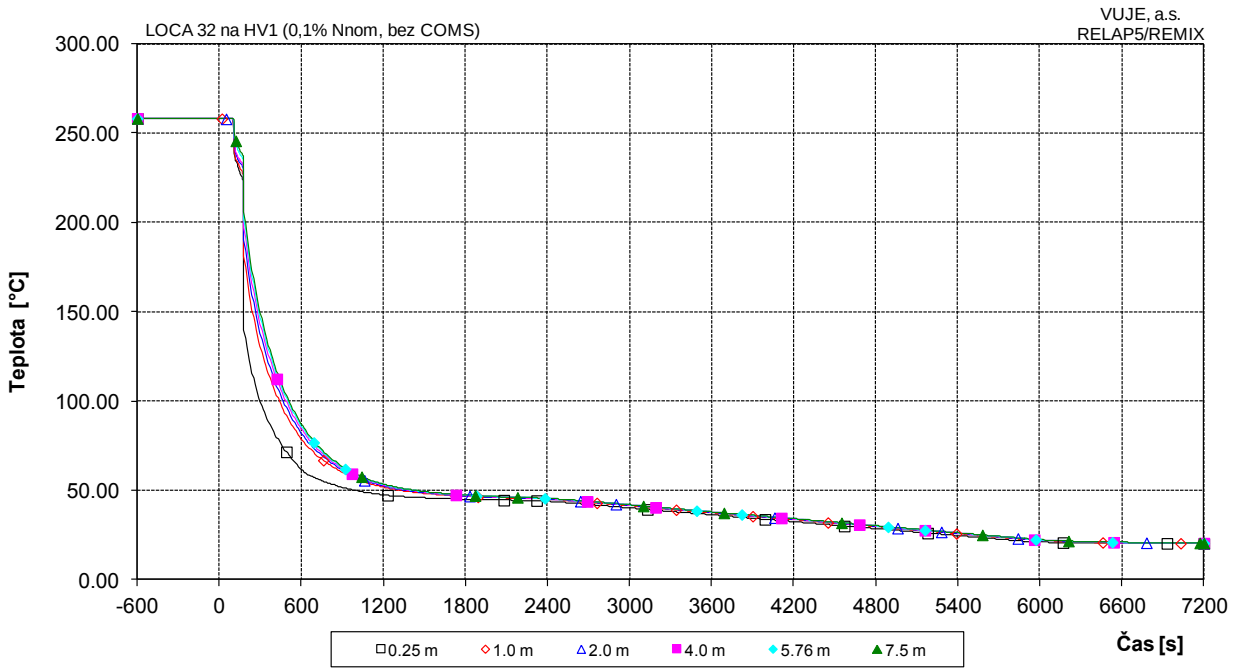
Obr. 7.2.1.10.1-A3-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2



Obr. 7.2.1.10.1-A3-24: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2

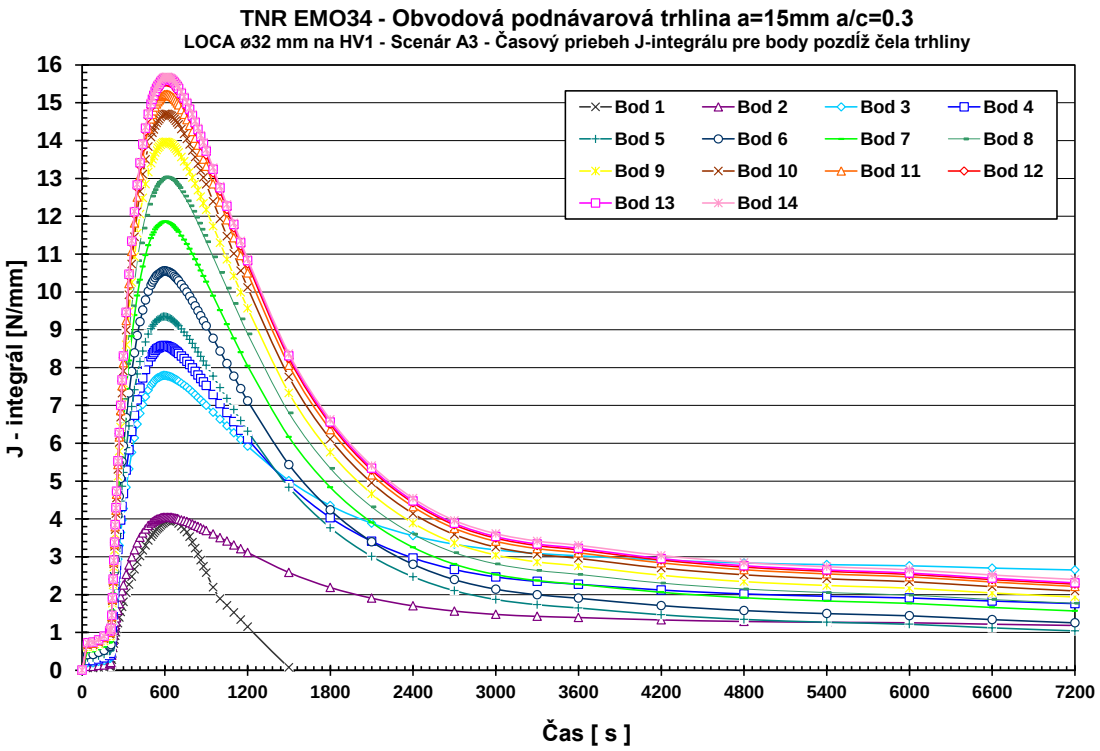


Obr. 7.2.1.10.1-A3-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5

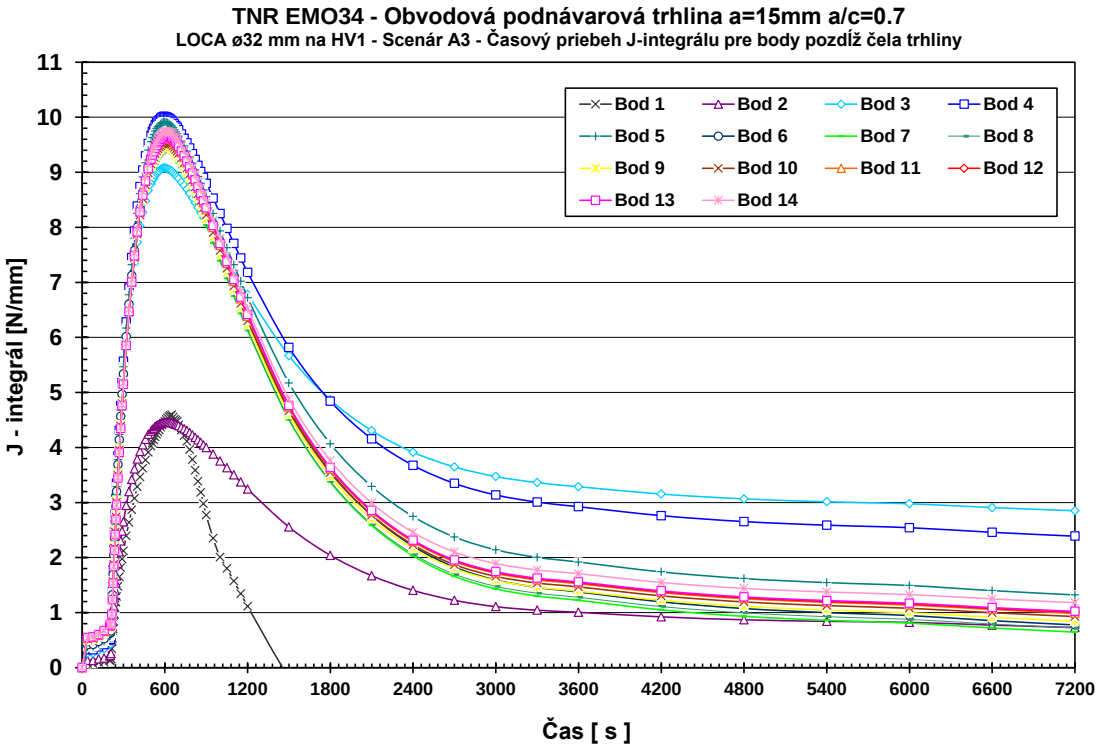


Obr. 7.2.1.10.1-A3-26: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5

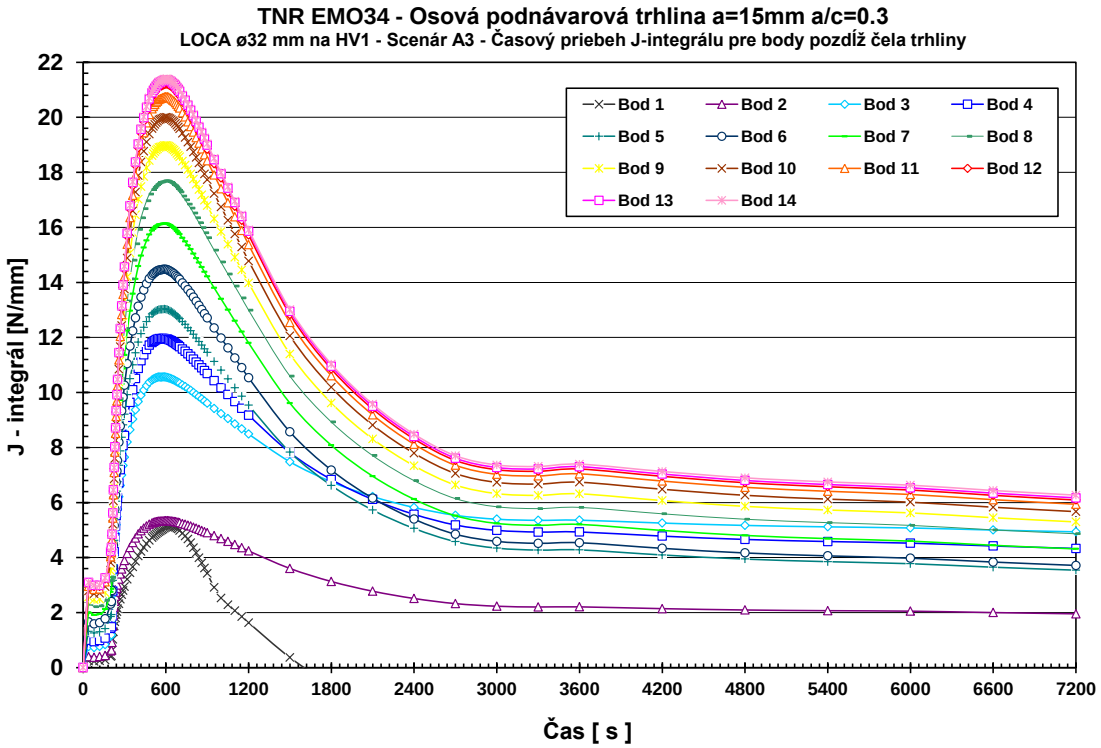
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



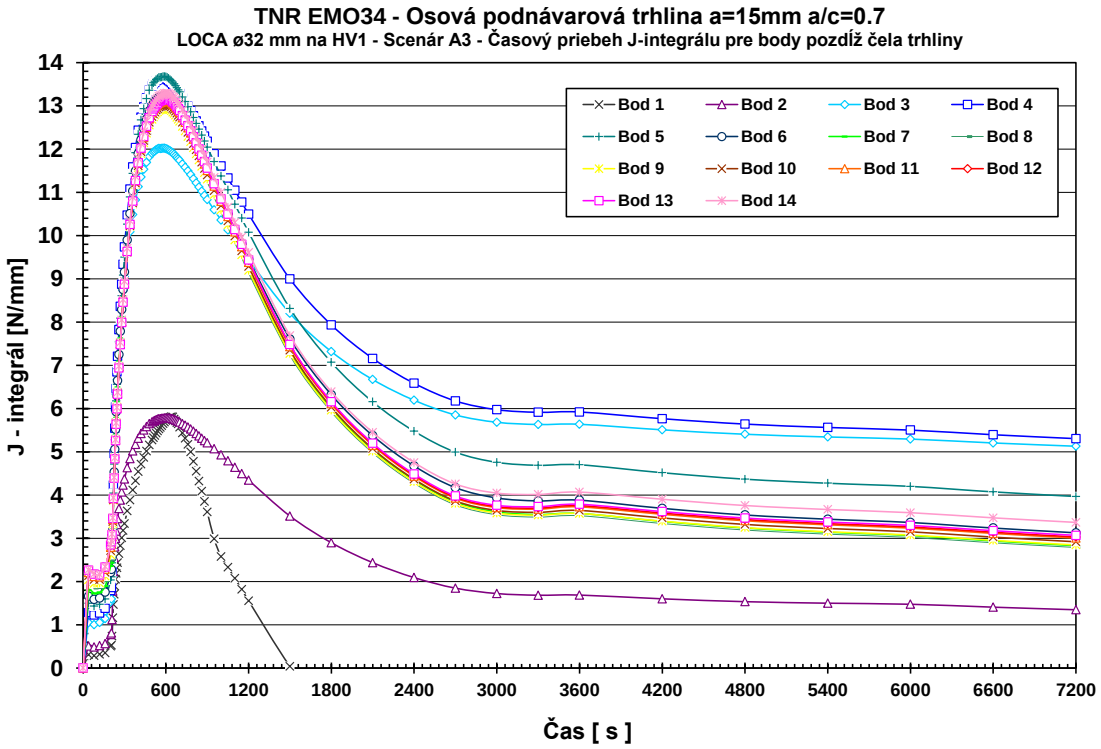
Obr. 7.2.1.10.1-A3-27: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



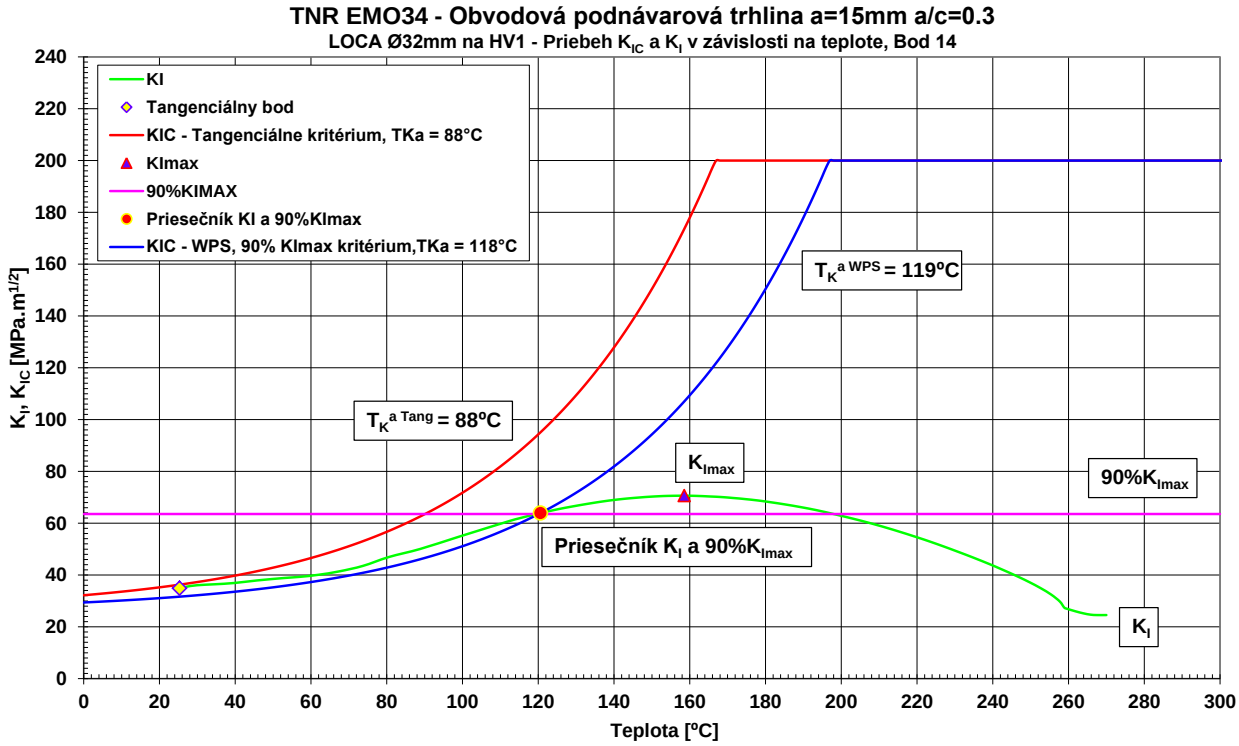
Obr. 7.2.1.10.1-A3-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



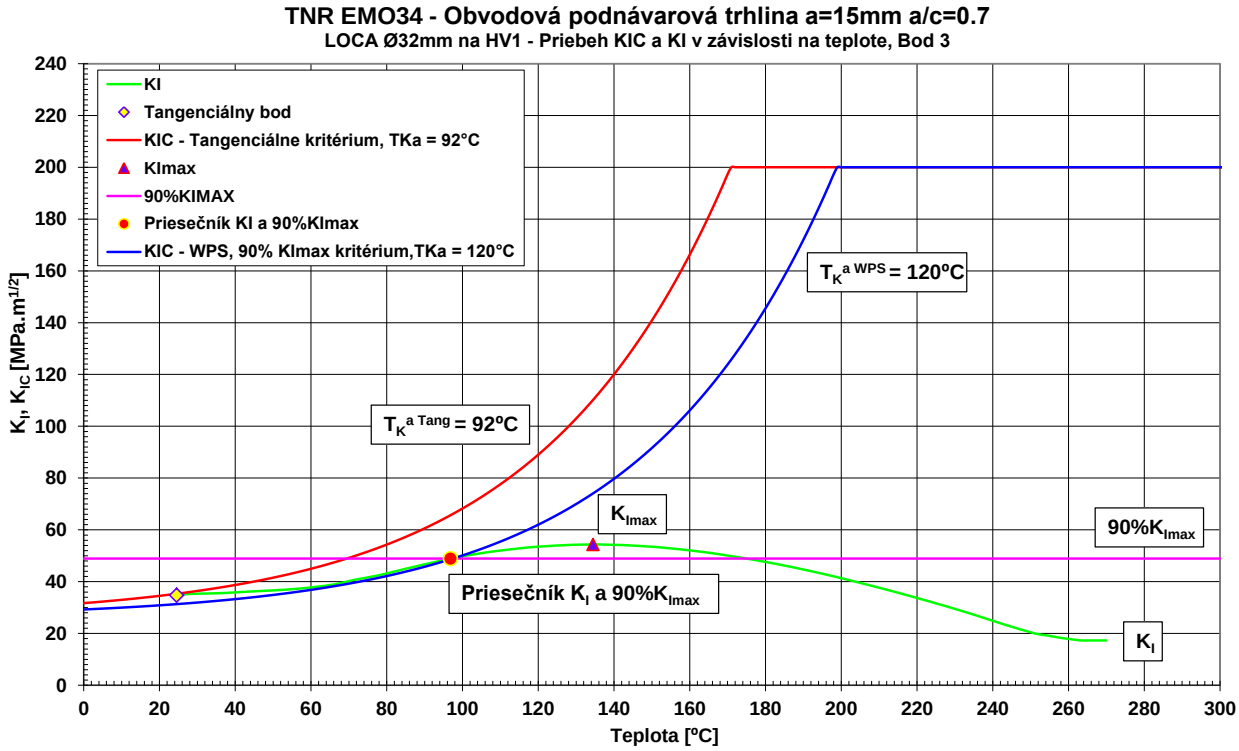
Obr. 7.2.1.10.1-A3-29: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



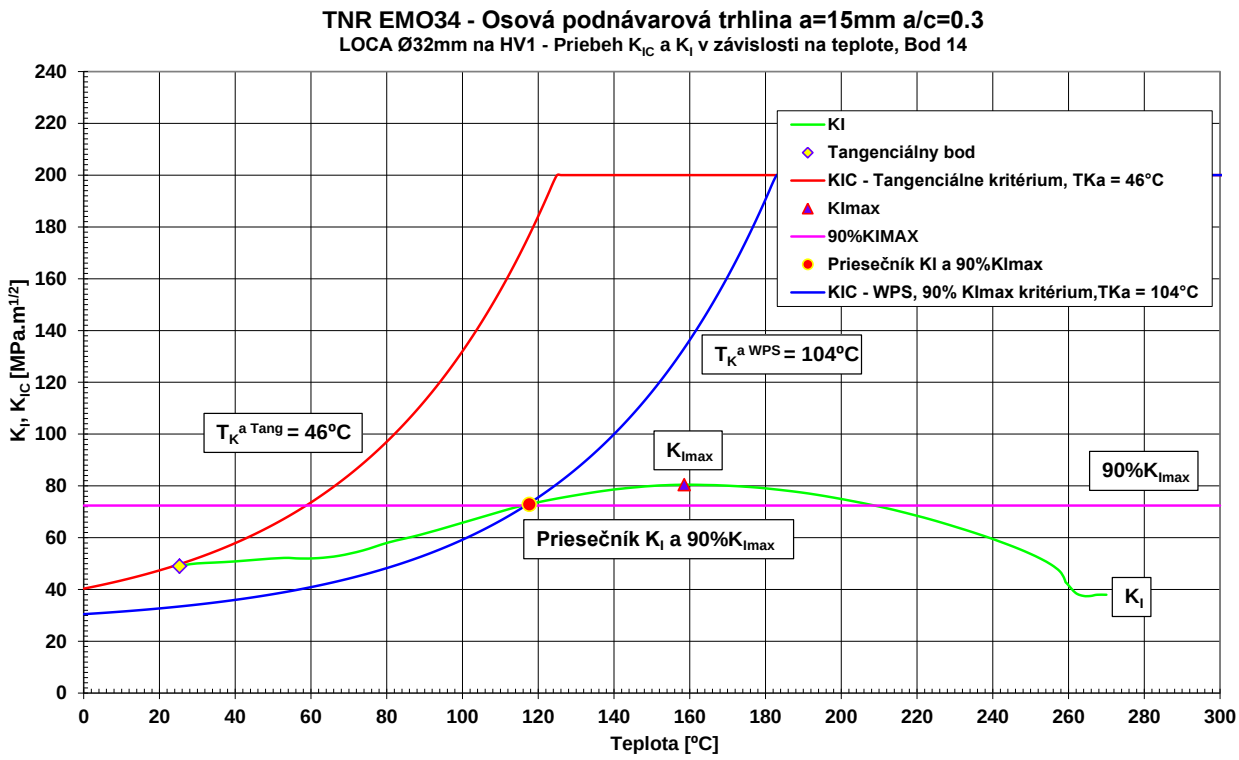
Obr. 7.2.1.10.1-A3-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



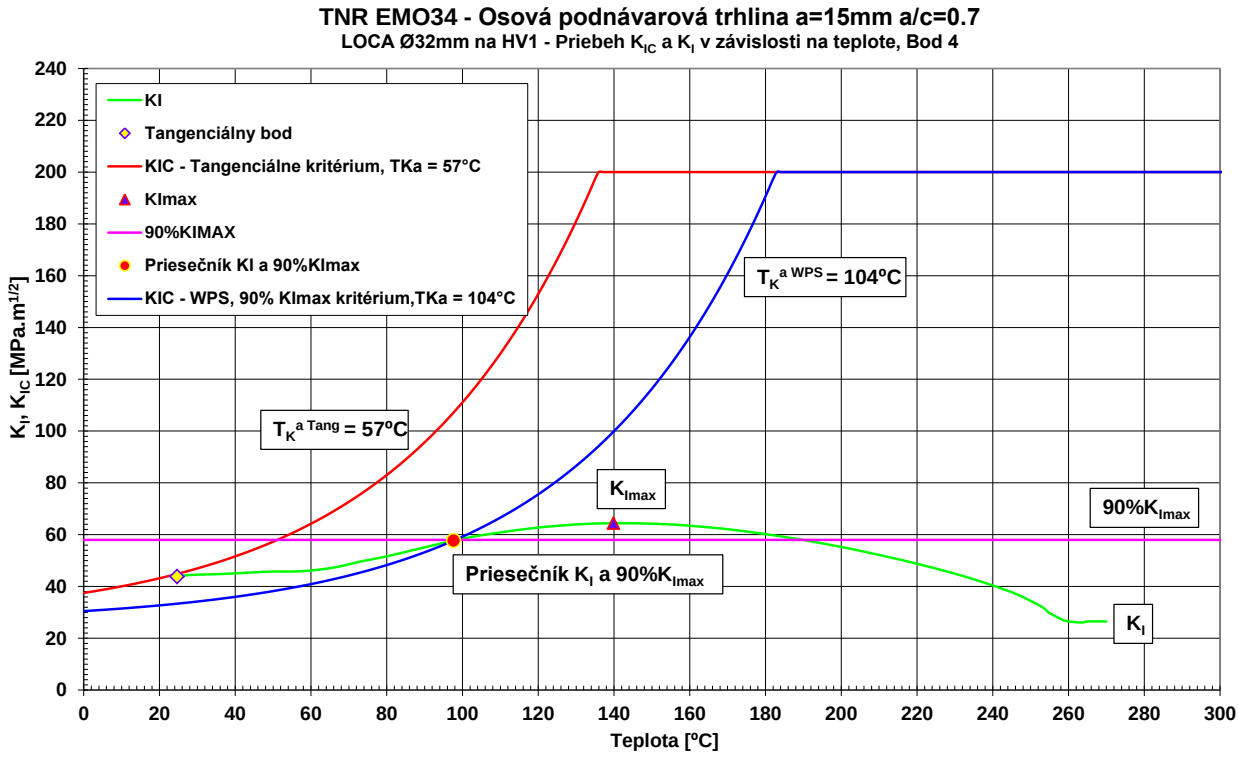
Obr. 7.2.1.10.1-A3-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-A3-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

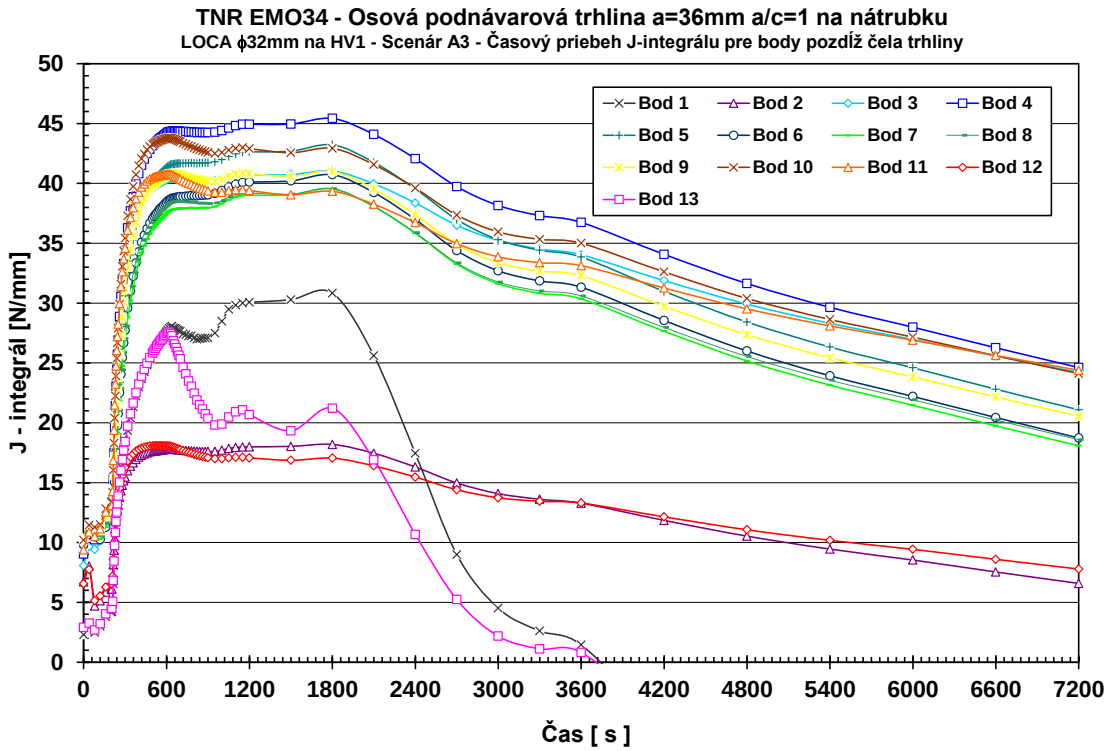


Obr. 7.2.1.10.1-A3-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

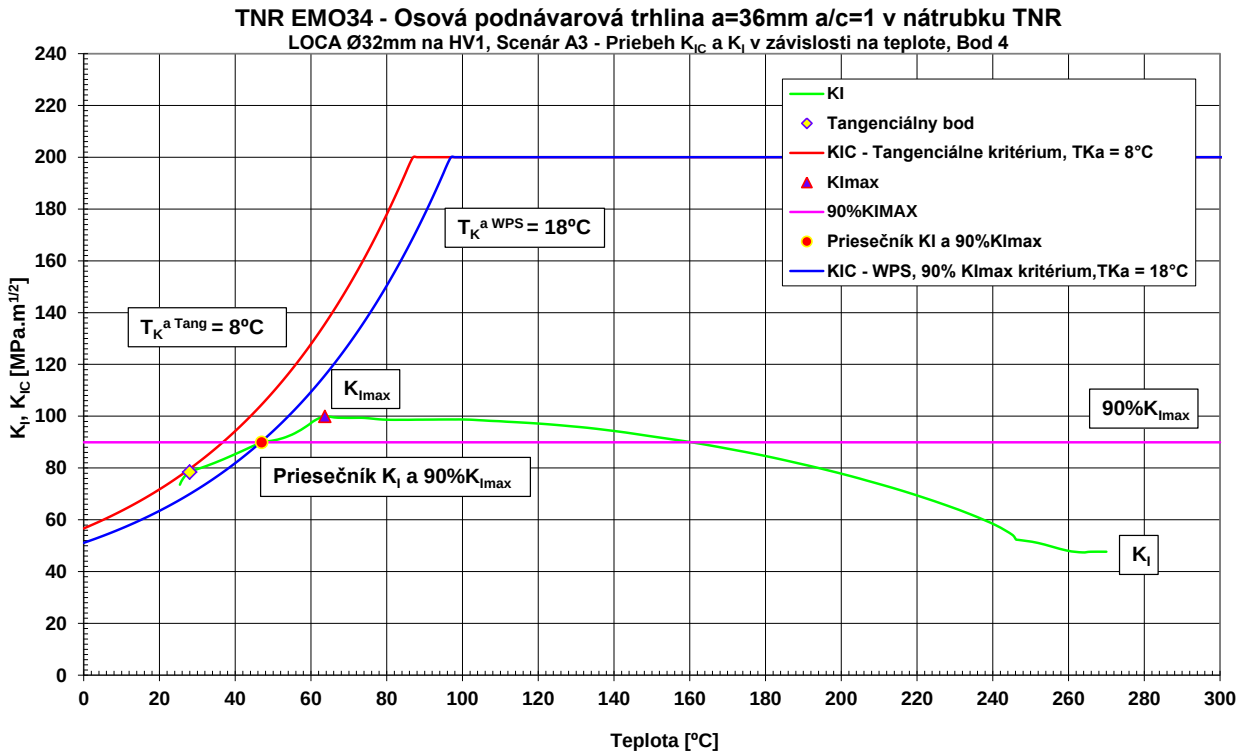


Obr. 7.2.1.10.1-A3-34: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A3-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A3-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

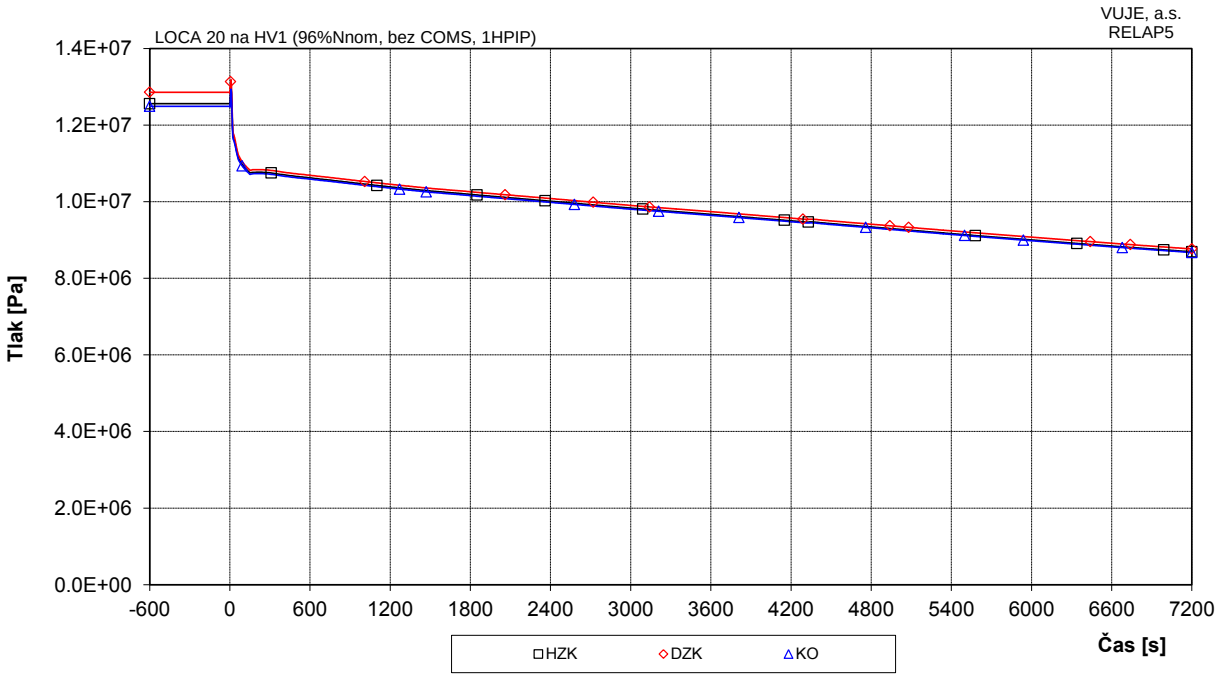
Príloha č. 04

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

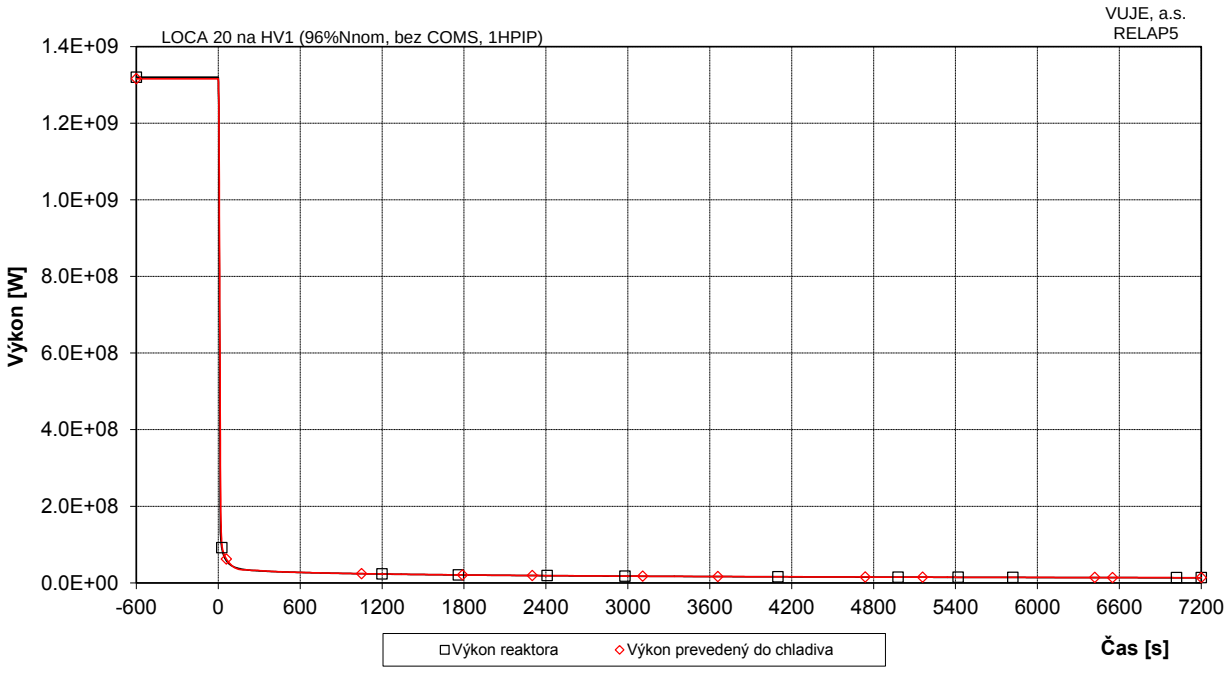
Scenár A4 LOCA ø20 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

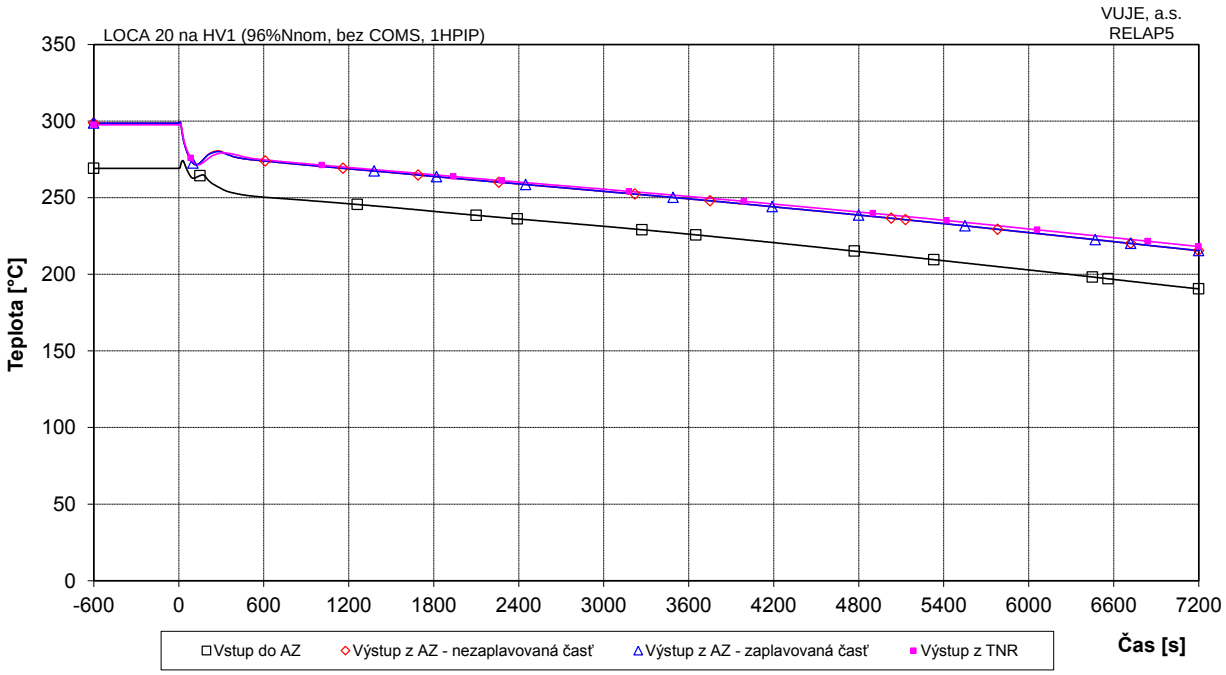
Obr. 7.2.1.10.1-A4-1: Tlak v I.O 2
Obr. 7.2.1.10.1-A4-2: Výkon reaktora 2
Obr. 7.2.1.10.1-A4-3: Teplota chladiva v TNR 3
Obr. 7.2.1.10.1-A4-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR 3
Obr. 7.2.1.10.1-A4-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR 4
Obr. 7.2.1.10.1-A4-6: Celkový výkon EOKO 4
Obr. 7.2.1.10.1-A4-7: Celková hladina v KO 5
Obr. 7.2.1.10.1-A4-8: Hladina chladiva v TNR 5
Obr. 7.2.1.10.1-A4-9: Hmotnostný prietok cez reaktor 6
Obr. 7.2.1.10.1-A4-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR 6
Obr. 7.2.1.10.1-A4-11: Doplňovanie do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.1-A4-12: Integrál doplňovania do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.1-A4-13: Výkon PG 8
Obr. 7.2.1.10.1-A4-14: Hmotnosť chladiva v I.O. 8
Obr. 7.2.1.10.1-A4-15: Tlak na výstupe z PG 9
Obr. 7.2.1.10.1-A4-16: Tlak v HPK 9
Obr. 7.2.1.10.1-A4-17: Celková hladina v PG 10
Obr. 7.2.1.10.1-A4-18: Celkový prietok napájacej vody do PG 10
Obr. 7.2.1.10.1-A4-19: Prietok pary z PG 11
Obr. 7.2.1.10.1-A4-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch 11
Obr. 7.2.1.10.1-A4-21: Prietok pary do TG 12
Obr. 7.2.1.10.1-A4-22: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. 12
Obr. 7.2.1.10.1-A4-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS 2 13
Obr. 7.2.1.10.1-A4-24: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS 2 13
Obr. 7.2.1.10.1-A4-25: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 14
Obr. 7.2.1.10.1-A4-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 14
Obr. 7.2.1.10.1-A4-27: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 15
Obr. 7.2.1.10.1-A4-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 15
Obr. 7.2.1.10.1-A4-29: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 16
Obr. 7.2.1.10.1-A4-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 16
Obr. 7.2.1.10.1-A4-31: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 17
Obr. 7.2.1.10.1-A4-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 17
Obr. 7.2.1.10.1-A4-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR 18
Obr. 7.2.1.10.1-A4-34: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 18



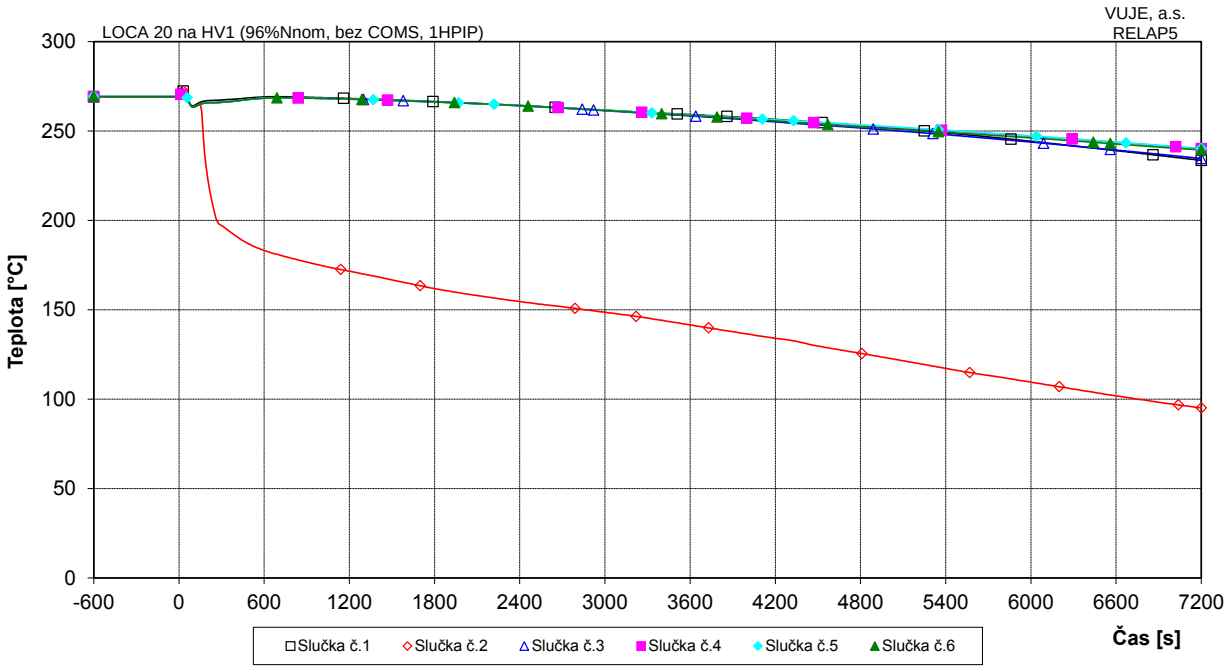
Obr. 7.2.1.10.1-A4-1: Tlak v I.O



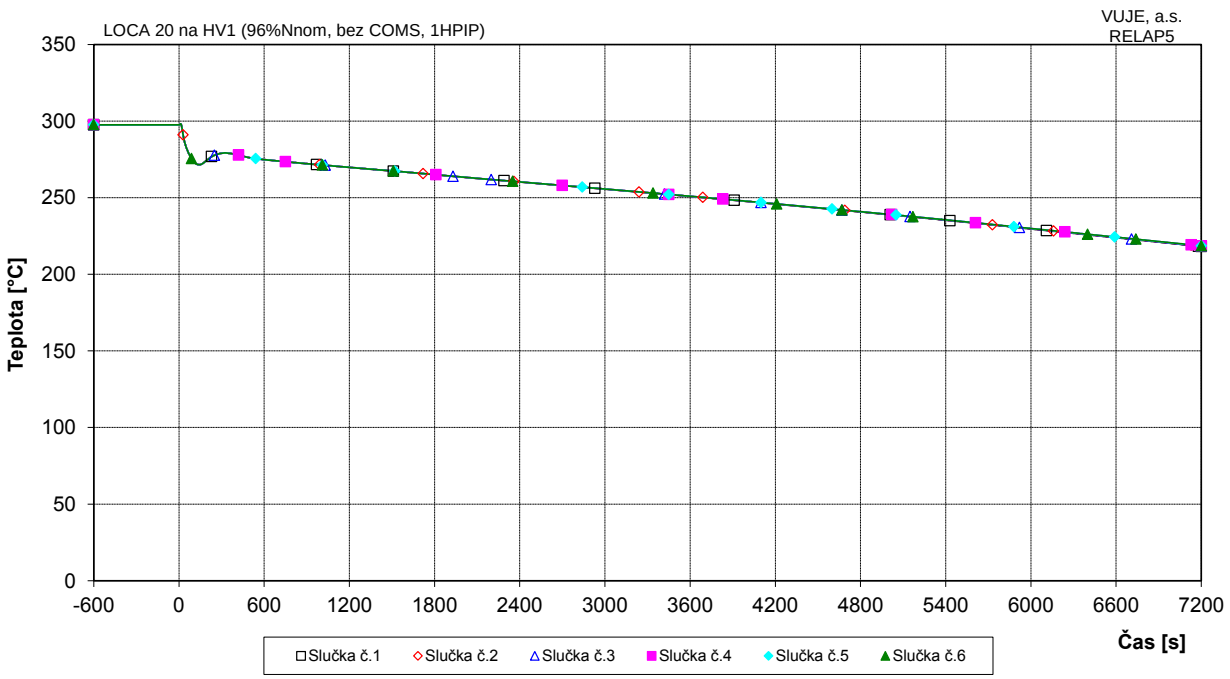
Obr. 7.2.1.10.1-A4-2: Výkon reaktora



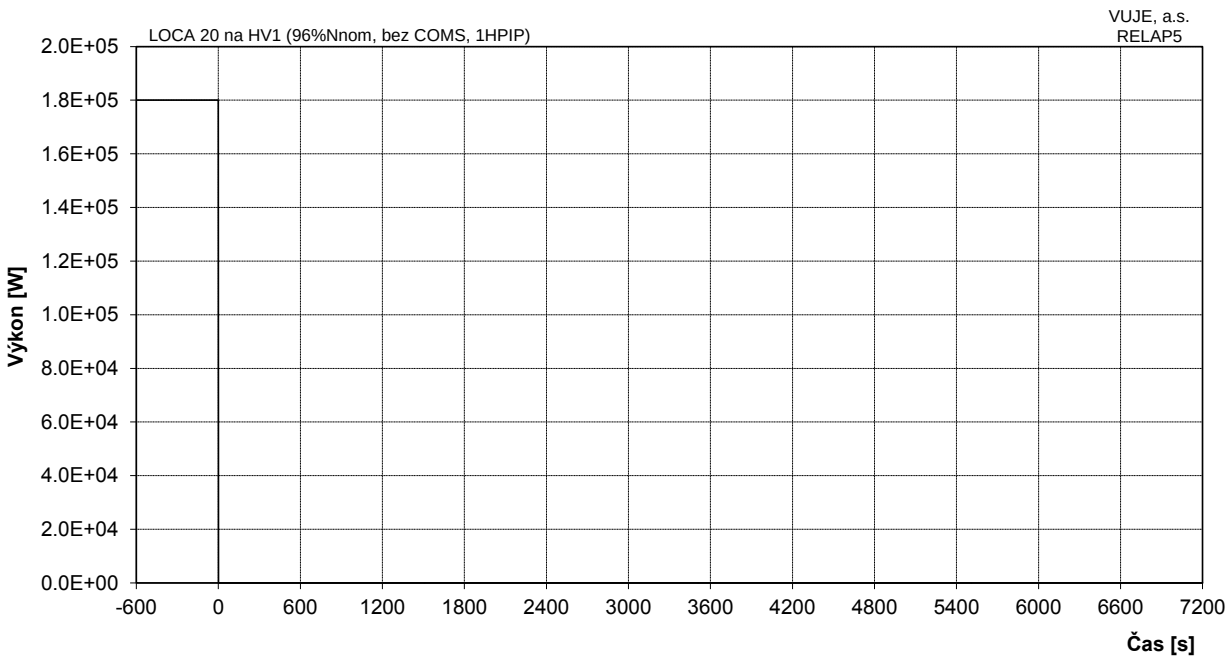
Obr. 7.2.1.10.1-A4-3: Teplota chladiva v TNR



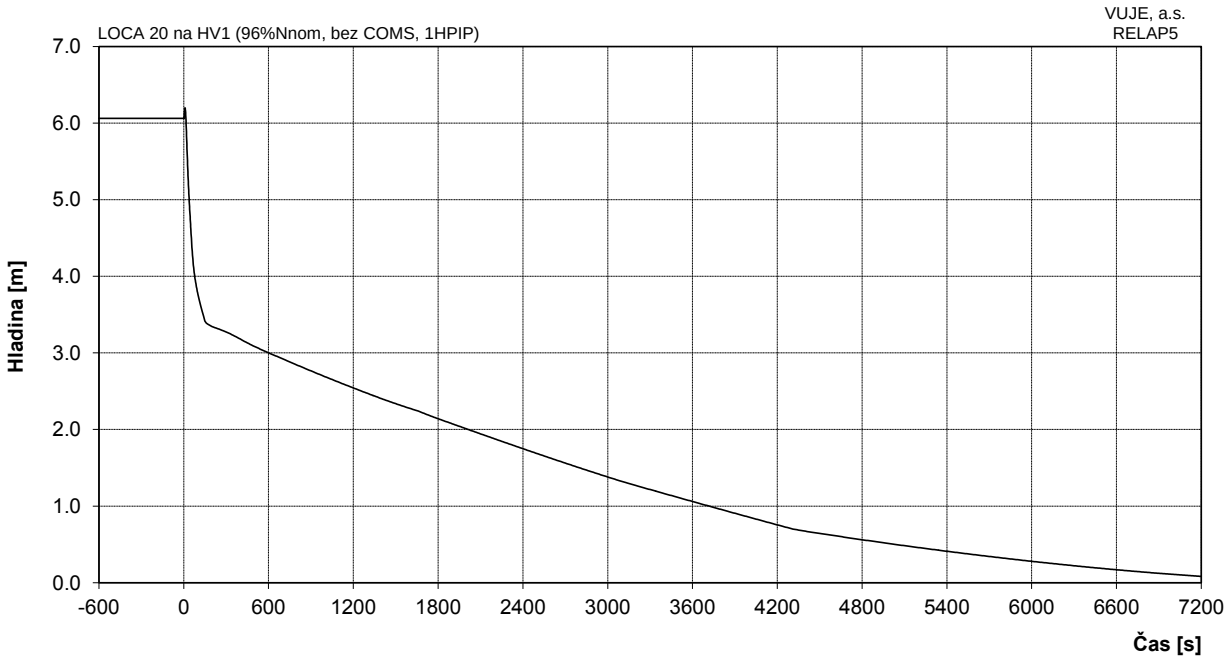
Obr. 7.2.1.10.1-A4-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



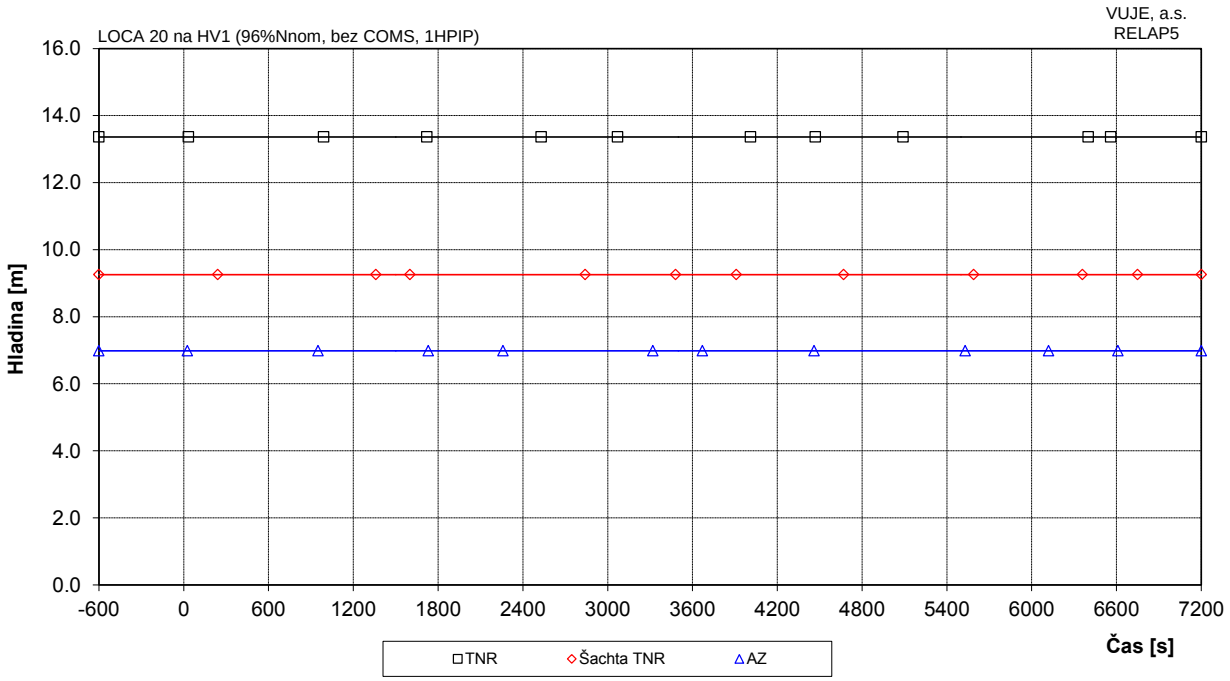
Obr. 7.2.1.10.1-A4-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



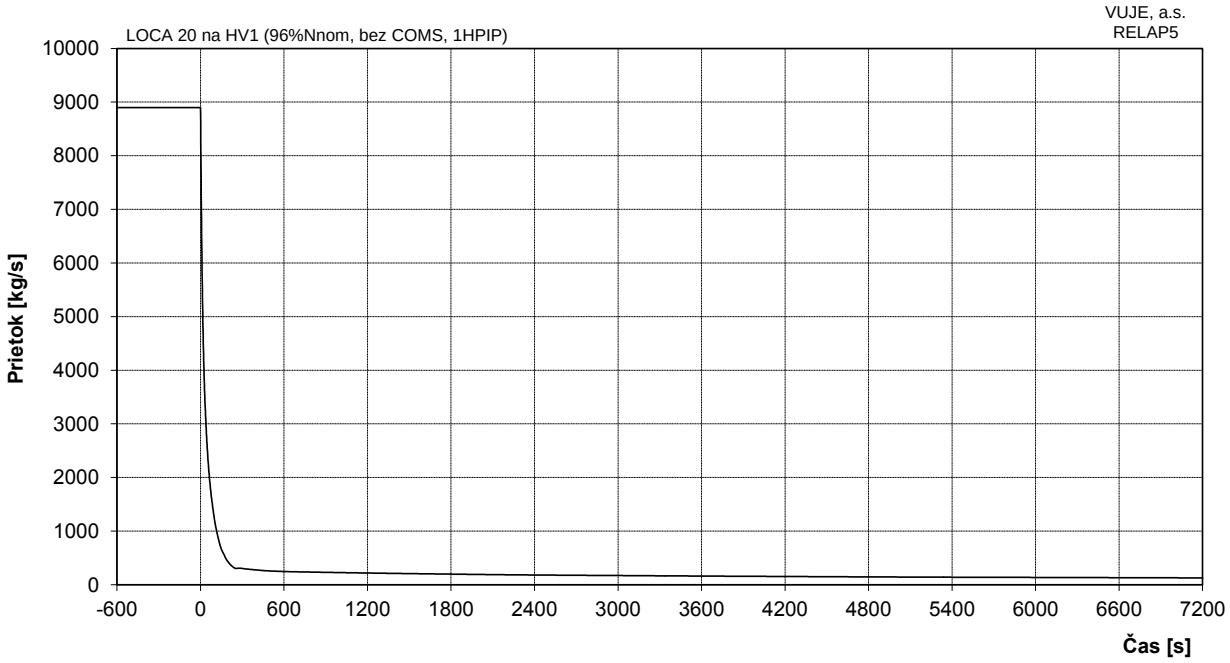
Obr. 7.2.1.10.1-A4-6: Celkový výkon EOKO



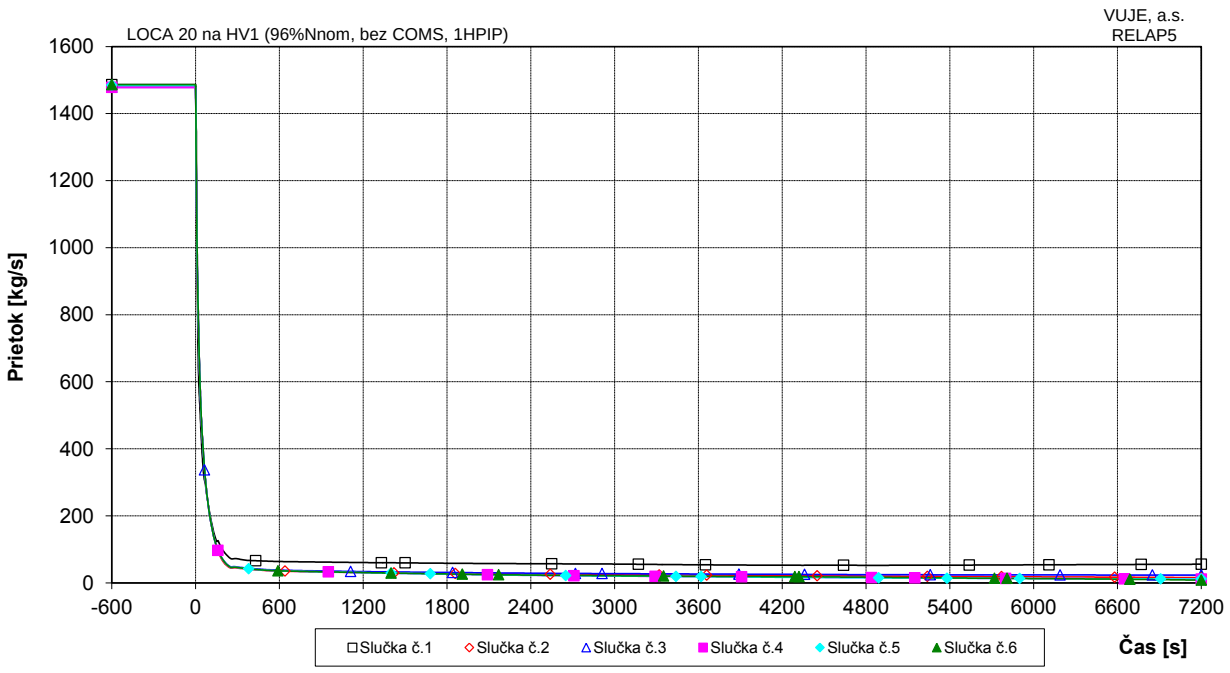
Obr. 7.2.1.10.1-A4-7: Celková hladina v KO



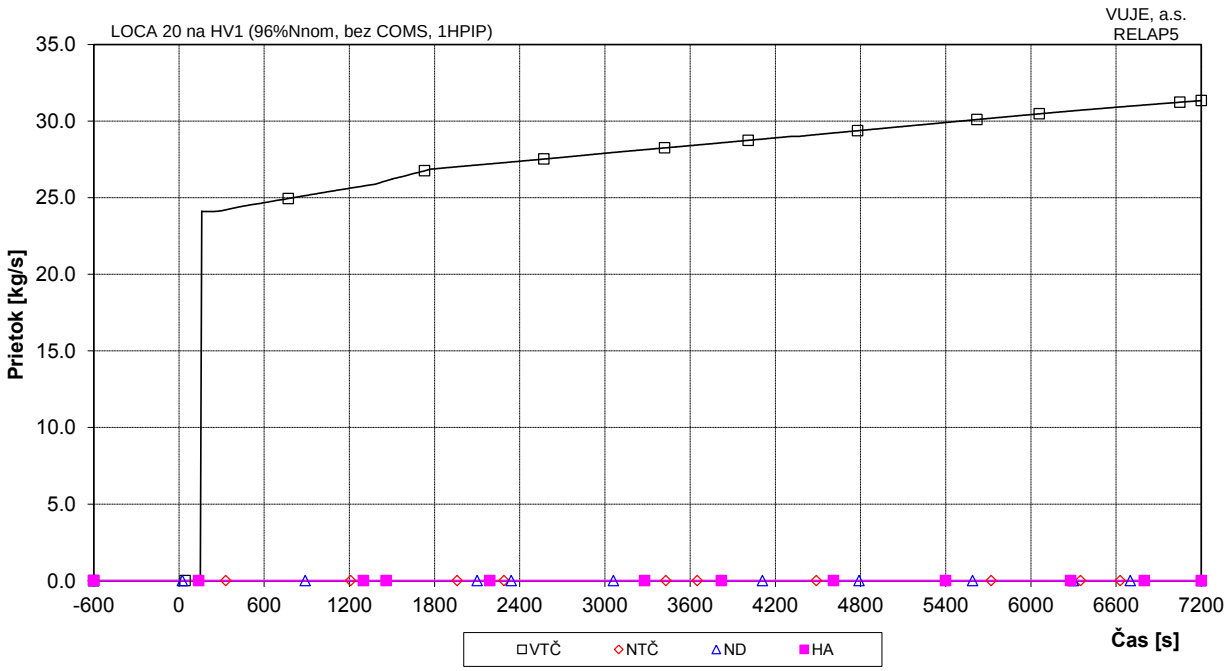
Obr. 7.2.1.10.1-A4-8: Hladina chladiva v TNR



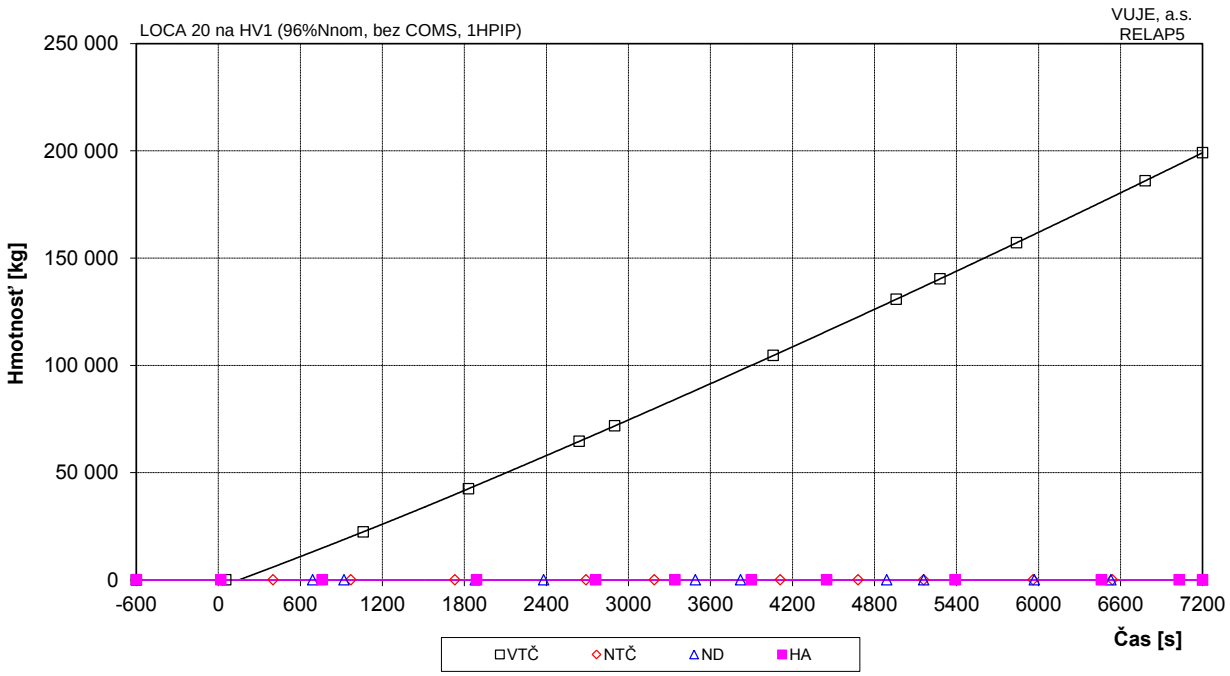
Obr. 7.2.1.10.1-A4-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



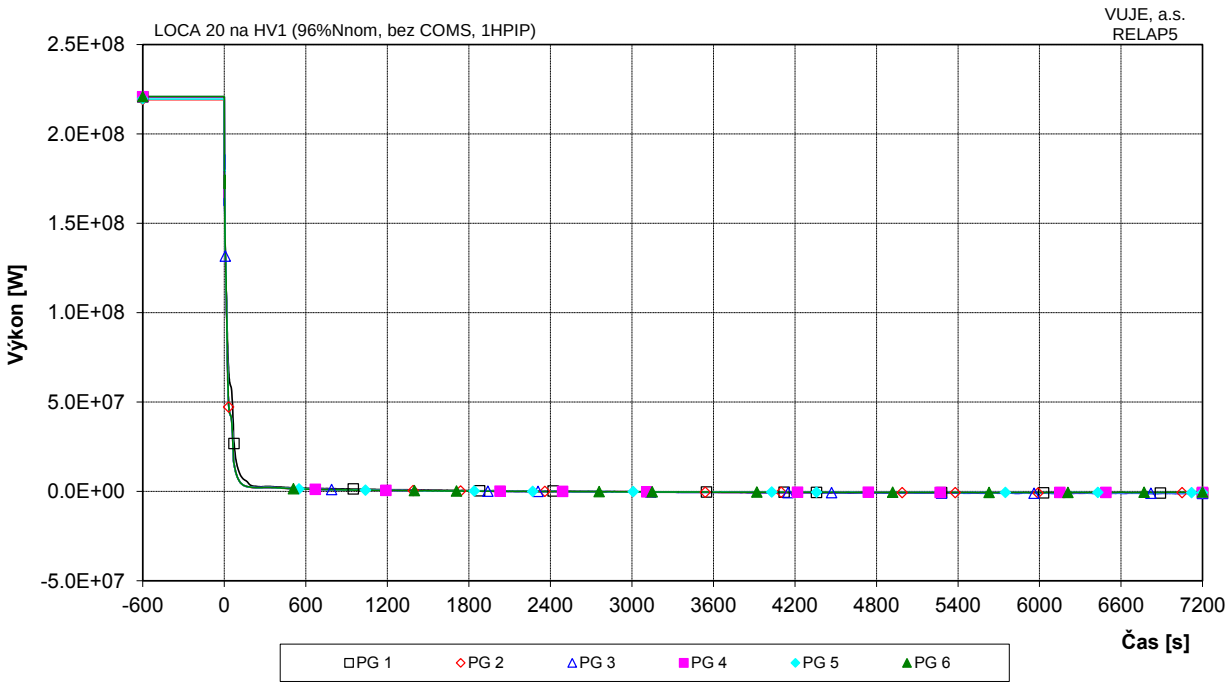
Obr. 7.2.1.10.1-A4-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



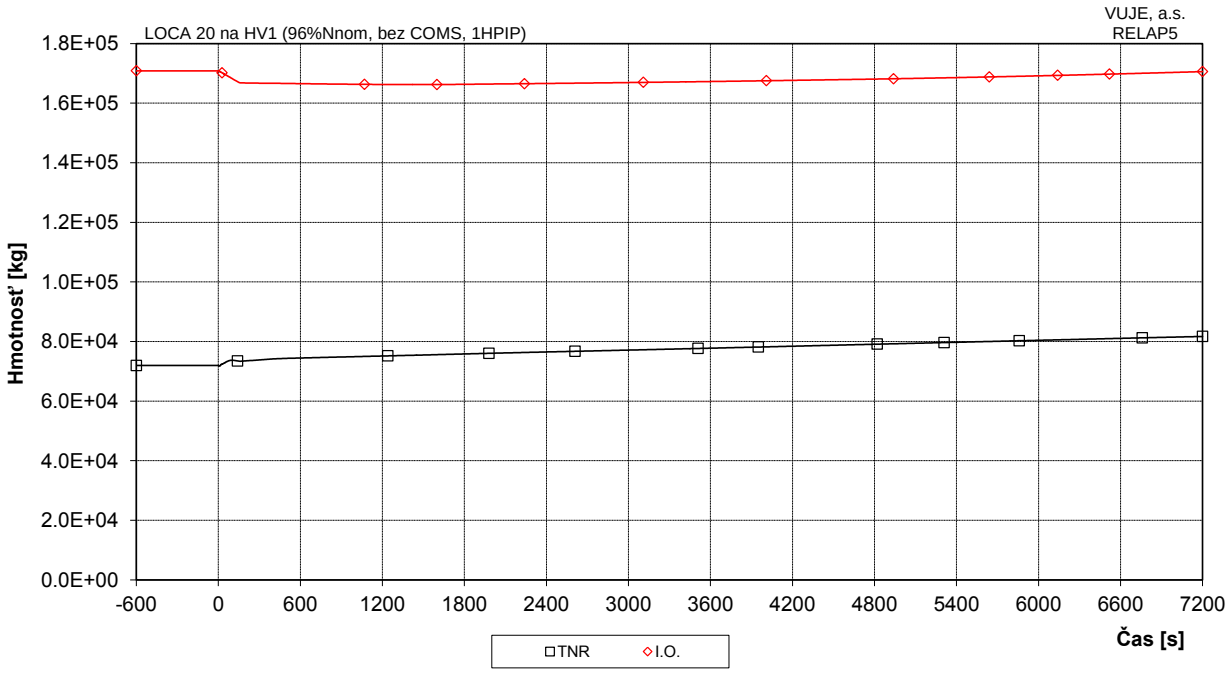
Obr. 7.2.1.10.1-A4-11: Doplňovanie do I.O.



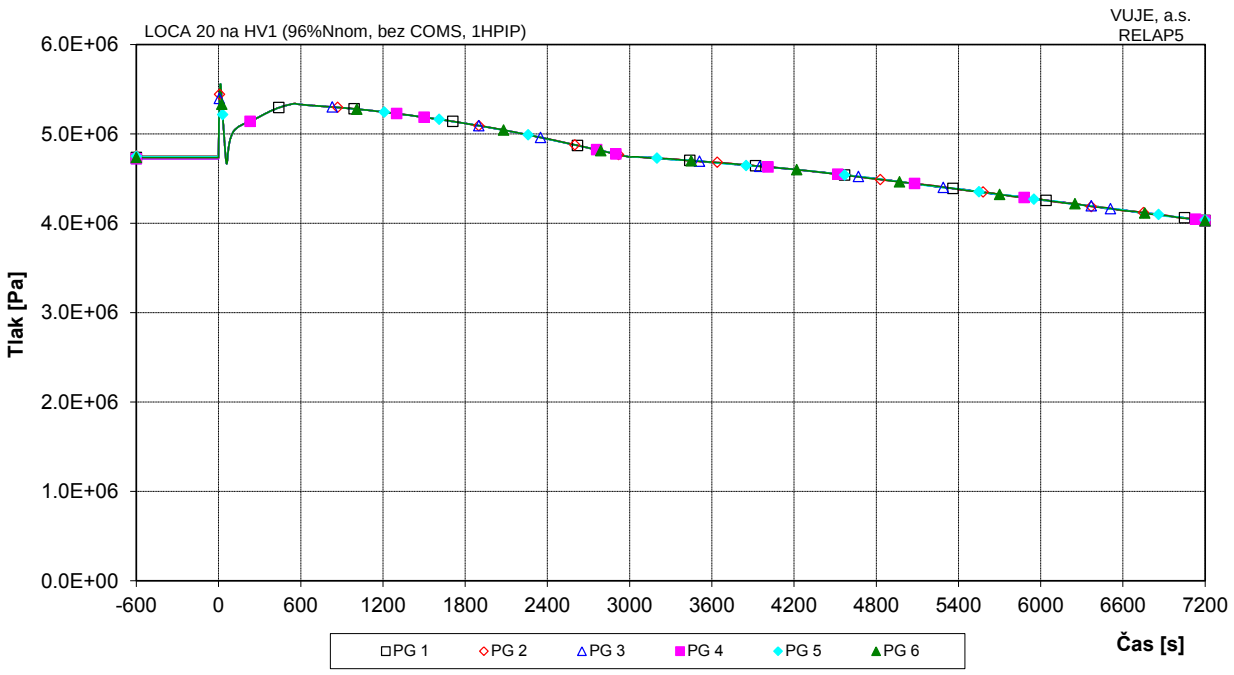
Obr. 7.2.1.10.1-A4-12: Integrál doplňovania do I.O.



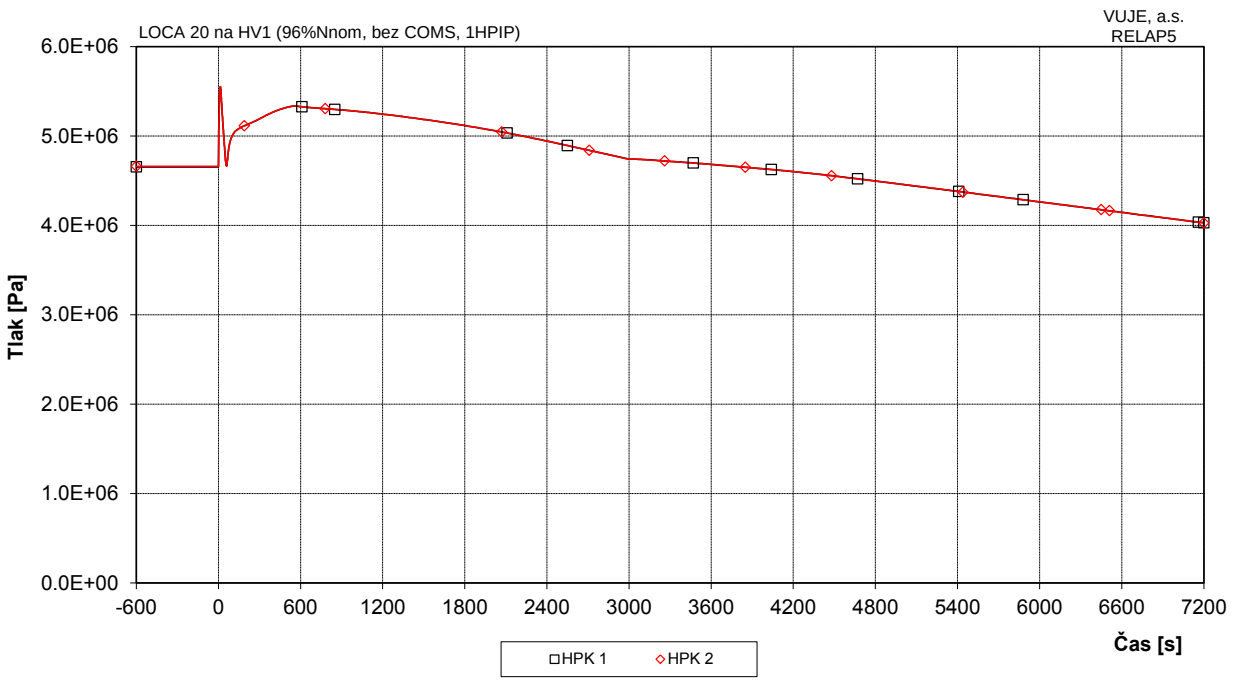
Obr. 7.2.1.10.1-A4-13: Výkon PG



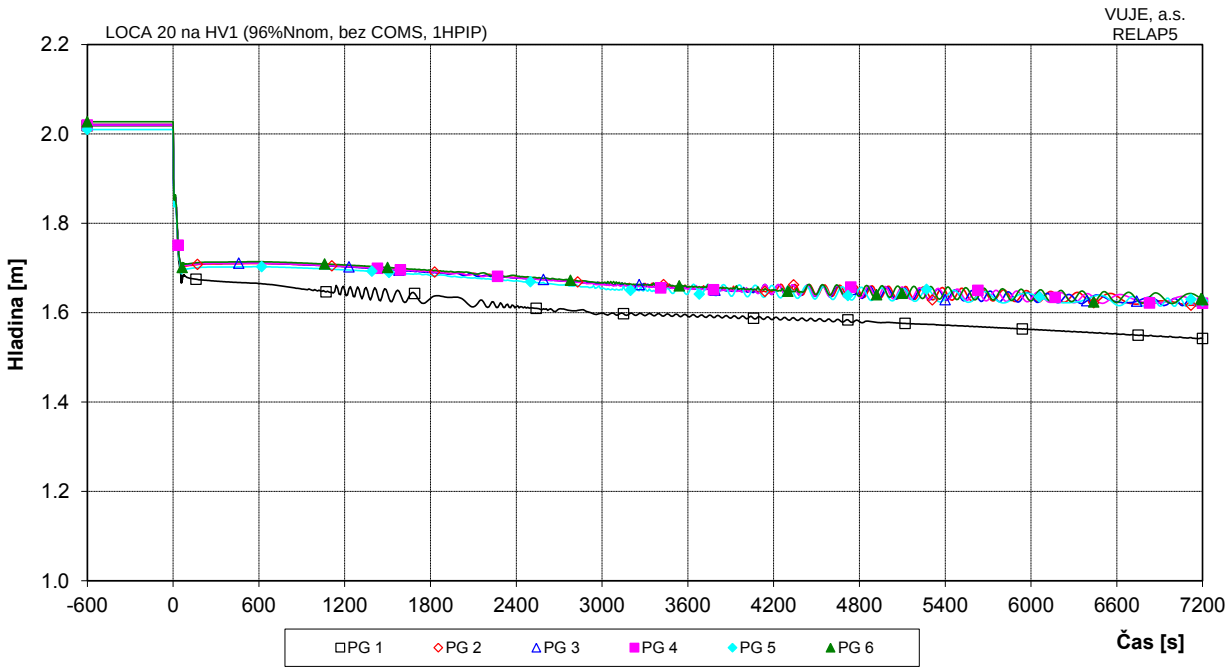
Obr. 7.2.1.10.1-A4-14: Hmotnosť chladiva v I.O.



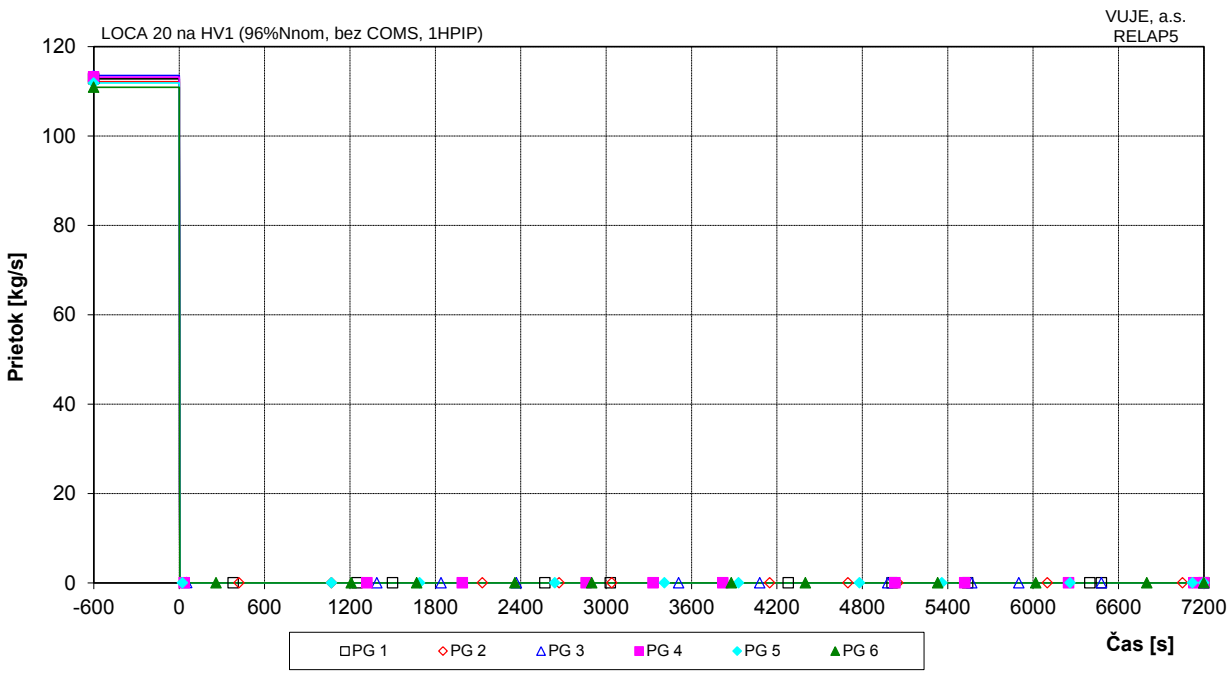
Obr. 7.2.1.10.1-A4-15: Tlak na výstupe z PG



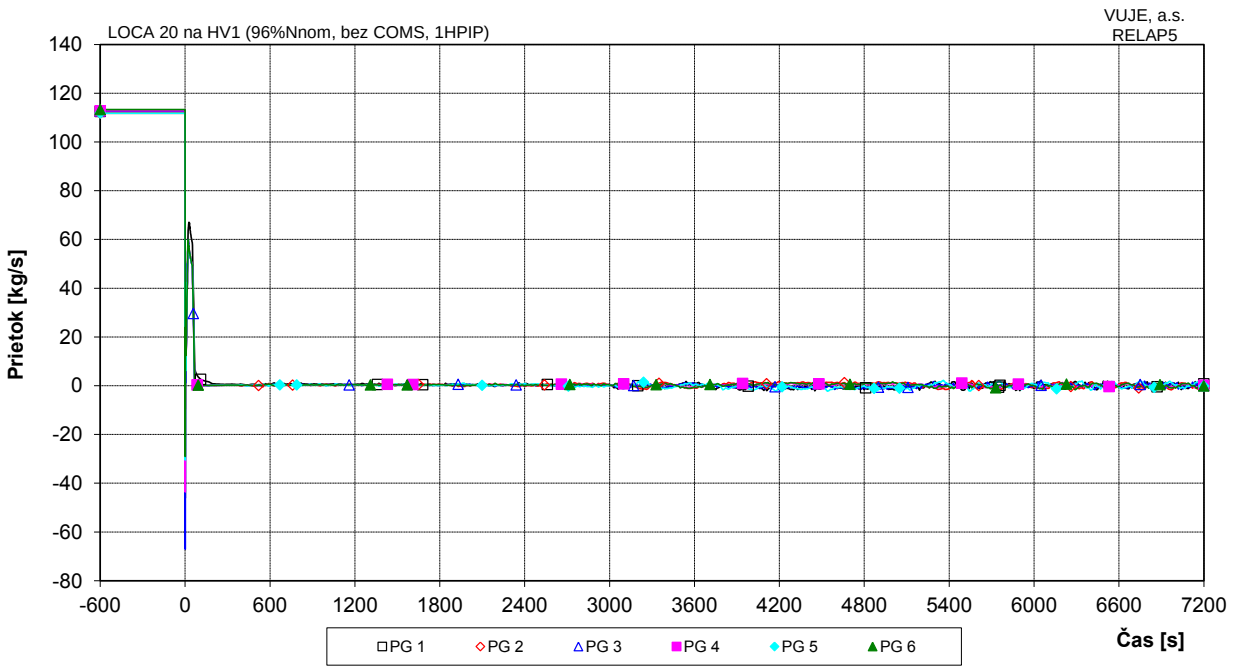
Obr. 7.2.1.10.1-A4-16: Tlak v HPK



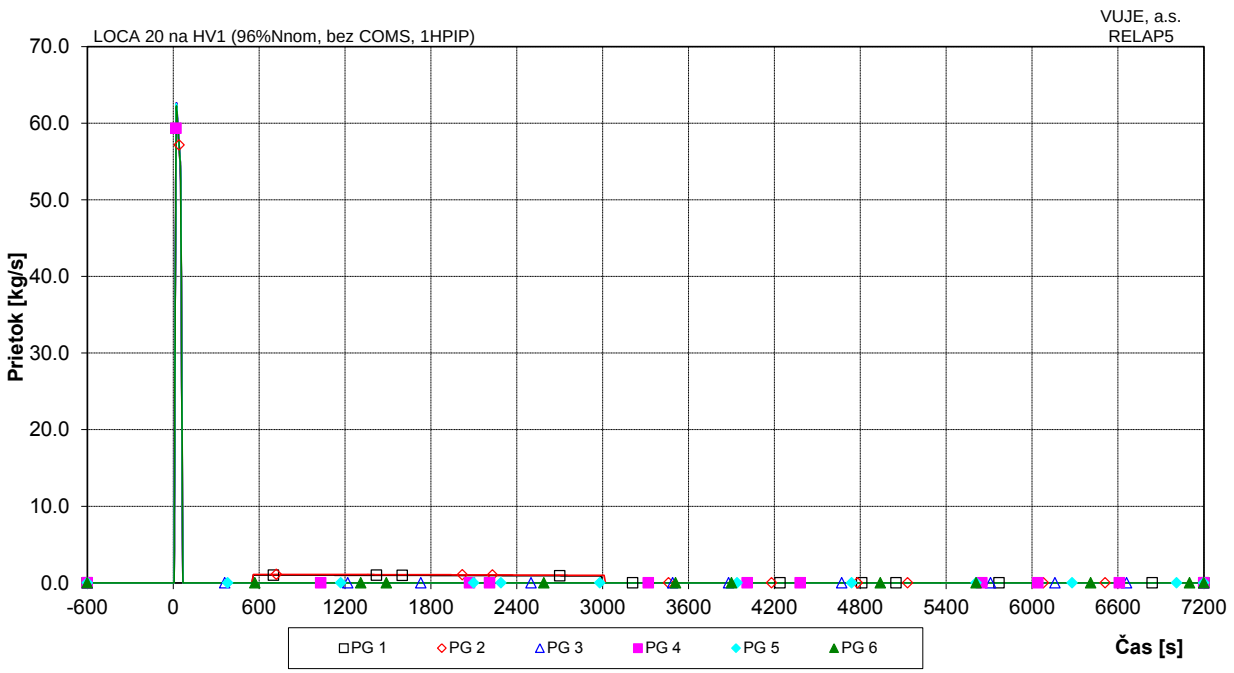
Obr. 7.2.1.10.1-A4-17: Celková hladina v PG



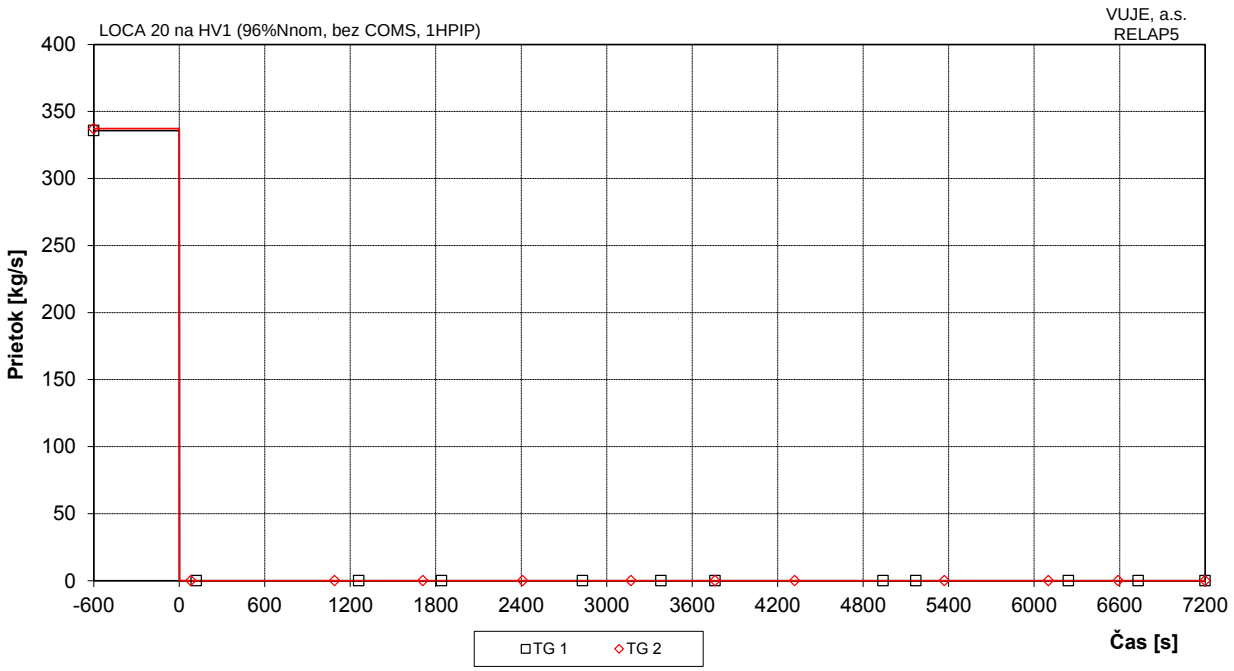
Obr. 7.2.1.10.1-A4-18: Celkový prietok napájacej vody do PG



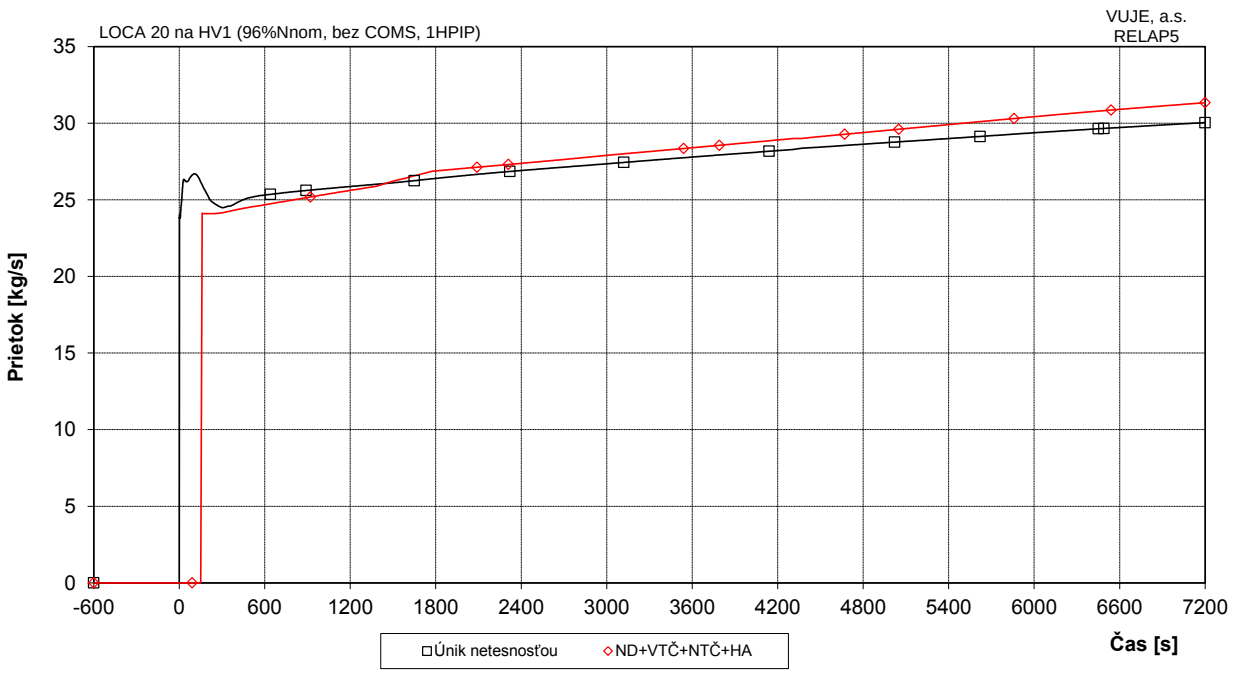
Obr. 7.2.1.10.1-A4-19: Prietok pary z PG



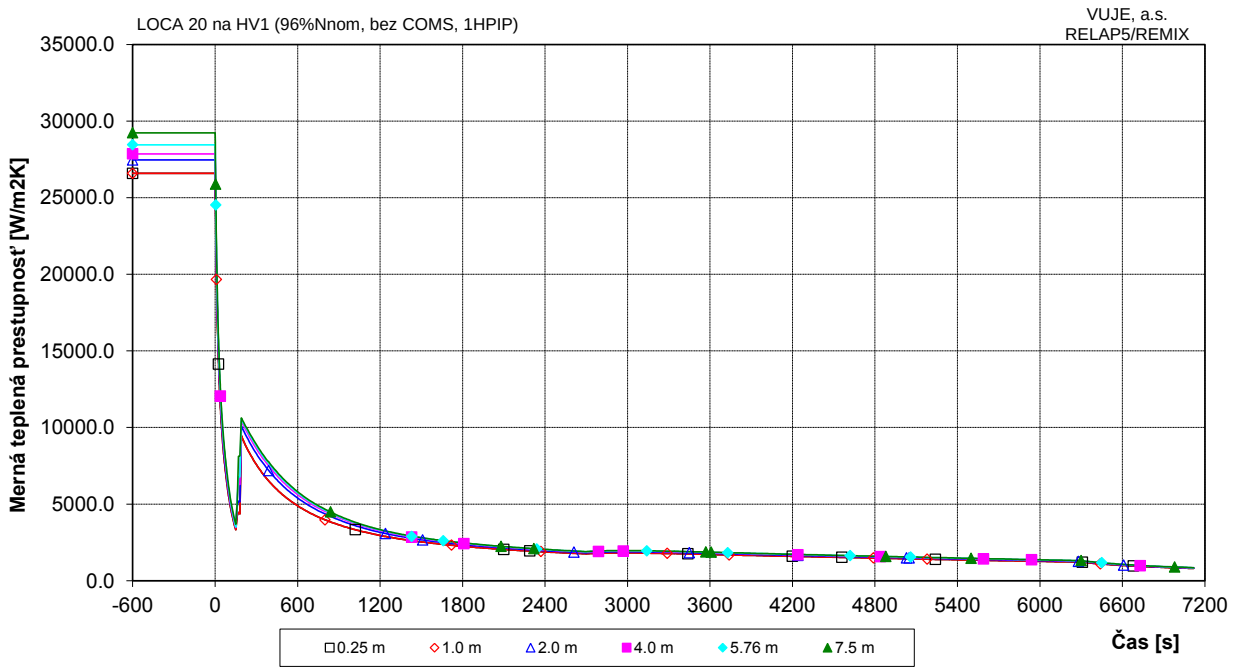
Obr. 7.2.1.10.1-A4-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



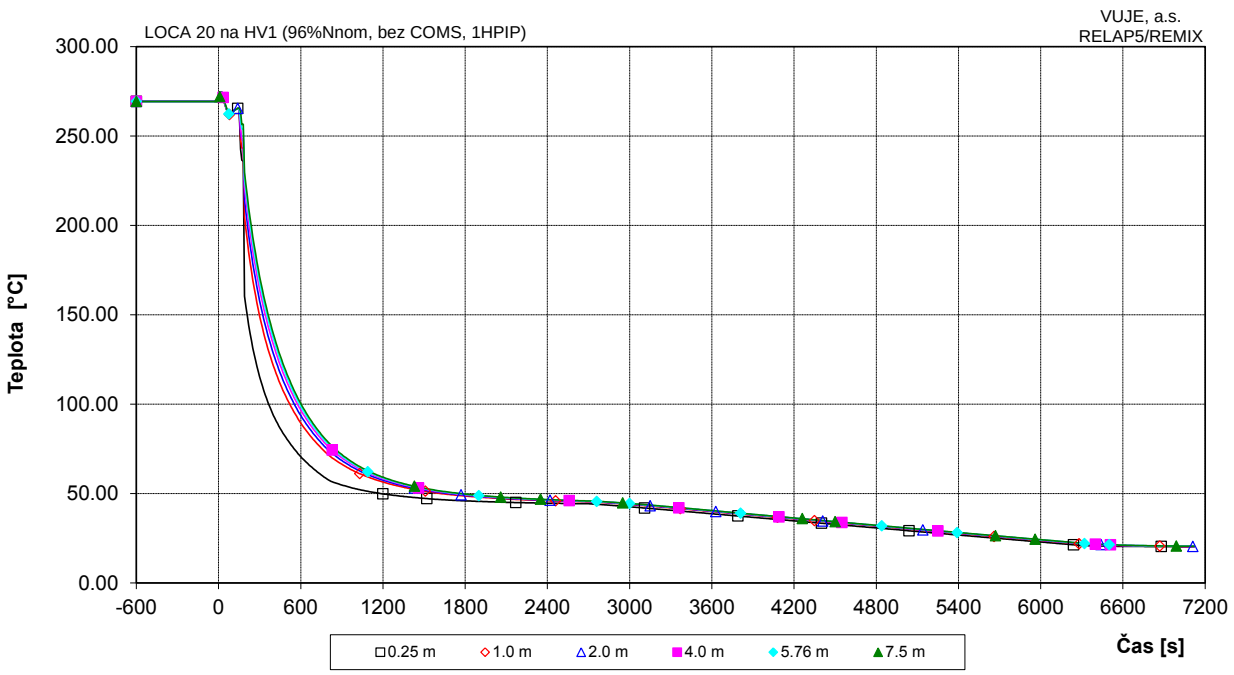
Obr. 7.2.1.10.1-A4-21: Prietok pary do TG



Obr. 7.2.1.10.1-A4-22: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.

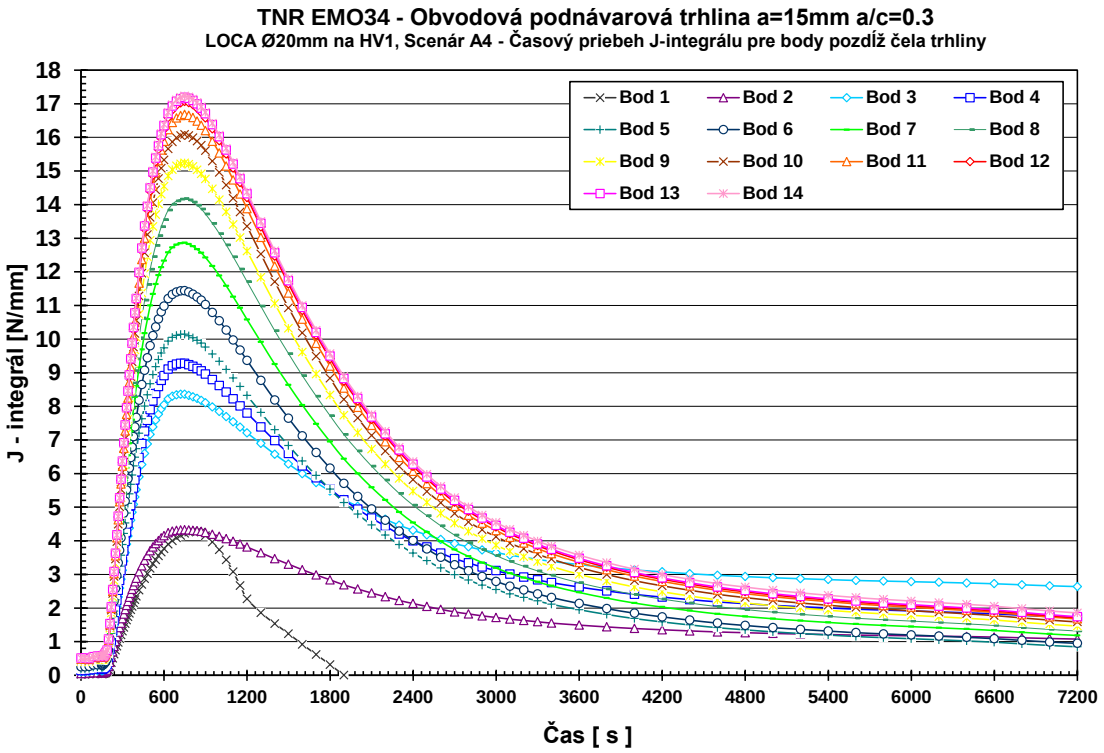


Obr. 7.2.1.10.1-A4-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS 2

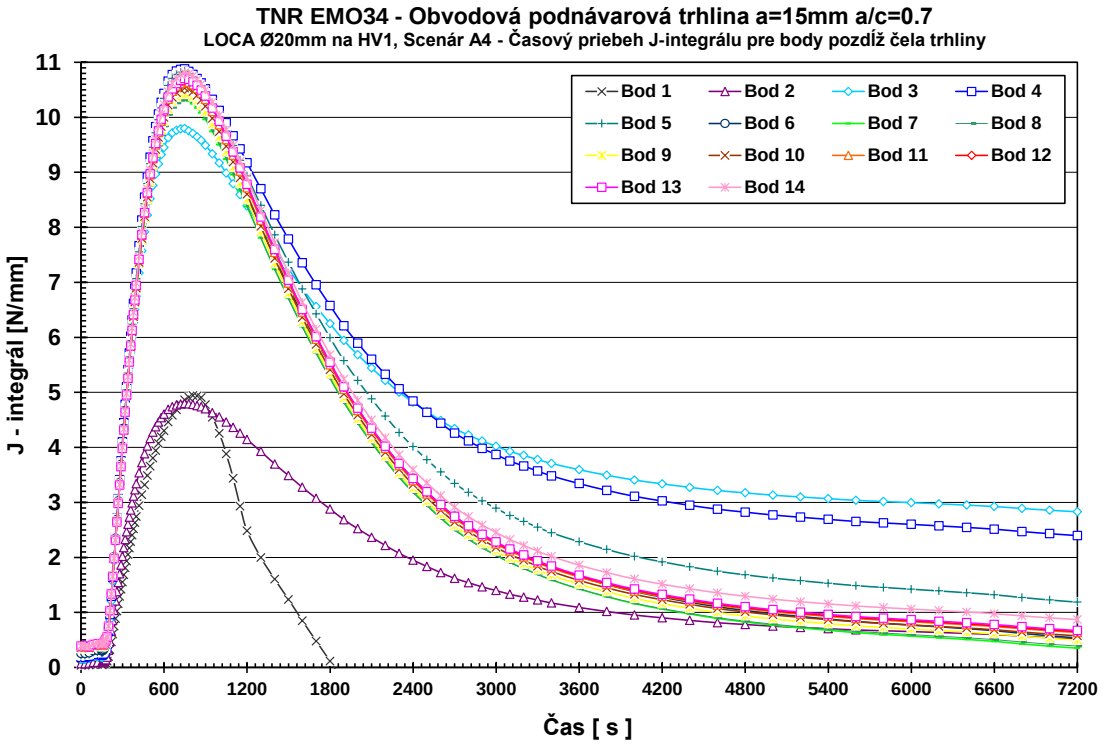


Obr. 7.2.1.10.1-A4-24: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS 2

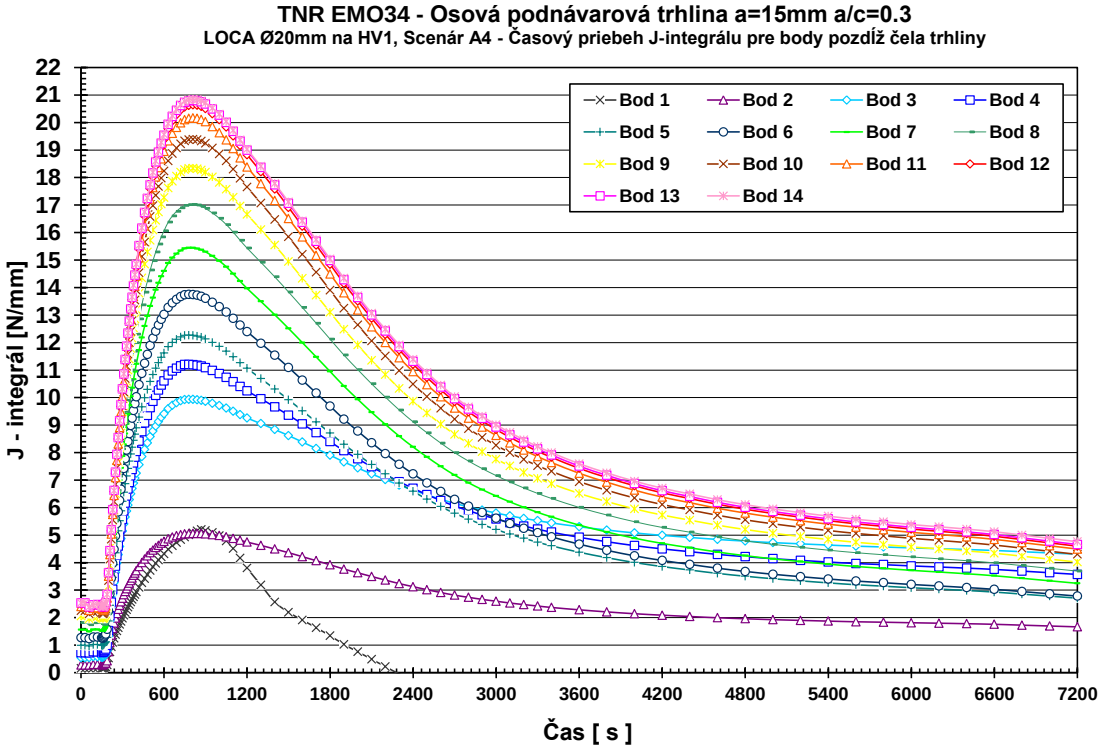
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



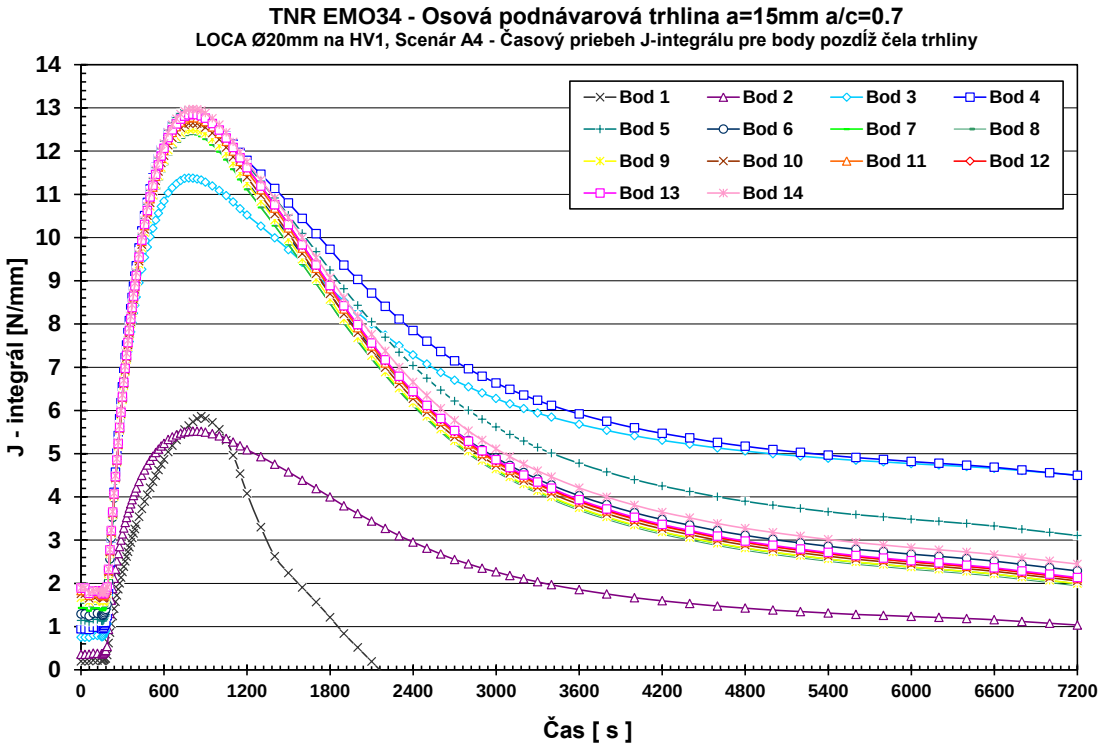
Obr. 7.2.1.10.1-A4-25: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3



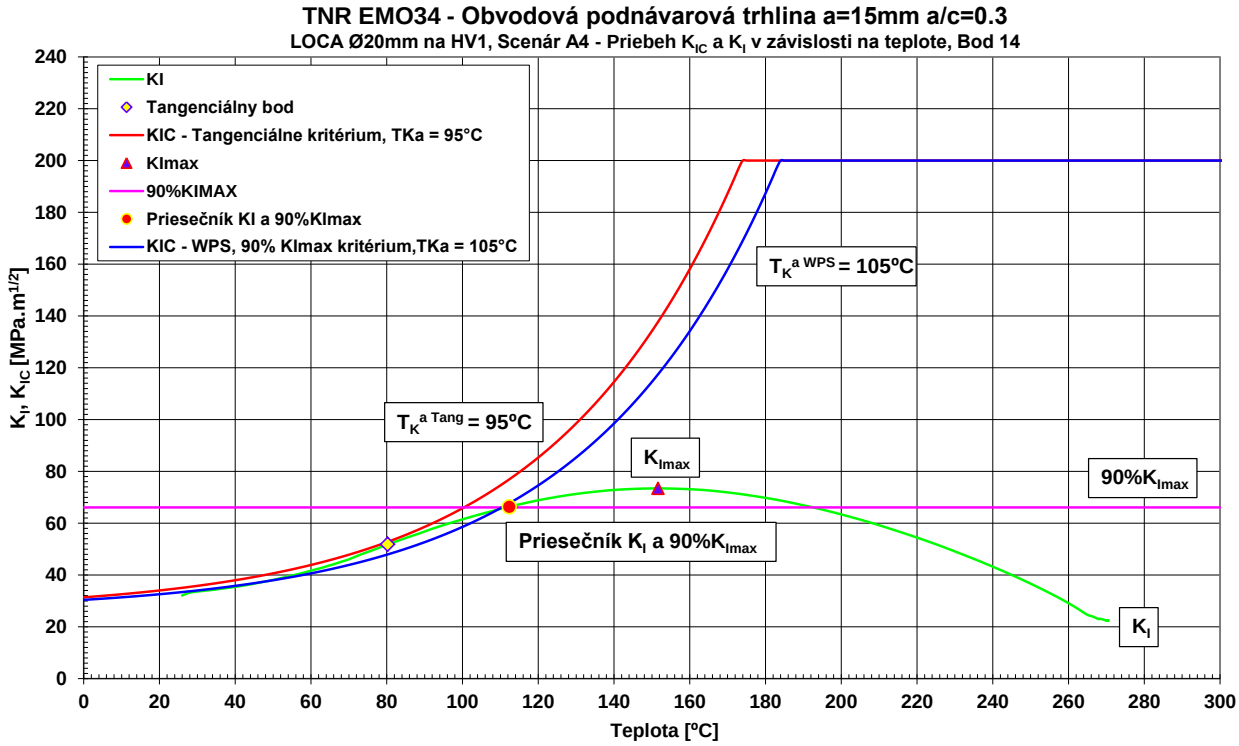
Obr. 7.2.1.10.1-A4-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7



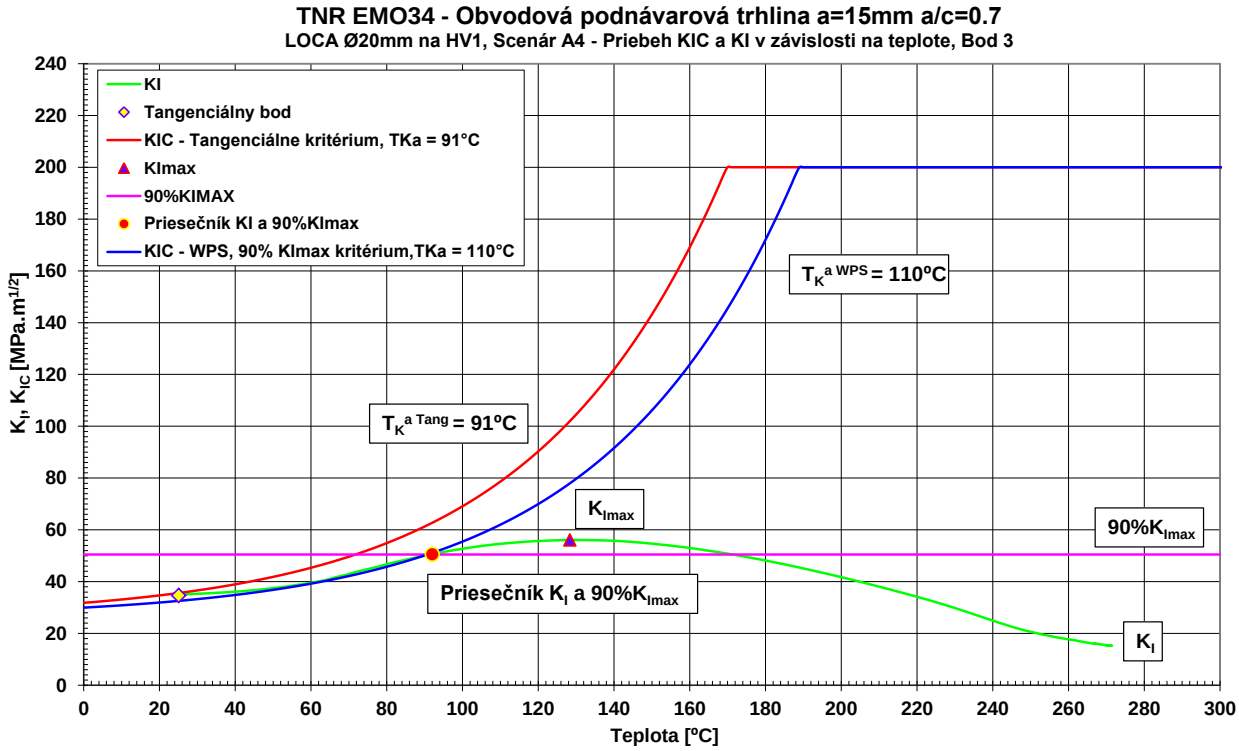
Obr. 7.2.1.10.1-A4-27: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3



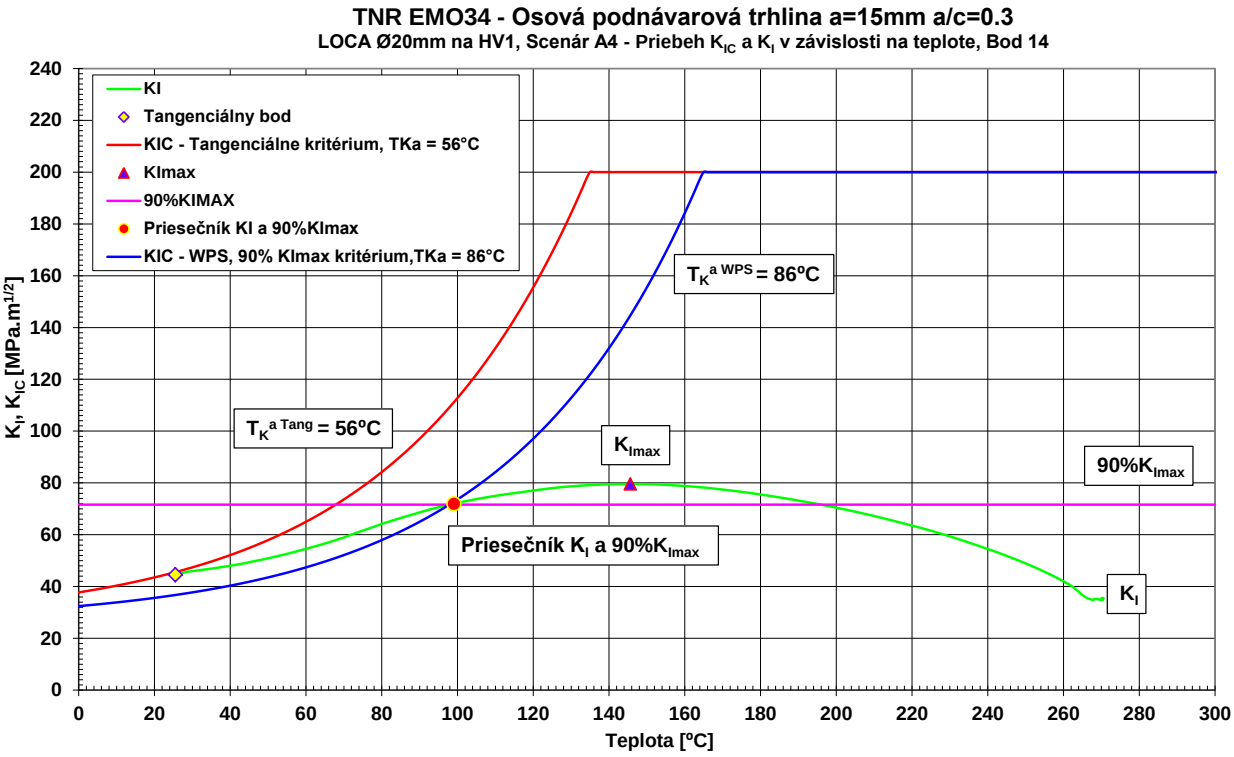
Obr. 7.2.1.10.1-A4-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7



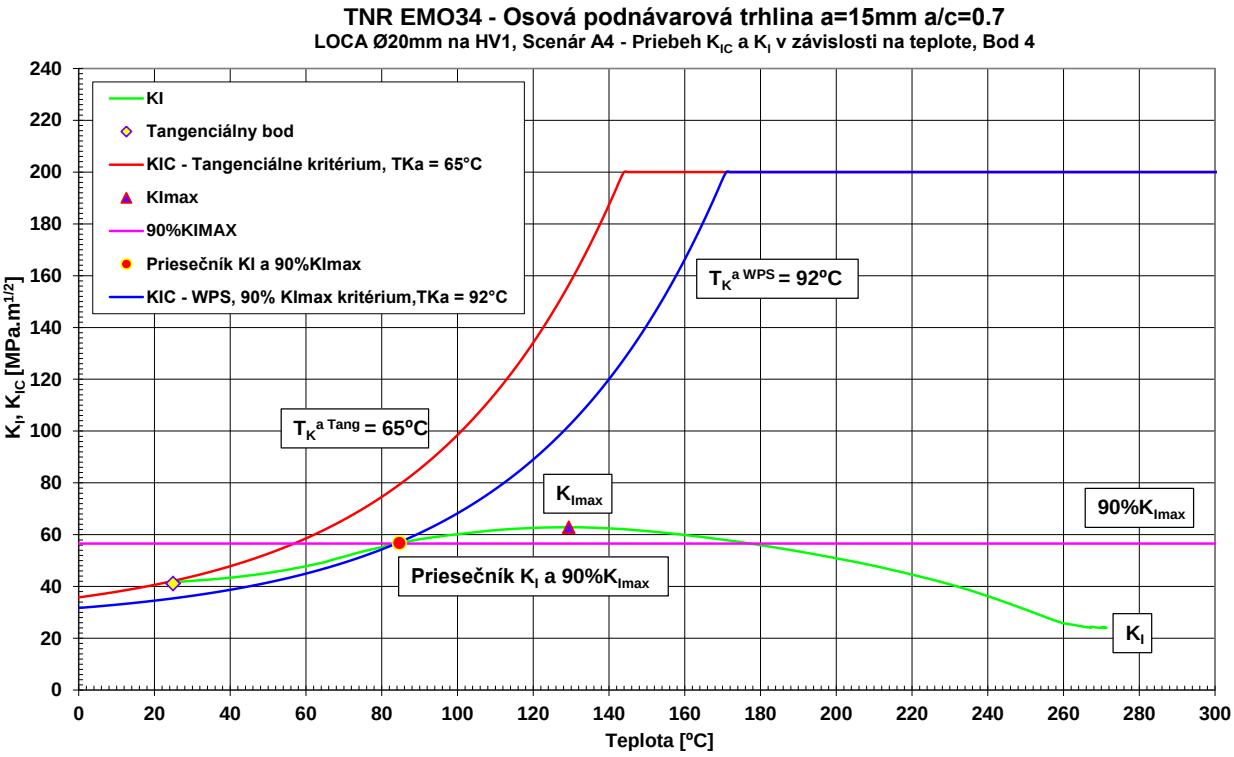
Obr. 7.2.1.10.1-A4-29: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-A4-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

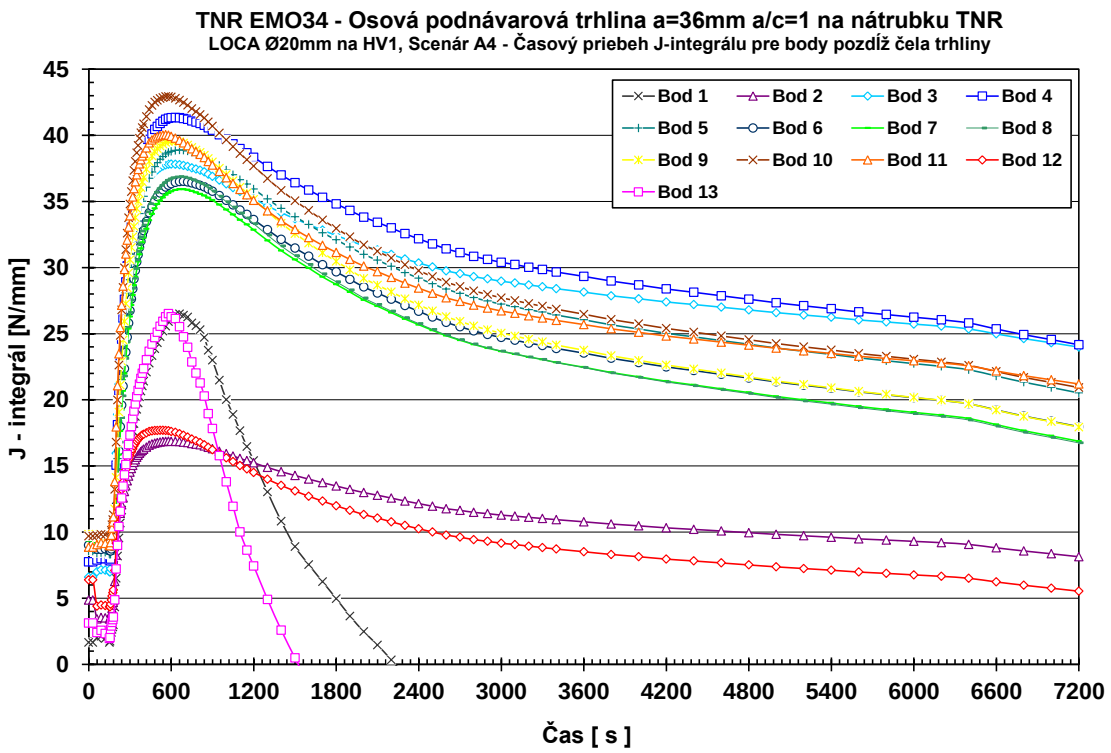


Obr. 7.2.1.10.1-A4-31: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

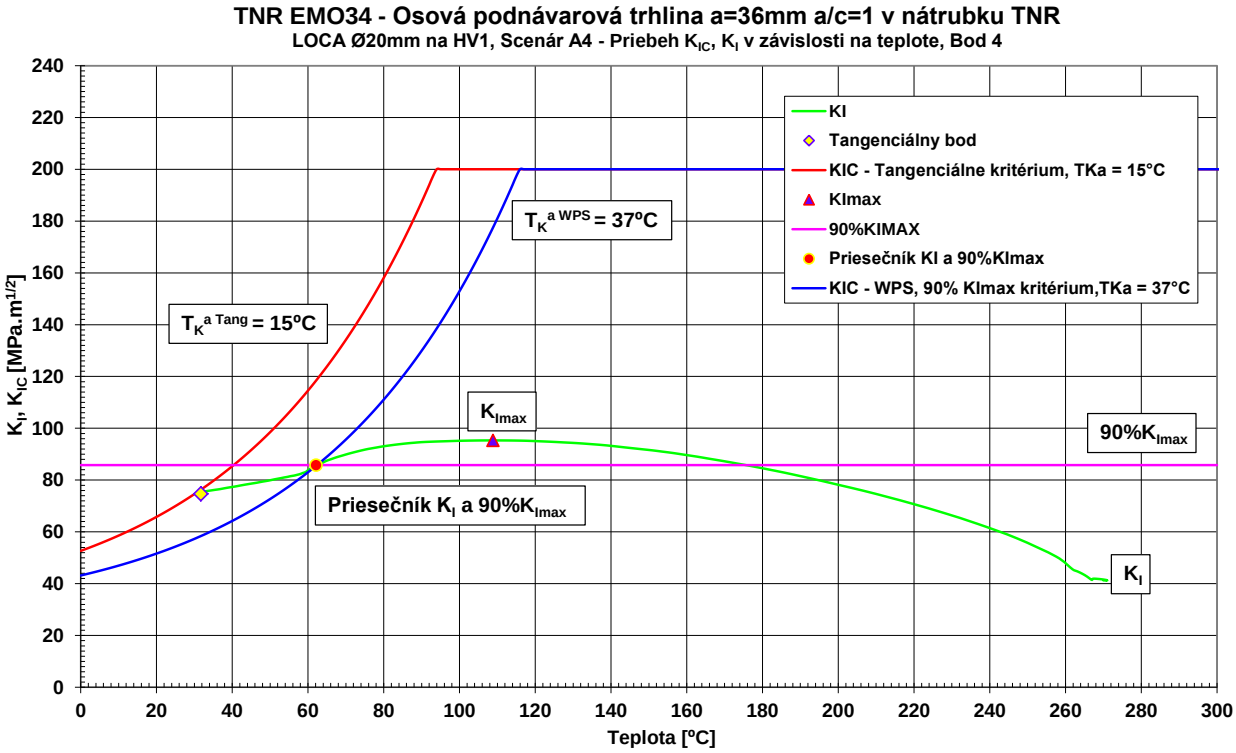


Obr. 7.2.1.10.1-A4-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A4-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.1-A4-34: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

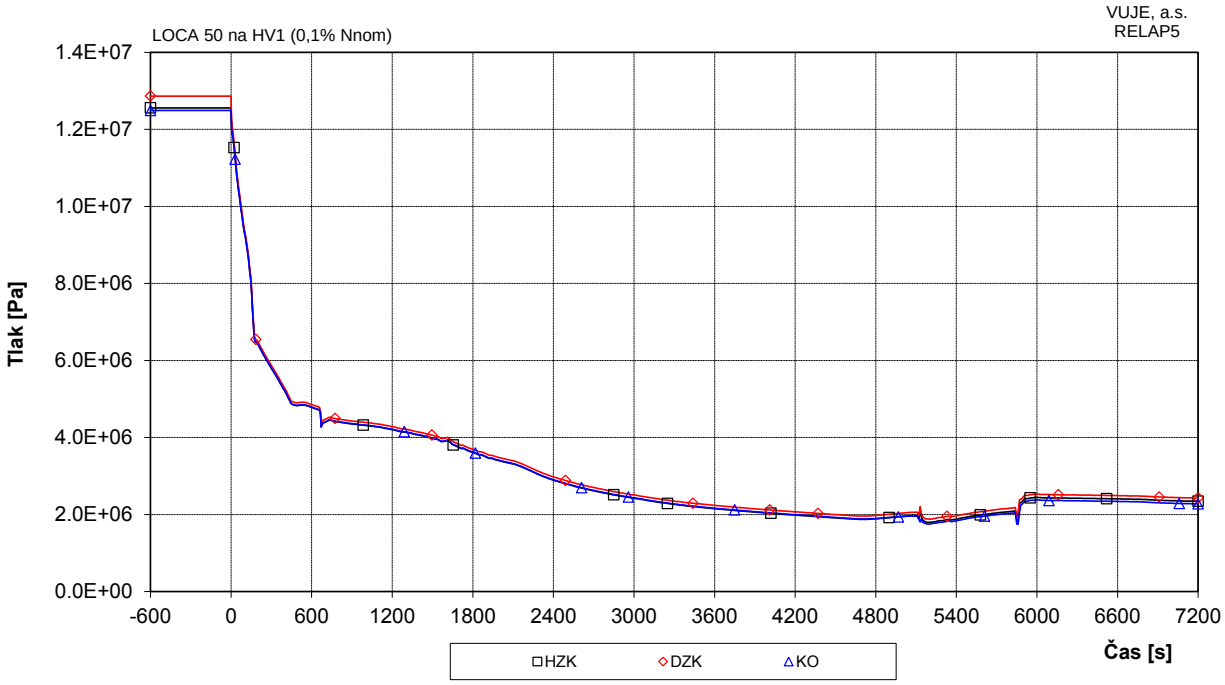
Príloha č. 05

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

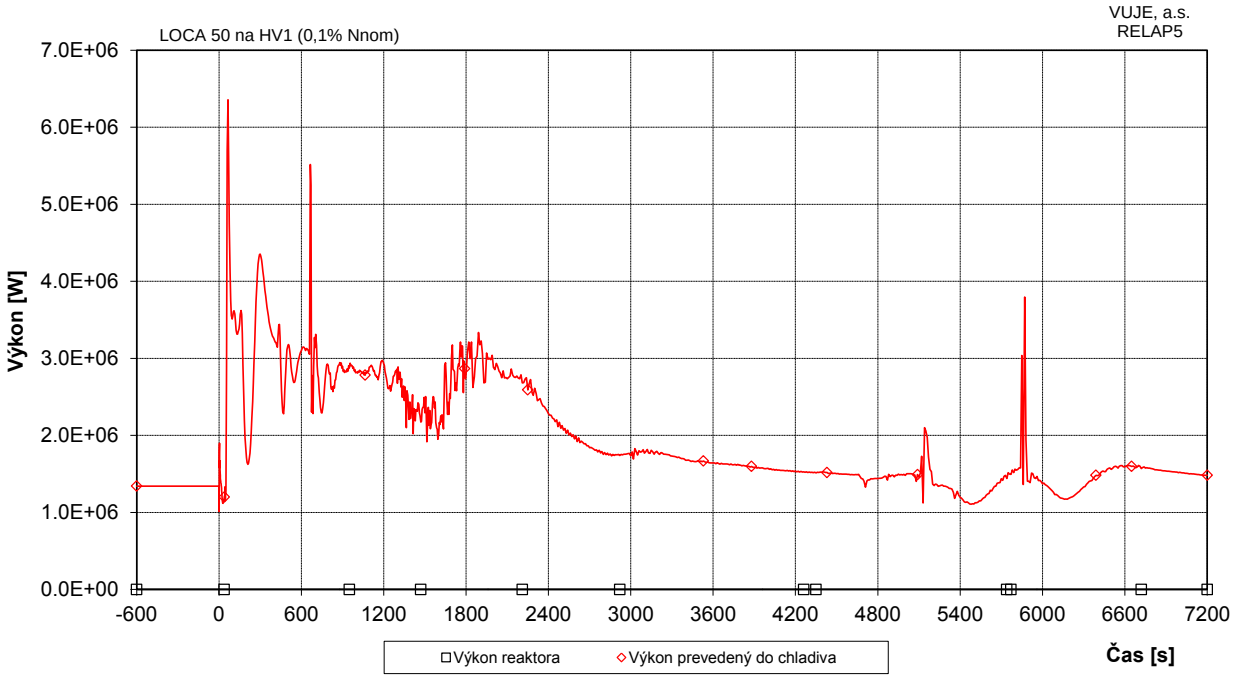
Scenár B1 LOCA ø50 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

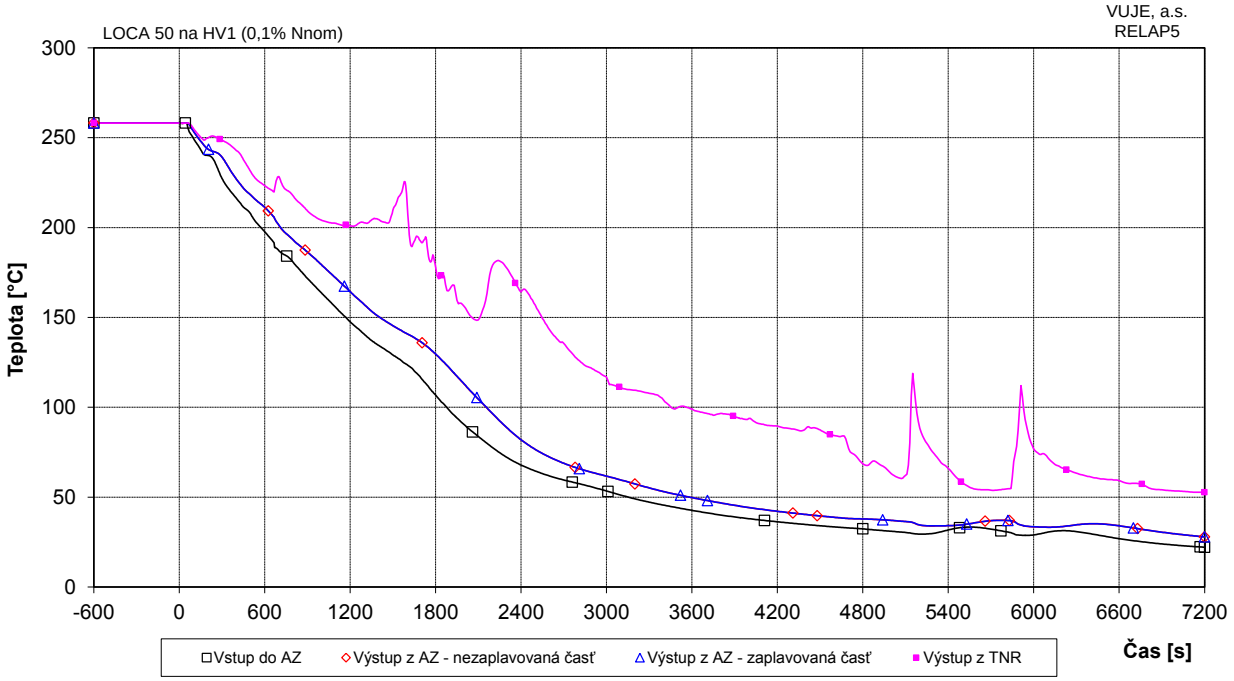
Obr. 7.2.1.10.1-B1-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-B1-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-B1-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-B1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-B1-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-B1-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-B1-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-B1-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-B1-9: Hladina v HA ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-B1-10: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-B1-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-B1-12: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-B1-13: Integrál doplňovania do I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-B1-14: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-B1-15: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-B1-16: Tlak na výstupe z PG ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-B1-17: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-B1-18: Celková hladina v PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-B1-19: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-B1-20: Prietok pary z PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-B1-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-B1-22: Prietok pary do TG ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-B1-23: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-B1-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-B1-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-B1-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-B1-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-B1-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-B1-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-B1-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-B1-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-B1-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-B1-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-B1-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-B1-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-B1-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-B1-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3 ... 20



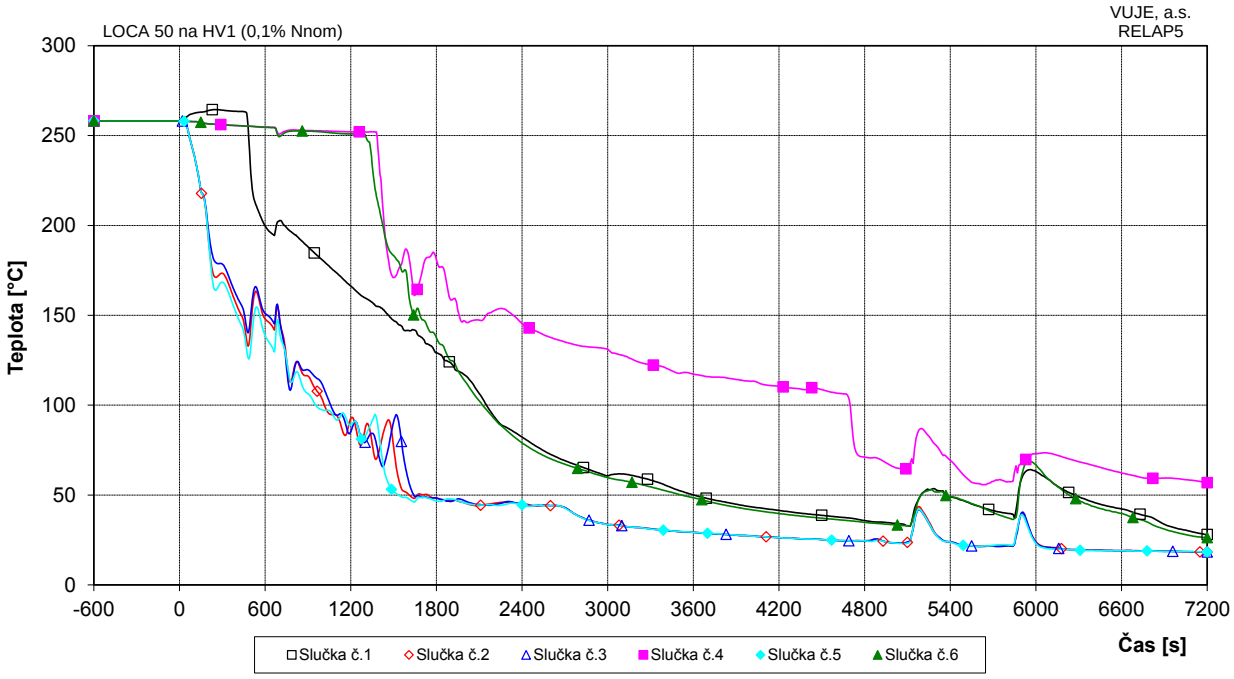
Obr. 7.2.1.10.1-B1-1: Tlak v I.O.



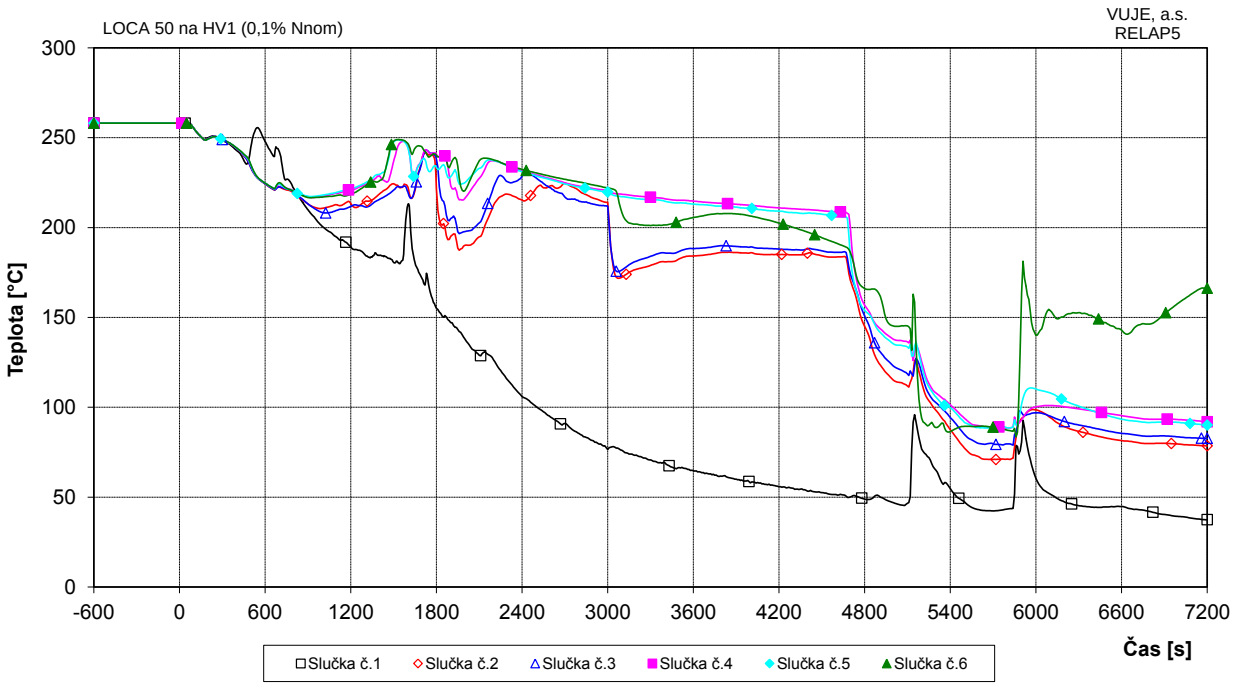
Obr. 7.2.1.10.1-B1-2: Výkon reaktora



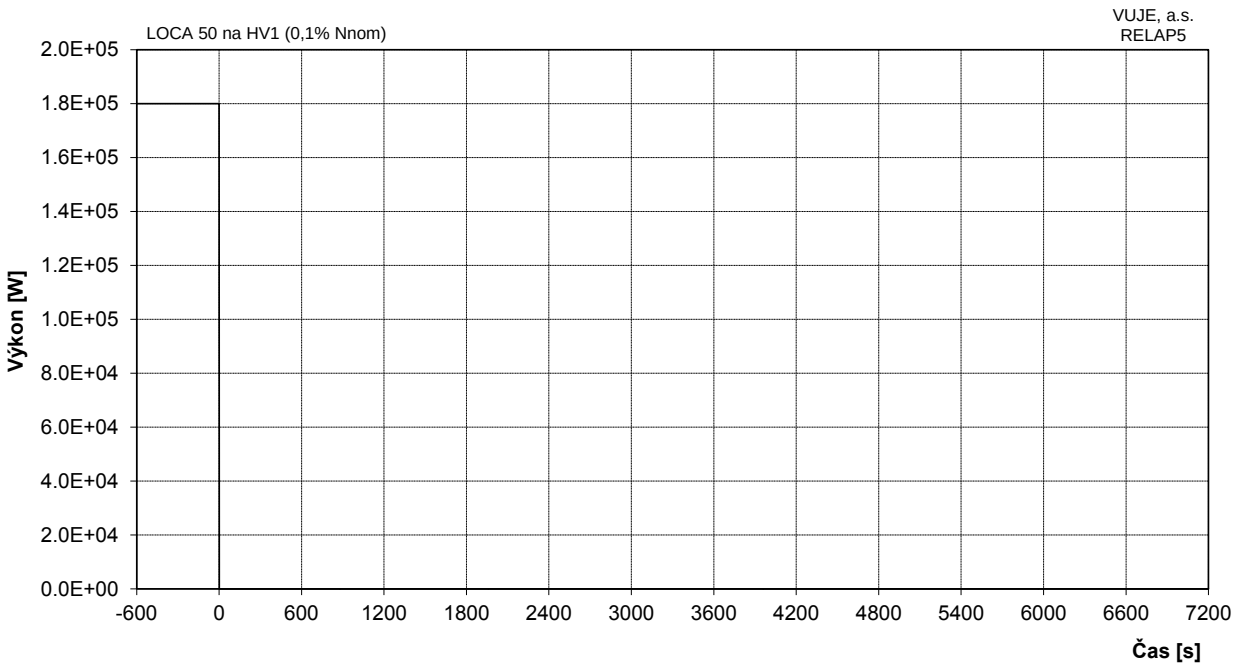
Obr. 7.2.1.10.1-B1-3: Teplota chladiva v TNR



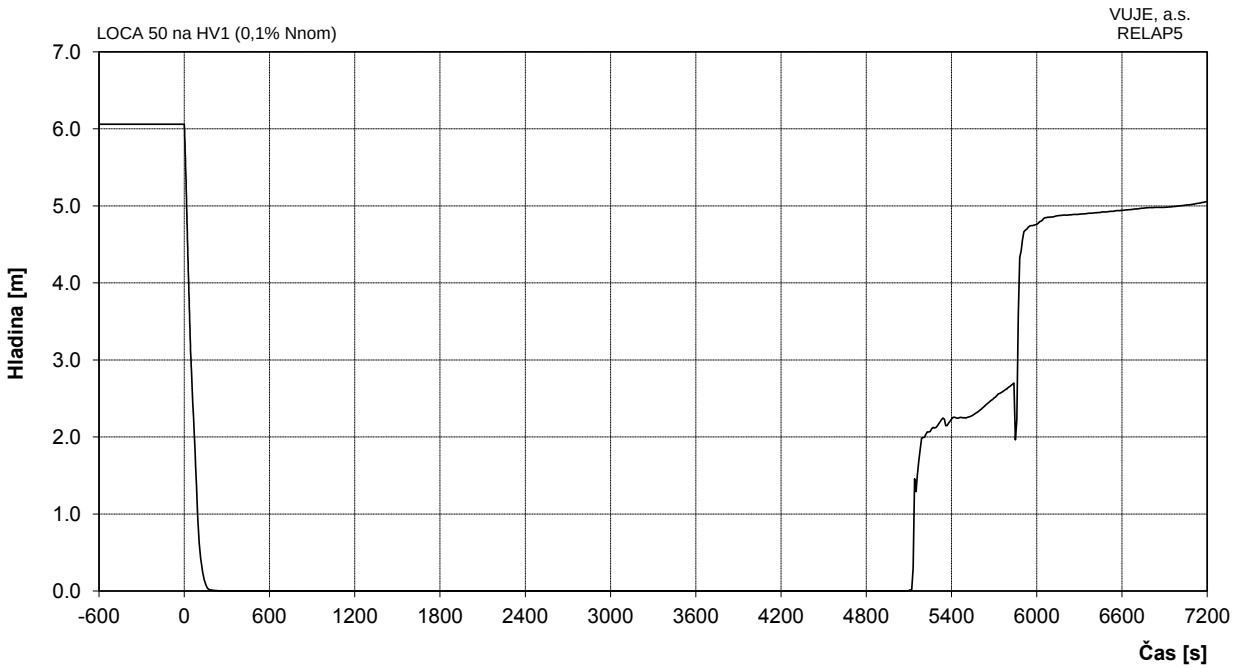
Obr. 7.2.1.10.1-B1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



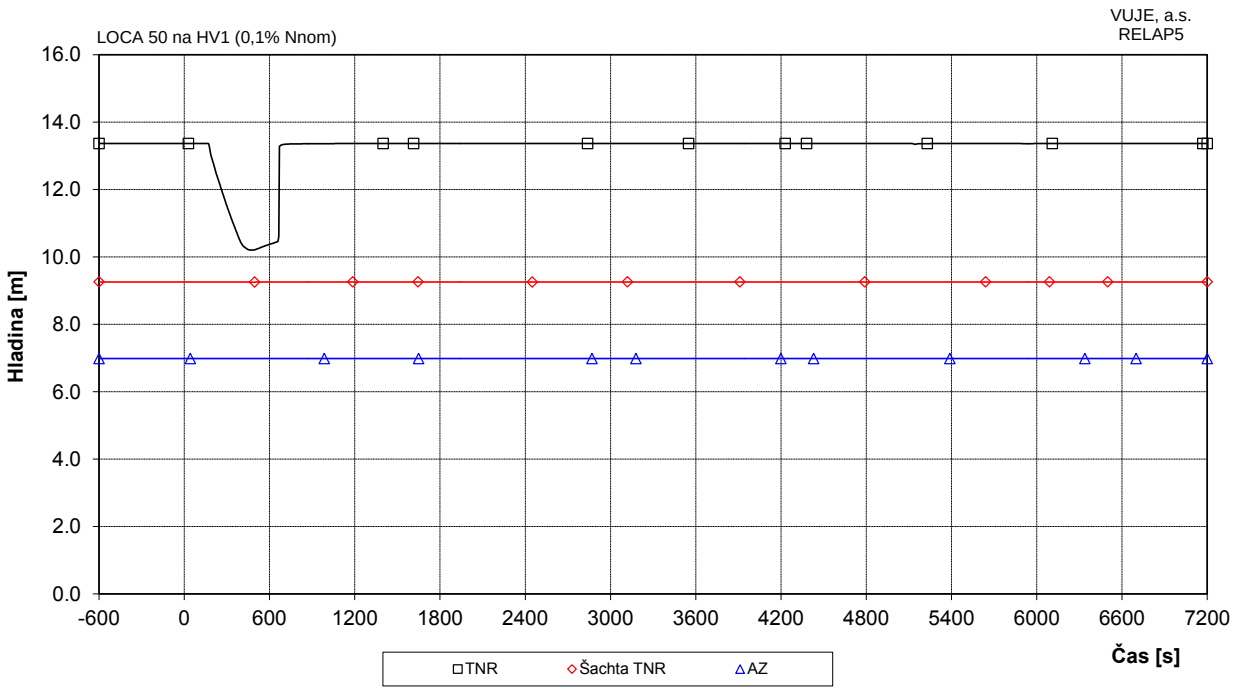
Obr. 7.2.1.10.1-B1-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



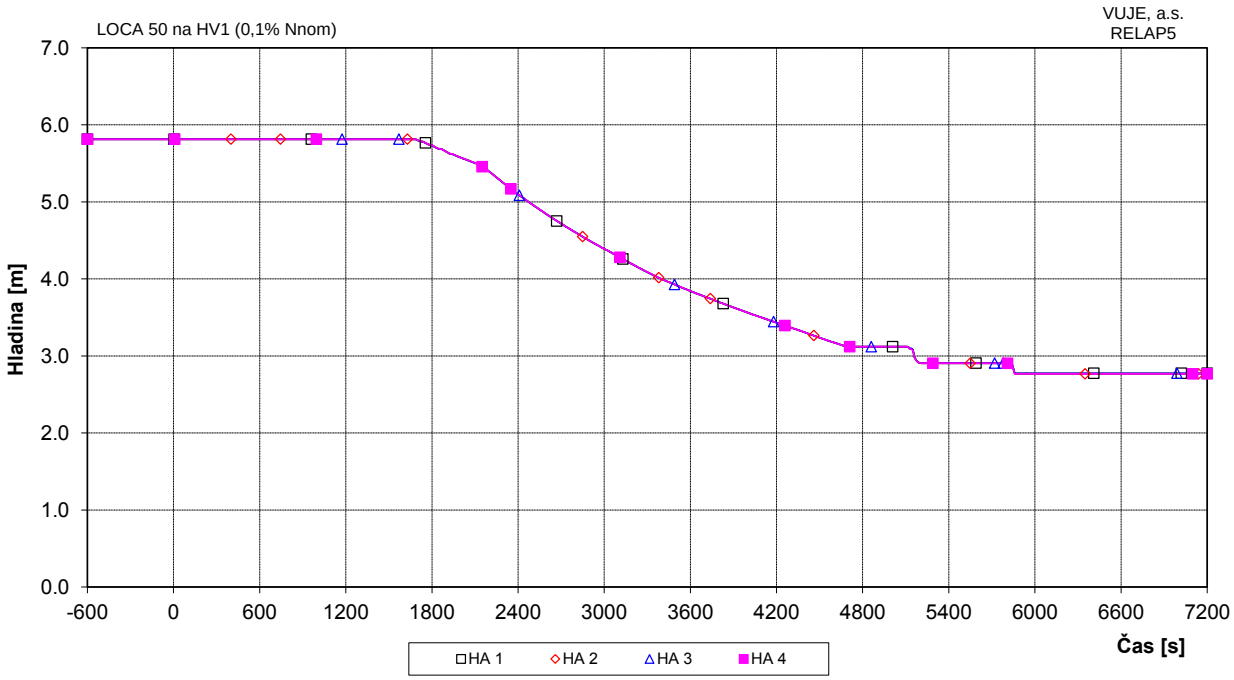
Obr. 7.2.1.10.1-B1-6: Celkový výkon EOKO



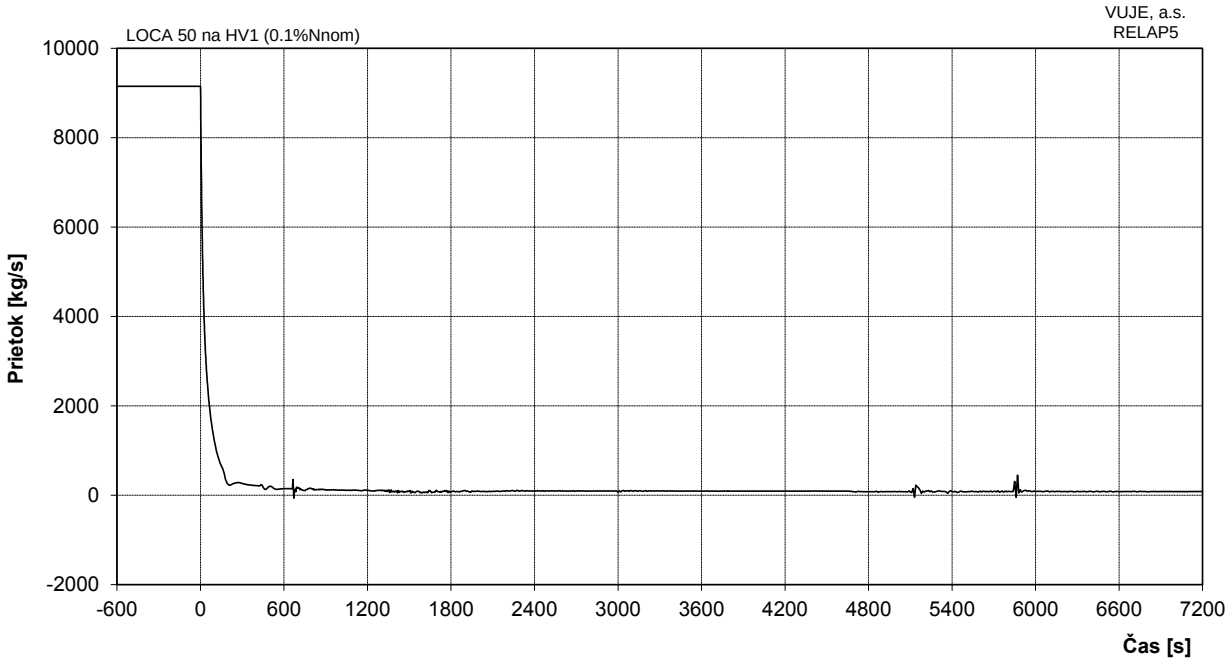
Obr. 7.2.1.10.1-B1-7: Celková hladina v KO



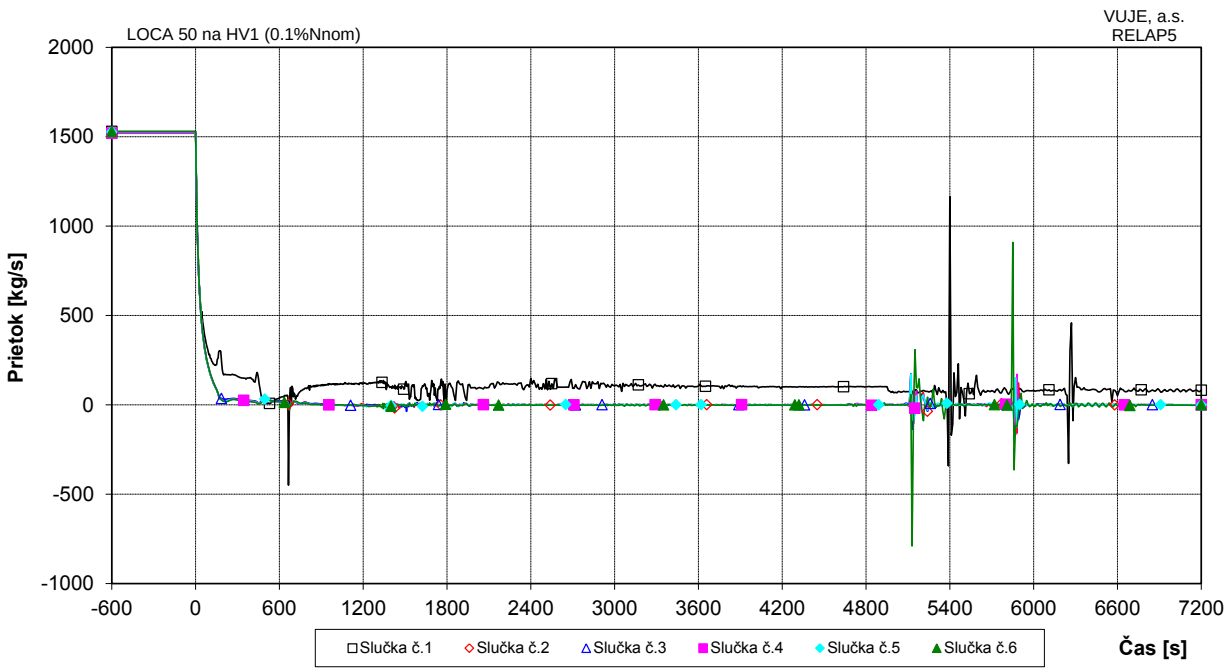
Obr. 7.2.1.10.1-B1-8: Hladina chladiva v TNR



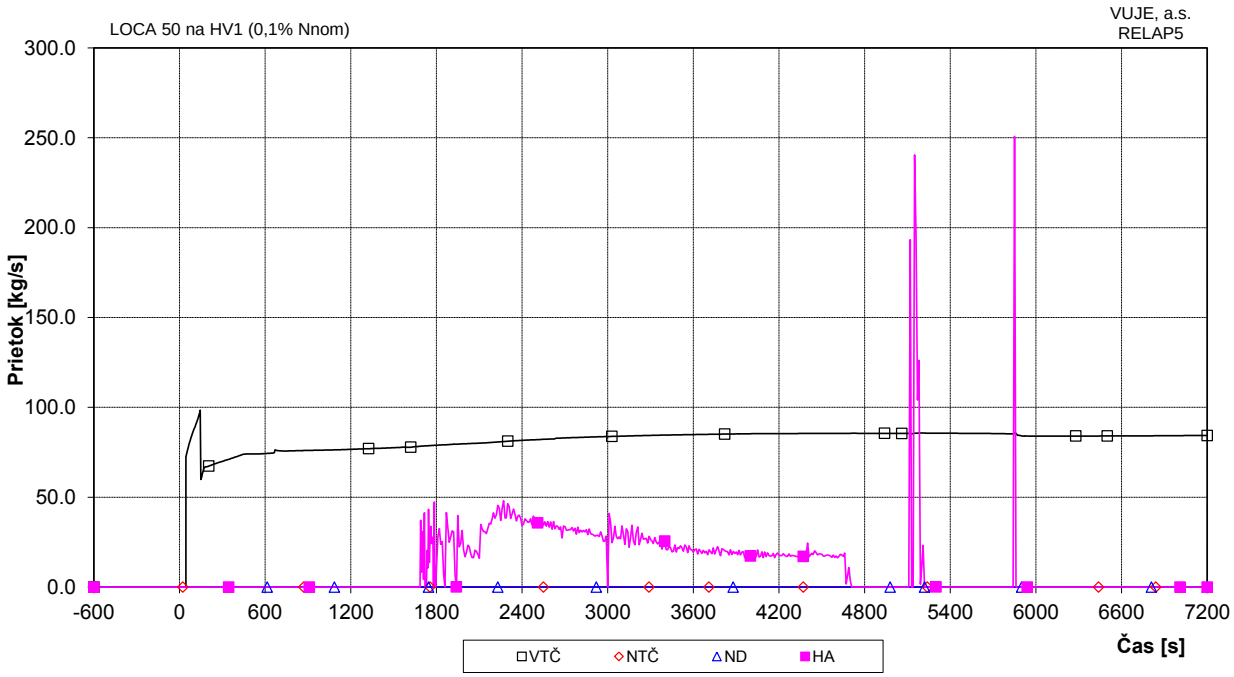
Obr. 7.2.1.10.1-B1-9: Hladina v HA



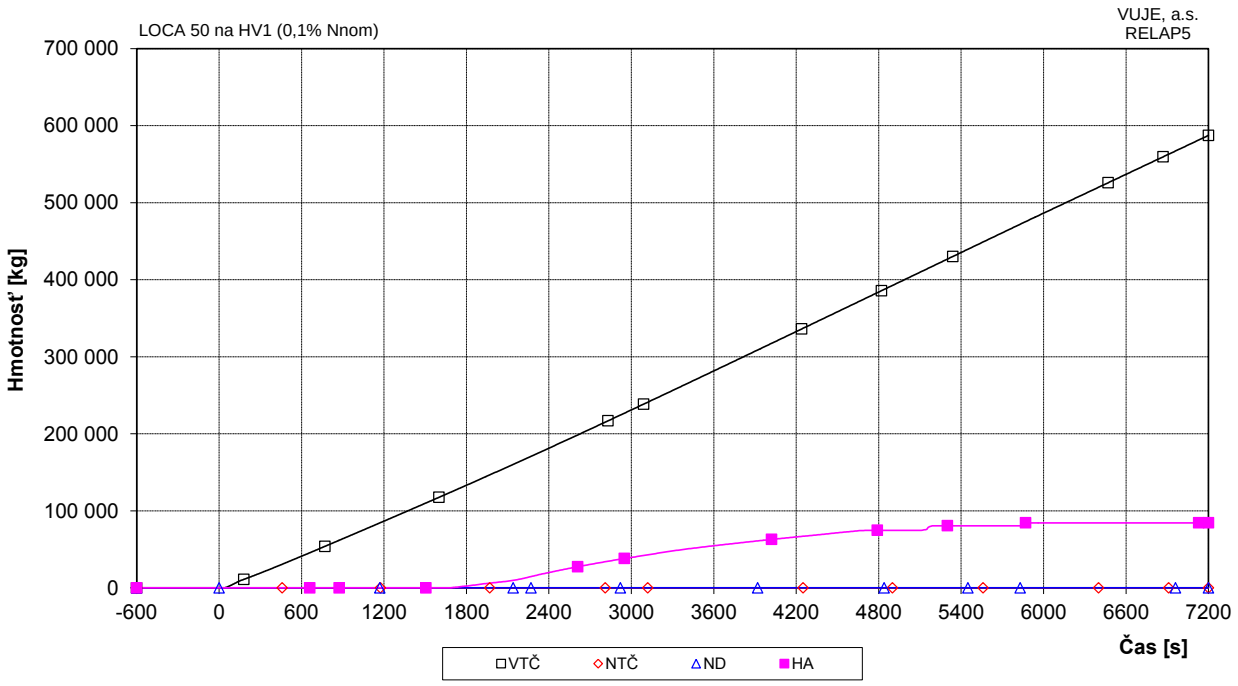
Obr. 7.2.1.10.1-B1-10: Hmotnostný prietok cez reaktor



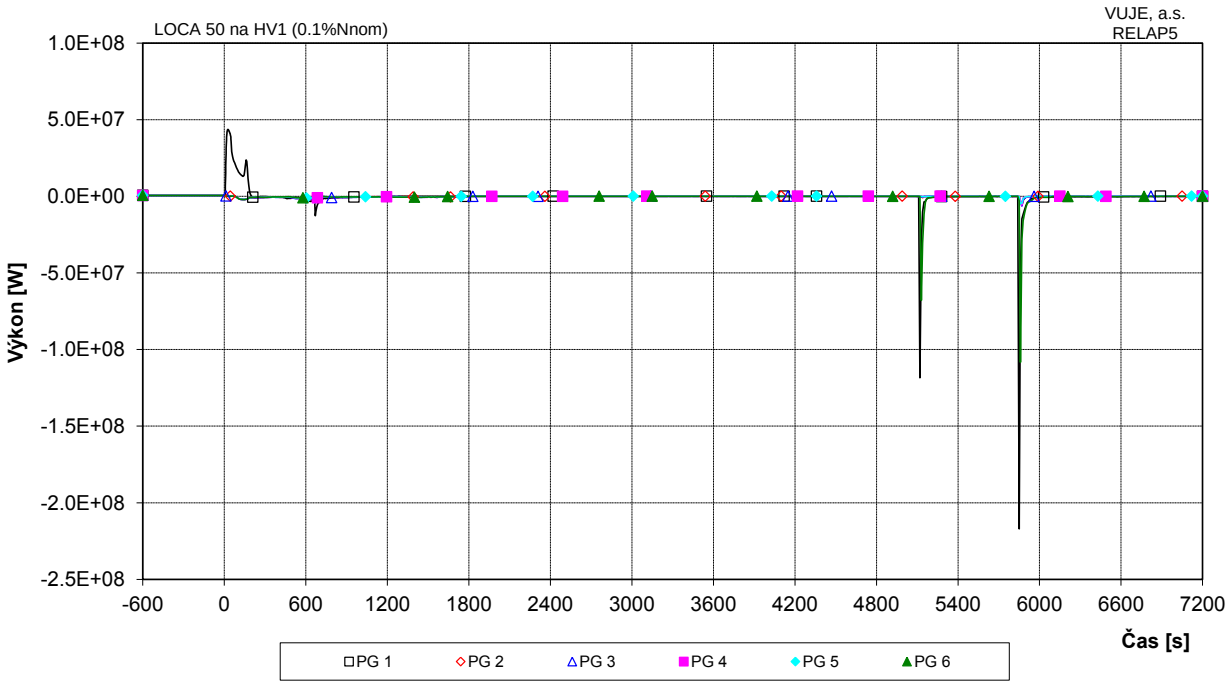
Obr. 7.2.1.10.1-B1-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



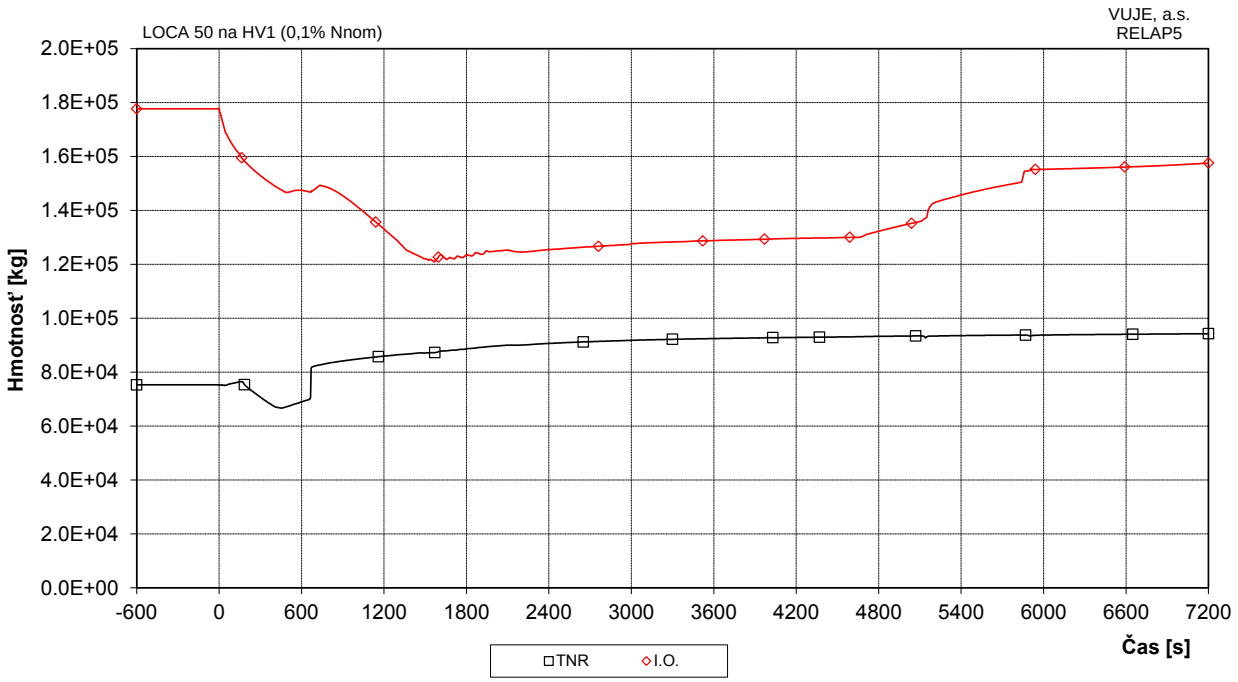
Obr. 7.2.1.10.1-B1-12: Doplňovanie do I.O.



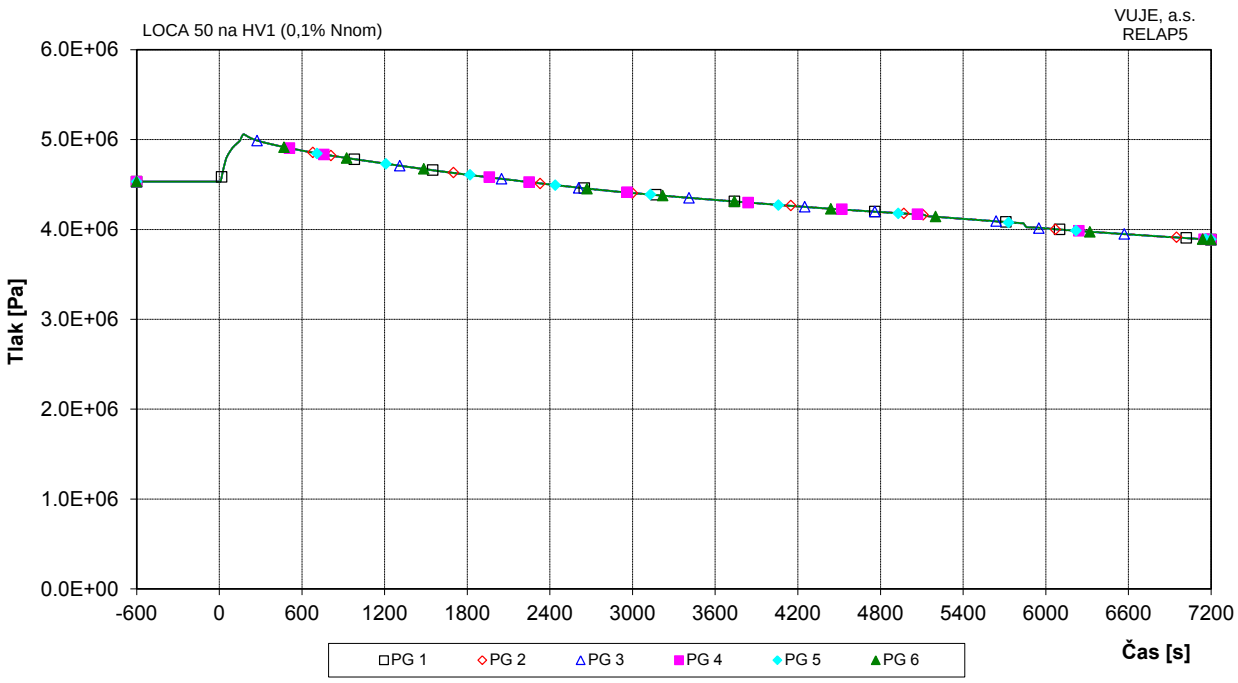
Obr. 7.2.1.10.1-B1-13: Integrál doplňovania do I.O.



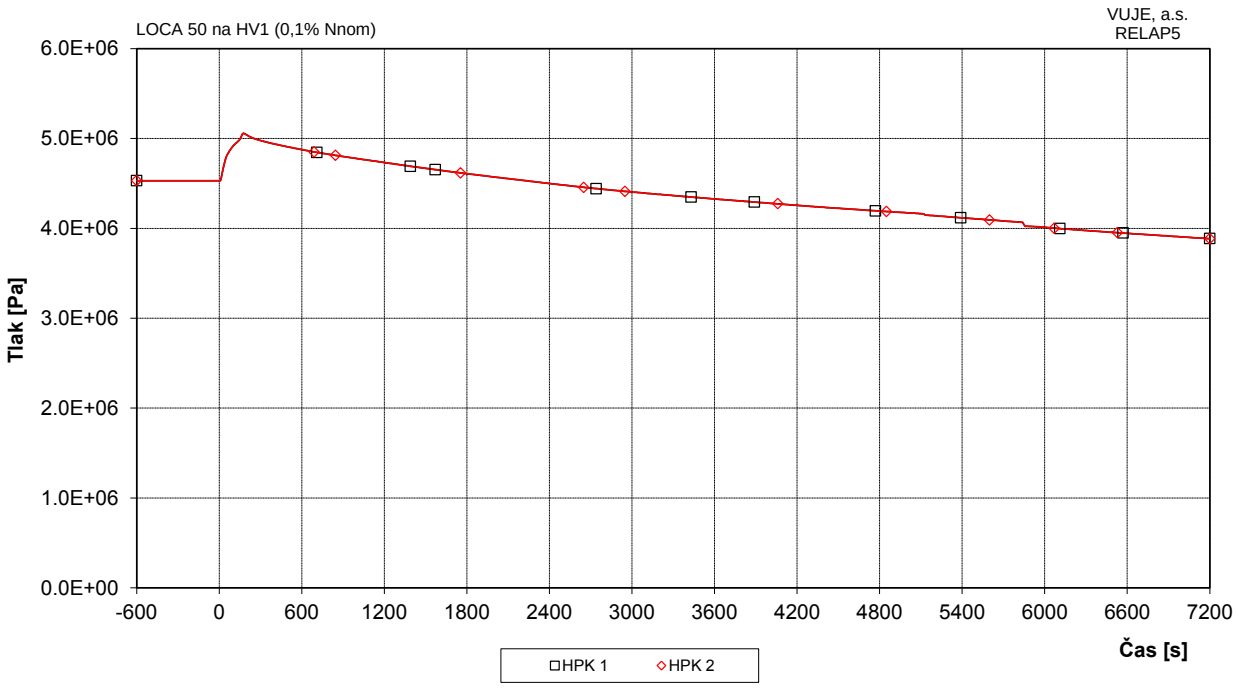
Obr. 7.2.1.10.1-B1-14: Výkon PG



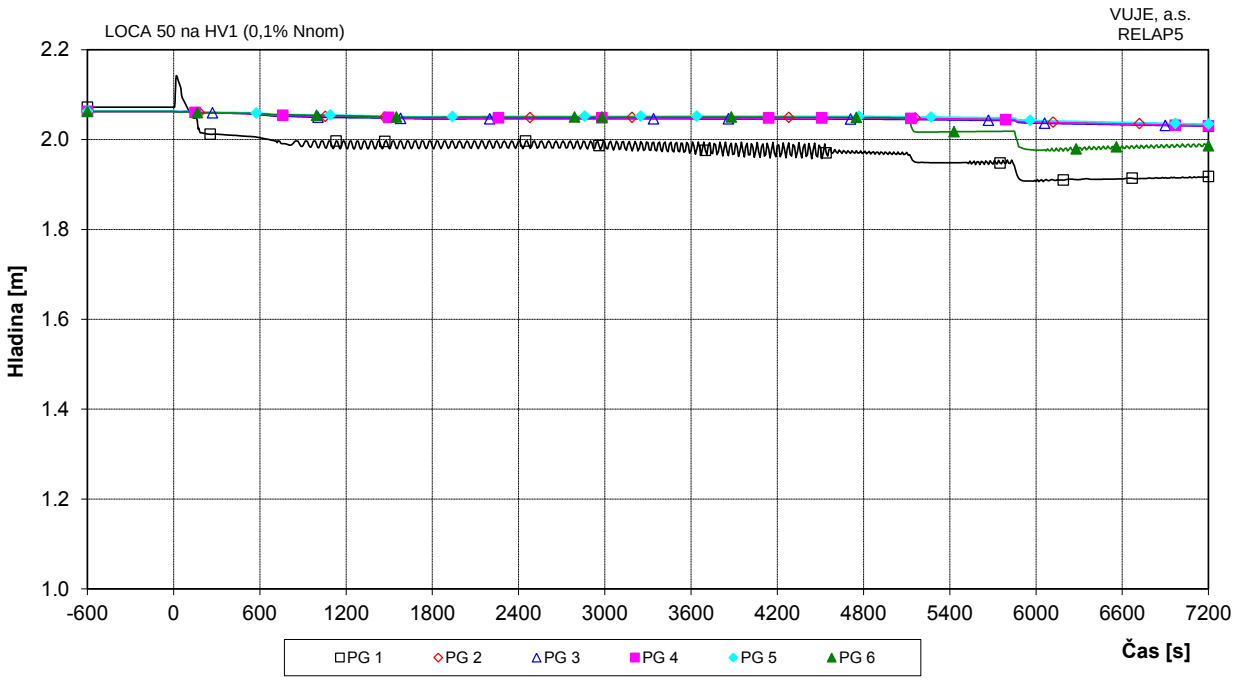
Obr. 7.2.1.10.1-B1-15: Hmotnosť chladiva v I.O.



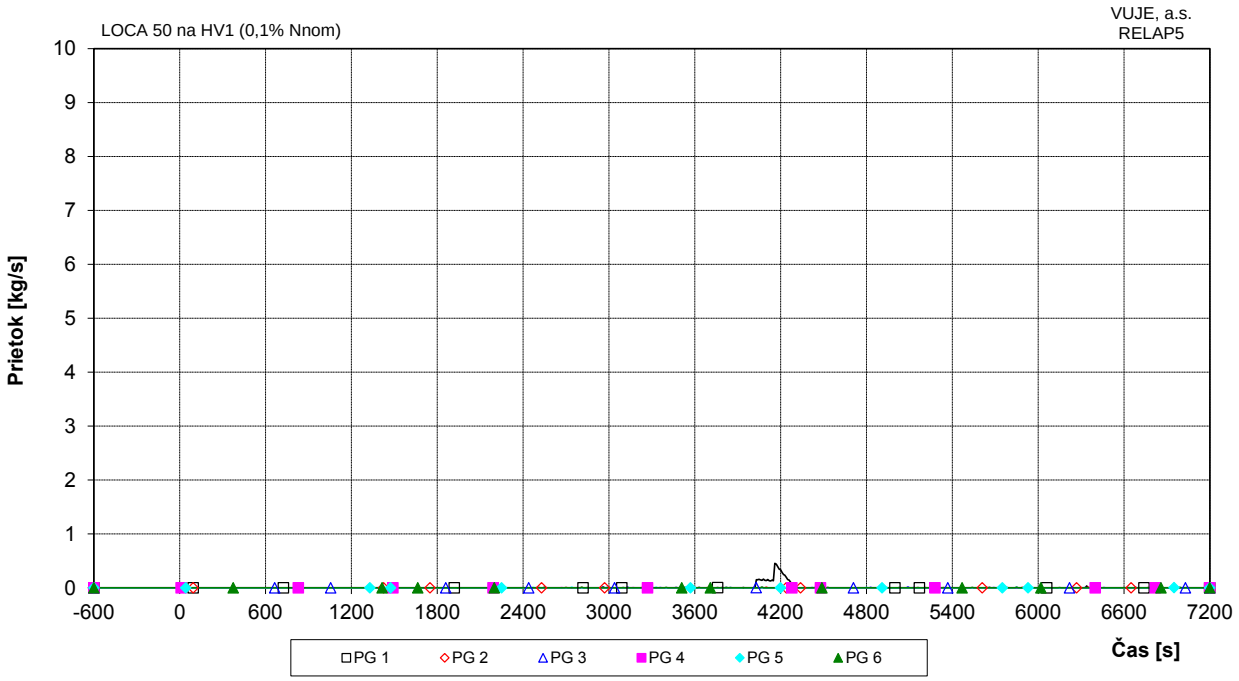
Obr. 7.2.1.10.1-B1-16: Tlak na výstupe z PG



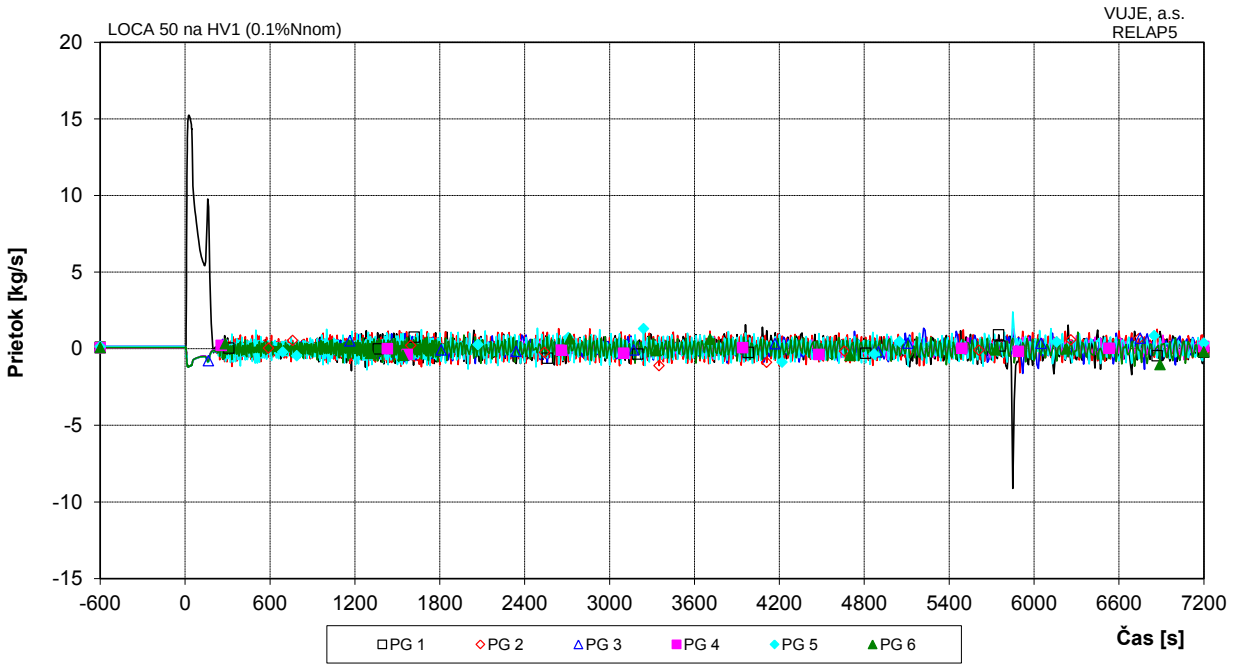
Obr. 7.2.1.10.1-B1-17: Tlak v HPK



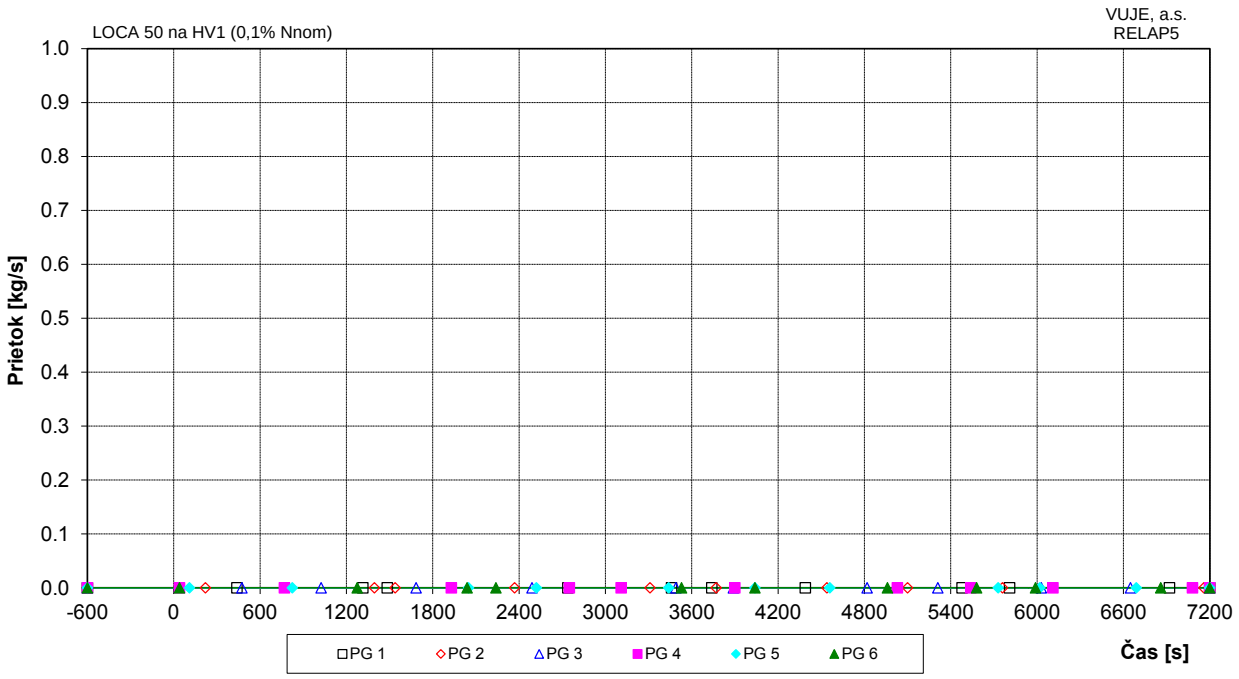
Obr. 7.2.1.10.1-B1-18: Celková hladina v PG



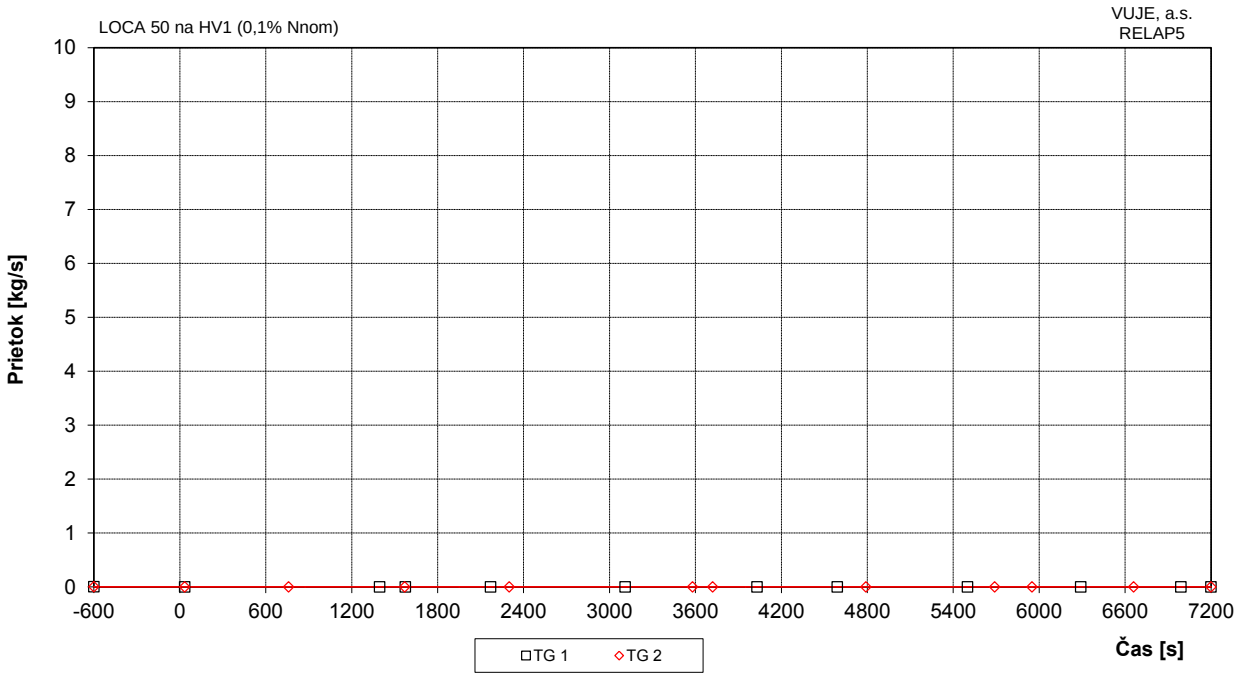
Obr. 7.2.1.10.1-B1-19: Celkový prietok napájacej vody do PG



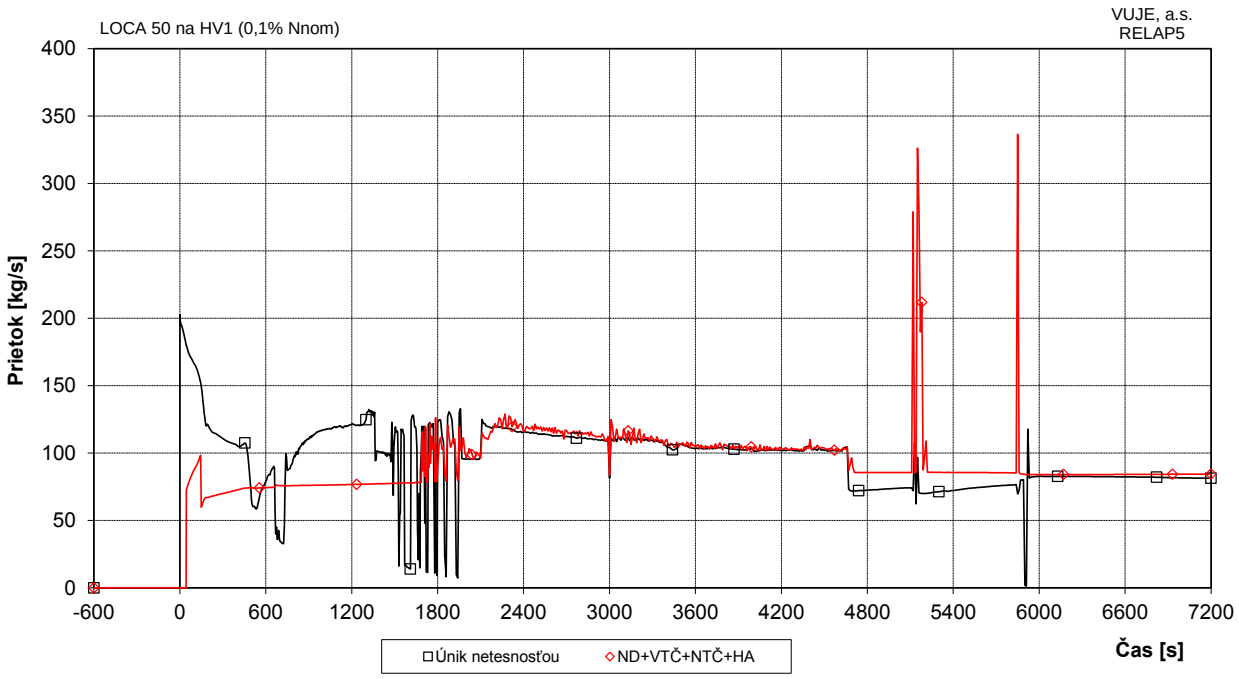
Obr. 7.2.1.10.1-B1-20: Prietok pary z PG



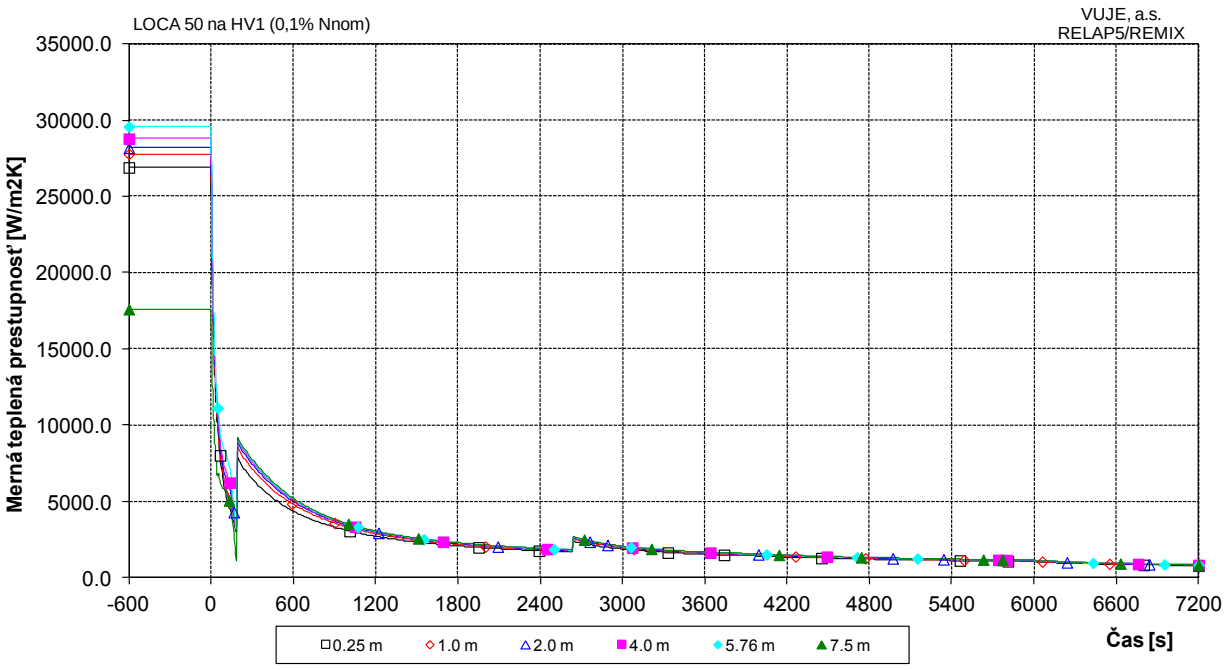
Obr. 7.2.1.10.1-B1-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



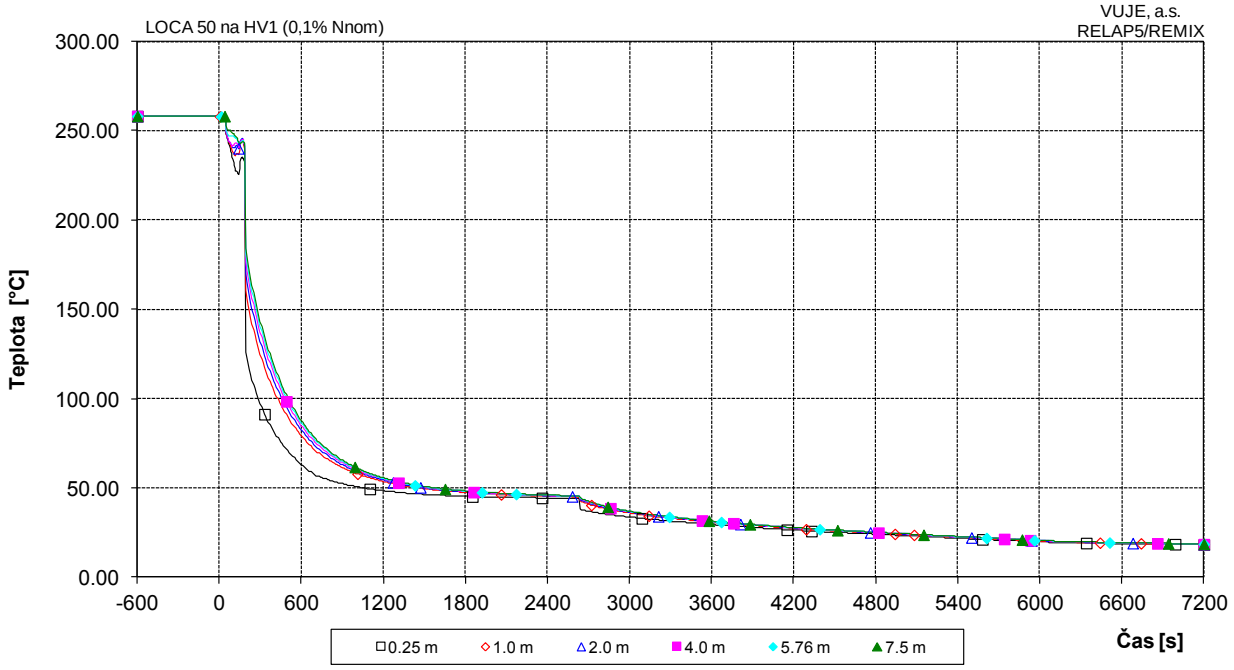
Obr. 7.2.1.10.1-B1-22: Prietok pary do TG



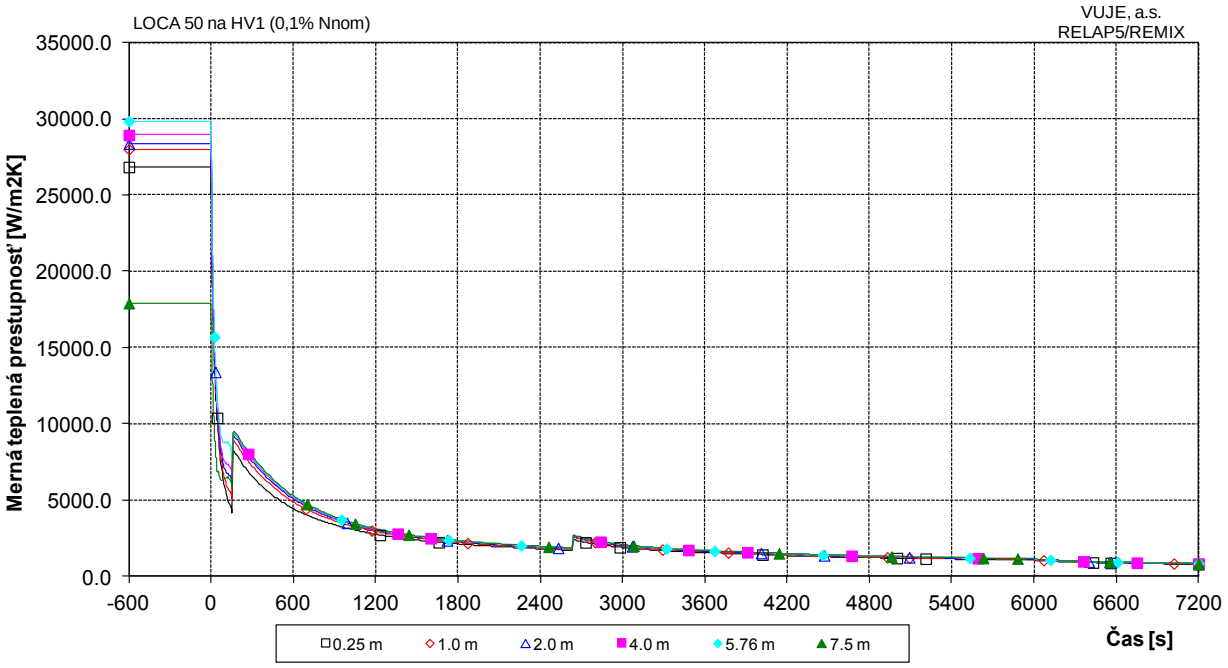
Obr. 7.2.1.10.1-B1-23: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.



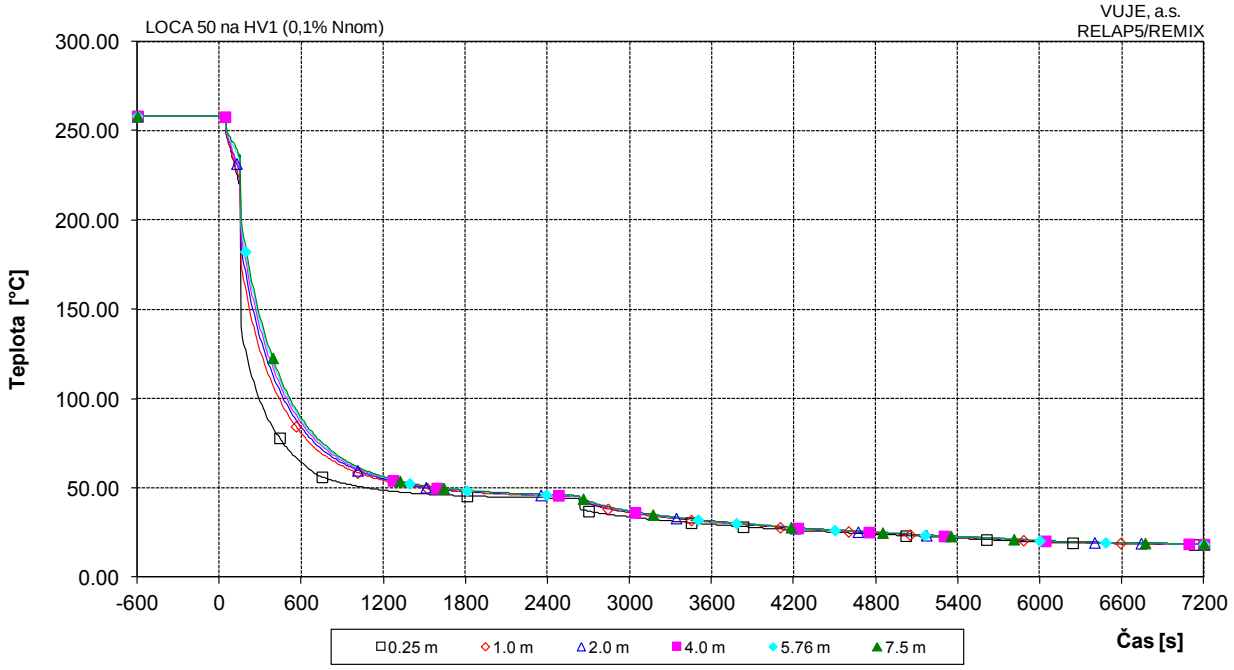
Obr. 7.2.1.10.1-B1-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2



Obr. 7.2.1.10.1-B1-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2

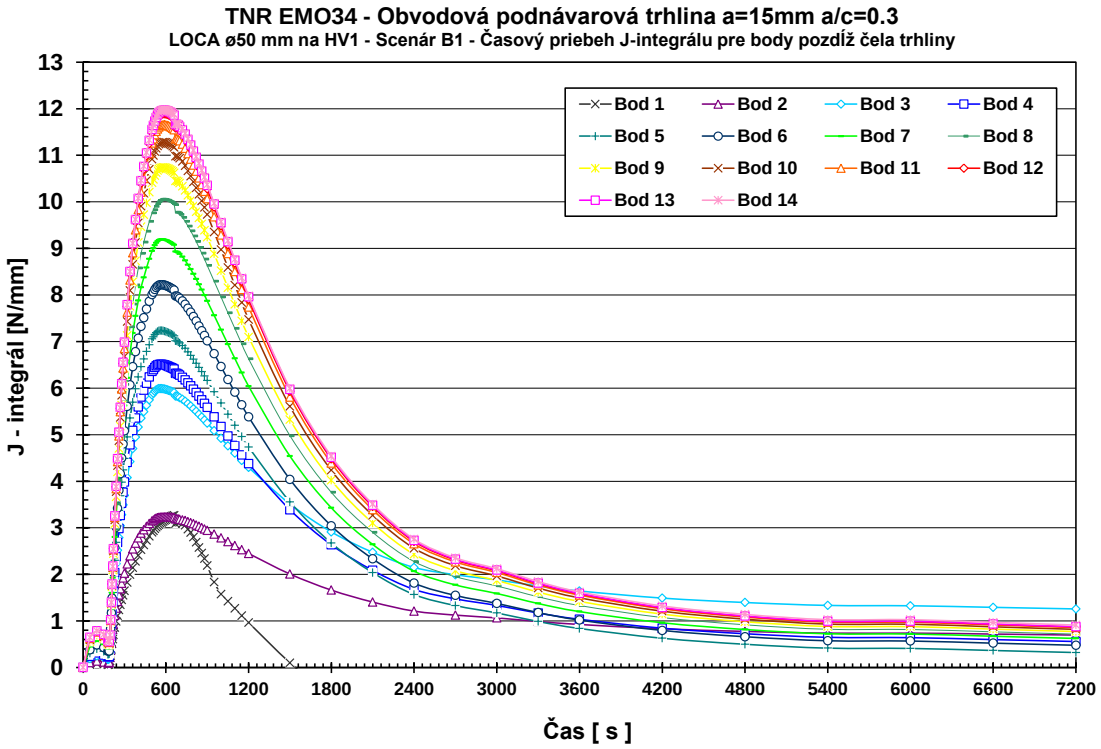


Obr. 7.2.1.10.1-B1-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5

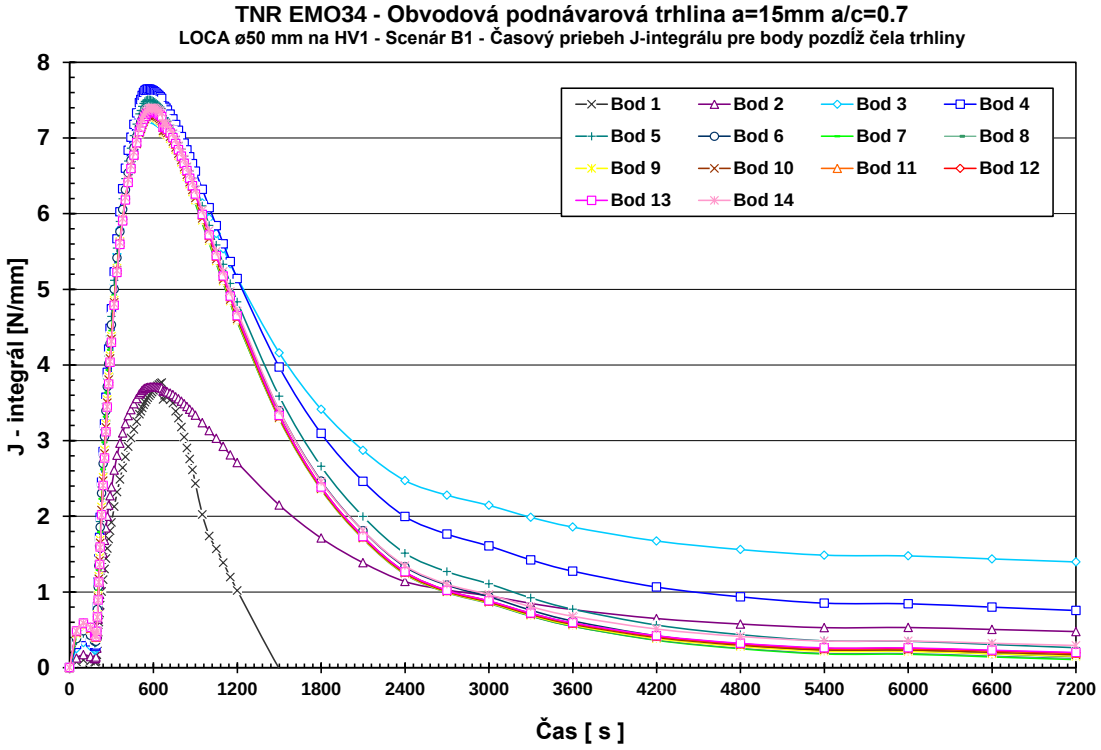


Obr. 7.2.1.10.1-B1-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5

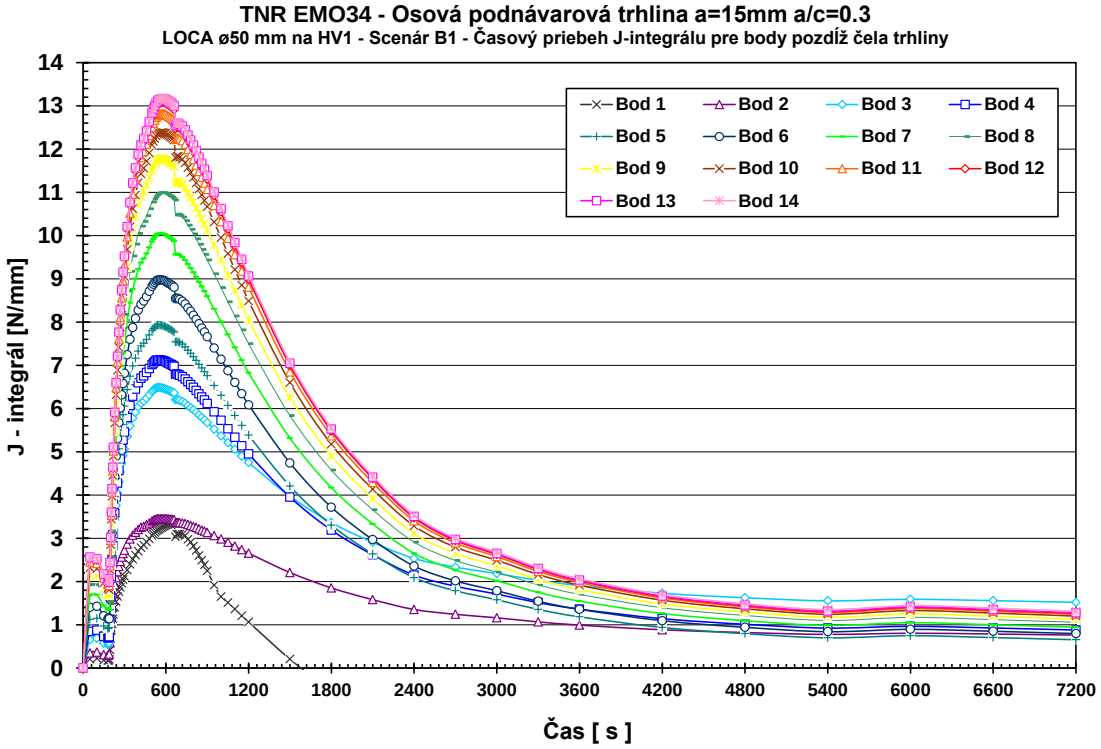
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



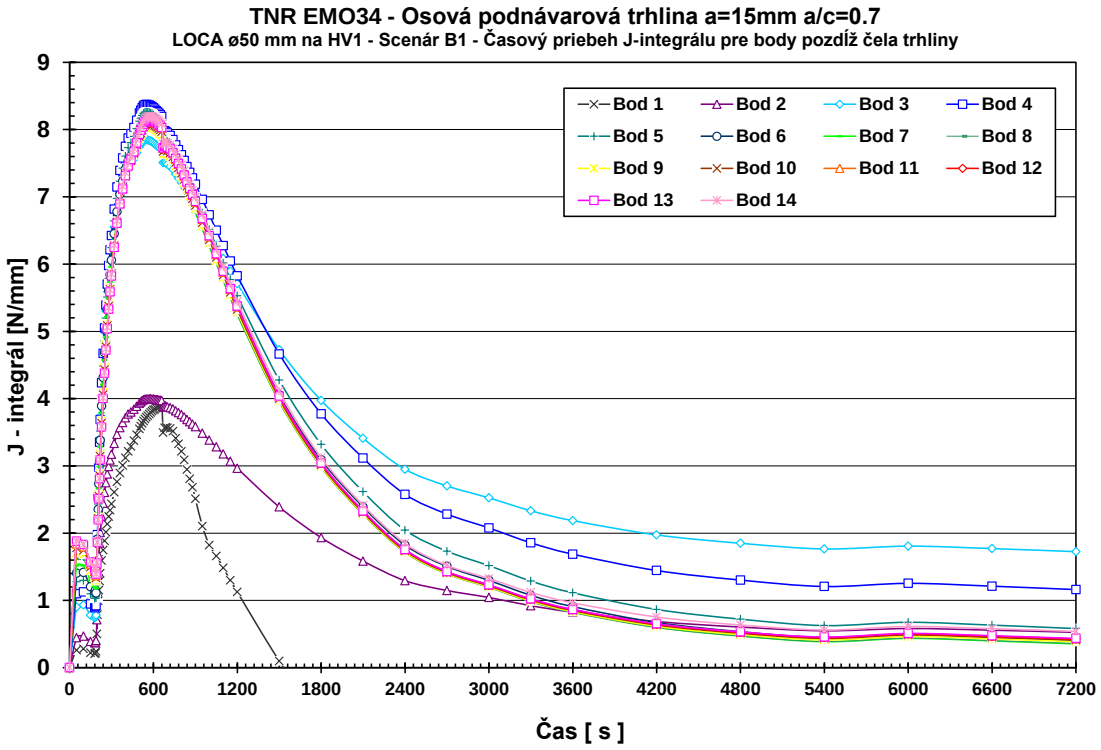
Obr. 7.2.1.10.1-B1-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



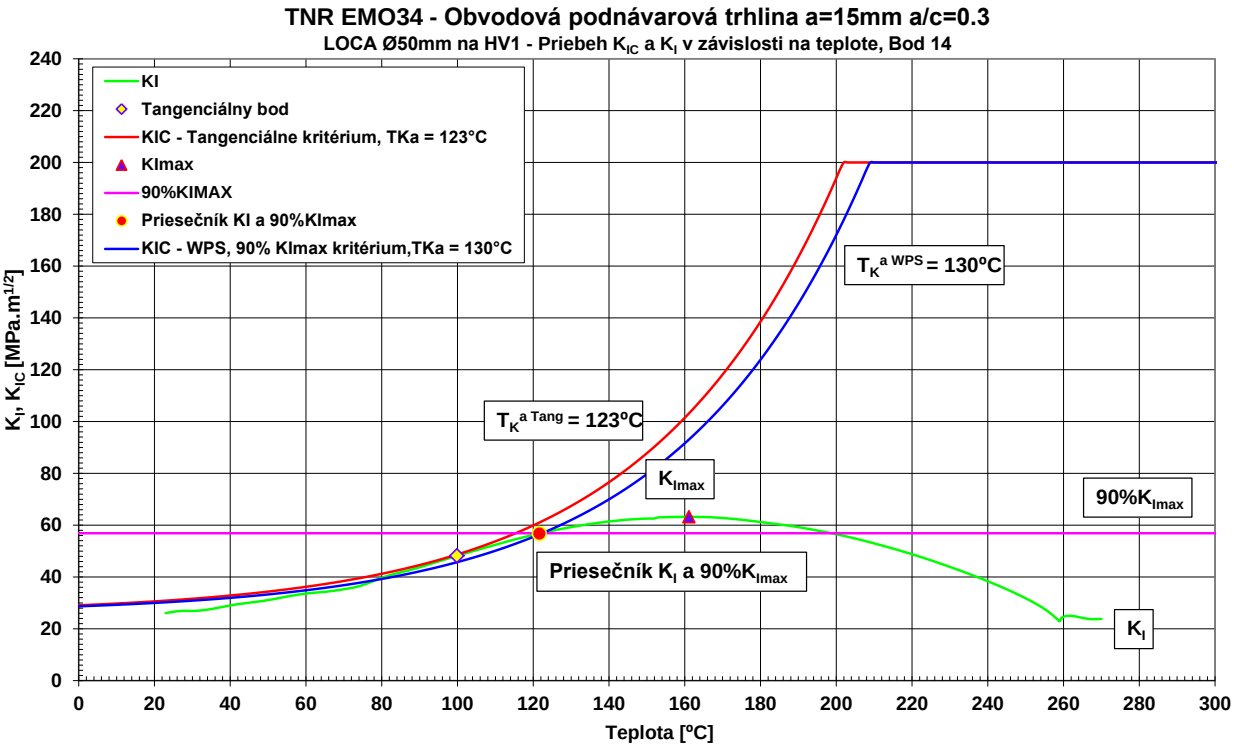
Obr. 7.2.1.10.1-B1-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



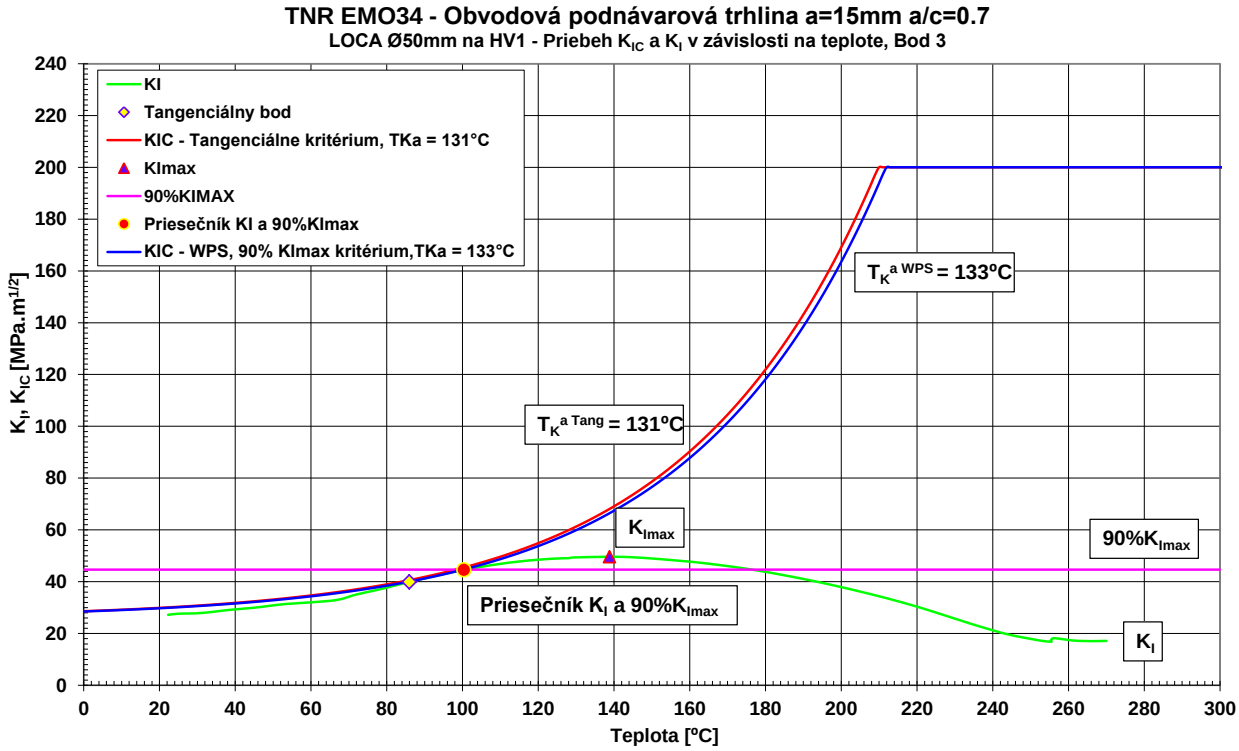
Obr. 7.2.1.10.1-B1-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



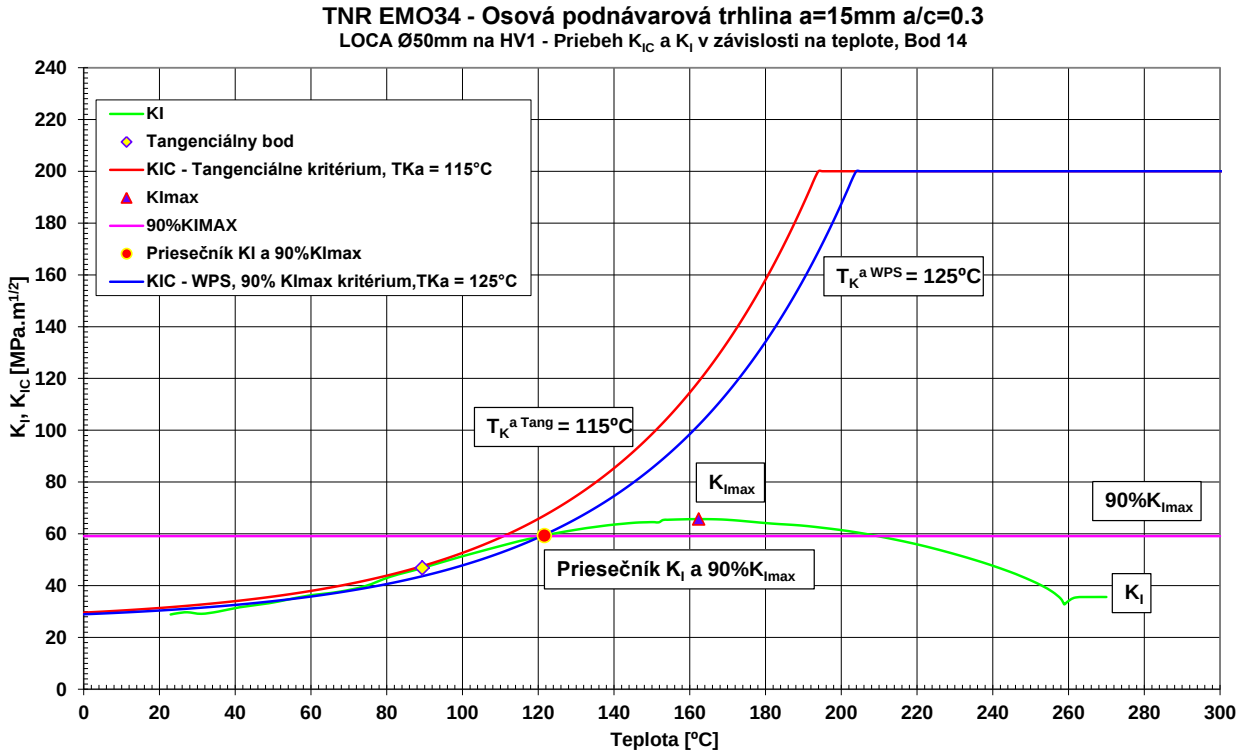
Obr. 7.2.1.10.1-B1-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



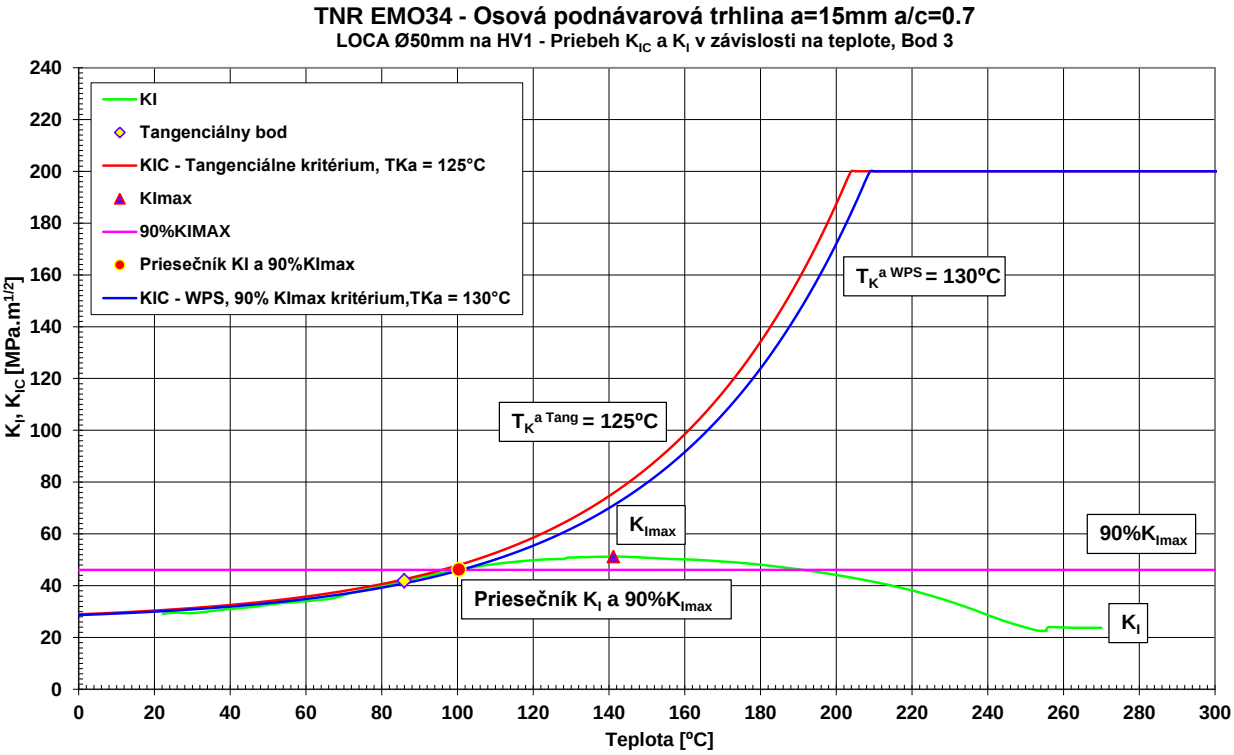
Obr. 7.2.1.10.1-B1-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-B1-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

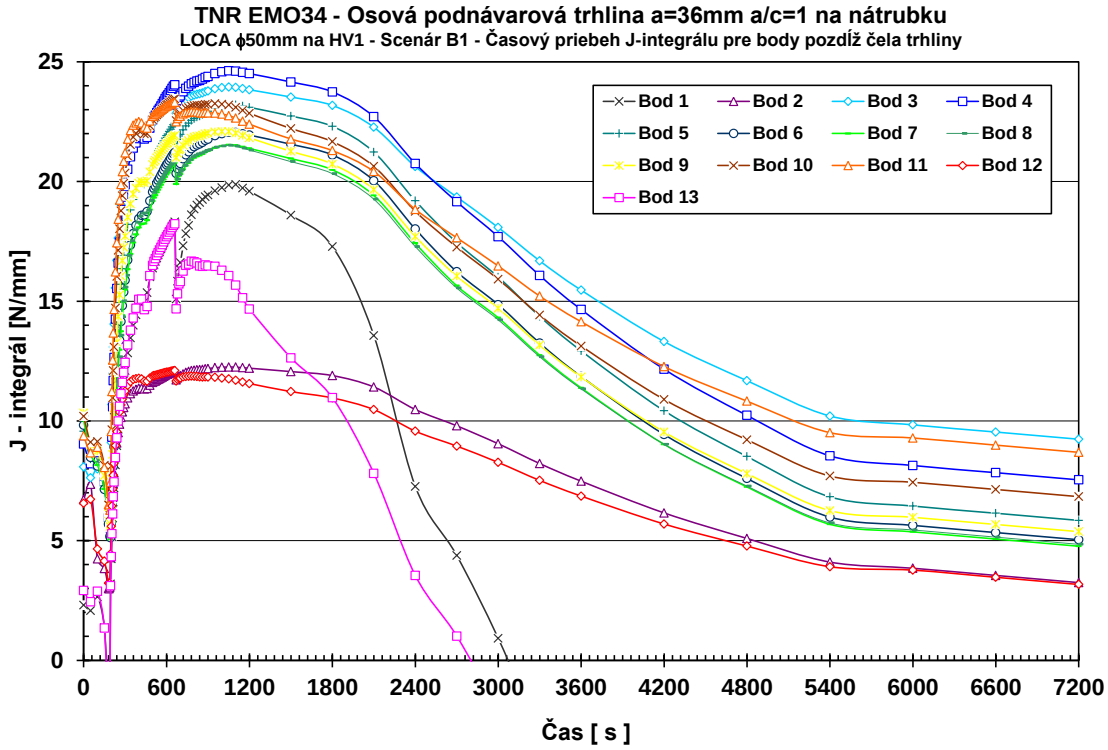


Obr. 7.2.1.10.1-B1-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

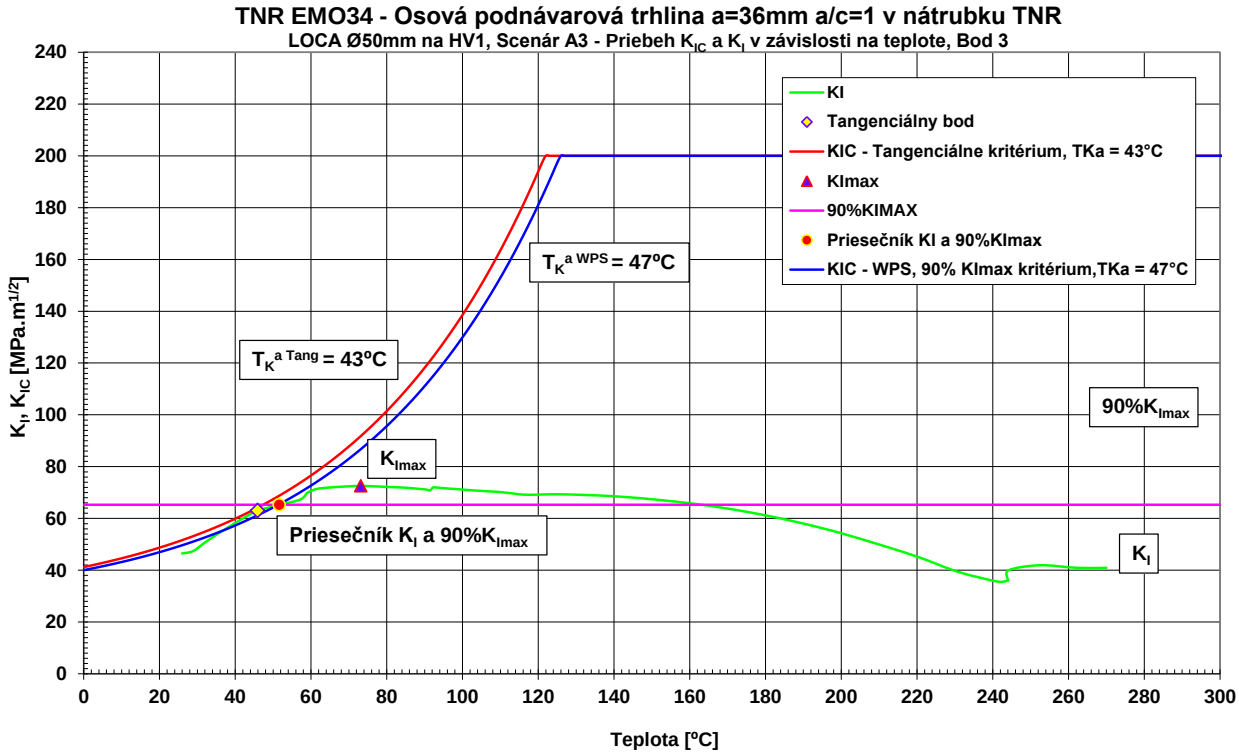


Obr. 7.2.1.10.1-B1-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-B1-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku



Obr. 7.2.1.10.1-B1-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3

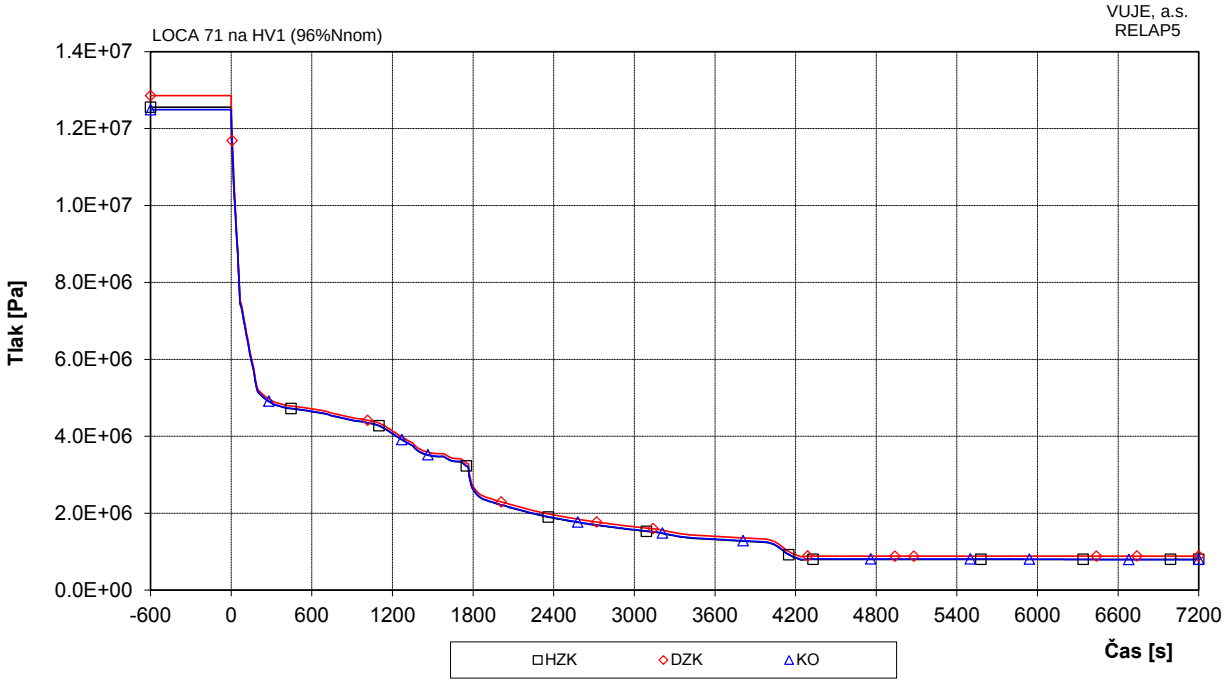
Príloha č. 06

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

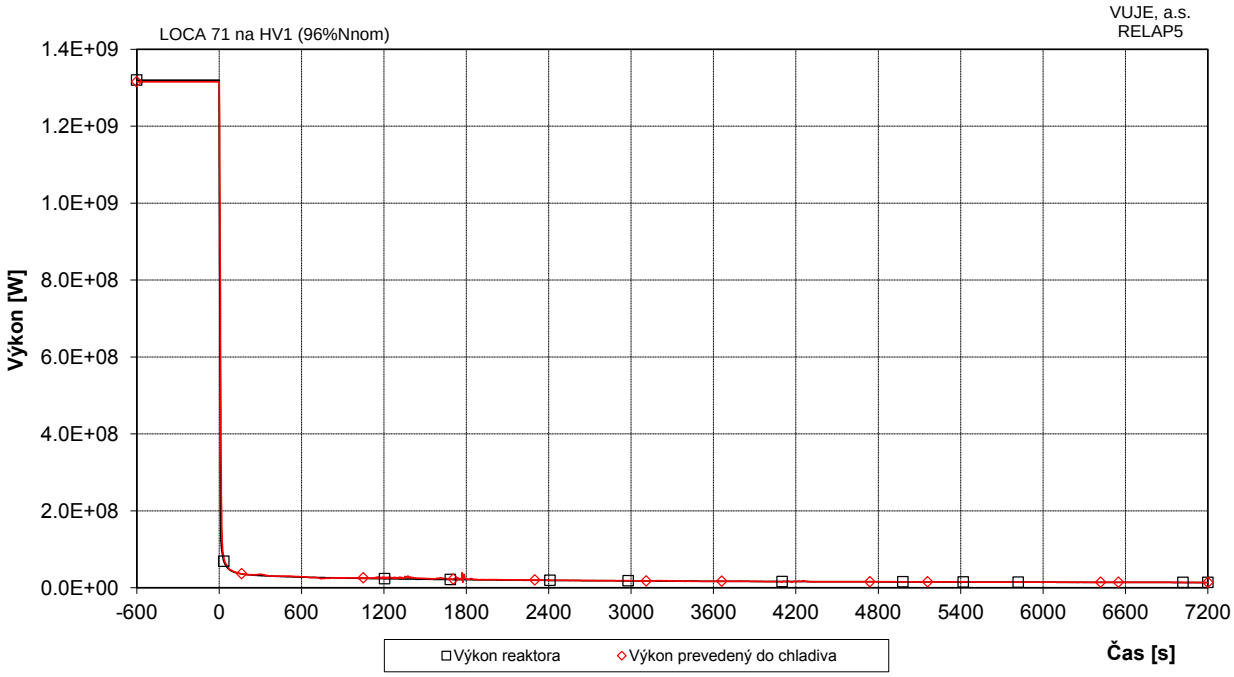
Scenár B2 LOCA ø71 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

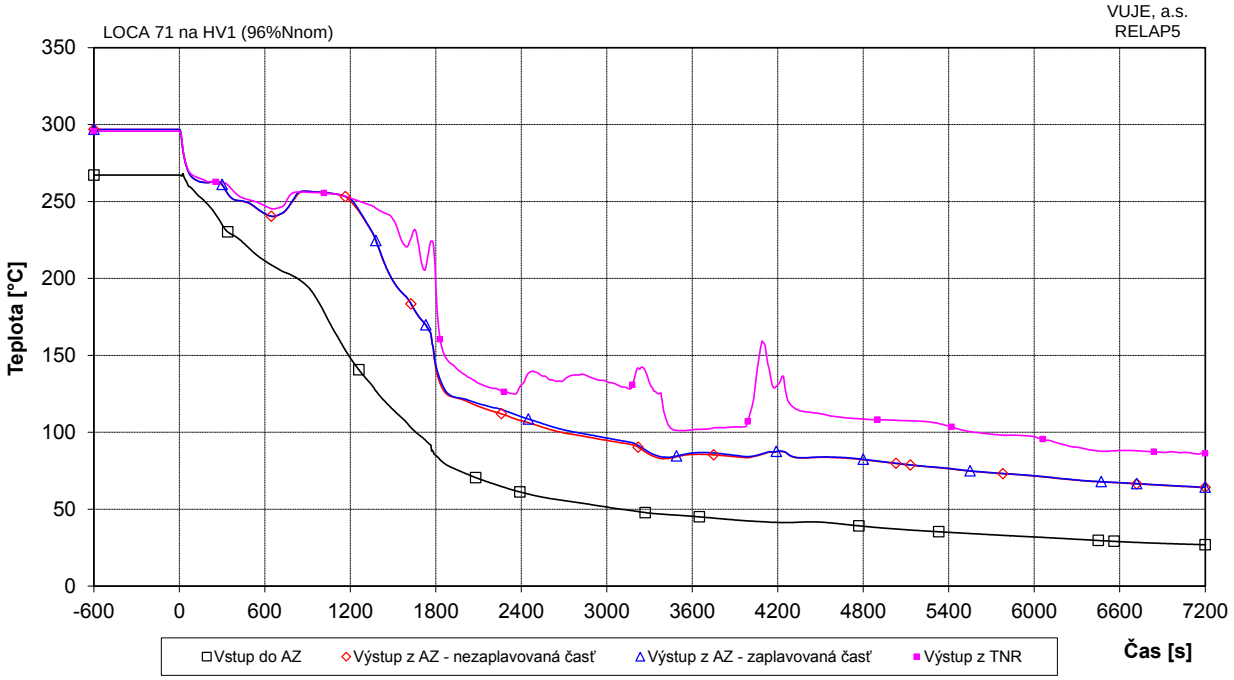
Obr. 7.2.1.10.1-B2-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-B2-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-B2-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-B2-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-B2-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-B2-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-B2-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-B2-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-B2-9: Hladina v HA ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-B2-10: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-B2-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-B2-12: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-B2-13: Integrál doplňovania do I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-B2-14: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-B2-15: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-B2-16: Tlak na výstupe z PG ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-B2-17: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-B2-18: Celková hladina v PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-B2-19: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-B2-20: Prietok pary z PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-B2-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-B2-22: Prietok pary do TG ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-B2-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O. ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-B2-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-B2-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-B2-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-B2-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-B2-28: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-B2-29: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-B2-30: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-B2-31: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-B2-32: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-B2-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-B2-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-B2-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-B2-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-B2-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 20
Obr. 7.2.1.10.1-B2-38: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku ... 20
Obr. 7.2.1.10.1-B2-39: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3 ... 21



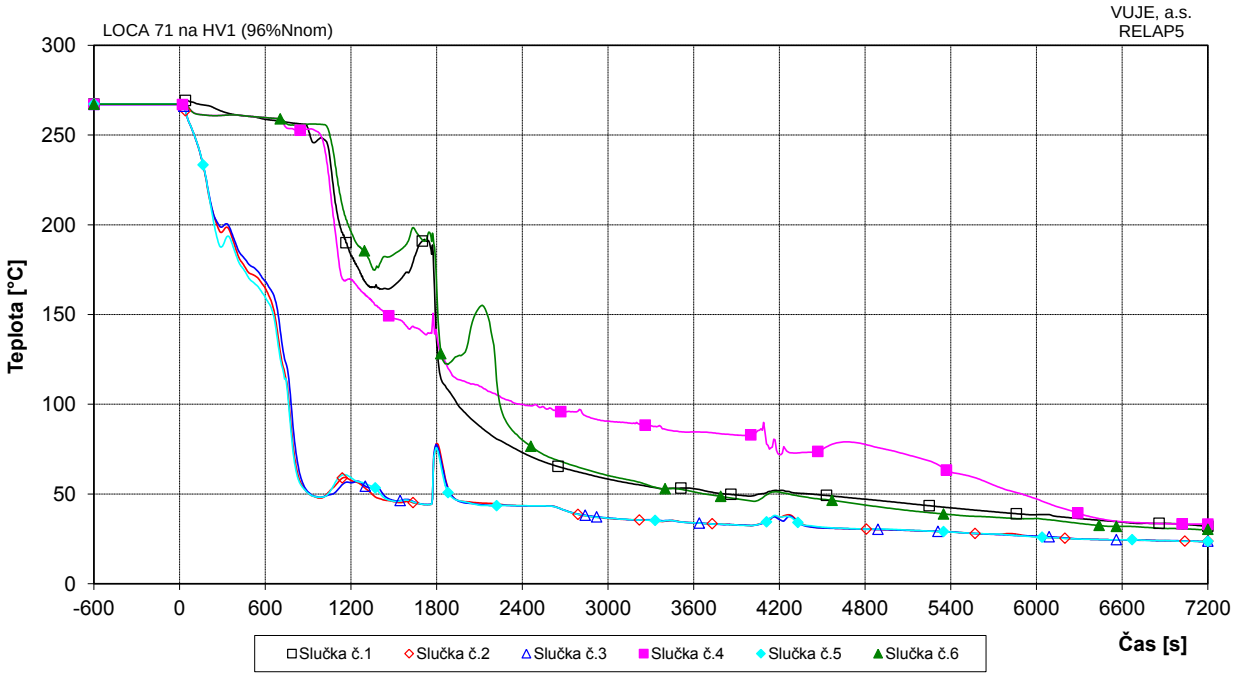
Obr. 7.2.1.10.1-B2-1: Tlak v I.O.



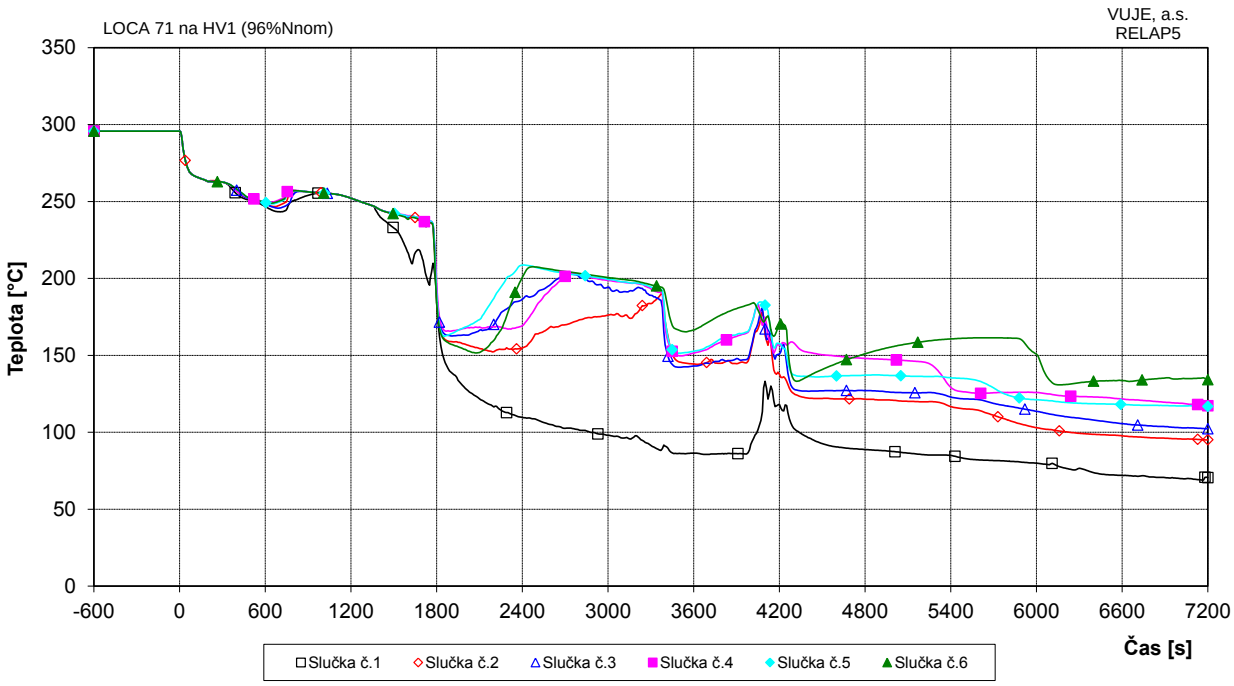
Obr. 7.2.1.10.1-B2-2: Výkon reaktora



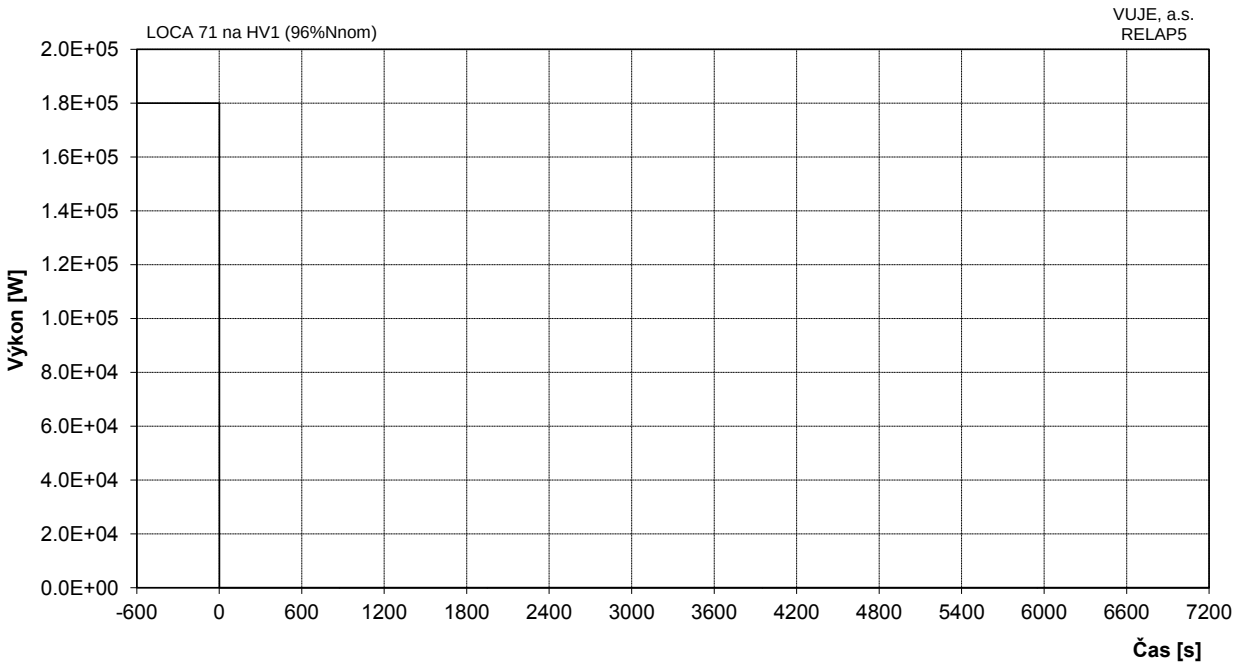
Obr. 7.2.1.10.1-B2-3: Teplota chladiva v TNR



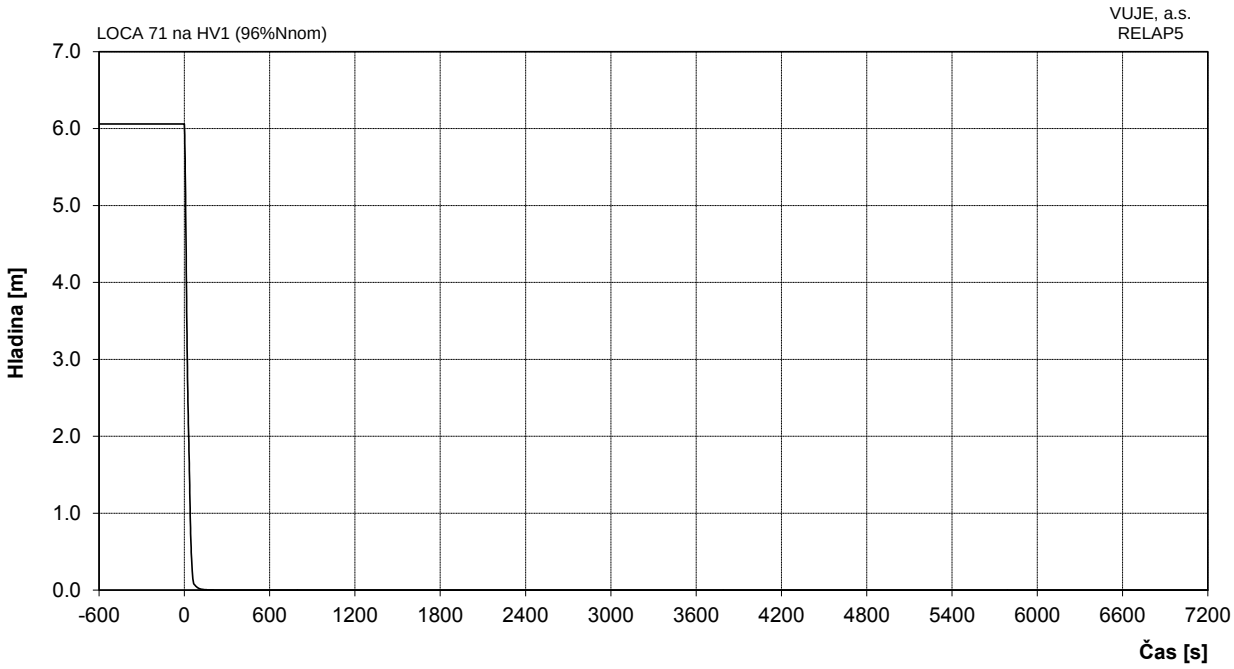
Obr. 7.2.1.10.1-B2-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



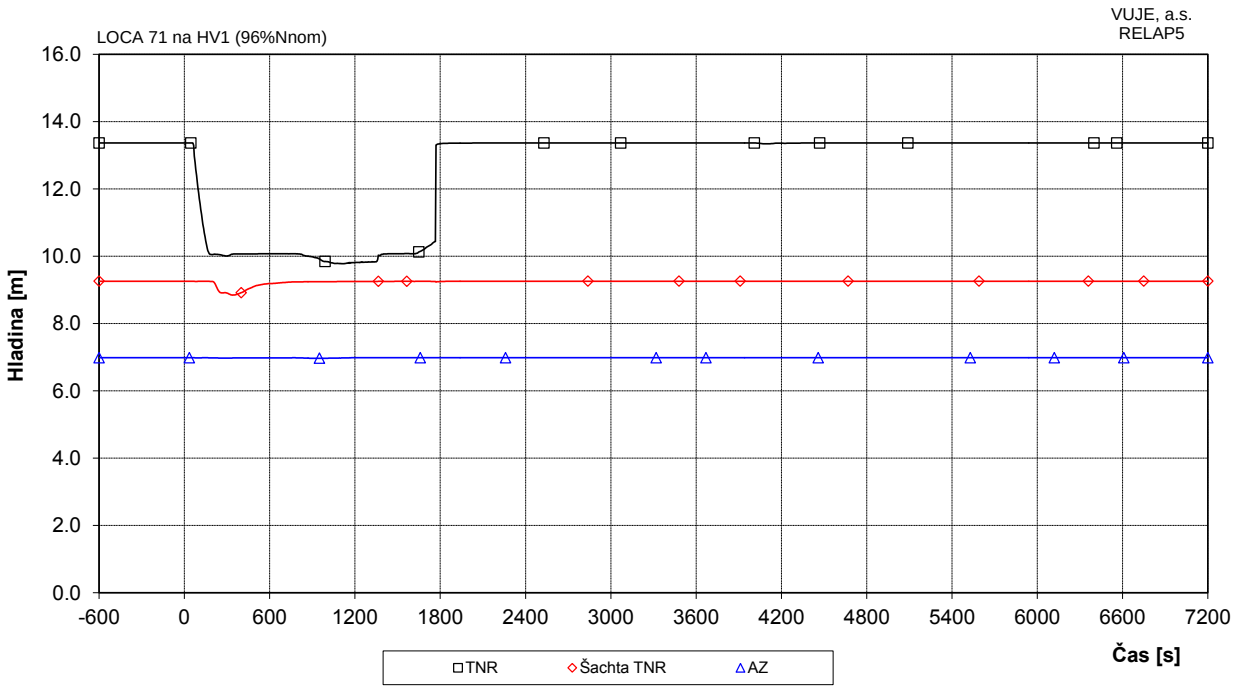
Obr. 7.2.1.10.1-B2-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



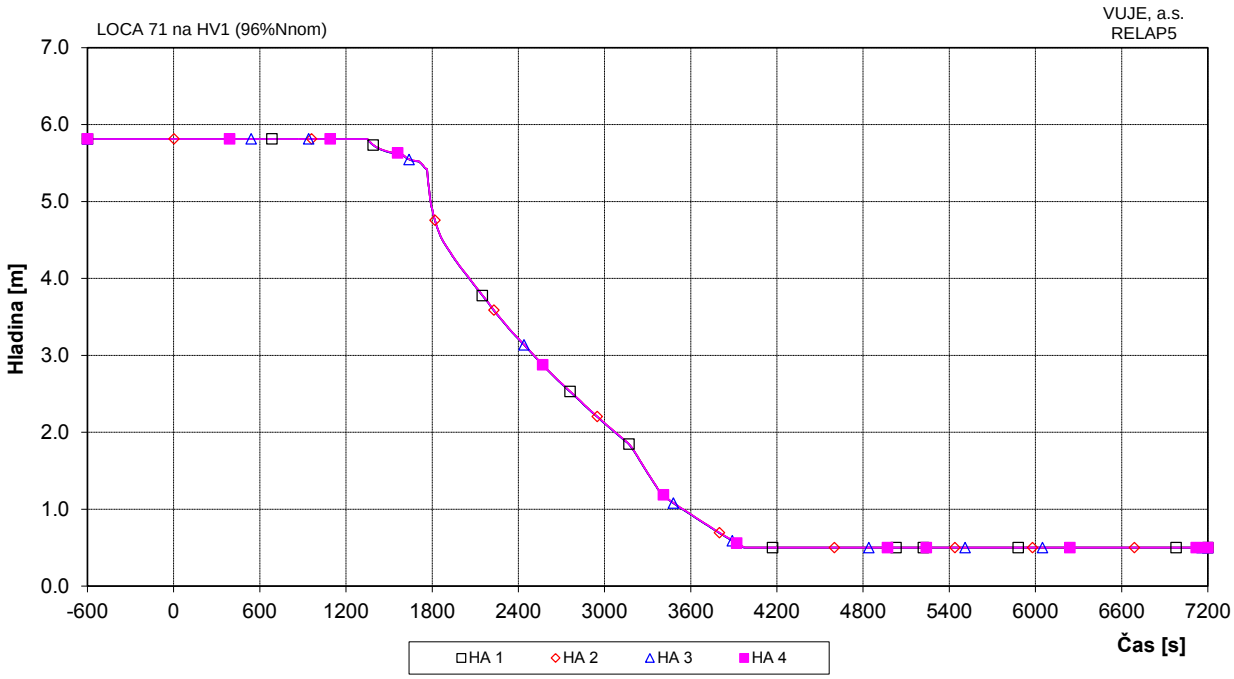
Obr. 7.2.1.10.1-B2-6: Celkový výkon EOKO



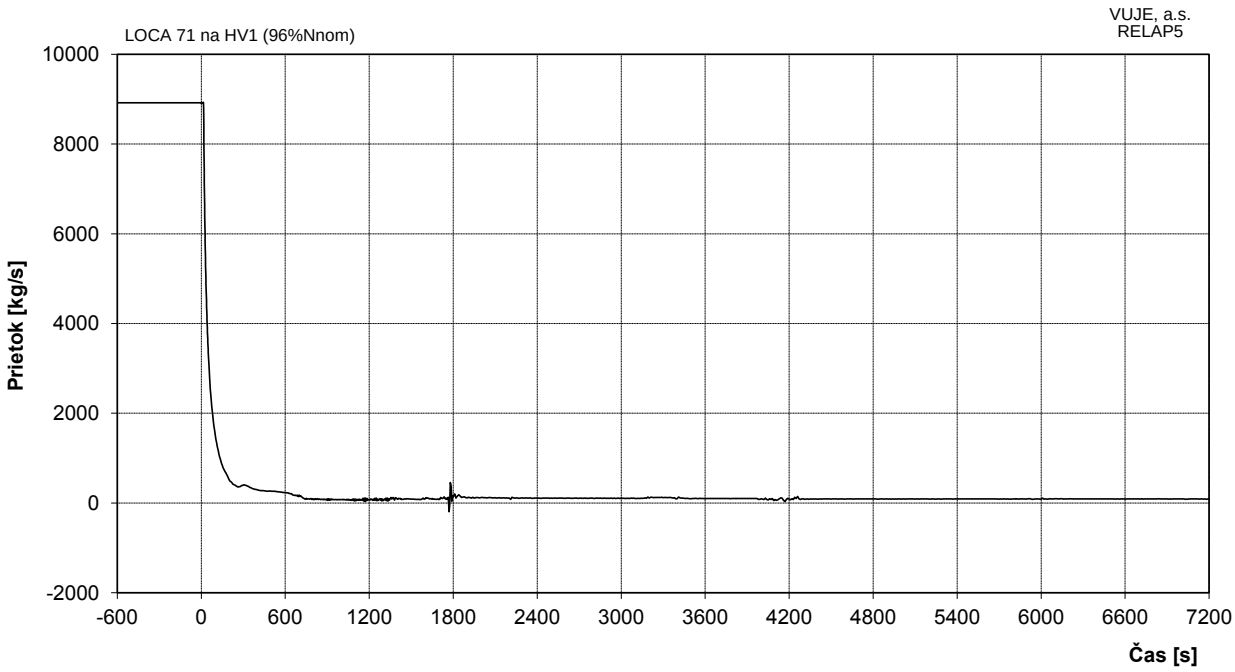
Obr. 7.2.1.10.1-B2-7: Celková hladina v KO



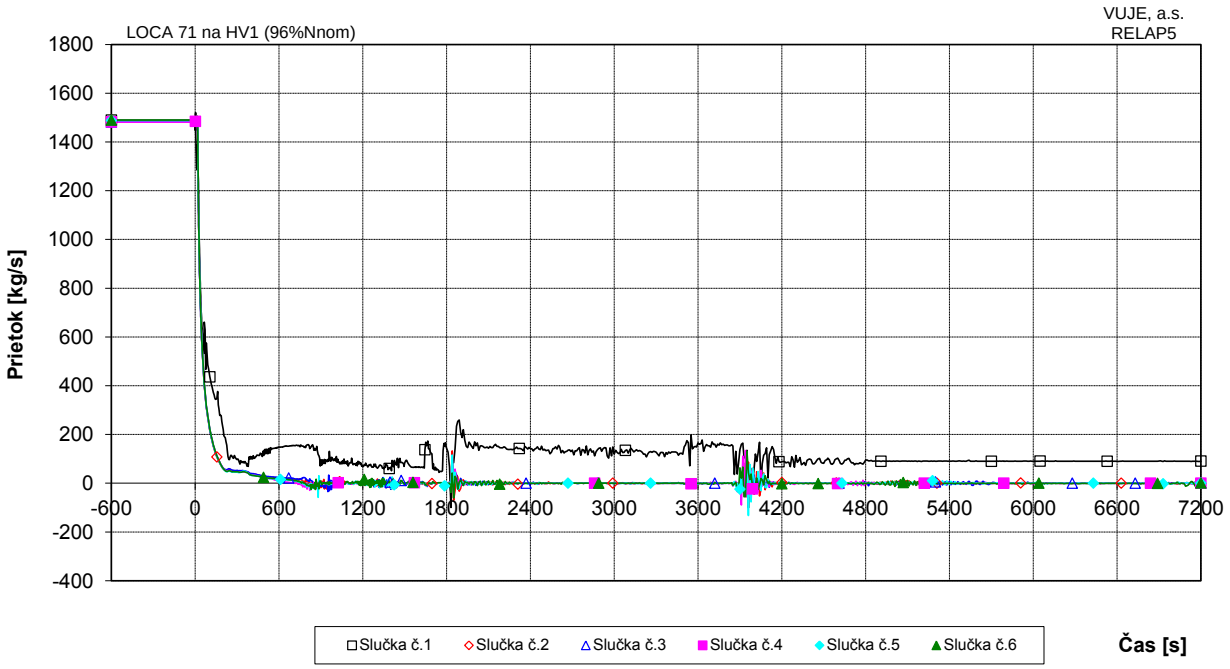
Obr. 7.2.1.10.1-B2-8: Hladina chladiva v TNR



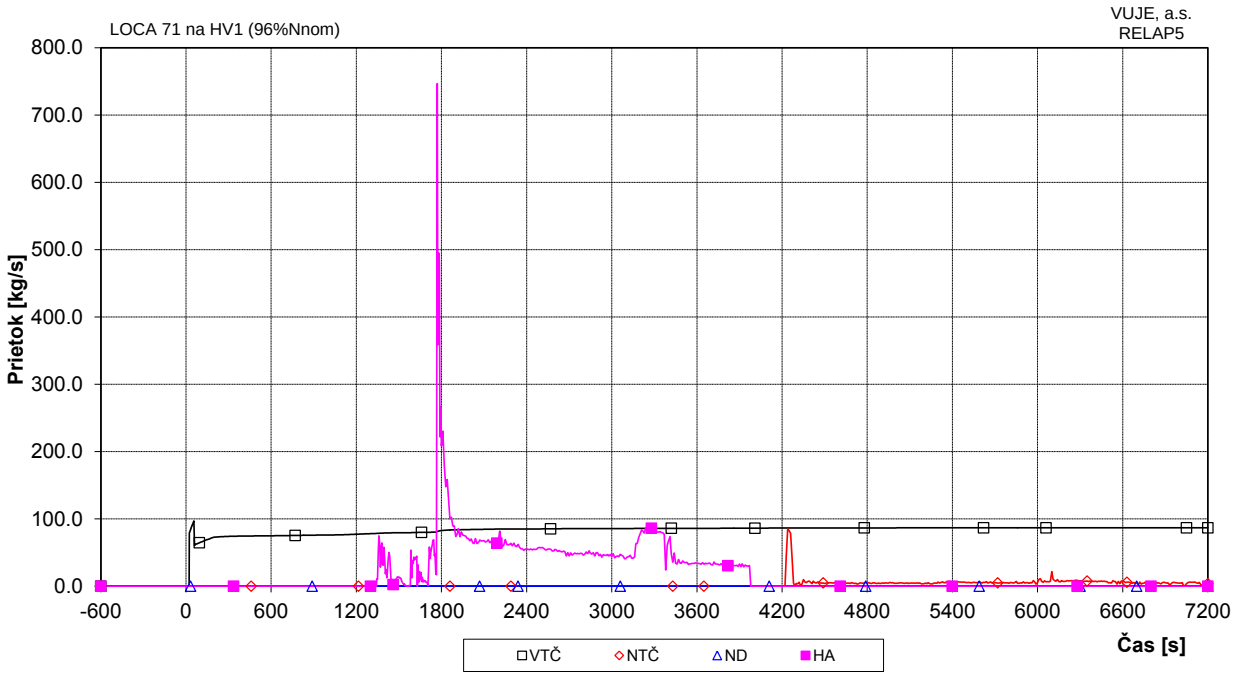
Obr. 7.2.1.10.1-B2-9: Hladina v HA



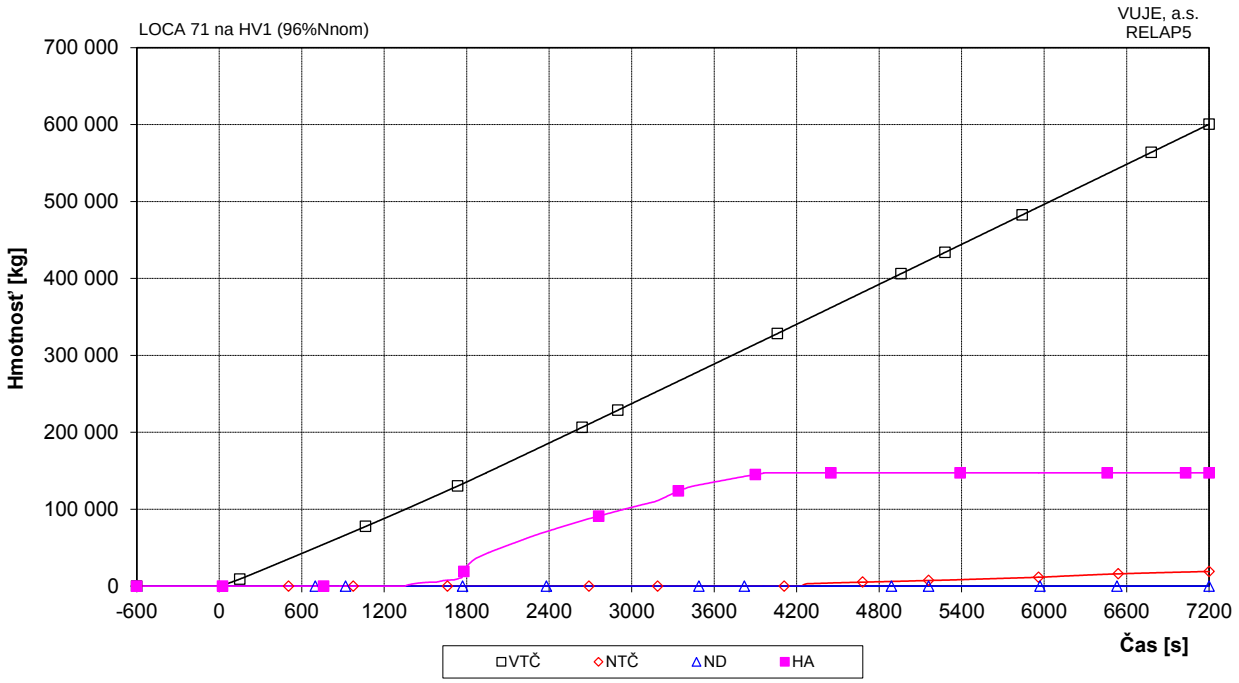
Obr. 7.2.1.10.1-B2-10: Hmotnostný prietok cez reaktor



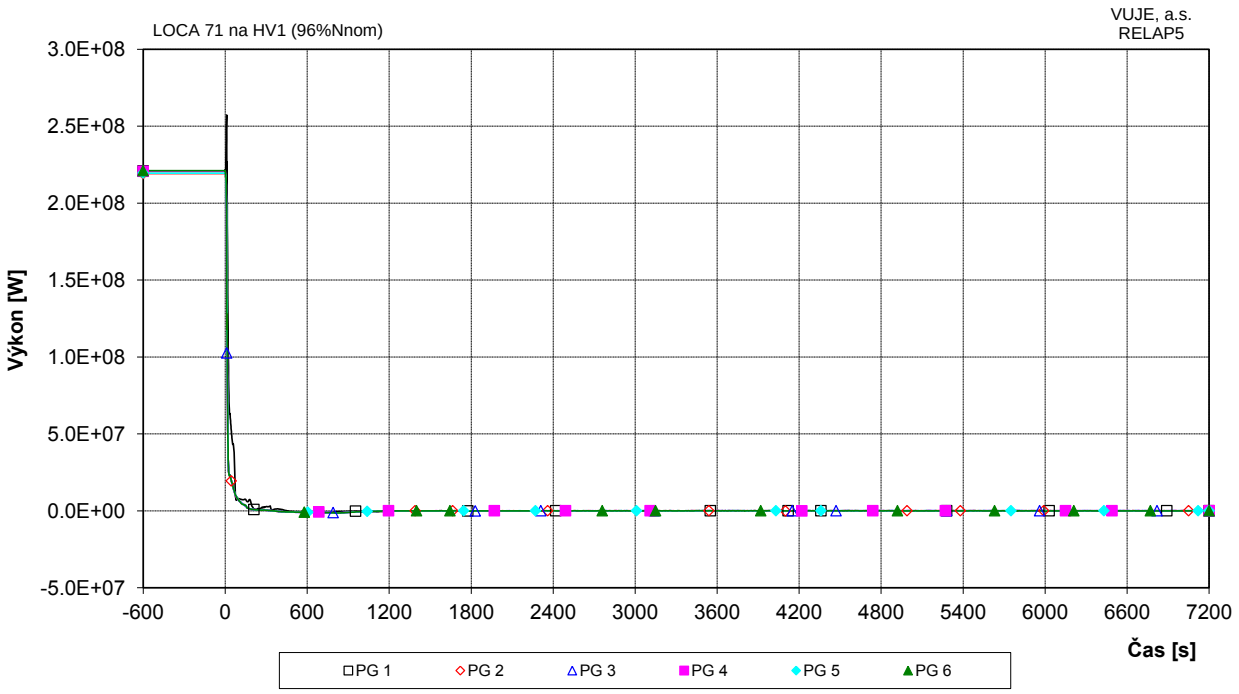
Obr. 7.2.1.10.1-B2-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



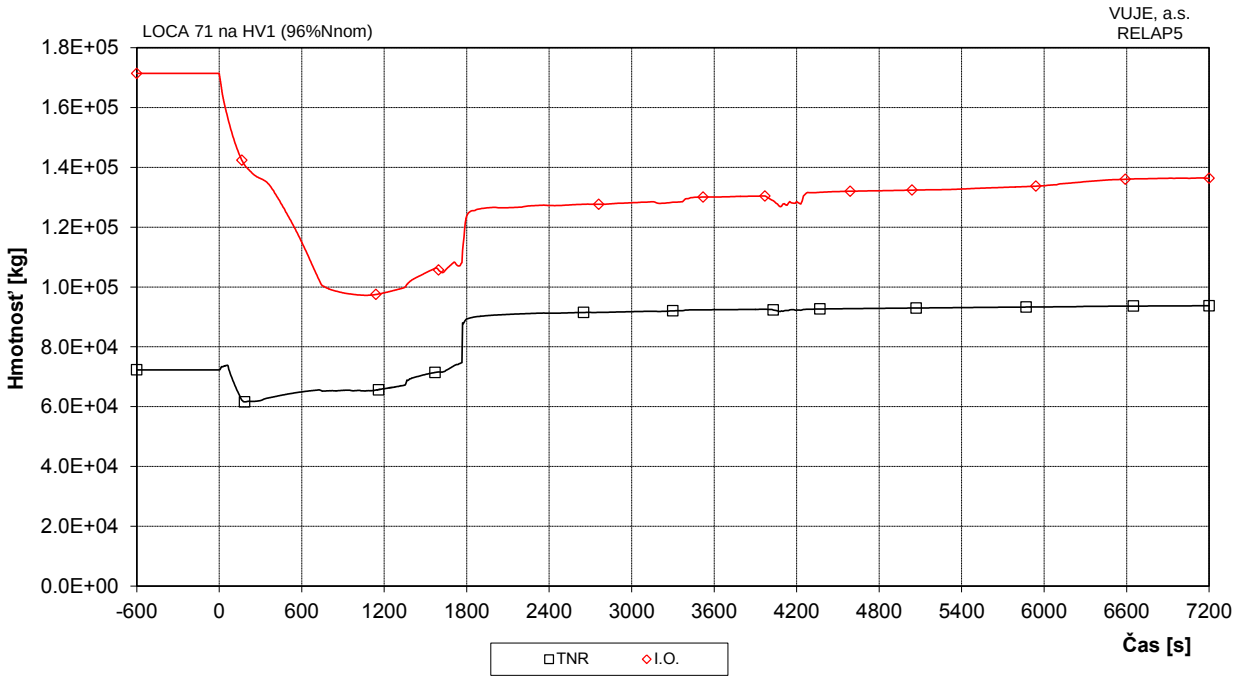
Obr. 7.2.1.10.1-B2-12: Doplňovanie do I.O.



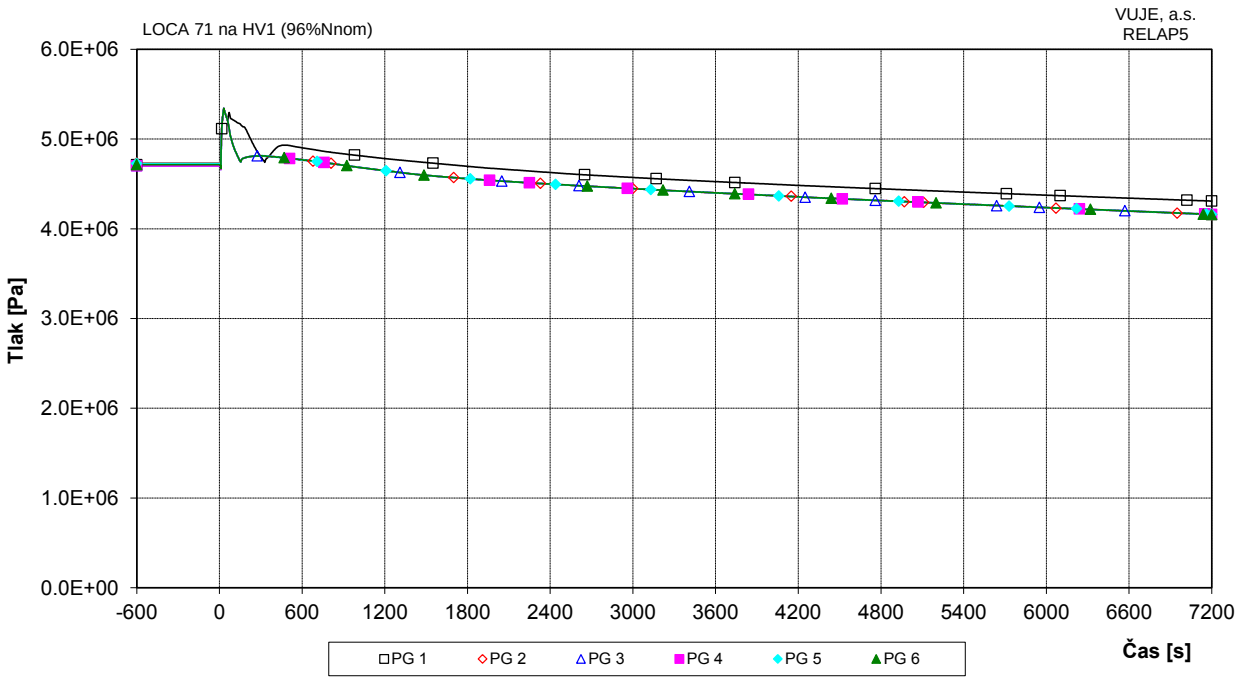
Obr. 7.2.1.10.1-B2-13: Integrál doplňovania do I.O.



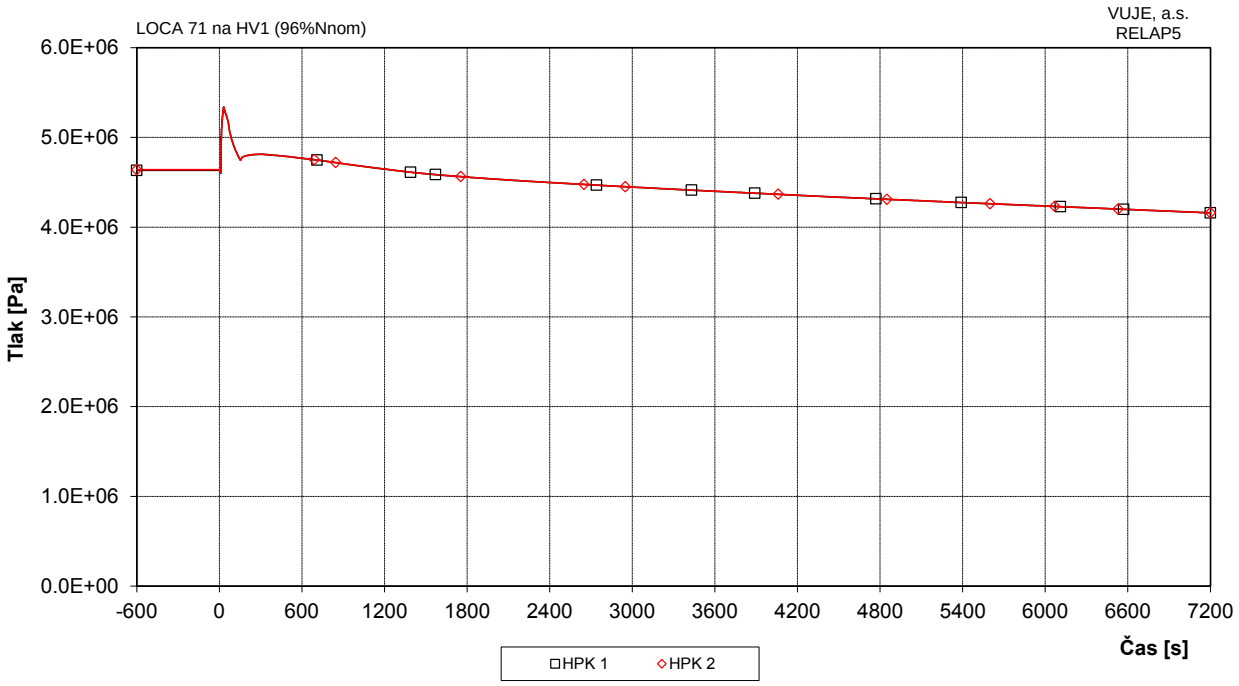
Obr. 7.2.1.10.1-B2-14: Výkon PG



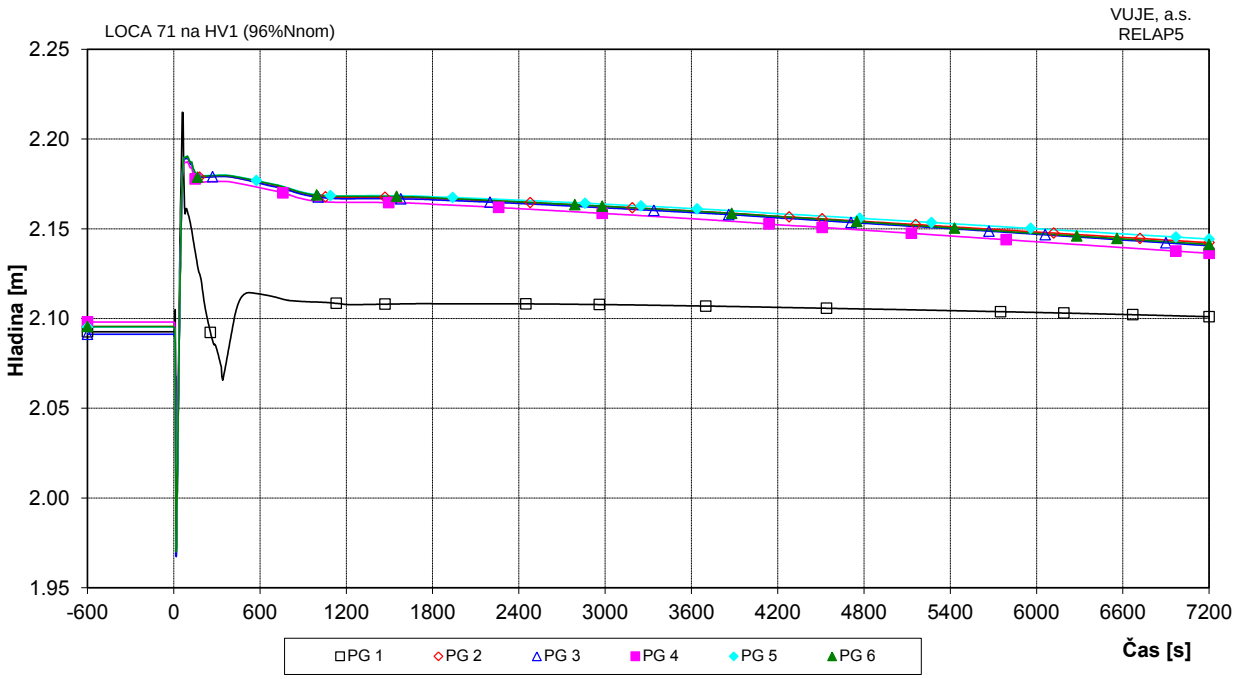
Obr. 7.2.1.10.1-B2-15: Hmotnosť chladiva v I.O.



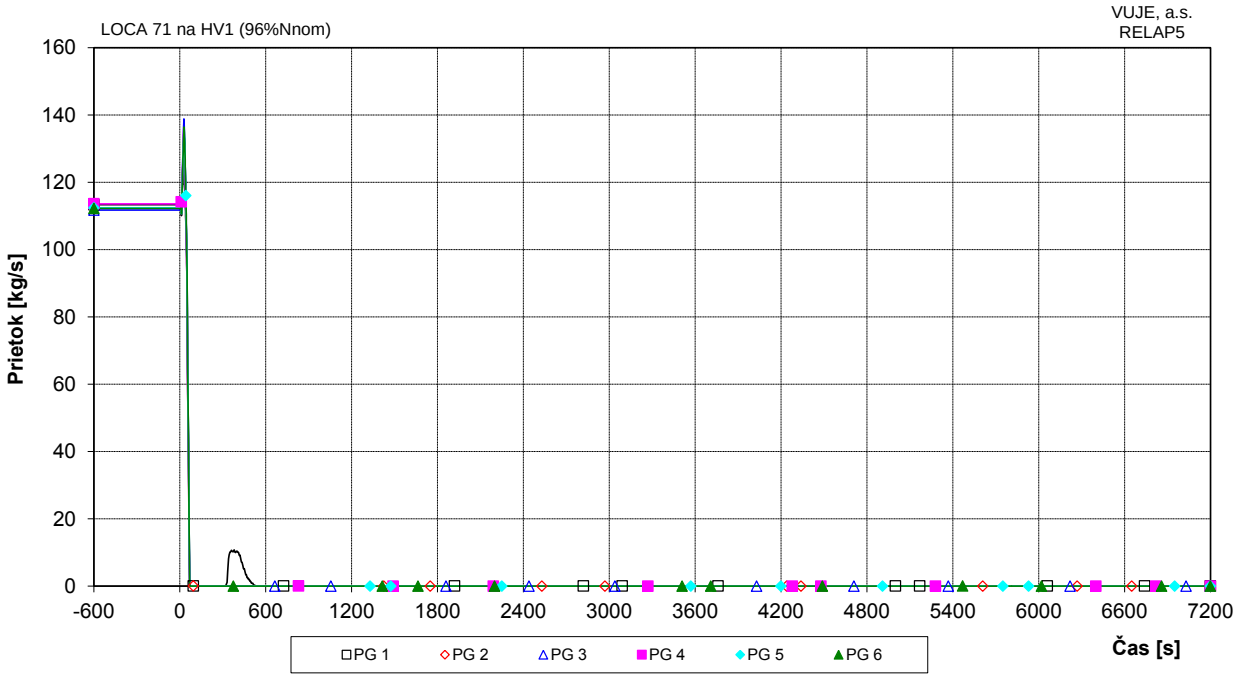
Obr. 7.2.1.10.1-B2-16: Tlak na výstupe z PG



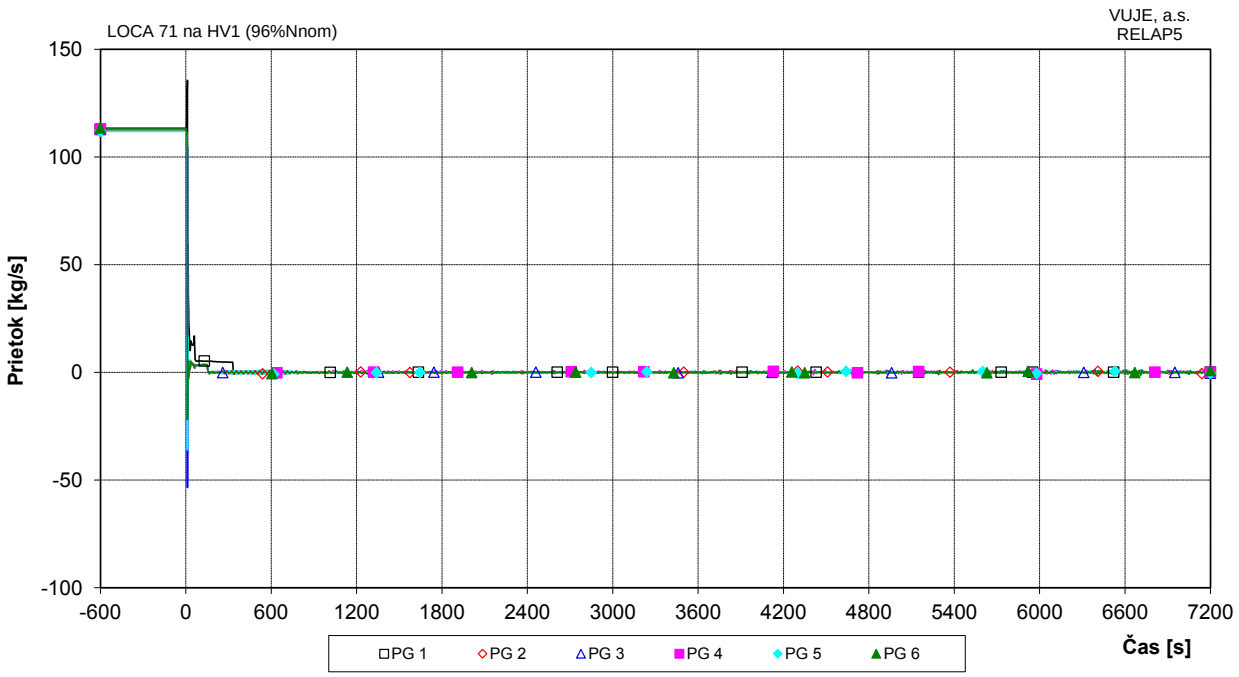
Obr. 7.2.1.10.1-B2-17: Tlak v HPK



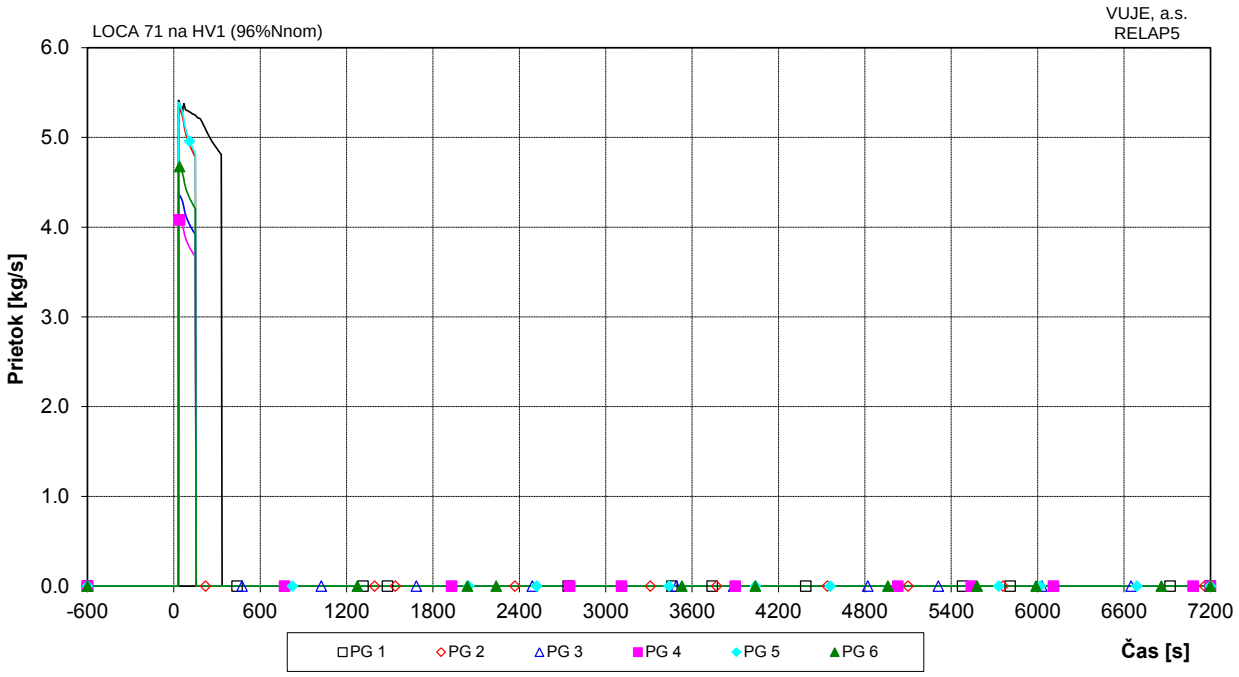
Obr. 7.2.1.10.1-B2-18: Celková hladina v PG



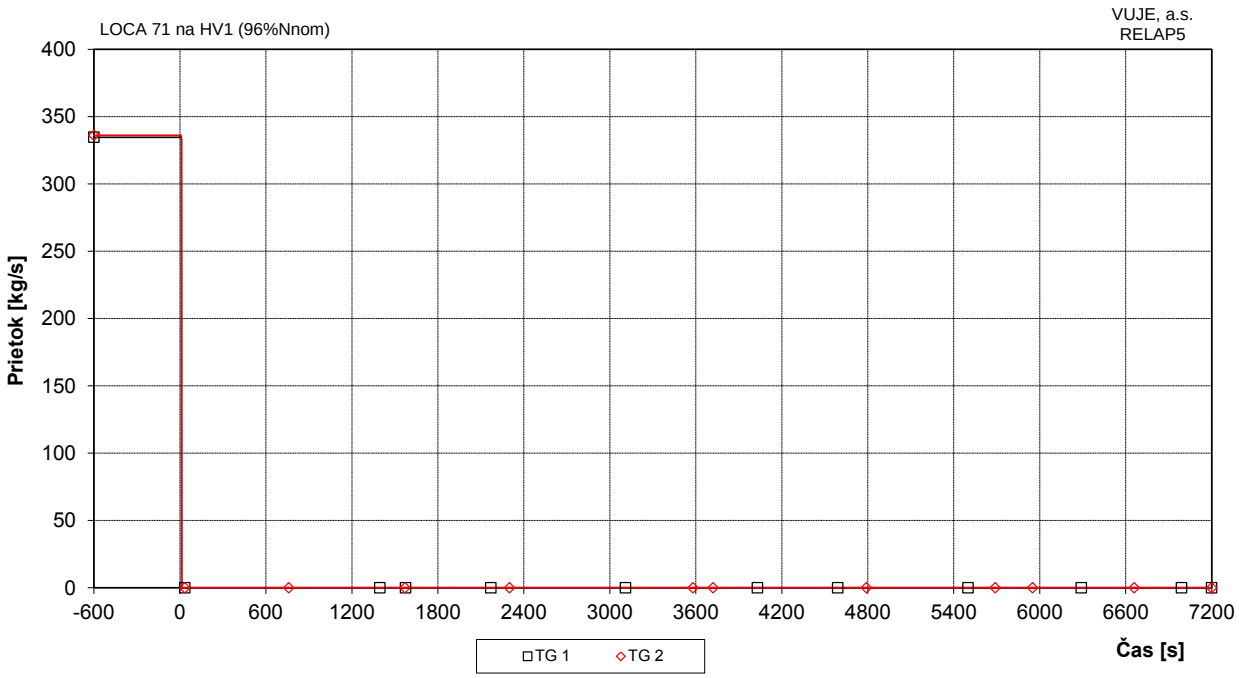
Obr. 7.2.1.10.1-B2-19: Celkový prietok napájacej vody do PG



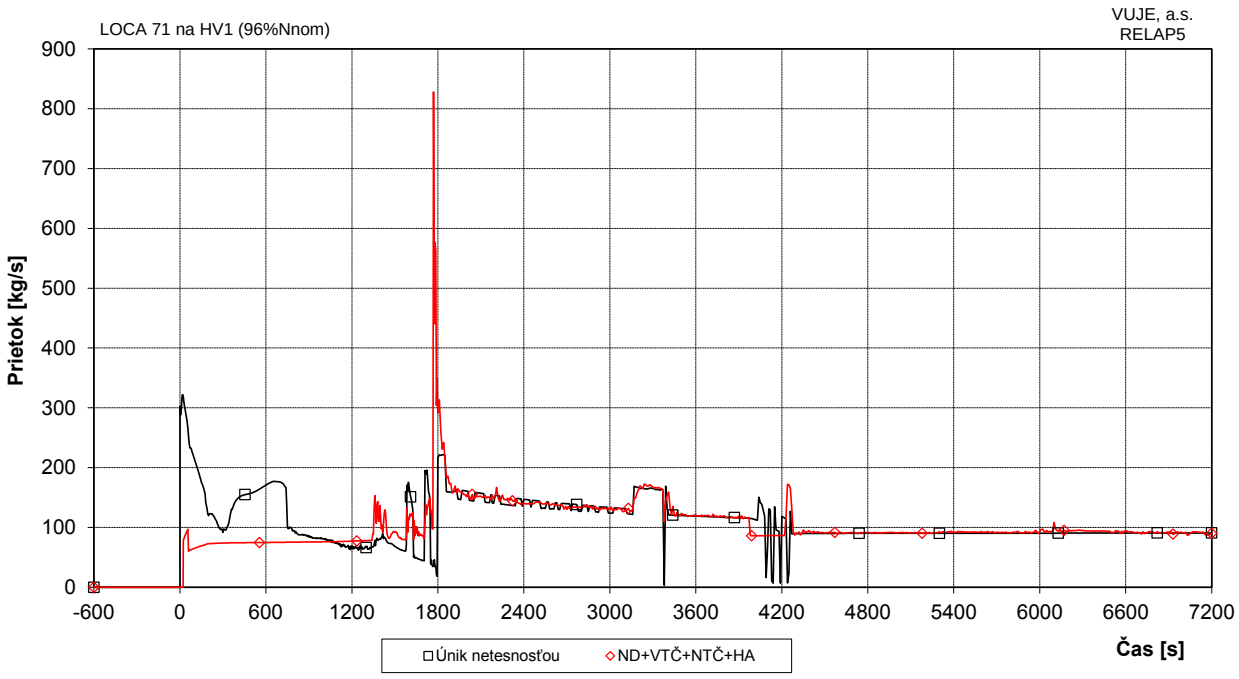
Obr. 7.2.1.10.1-B2-20: Prietok pary z PG



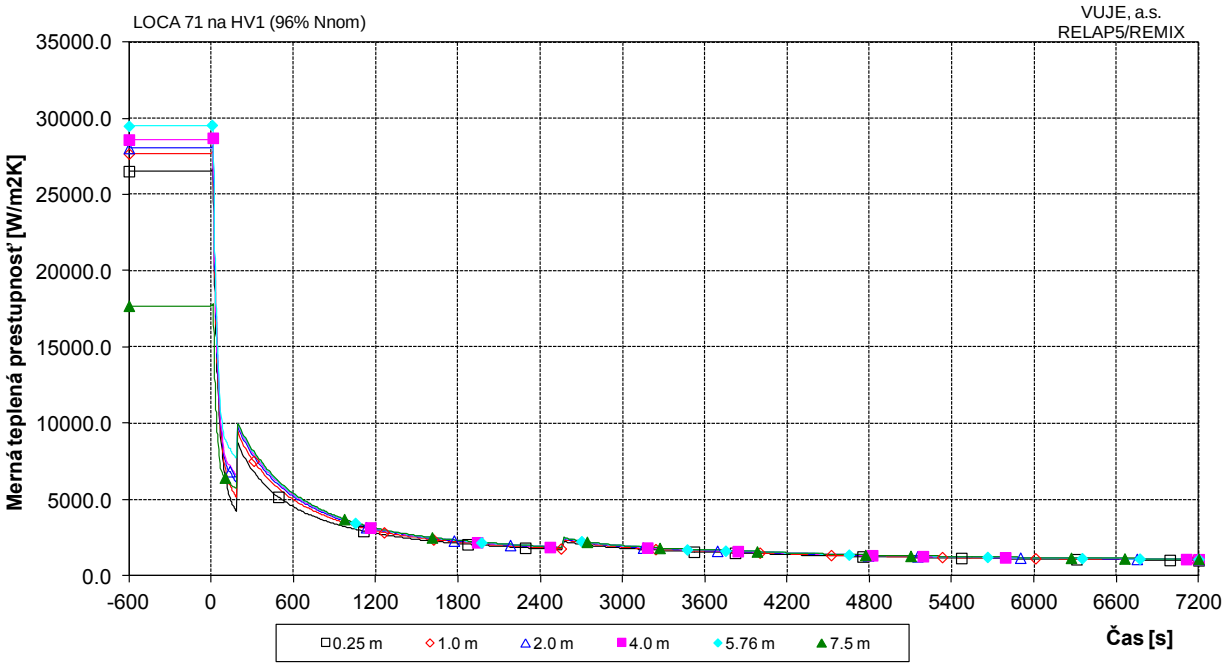
Obr. 7.2.1.10.1-B2-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



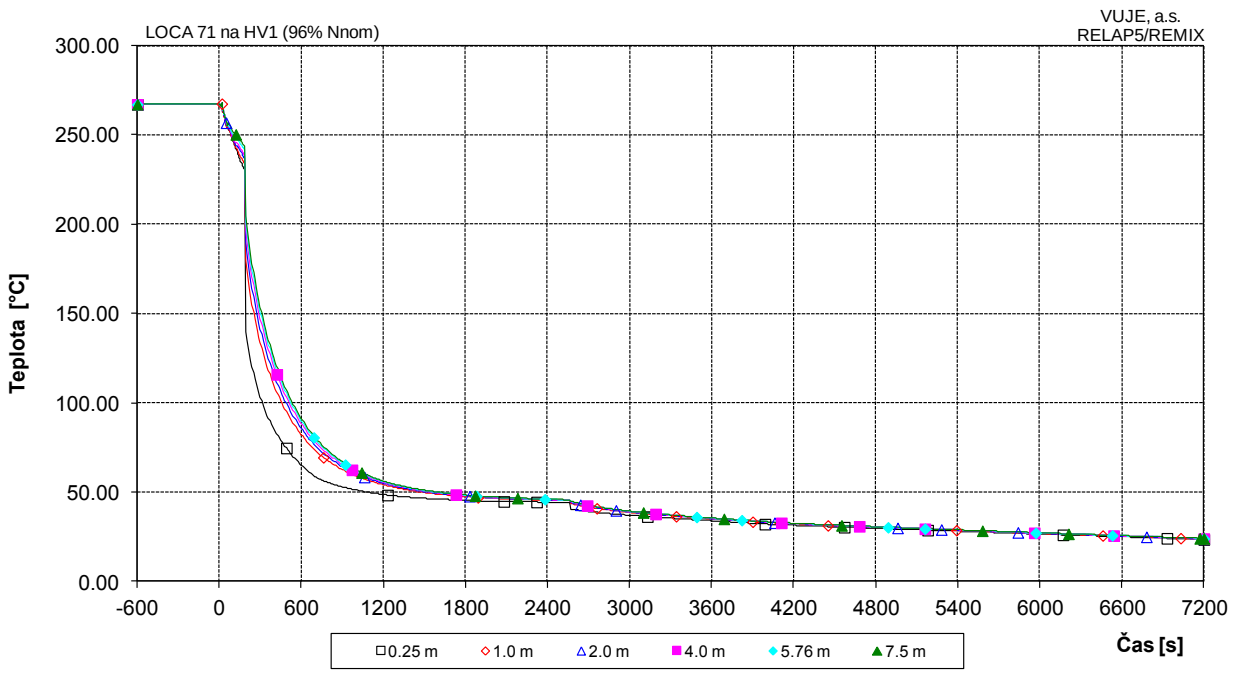
Obr. 7.2.1.10.1-B2-22: Prietok pary do TG



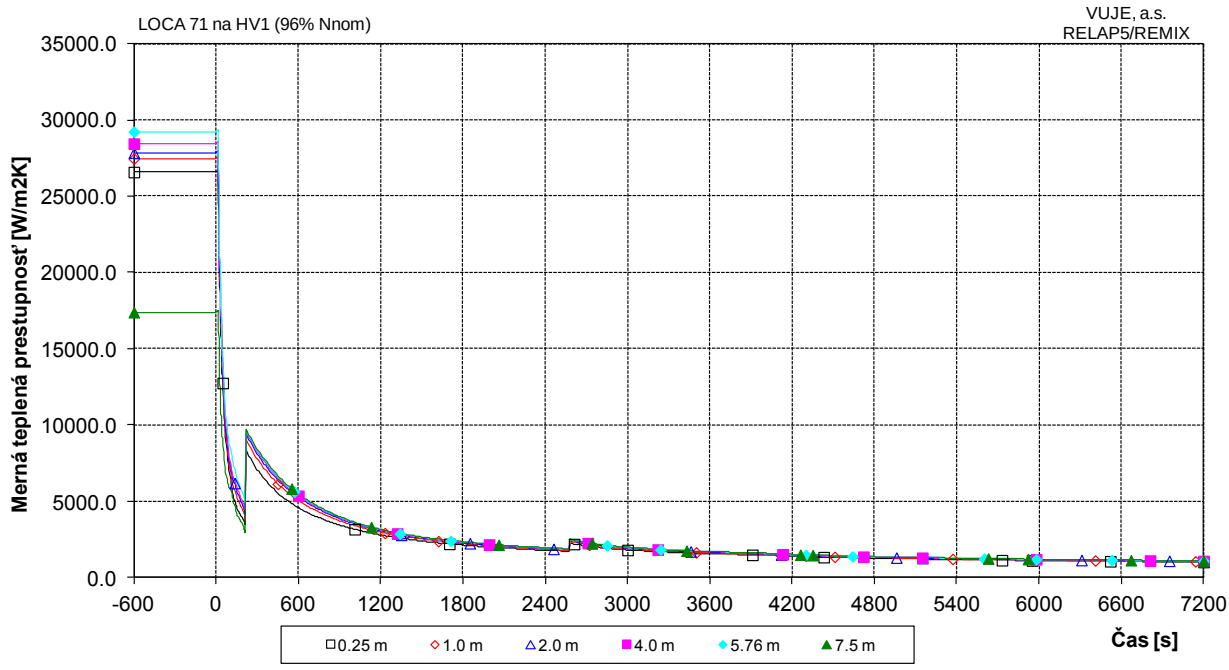
Obr. 7.2.1.10.1-B2-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O.



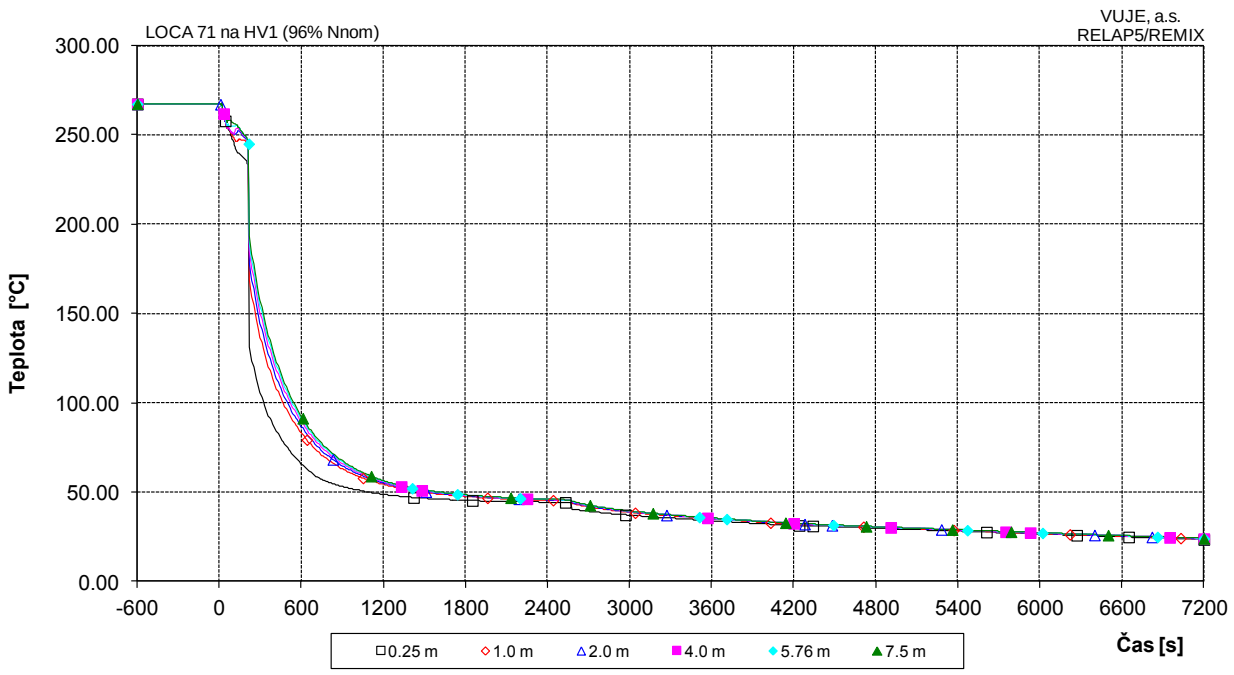
Obr. 7.2.1.10.1-B2-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2



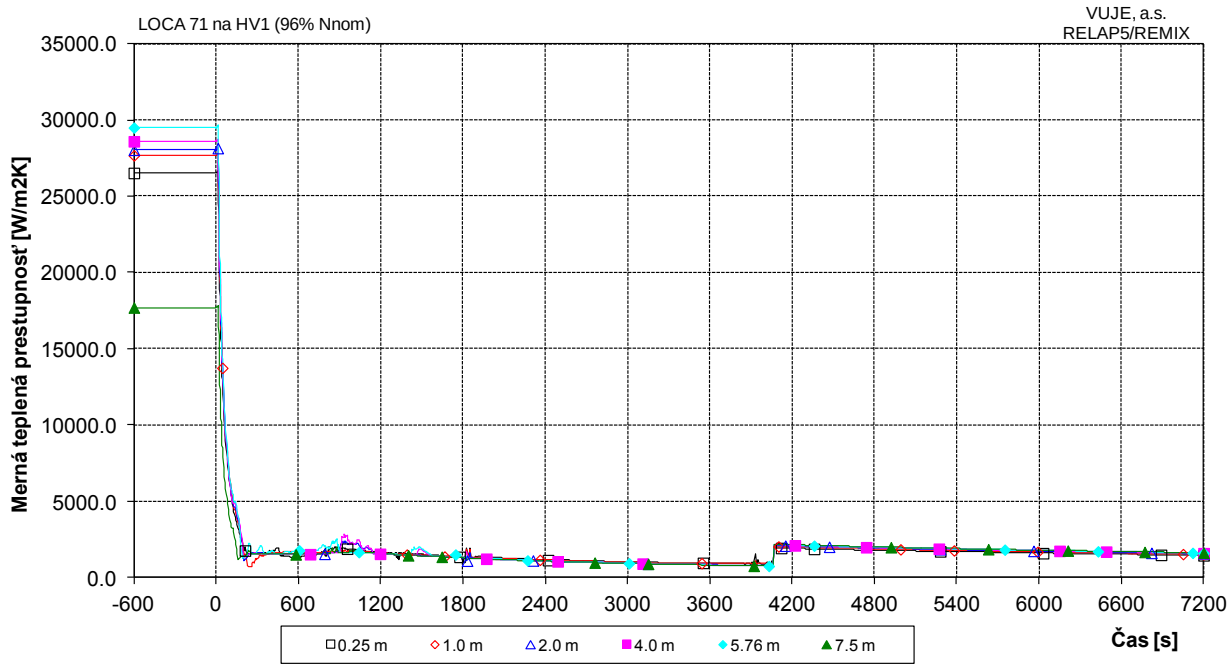
Obr. 7.2.1.10.1-B2-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2



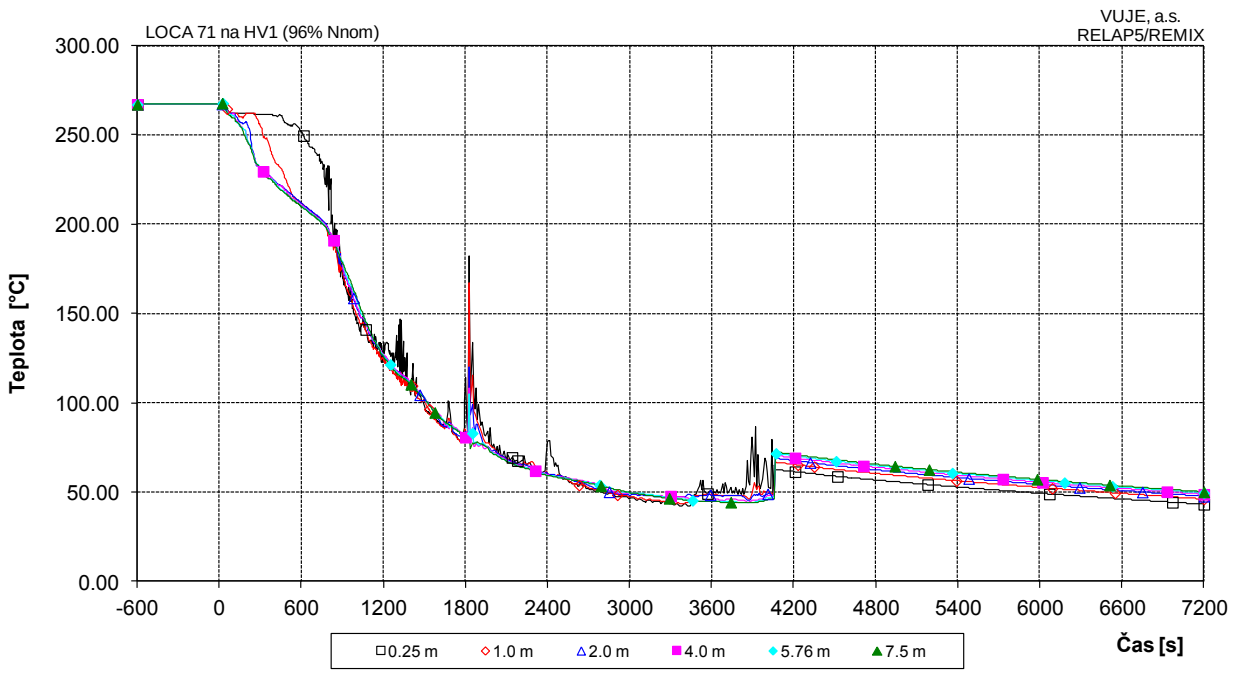
Obr. 7.2.1.10.1-B2-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5



Obr. 7.2.1.10.1-B2-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5

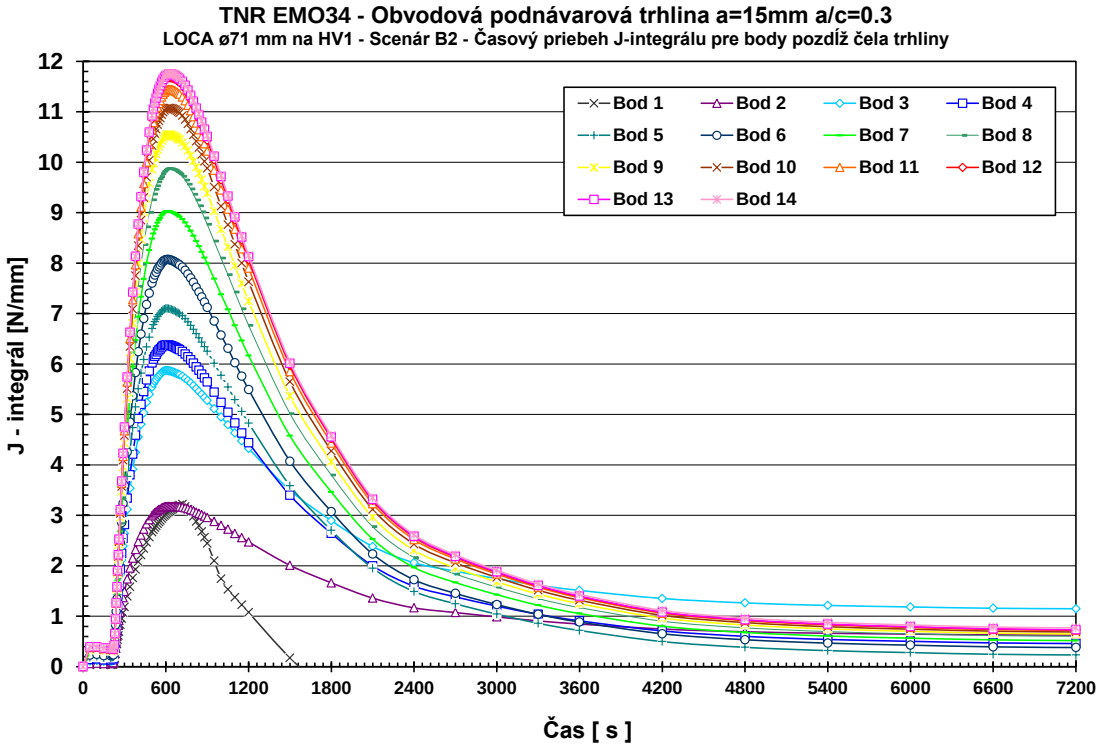


Obr. 7.2.1.10.1-B2-28: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4

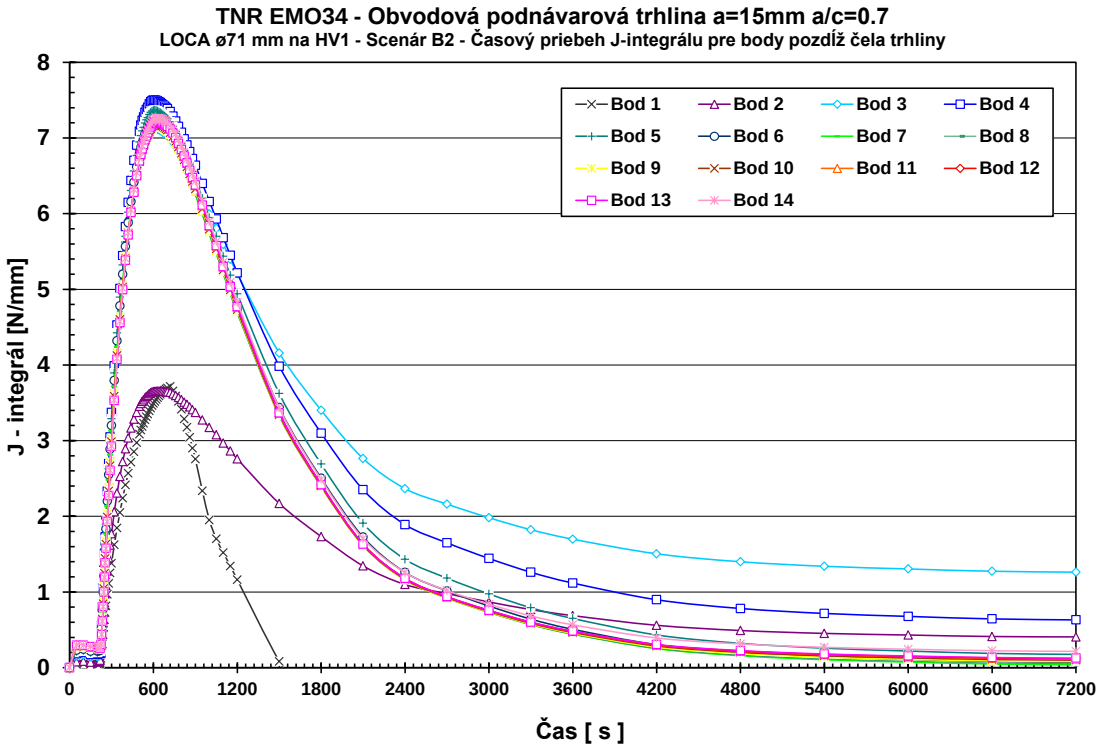


Obr. 7.2.1.10.1-B2-29: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4

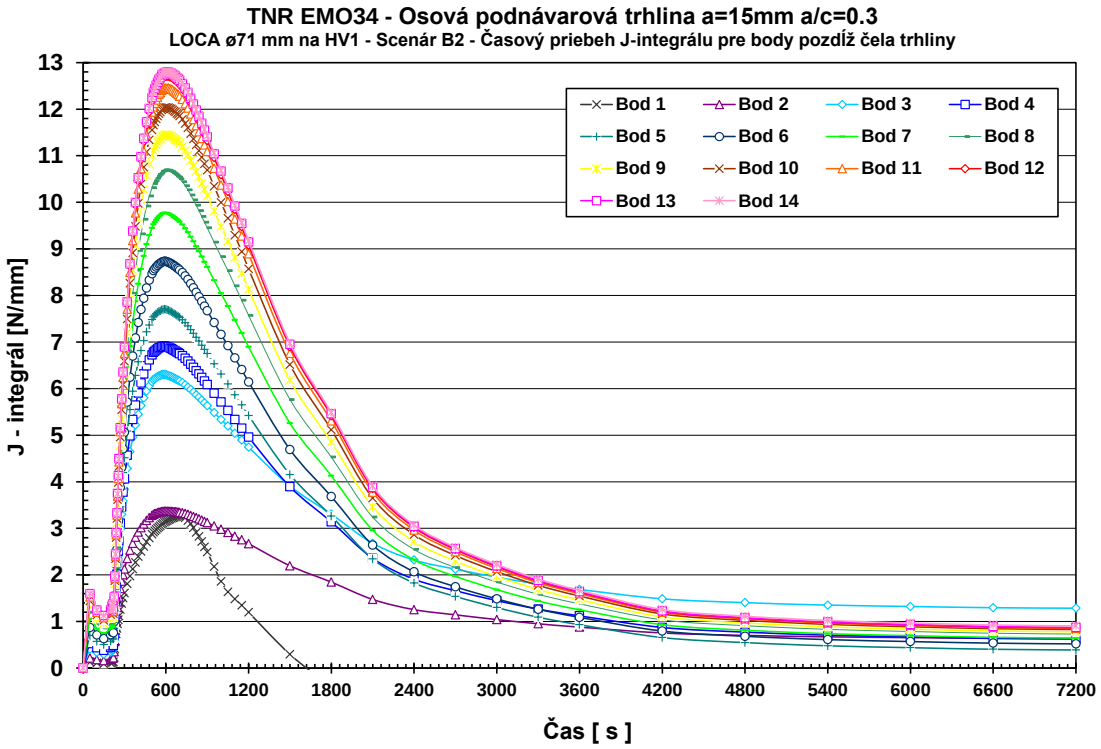
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



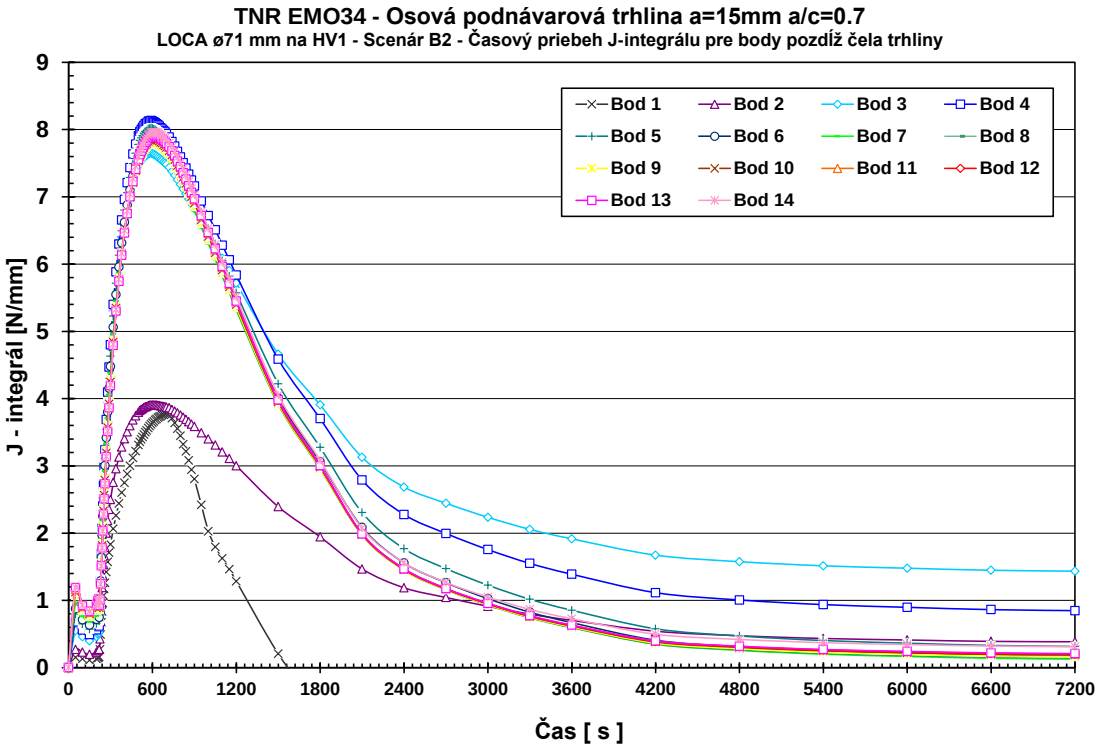
Obr. 7.2.1.10.1-B2-30: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



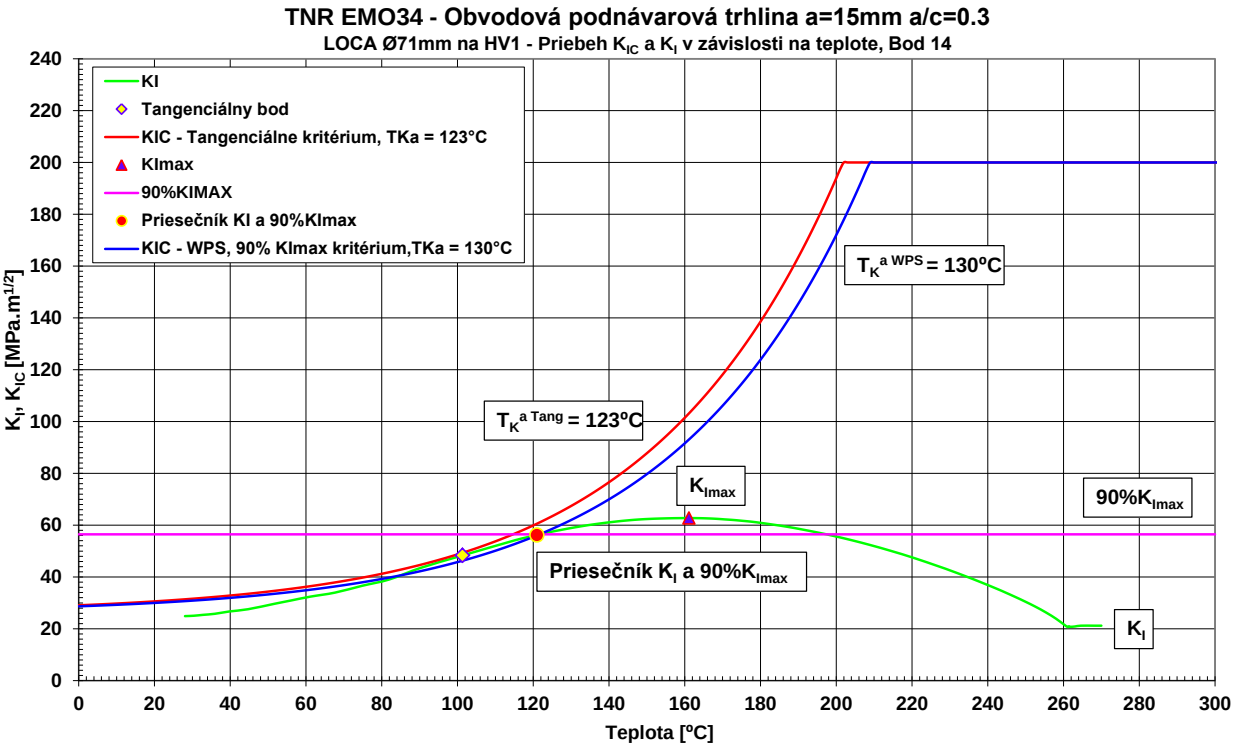
Obr. 7.2.1.10.1-B2-31: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



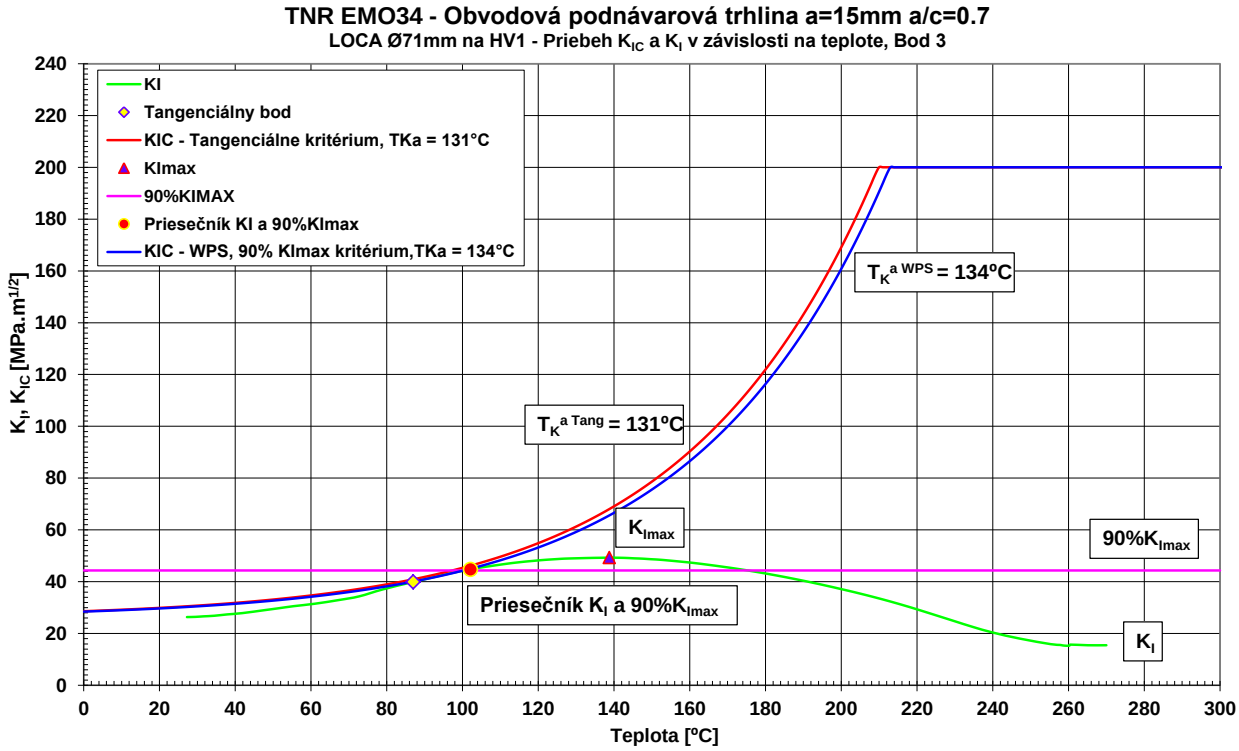
Obr. 7.2.1.10.1-B2-32: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



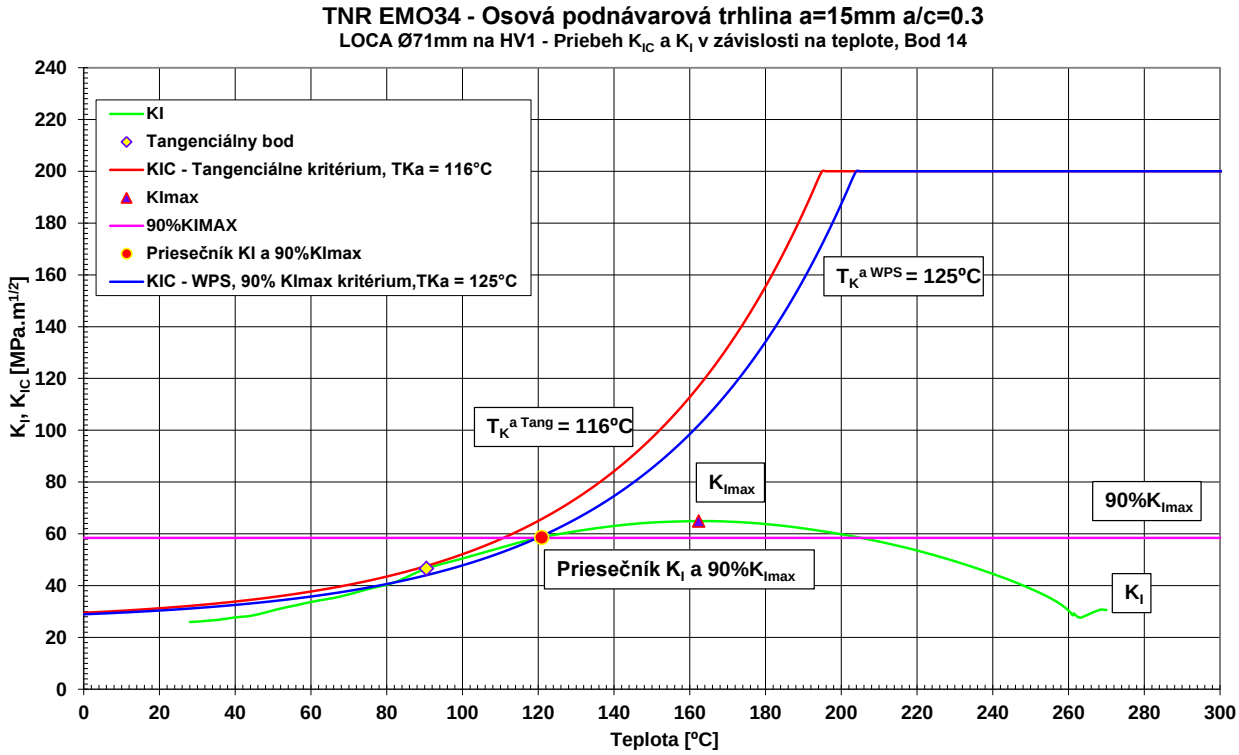
Obr. 7.2.1.10.1-B2-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



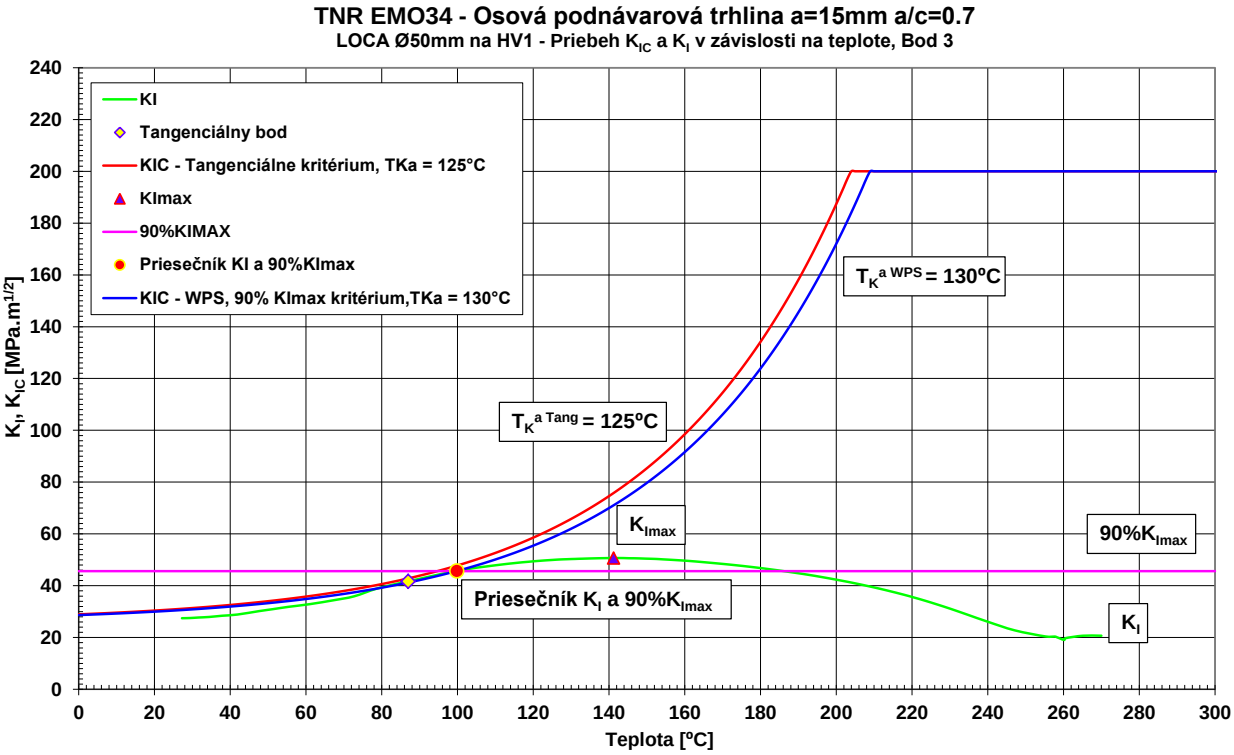
Obr. 7.2.1.10.1-B2-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-B2-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

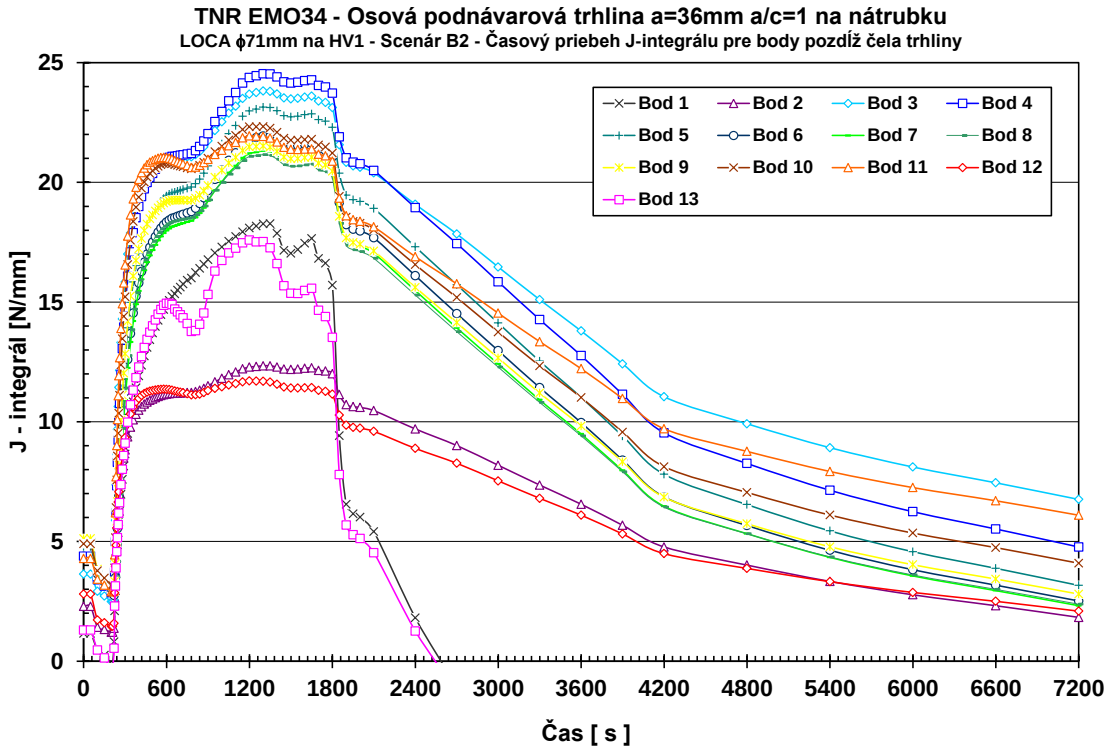


Obr. 7.2.1.10.1-B2-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

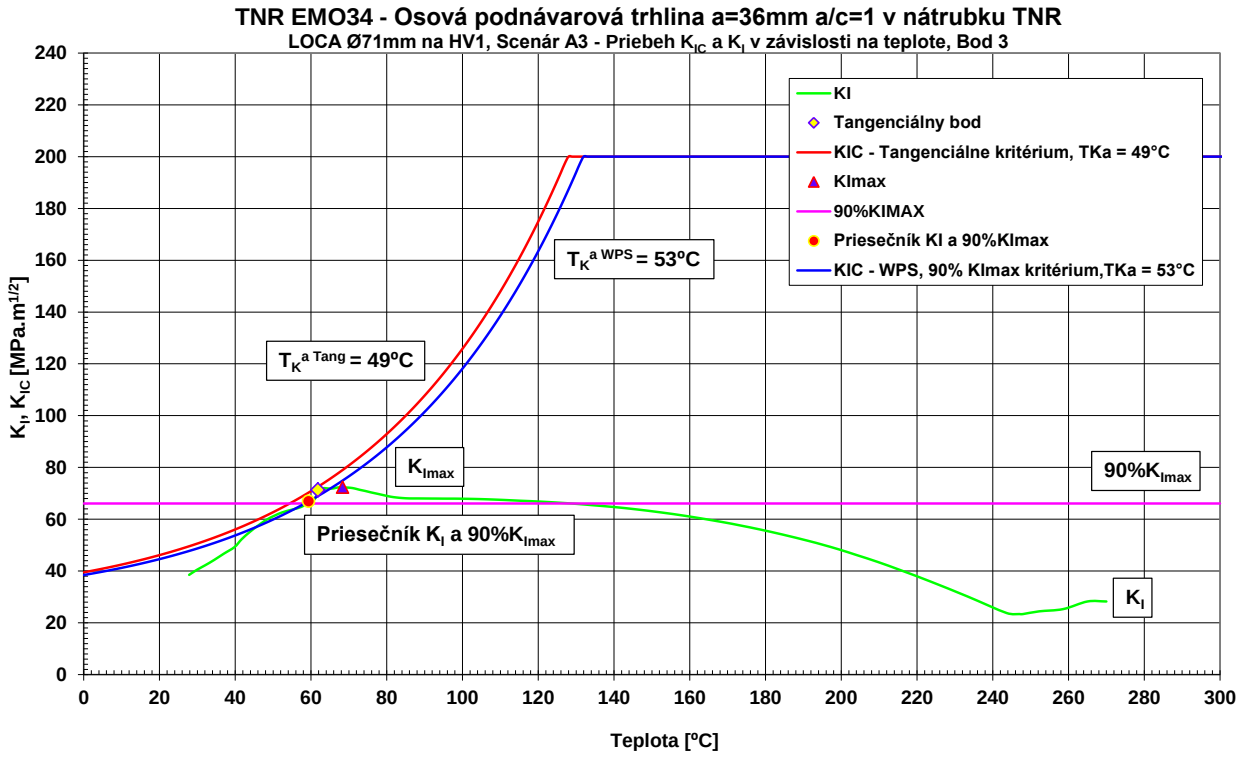


Obr. 7.2.1.10.1-B2-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-B2-38: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku



Obr. 7.2.1.10.1-B2-39: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3

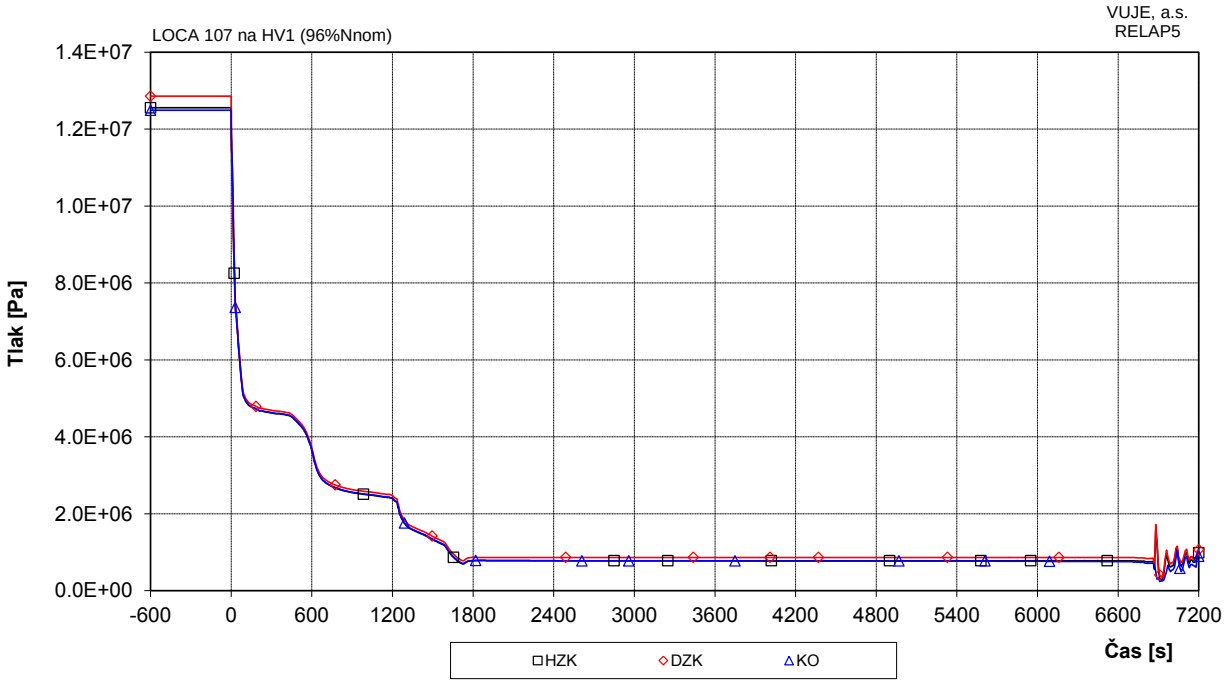
Príloha č. 07

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

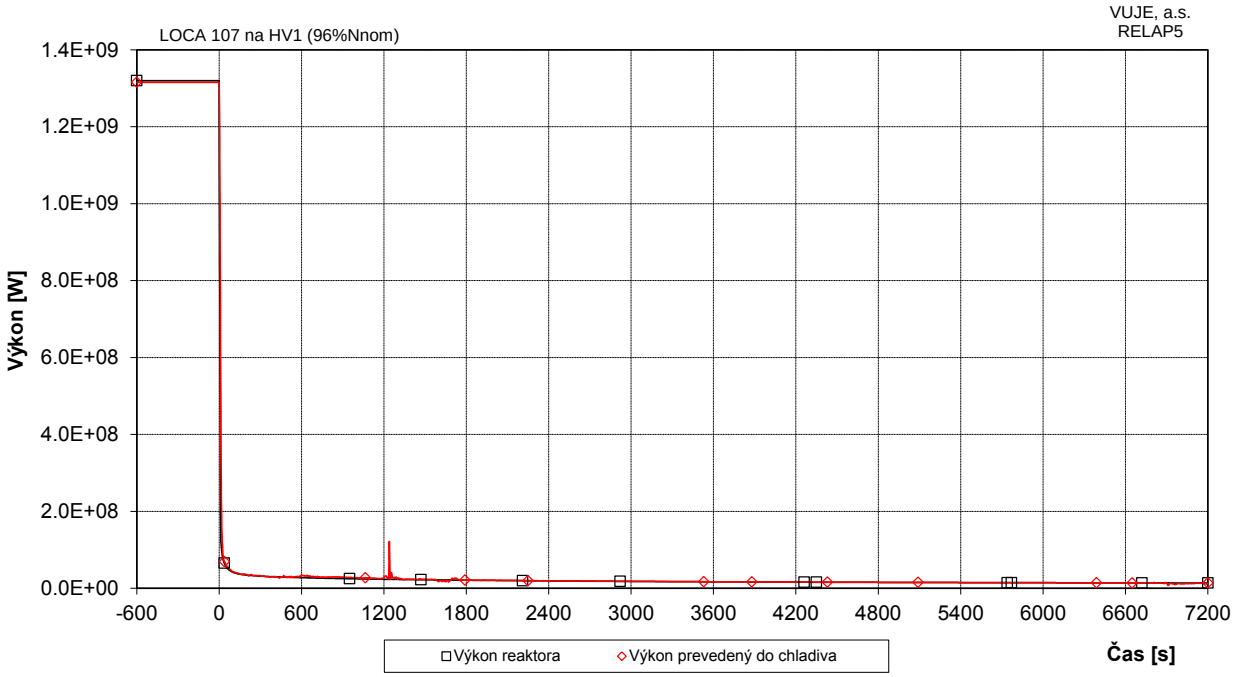
Scenár B3 LOCA ø107 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

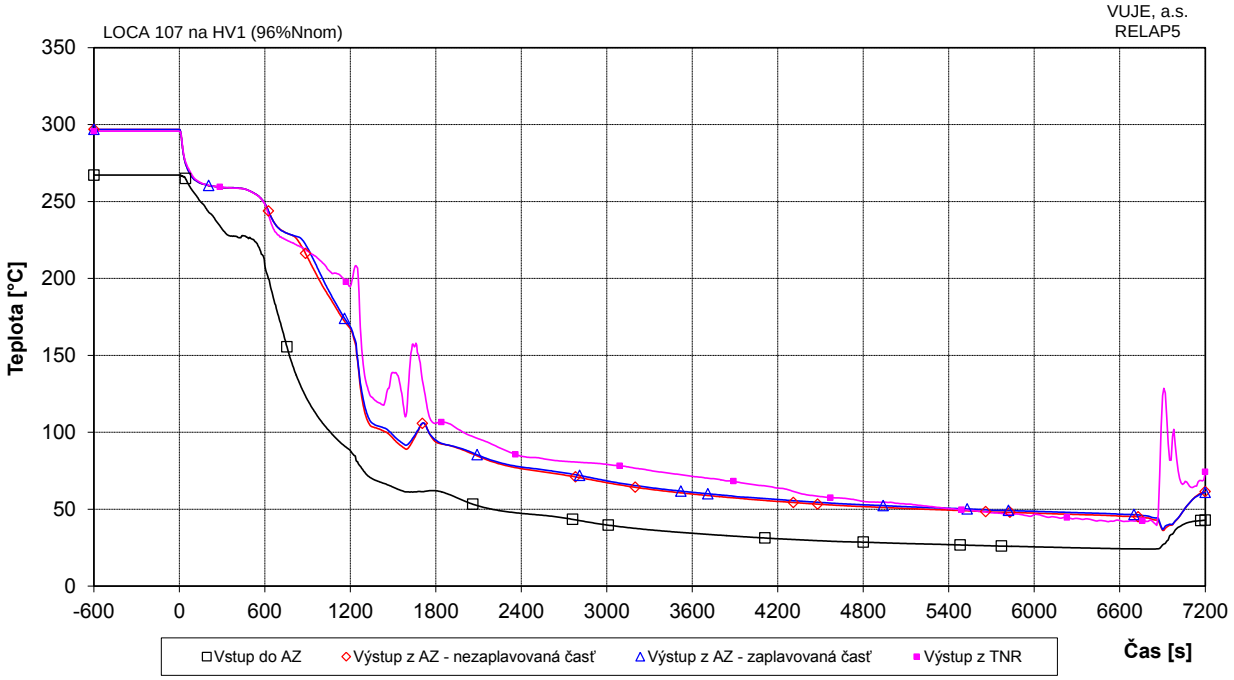
Obr. 7.2.1.10.1-B3-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-B3-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-B3-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-B3-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-B3-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-B3-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-B3-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-B3-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-B3-9: Hladina v HA ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-B3-10: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-B3-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-B3-12: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-B3-13: Integrál doplňovania do I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-B3-14: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-B3-15: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-B3-16: Tlak na výstupe z PG ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-B3-17: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-B3-18: Celková hladina v PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-B3-19: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-B3-20: Prietok pary z PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-B3-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-B3-22: Prietok pary do TG ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-B3-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O. ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-B3-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-B3-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-B3-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-B3-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-B3-28: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-B3-29: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-B3-30: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-B3-31: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-B3-32: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-B3-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-B3-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-B3-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-B3-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-B3-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 20
Obr. 7.2.1.10.1-B3-38: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR ... 20
Obr. 7.2.1.10.1-B3-39: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3 ... 21



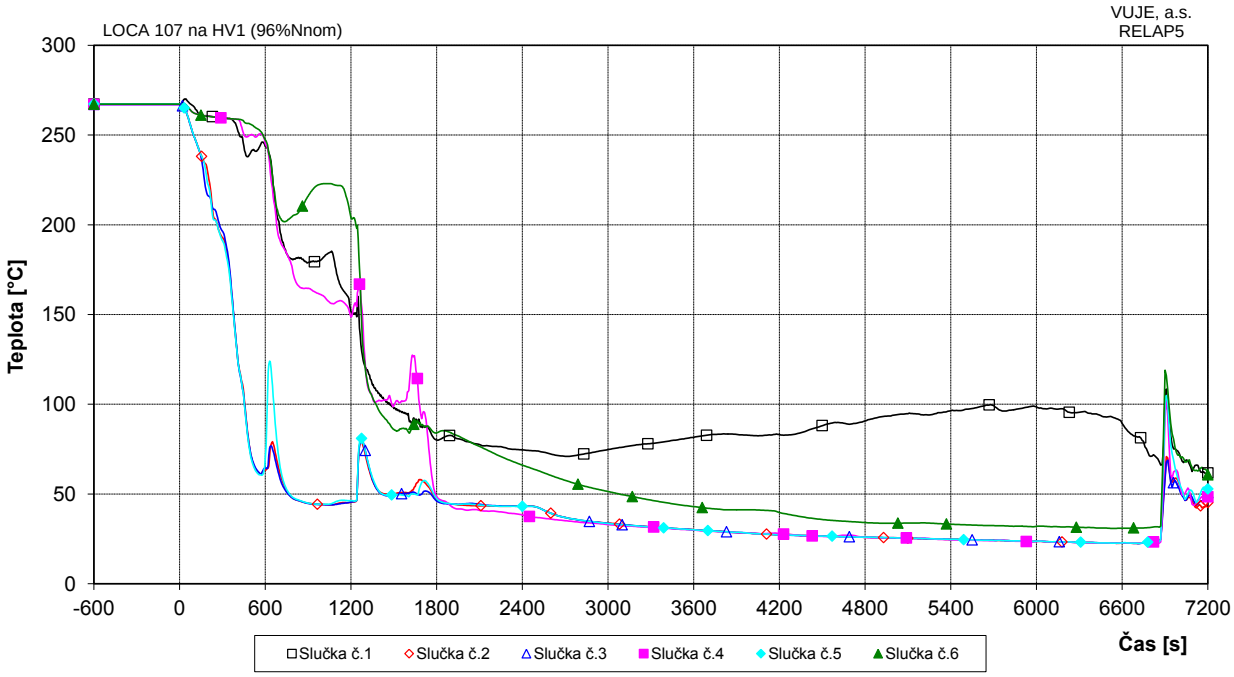
Obr. 7.2.1.10.1-B3-1: Tlak v I.O.



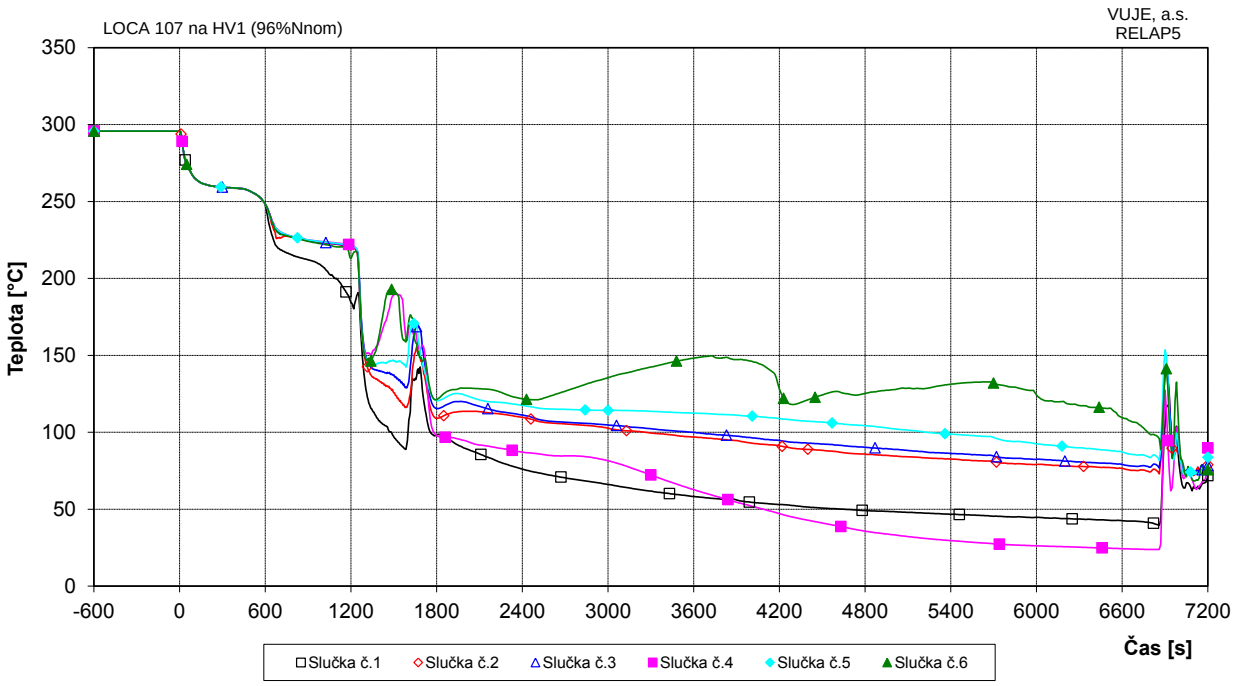
Obr. 7.2.1.10.1-B3-2: Výkon reaktora



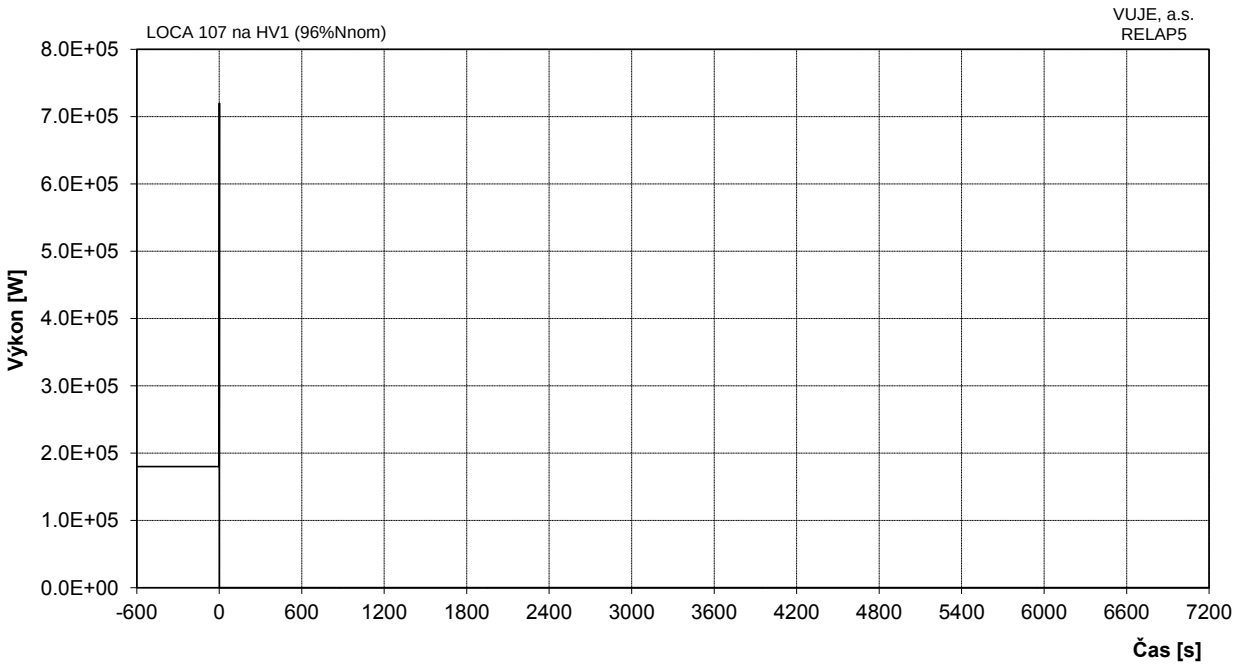
Obr. 7.2.1.10.1-B3-3: Teplota chladiva v TNR



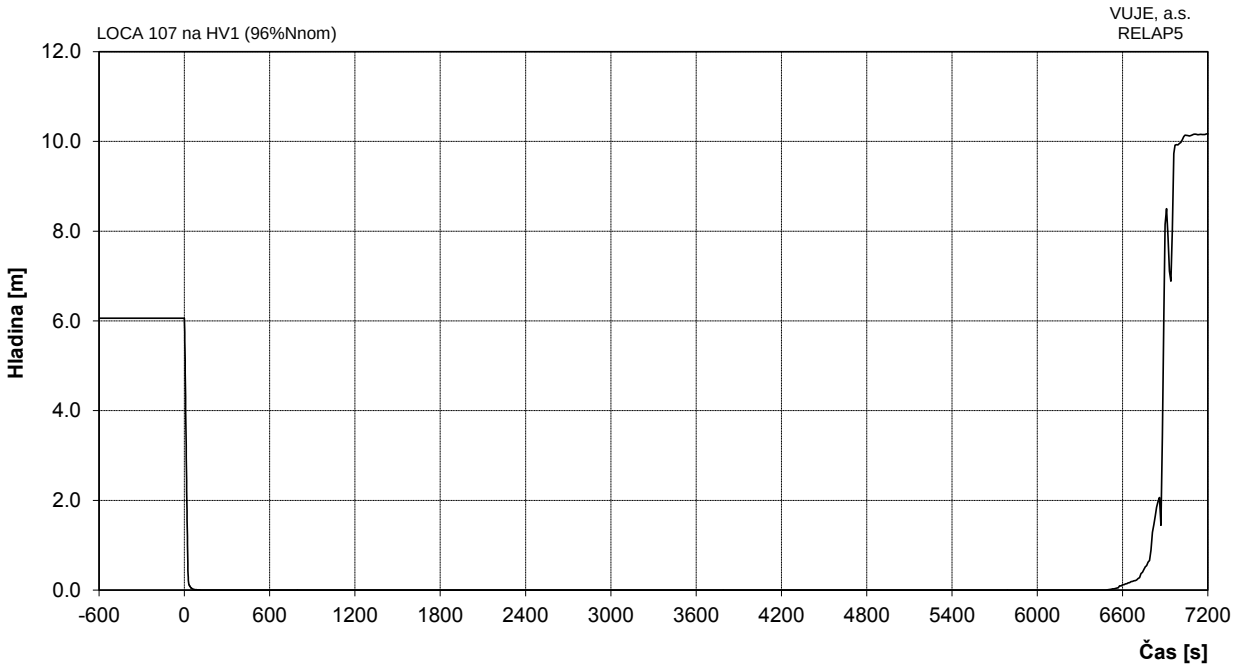
Obr. 7.2.1.10.1-B3-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



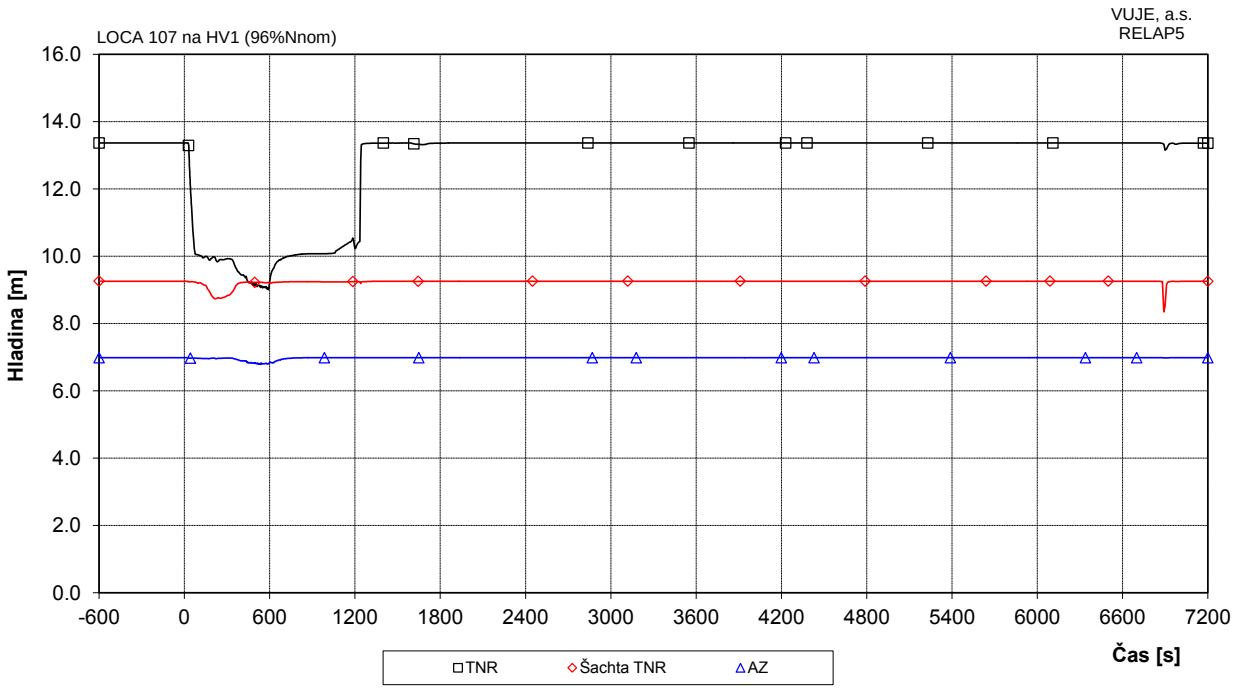
Obr. 7.2.1.10.1-B3-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



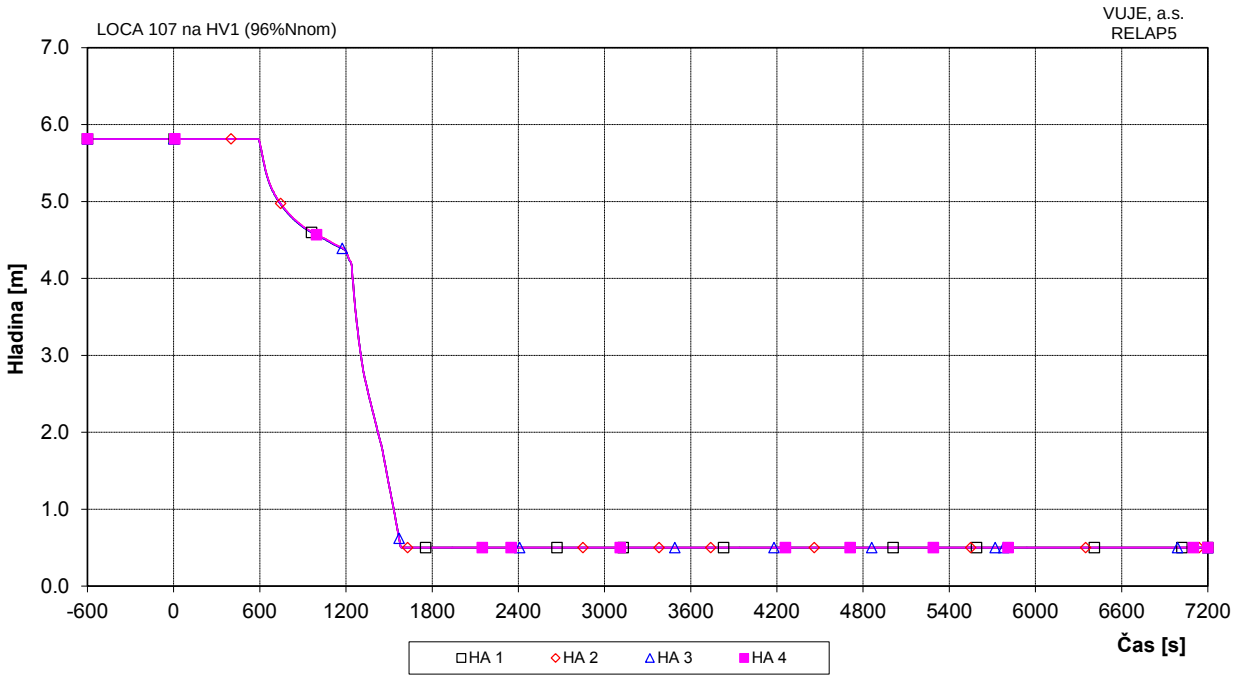
Obr. 7.2.1.10.1-B3-6: Celkový výkon EOKO



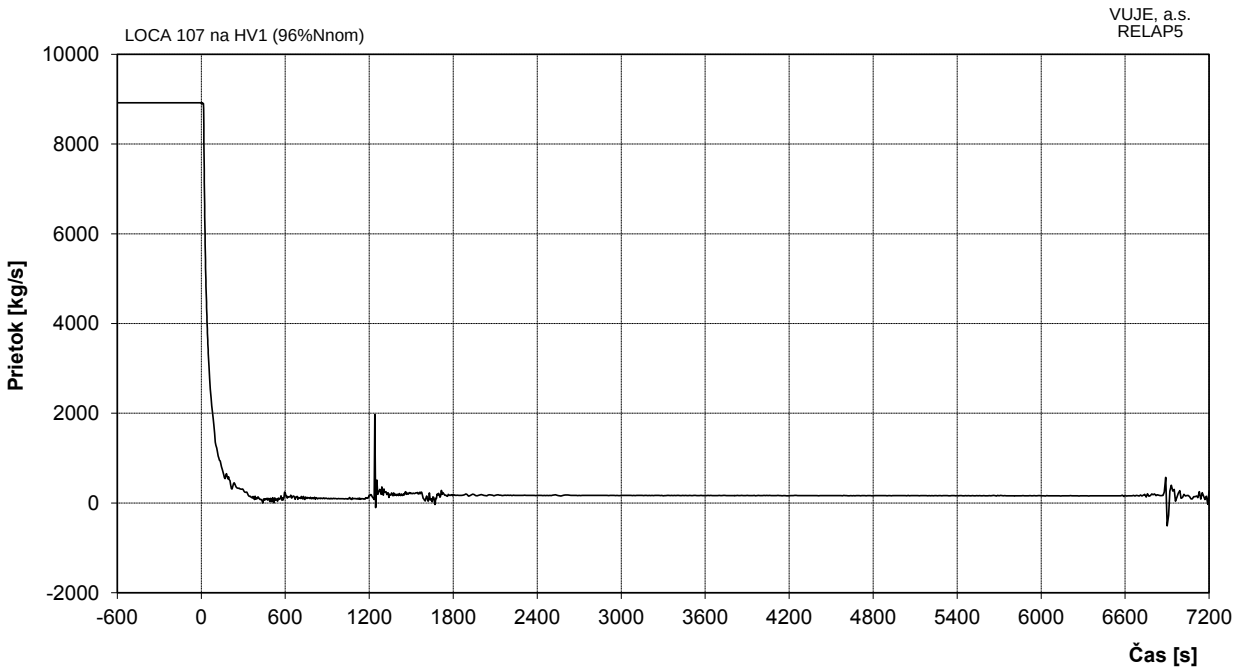
Obr. 7.2.1.10.1-B3-7: Celková hladina v KO



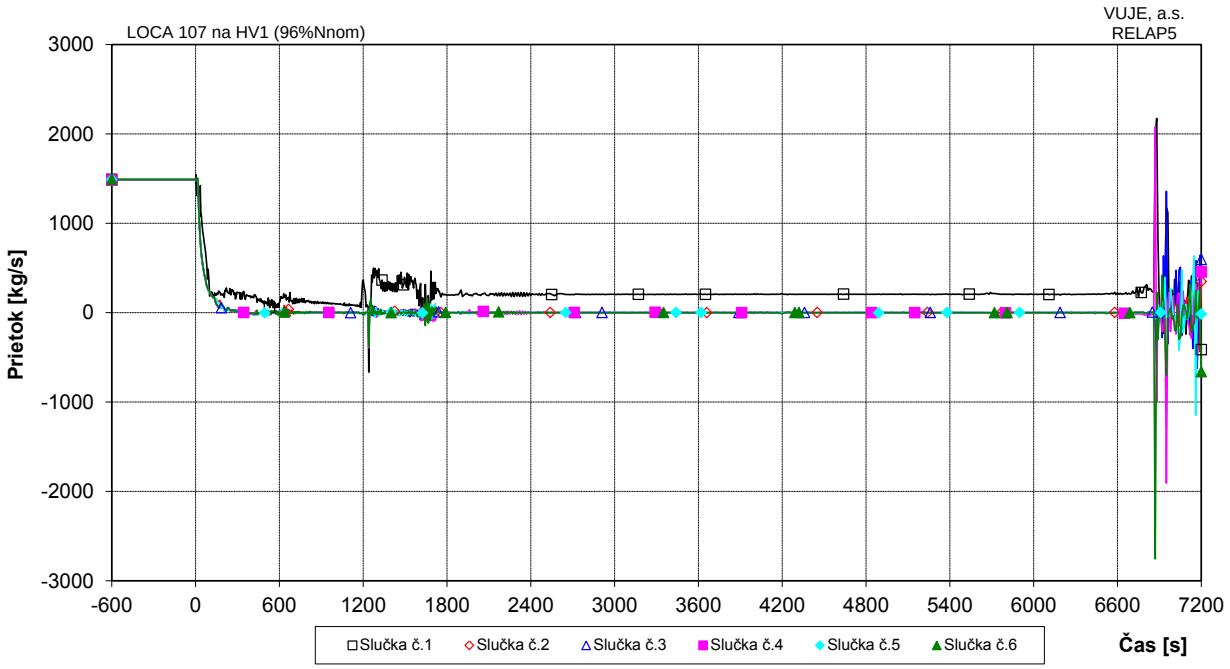
Obr. 7.2.1.10.1-B3-8: Hladina chladiva v TNR



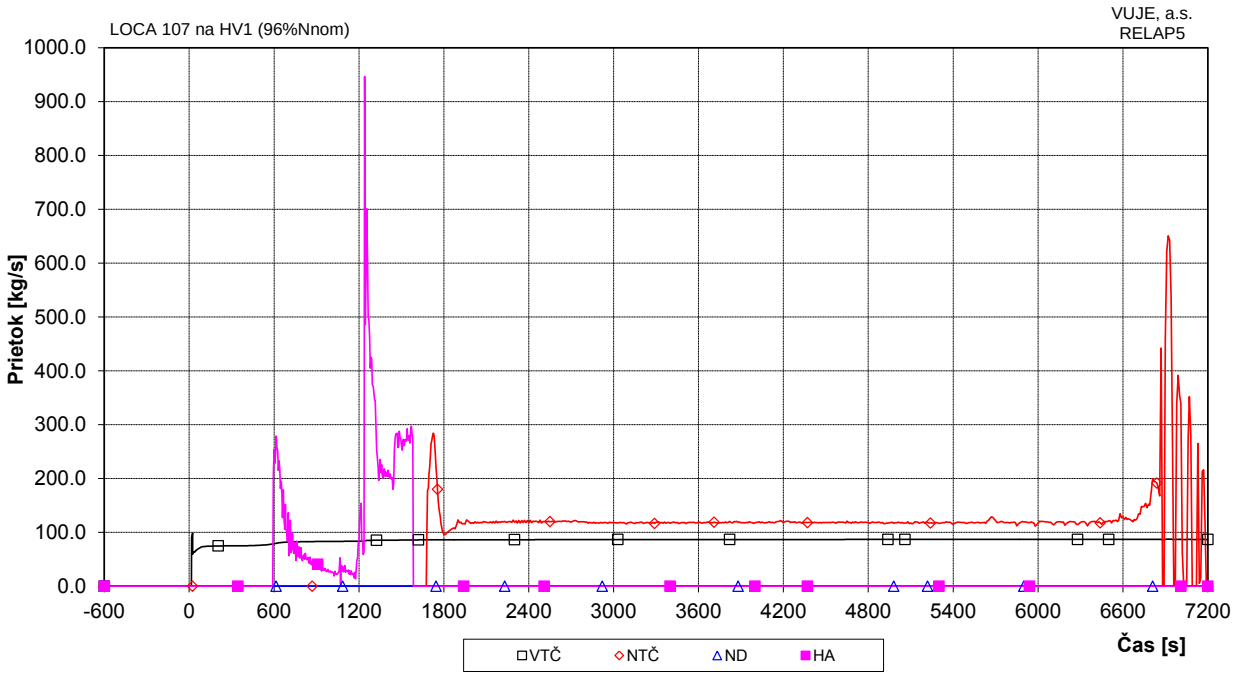
Obr. 7.2.1.10.1-B3-9: Hladina v HA



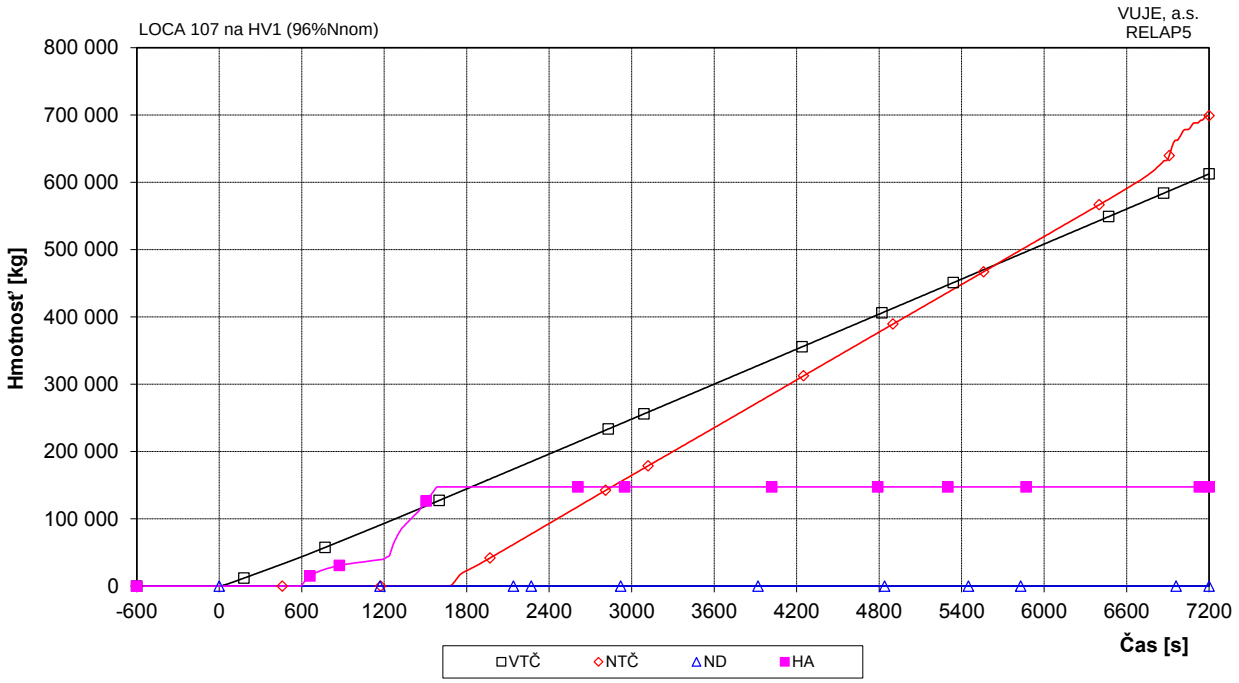
Obr. 7.2.1.10.1-B3-10: Hmotnostný prietok cez reaktor



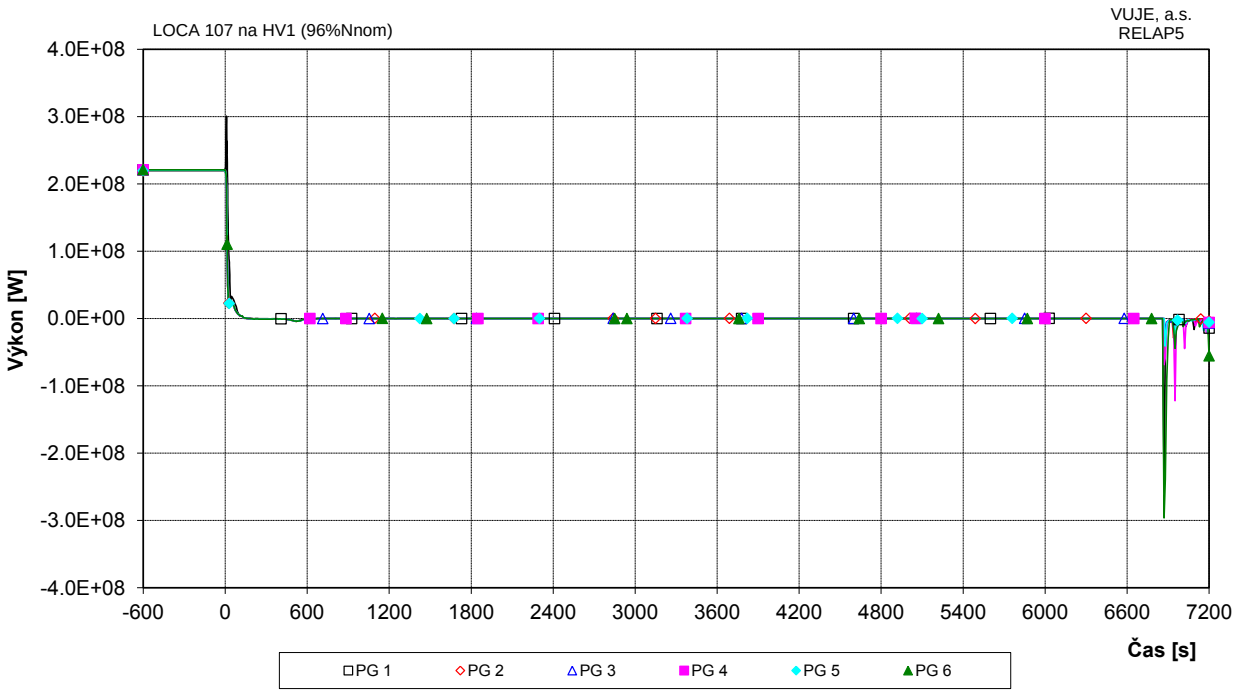
Obr. 7.2.1.10.1-B3-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



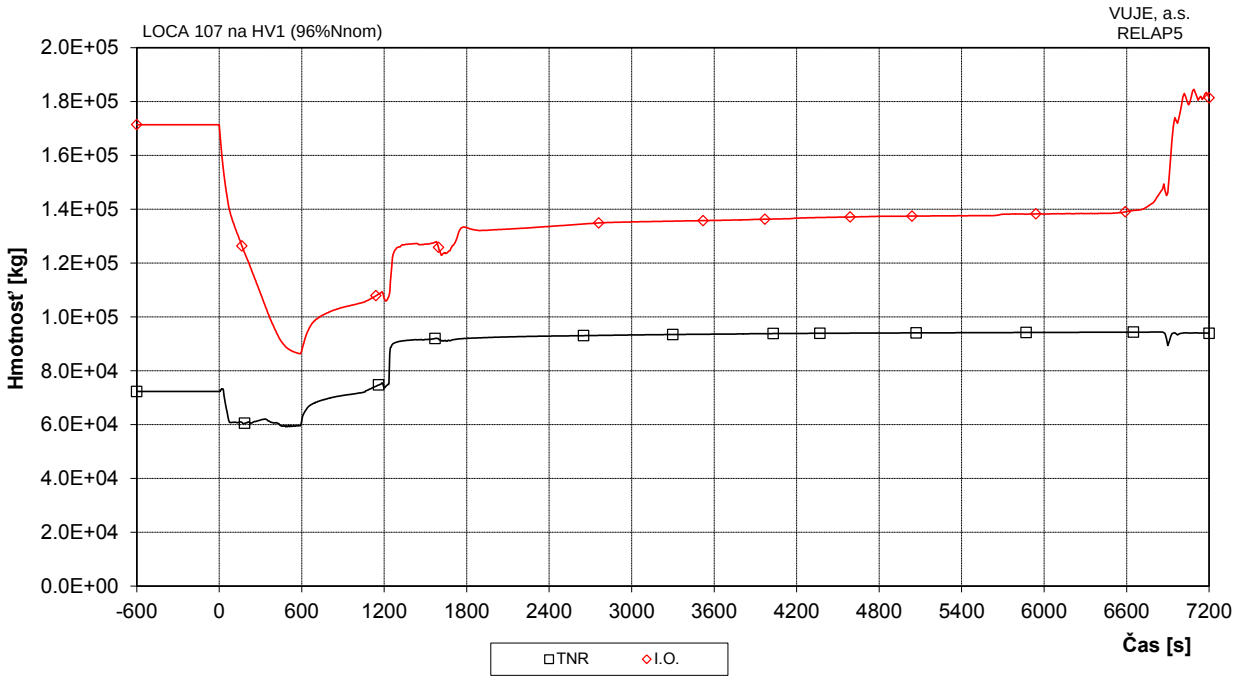
Obr. 7.2.1.10.1-B3-12: Doplňovanie do I.O.



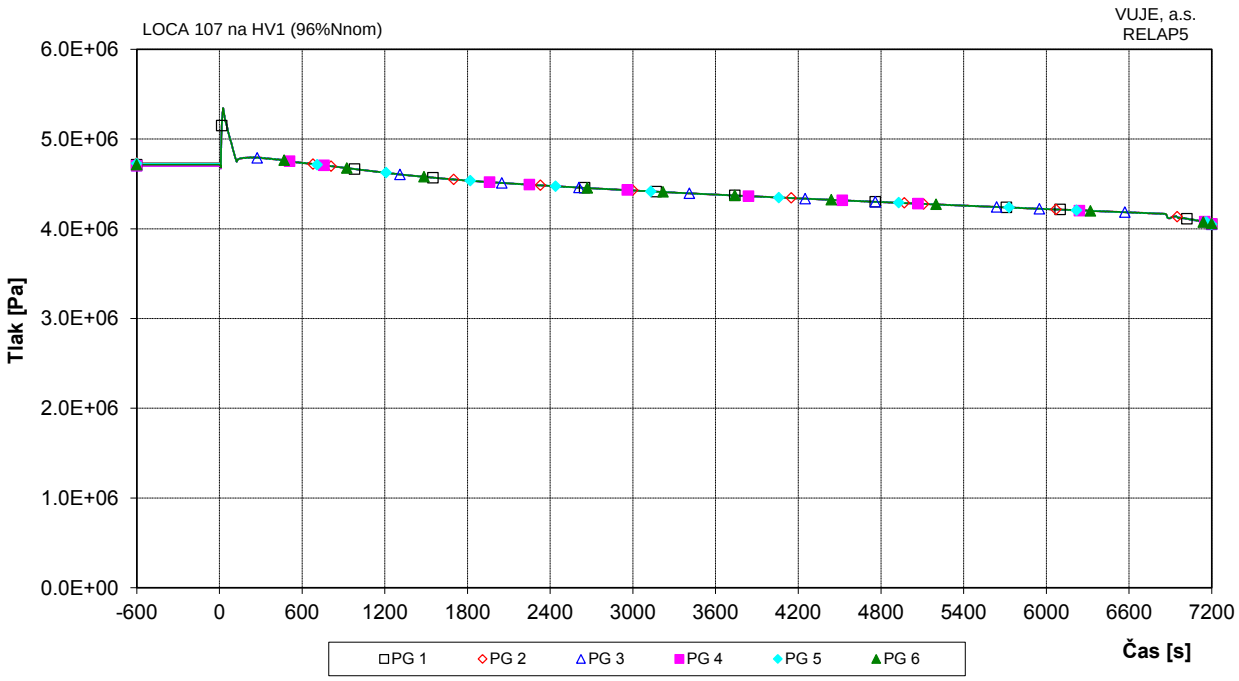
Obr. 7.2.1.10.1-B3-13: Integrál doplňovania do I.O.



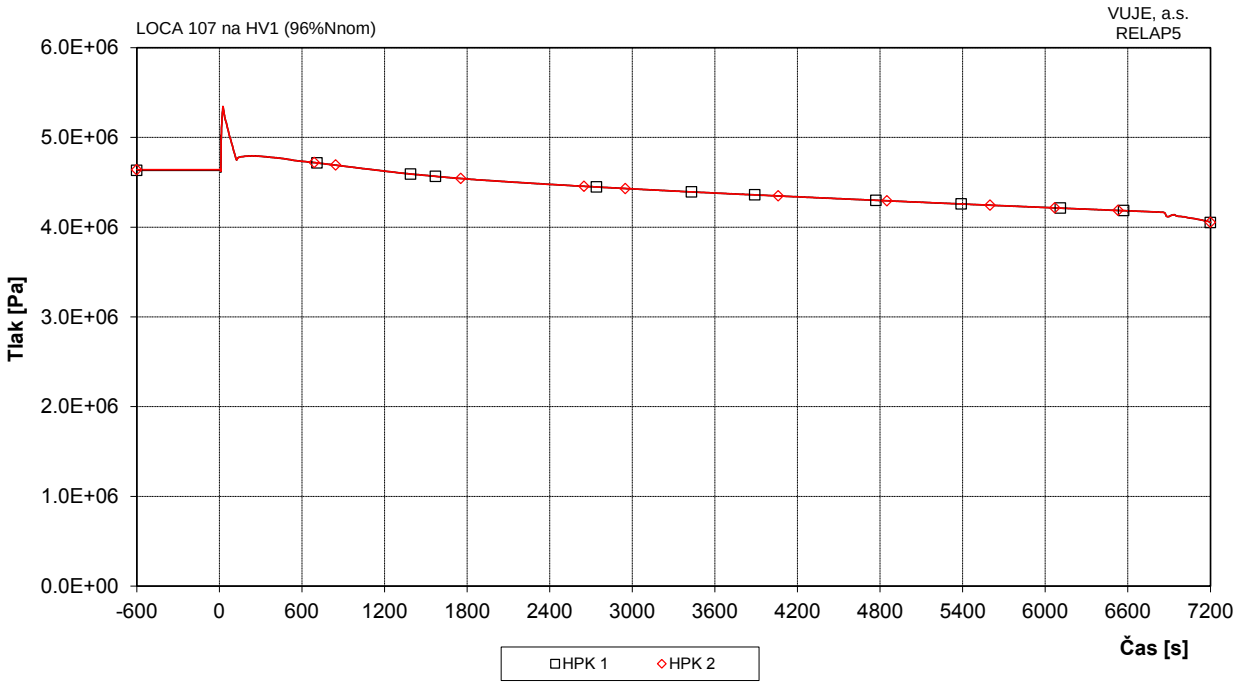
Obr. 7.2.1.10.1-B3-14: Výkon PG



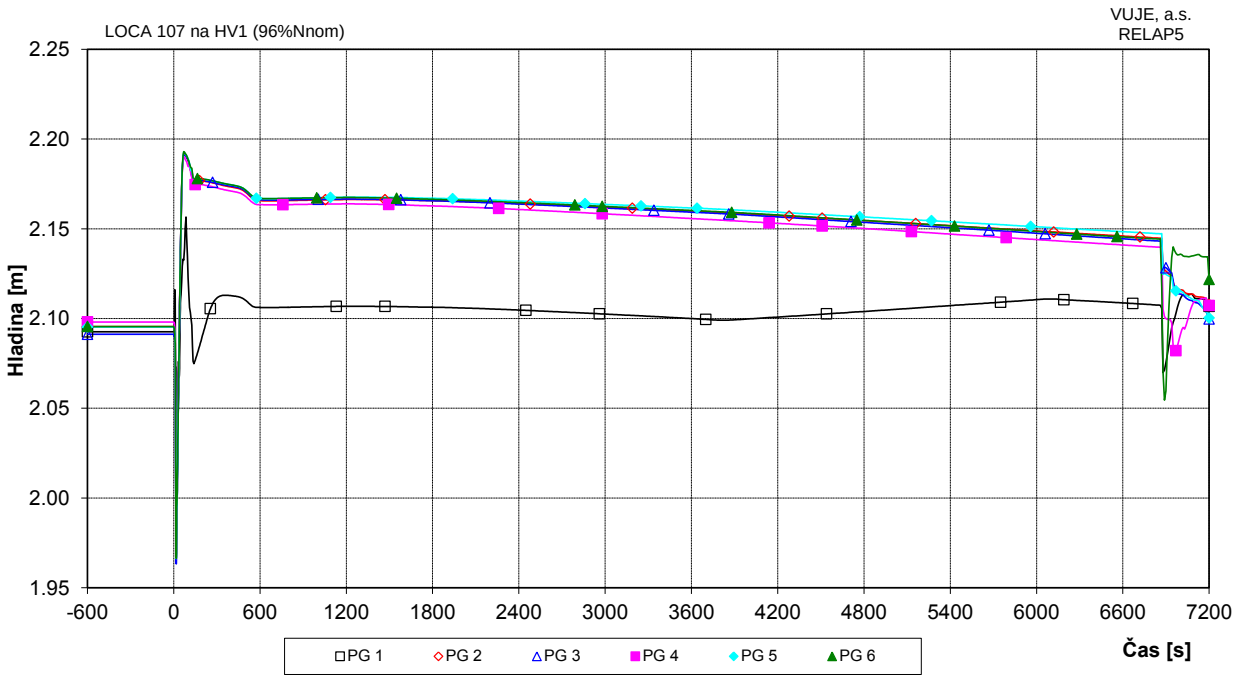
Obr. 7.2.1.10.1-B3-15: Hmotnosť chladiva v I.O.



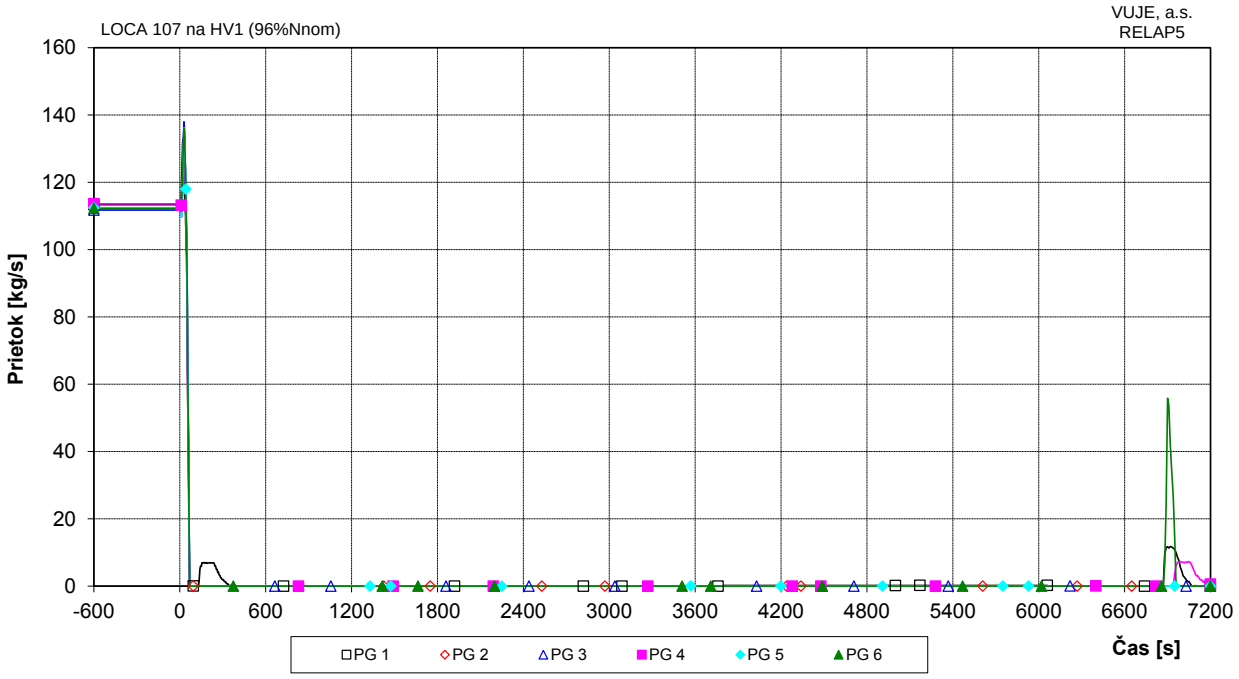
Obr. 7.2.1.10.1-B3-16: Tlak na výstupe z PG



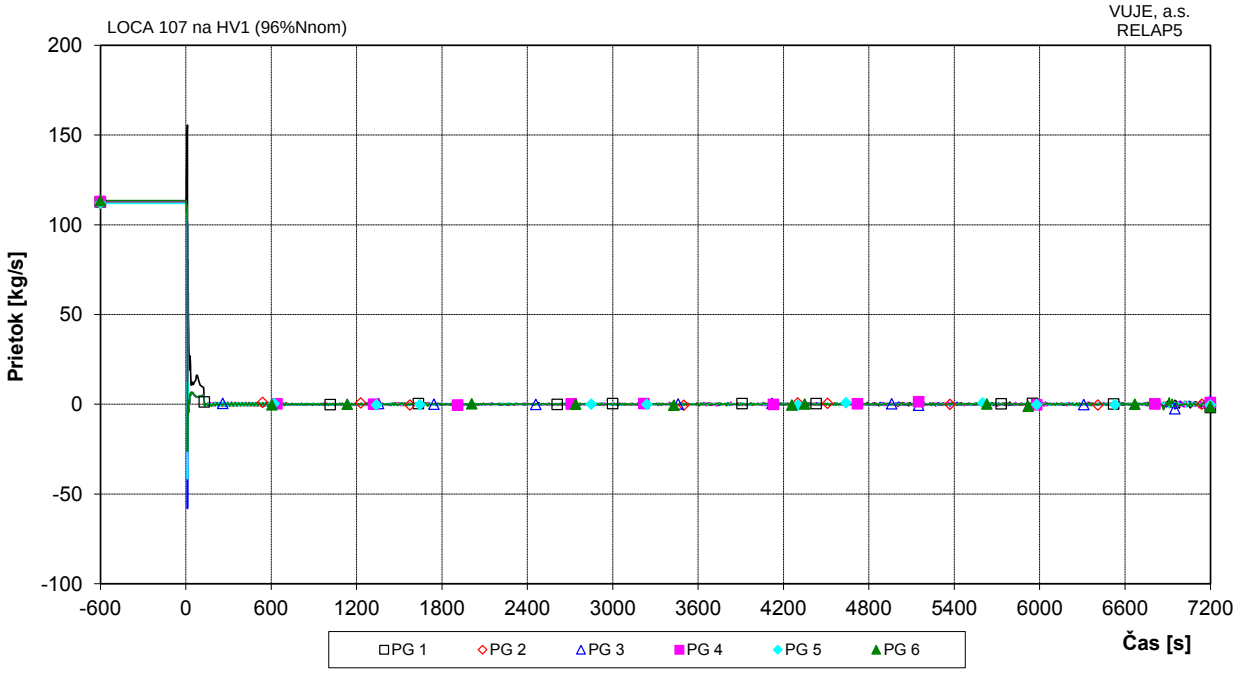
Obr. 7.2.1.10.1-B3-17: Tlak v HPK



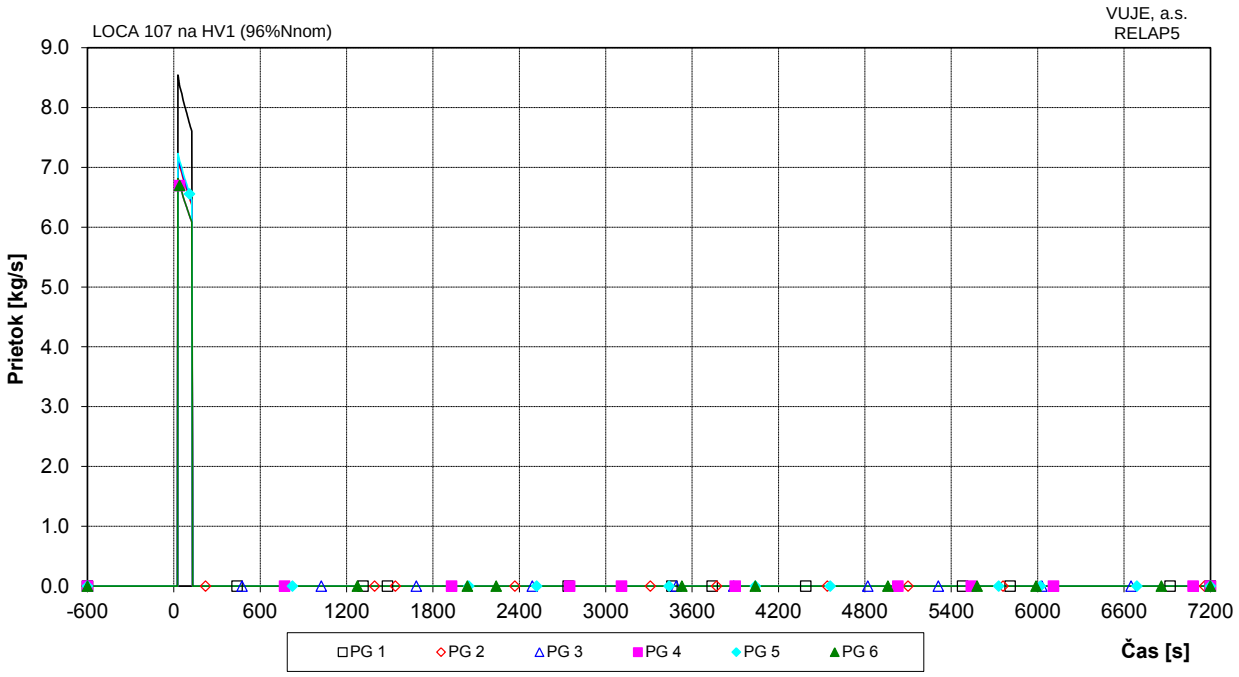
Obr. 7.2.1.10.1-B3-18: Celková hladina v PG



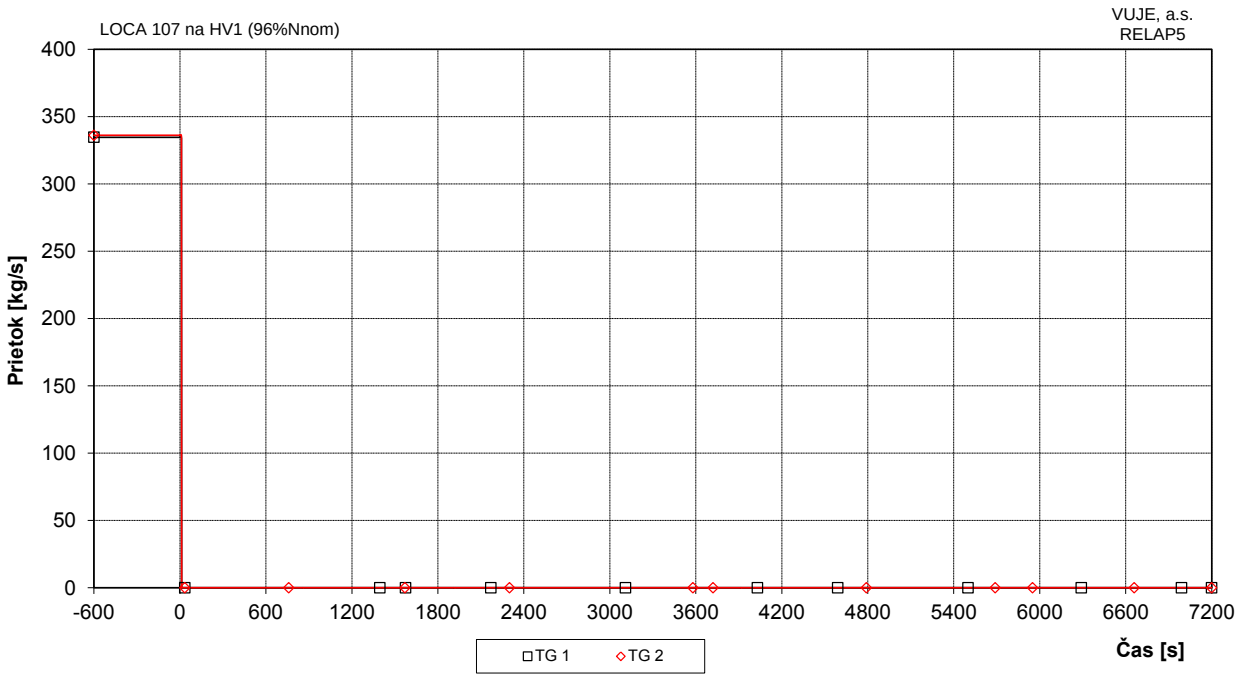
Obr. 7.2.1.10.1-B3-19: Celkový prietok napájacej vody do PG



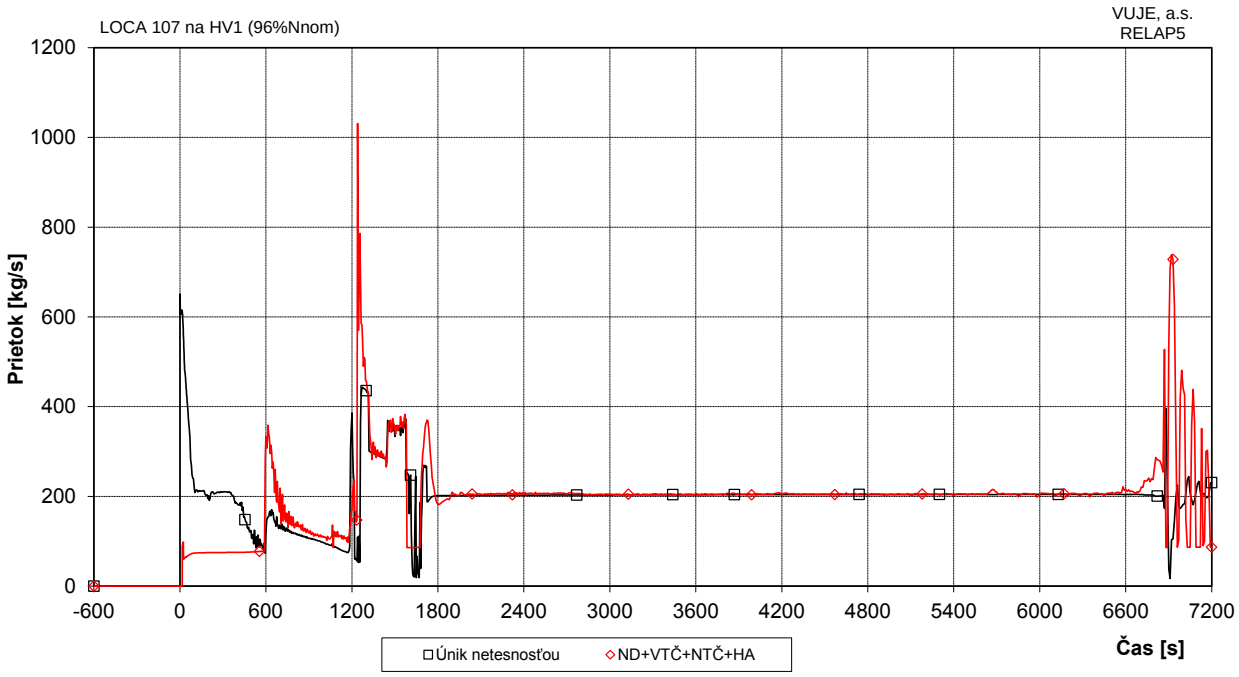
Obr. 7.2.1.10.1-B3-20: Prietok pary z PG



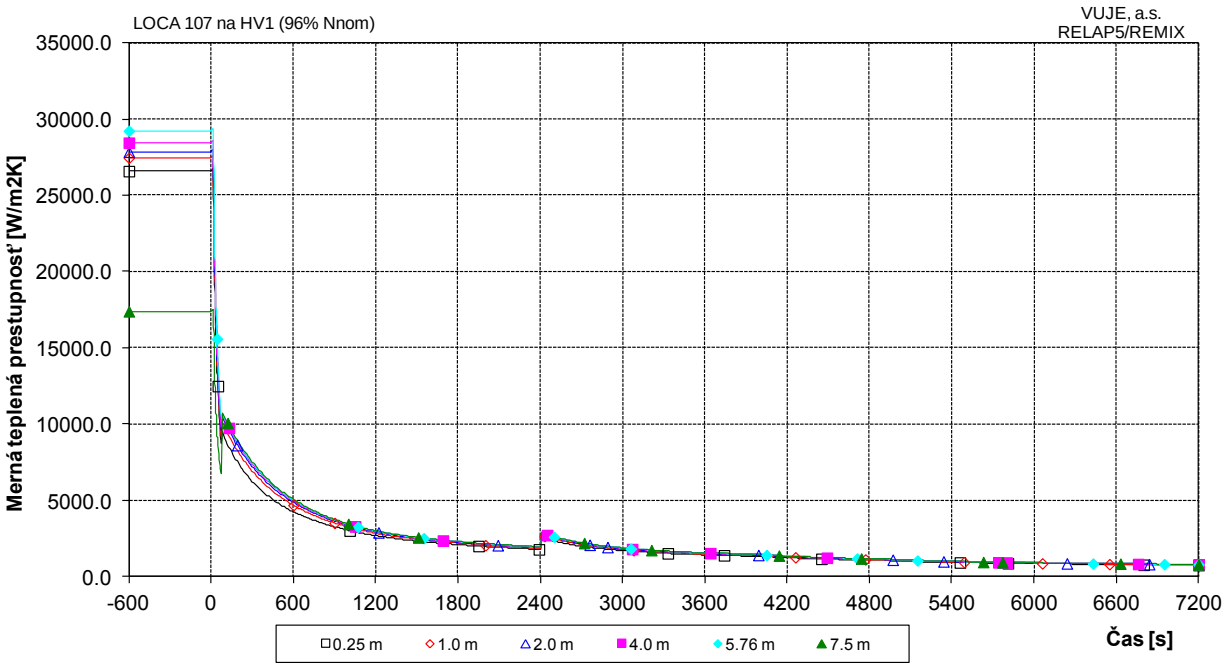
Obr. 7.2.1.10.1-B3-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



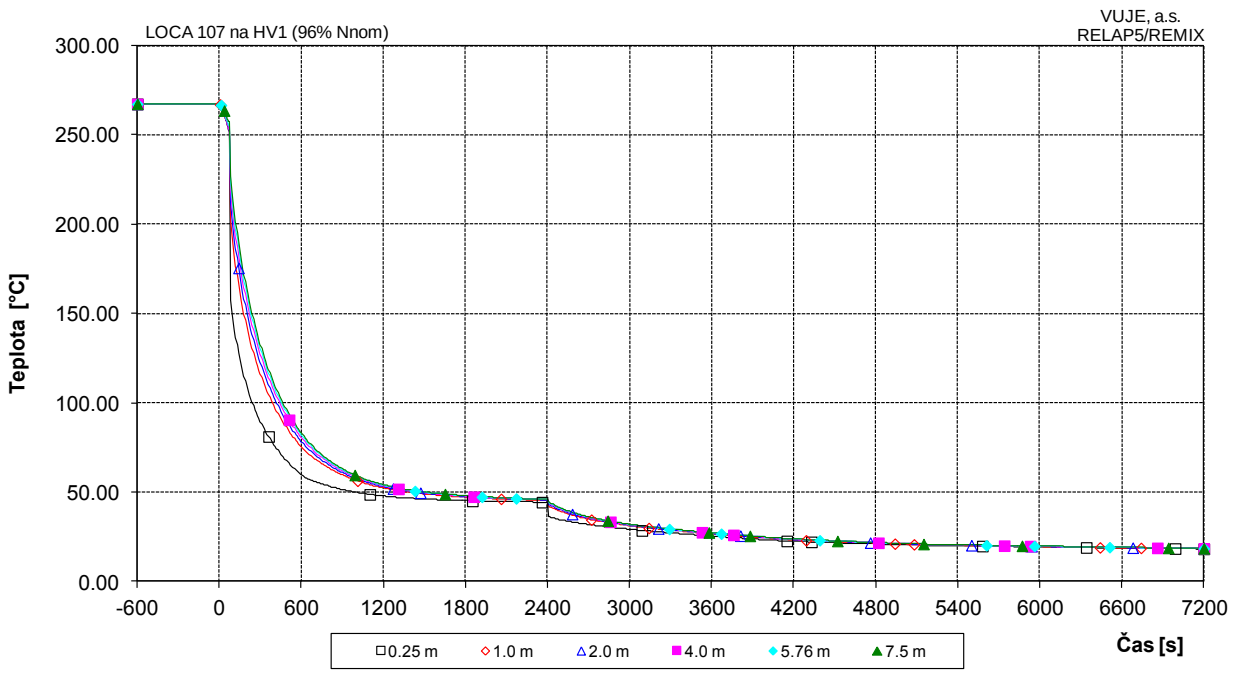
Obr. 7.2.1.10.1-B3-22: Prietok pary do TG



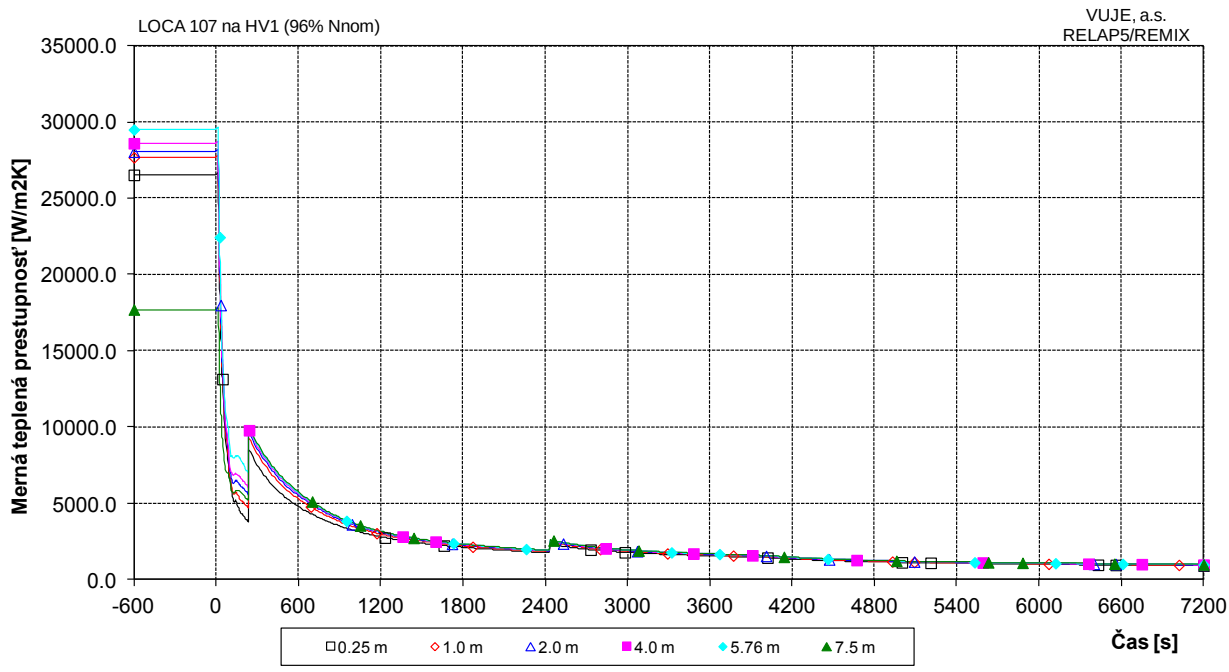
Obr. 7.2.1.10.1-B3-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O.



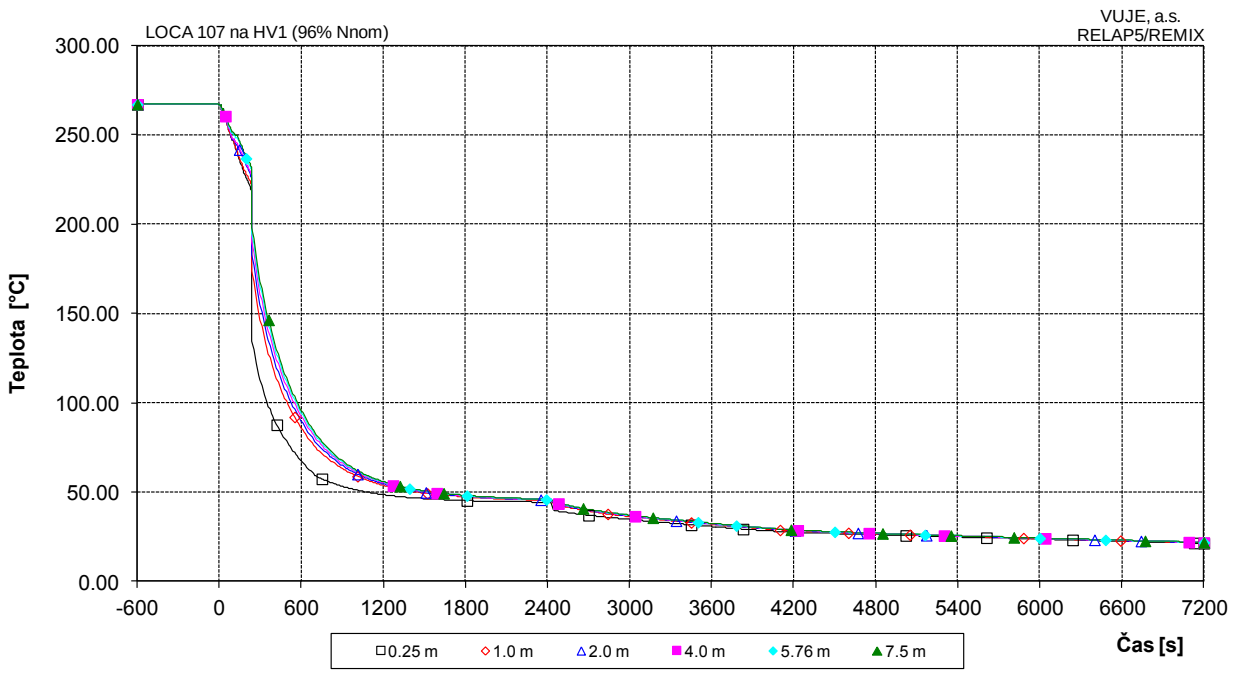
Obr. 7.2.1.10.1-B3-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2



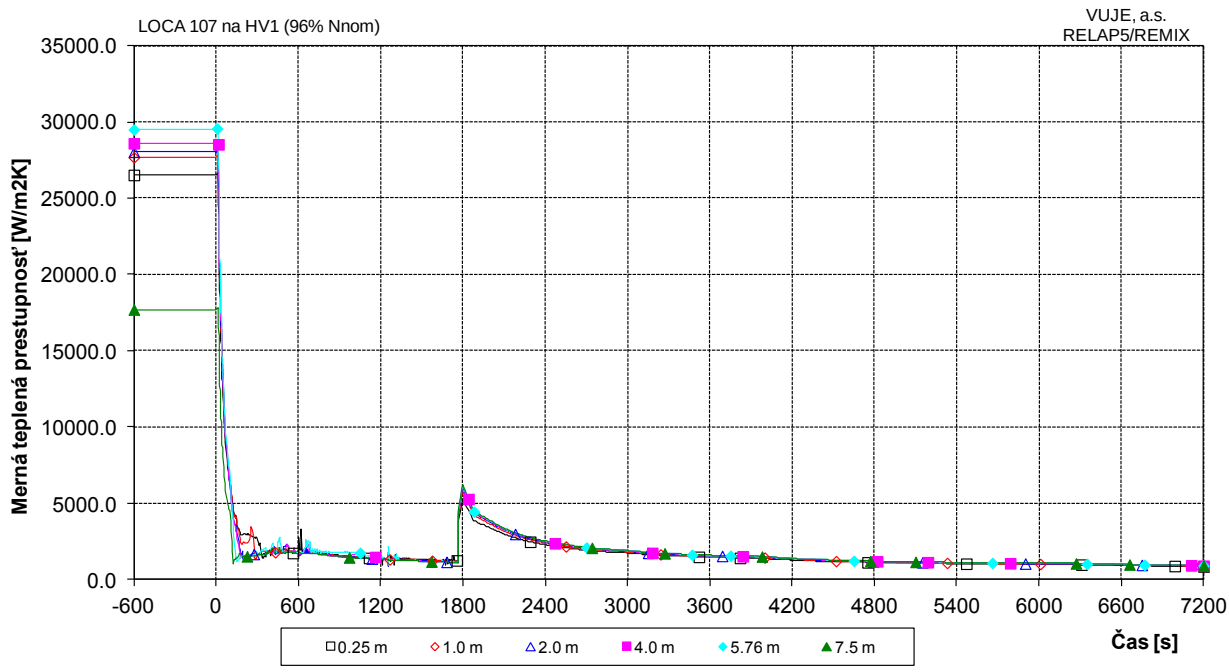
Obr. 7.2.1.10.1-B3-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2



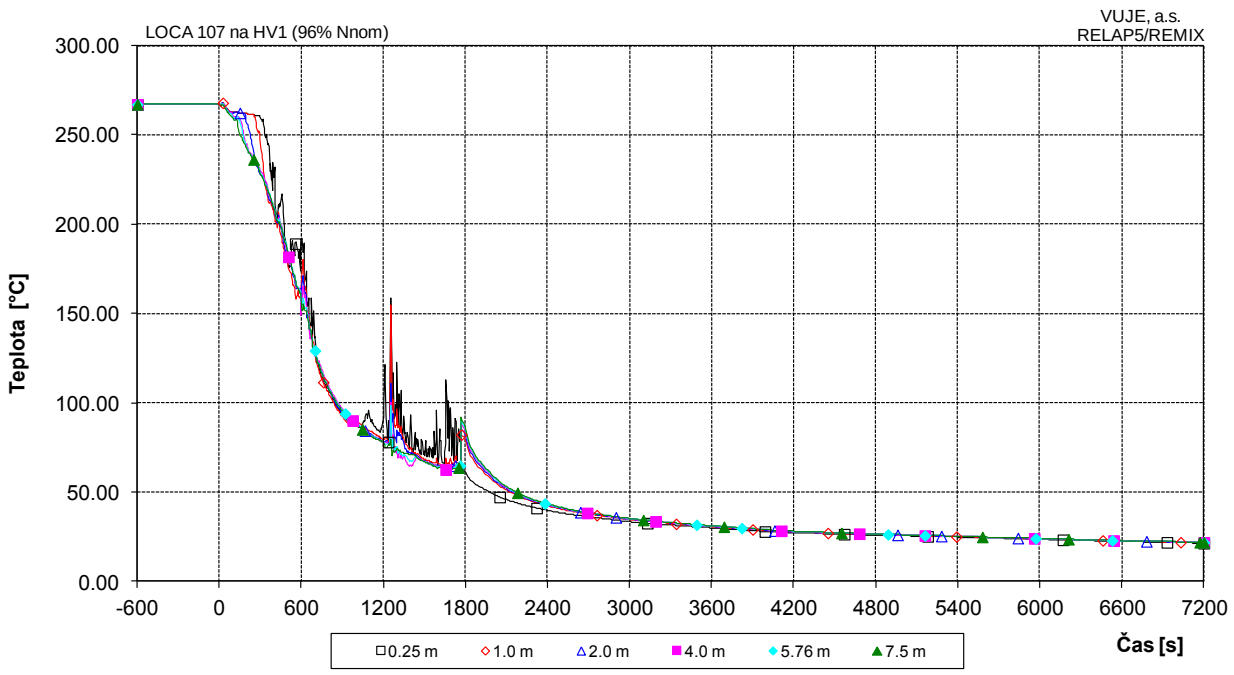
Obr. 7.2.1.10.1-B3-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS3,5



Obr. 7.2.1.10.1-B3-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS3,5

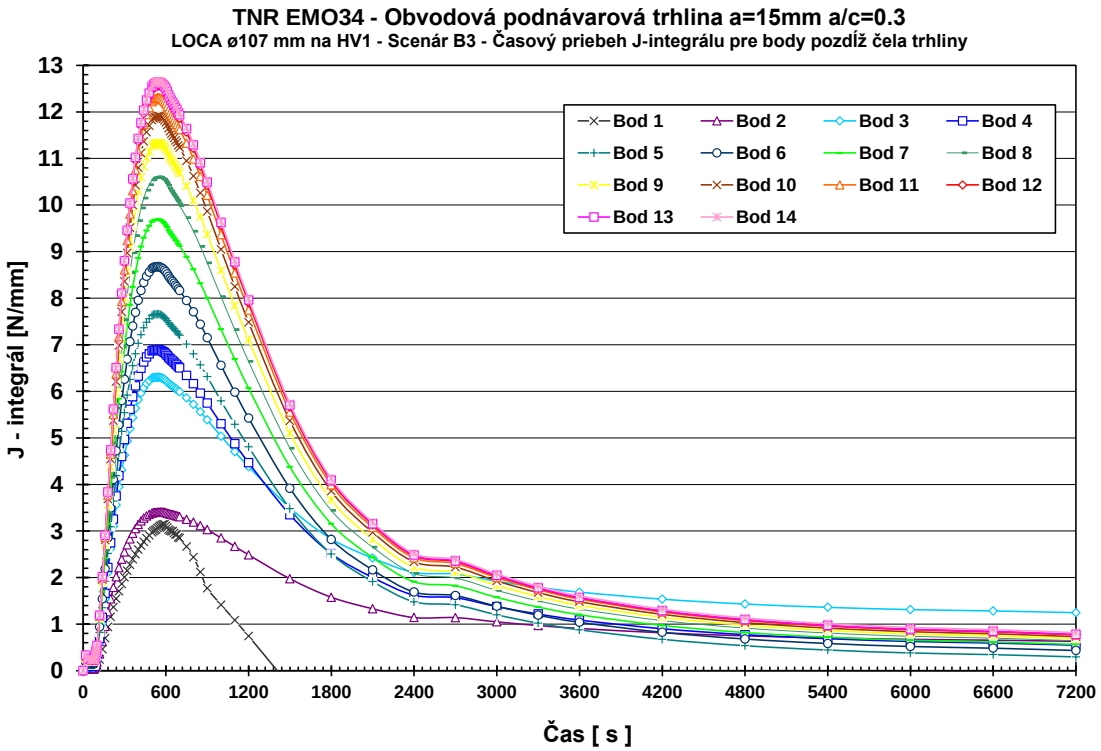


Obr. 7.2.1.10.1-B3-28: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4

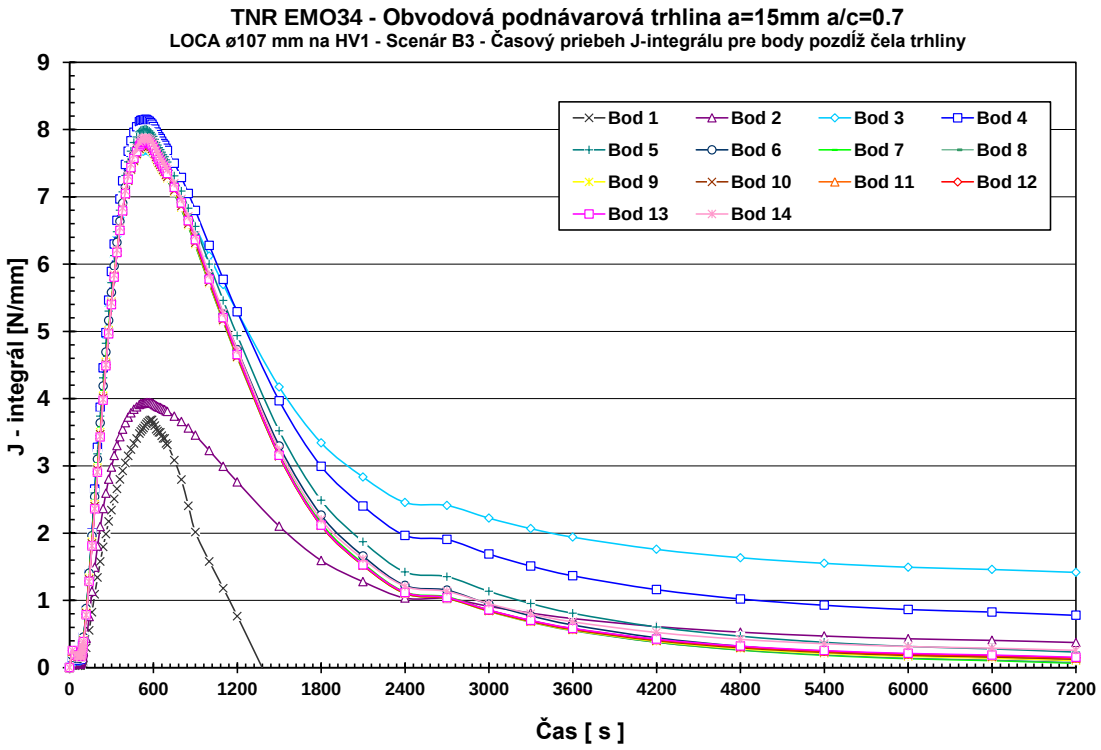


Obr. 7.2.1.10.1-B3-29: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4

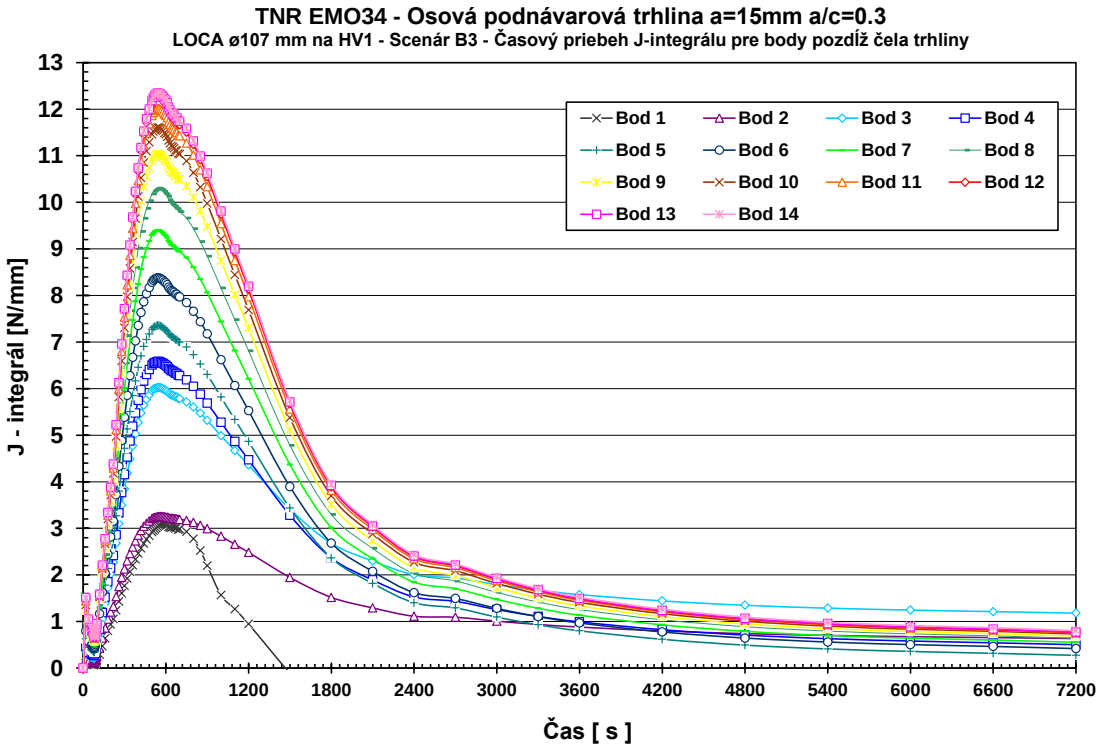
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



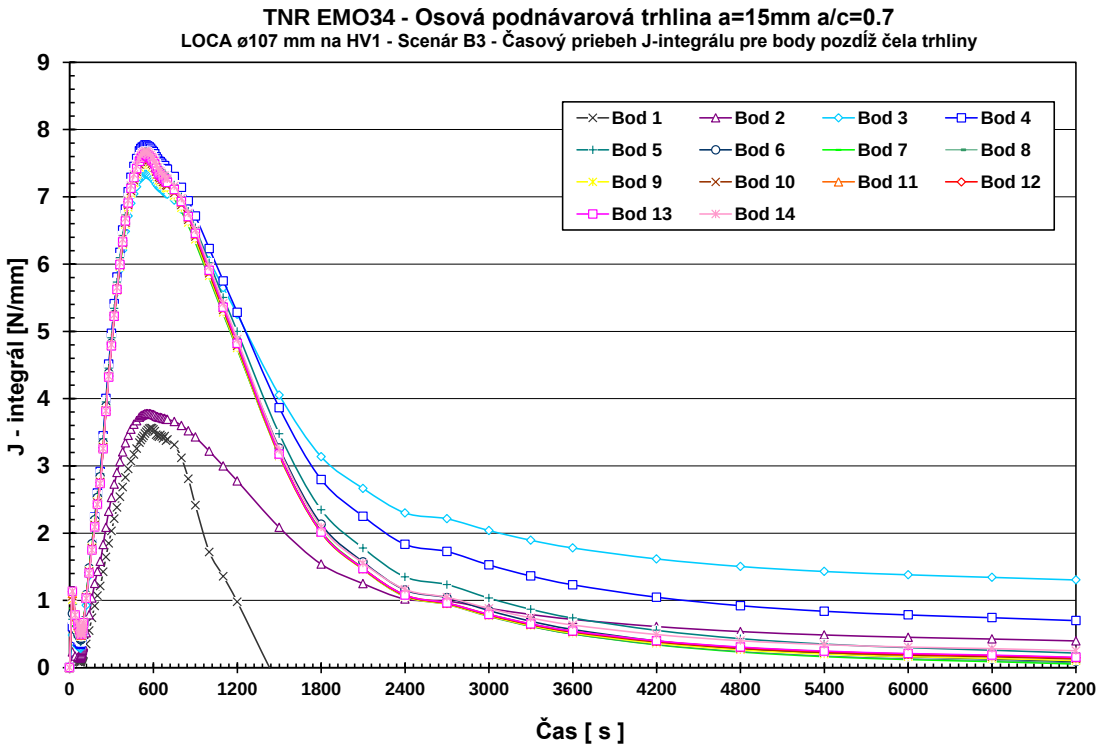
Obr. 7.2.1.10.1-B3-30: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



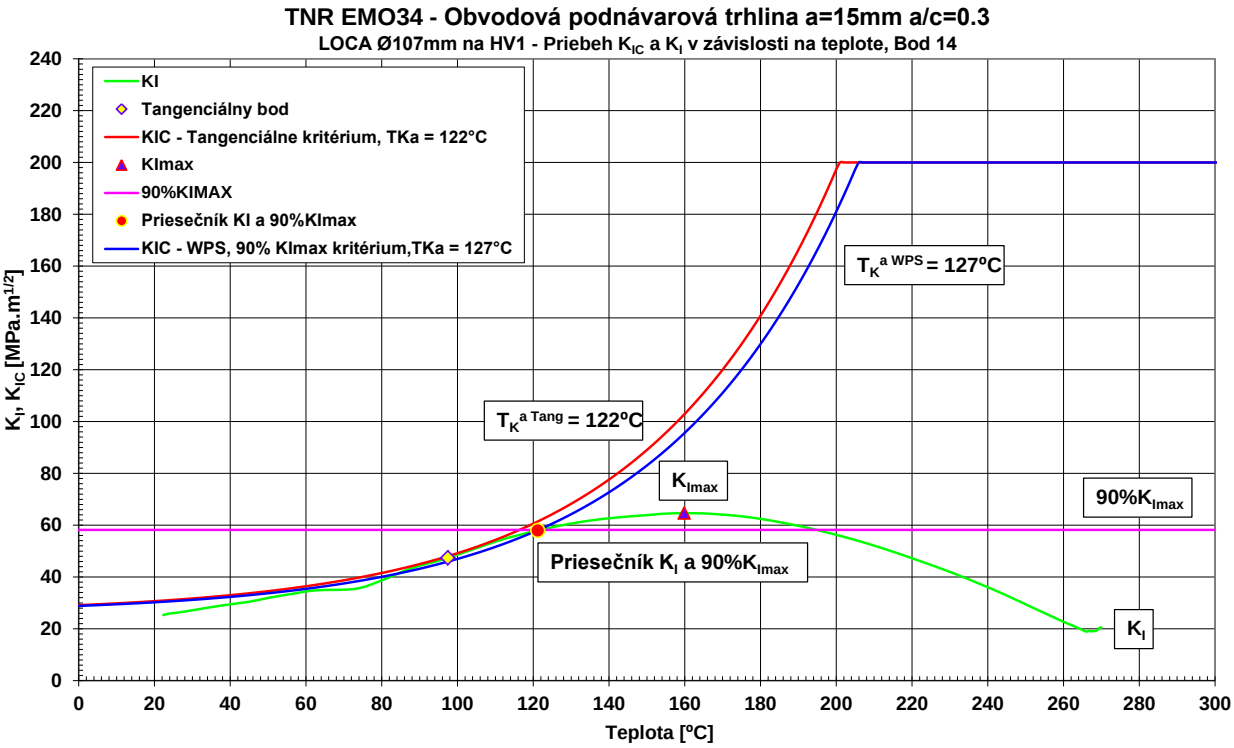
Obr. 7.2.1.10.1-B3-31: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



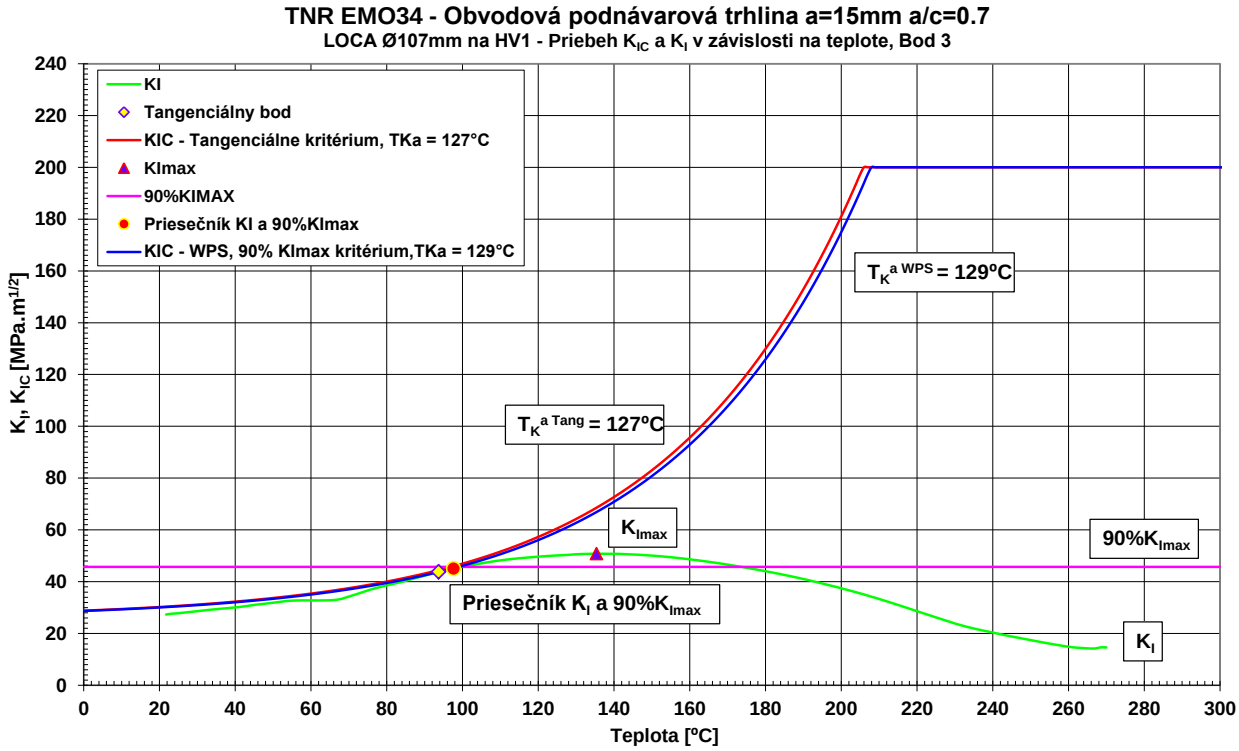
Obr. 7.2.1.10.1-B3-32: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



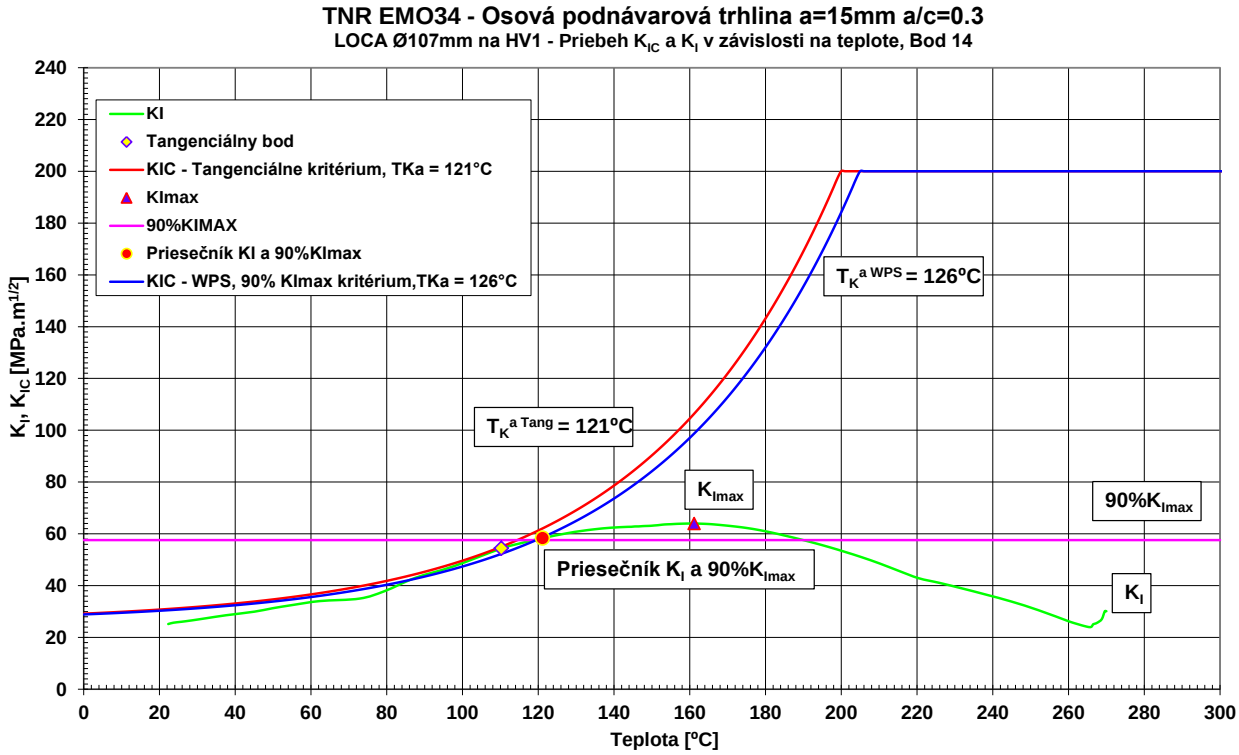
Obr. 7.2.1.10.1-B3-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



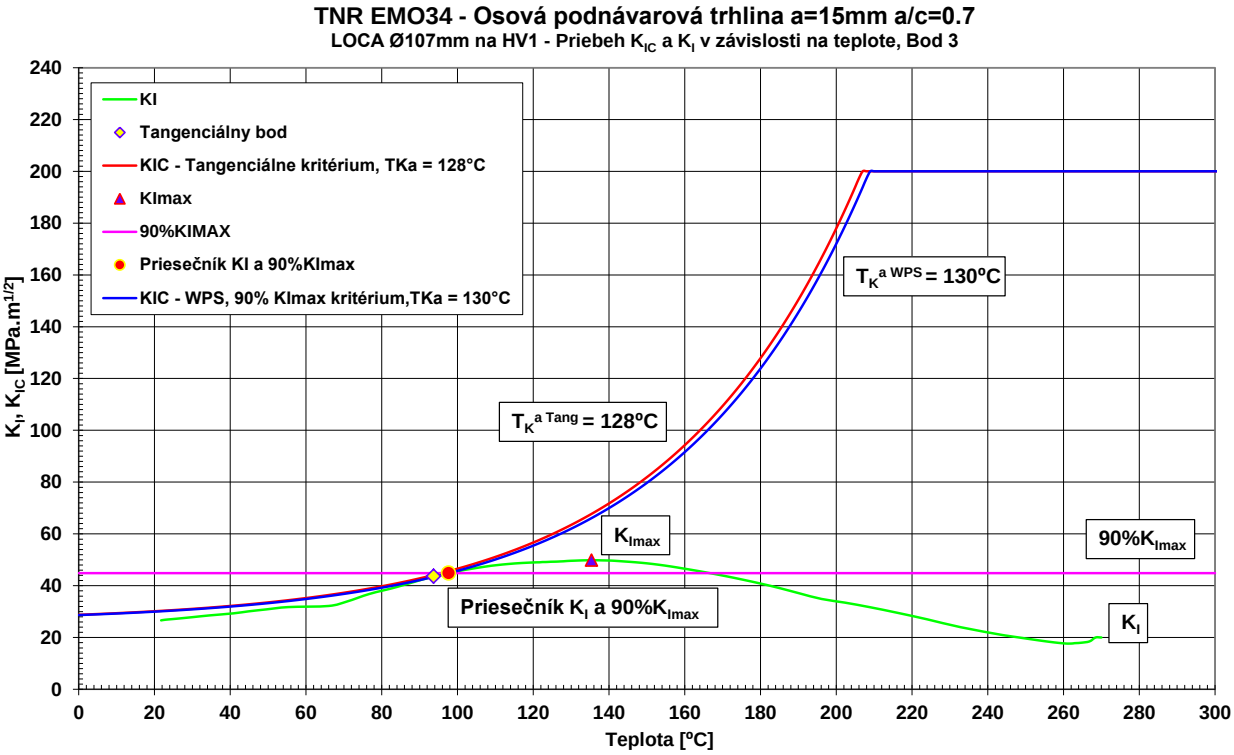
Obr. 7.2.1.10.1-B3-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.1-B3-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

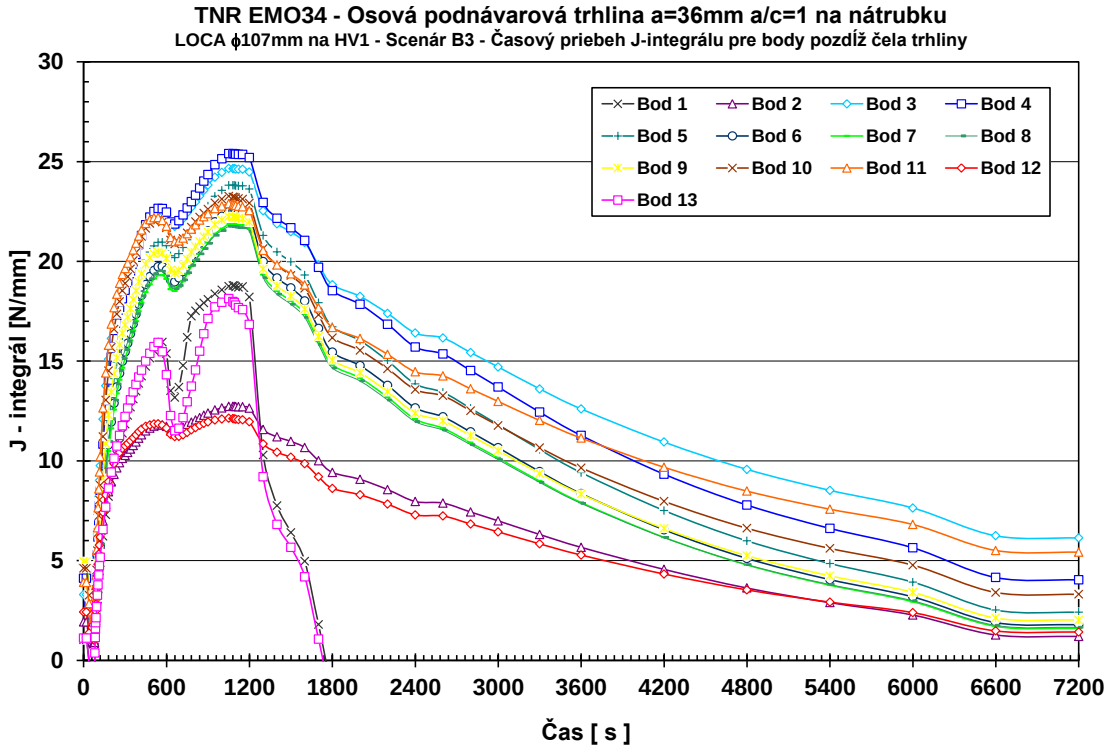


Obr. 7.2.1.10.1-B3-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

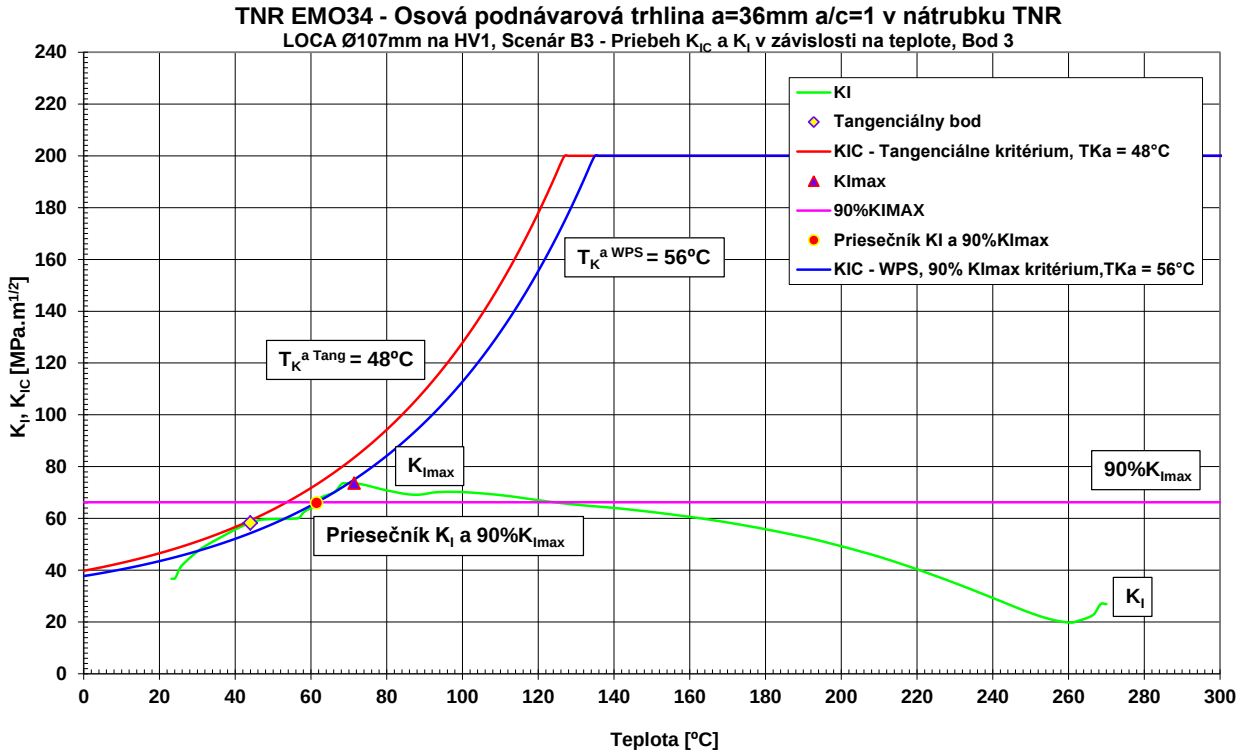


Obr. 7.2.1.10.1-B3-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-B3-38: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.1-B3-39: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3

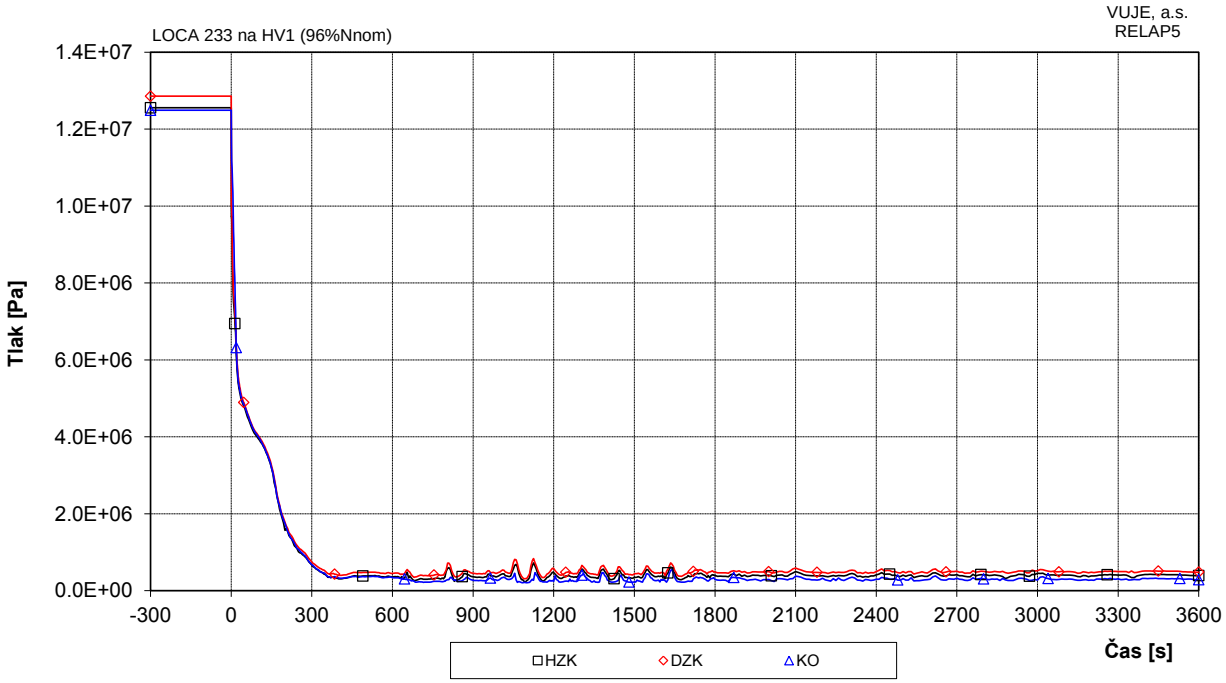
Príloha č. 08

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

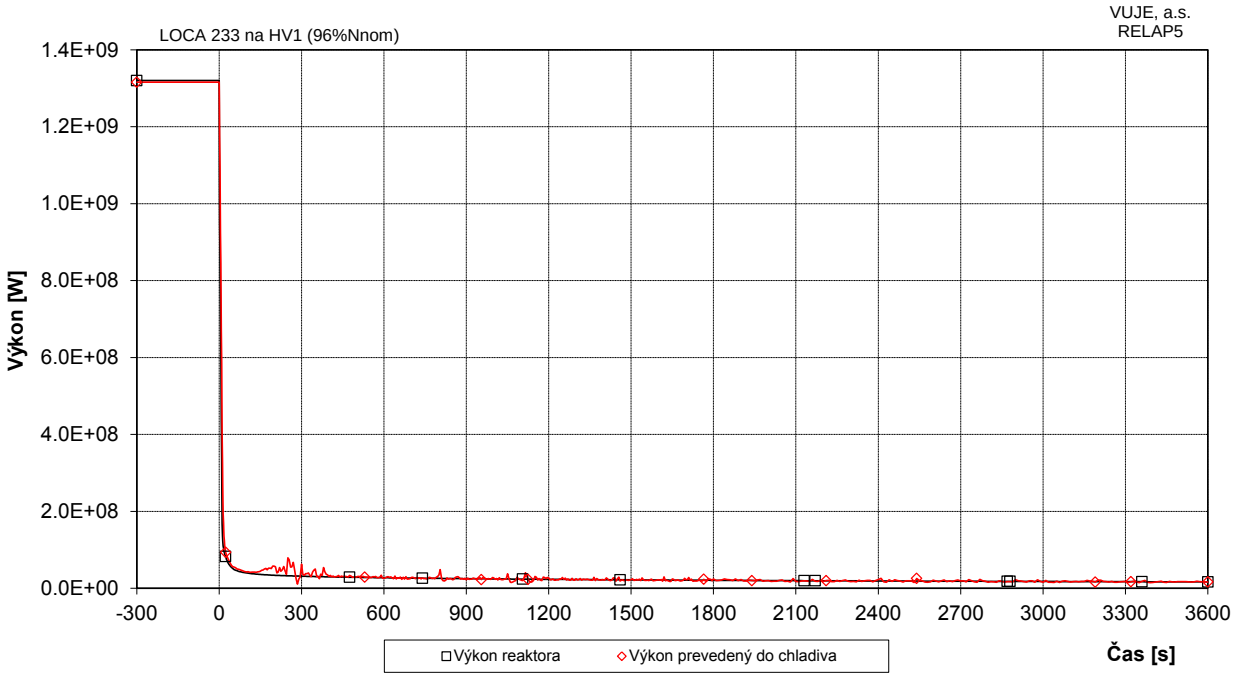
Scenár C1 LOCA ø233 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

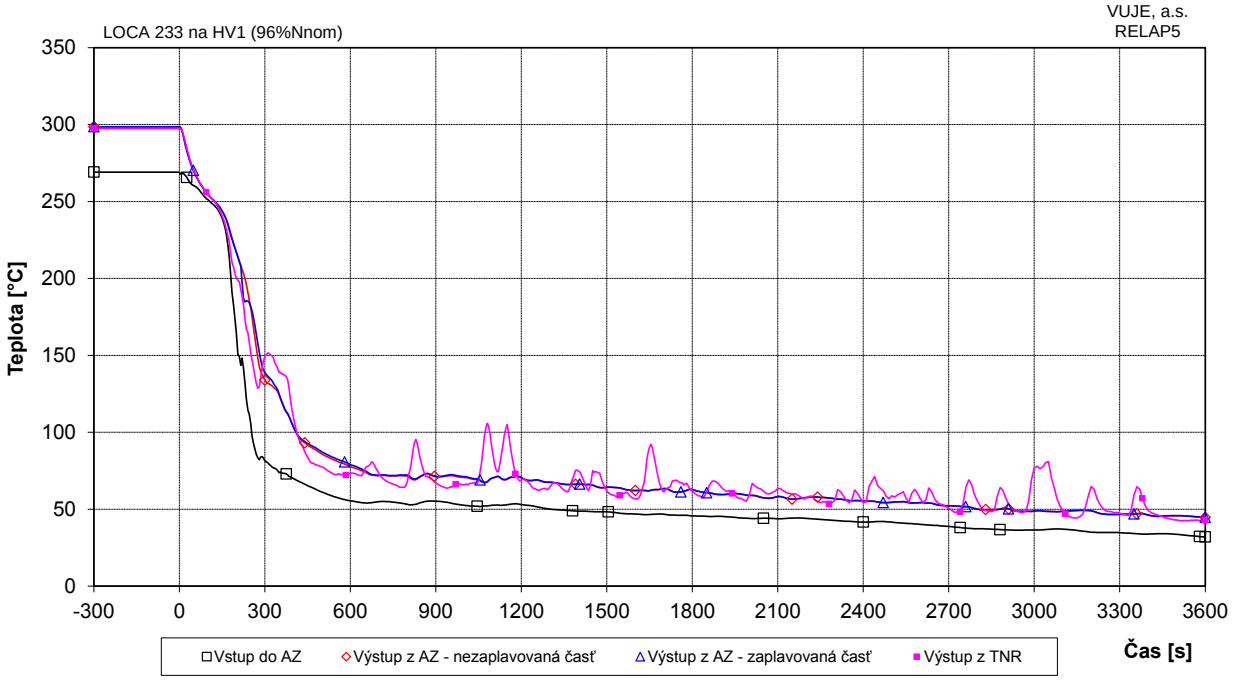
Obr. 7.2.1.10.1-C1-1: Tlak v I.O. 2
Obr. 7.2.1.10.1-C1-2: Výkon reaktora 2
Obr. 7.2.1.10.1-C1-3: Teplota chladiva v TNR 3
Obr. 7.2.1.10.1-C1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR 3
Obr. 7.2.1.10.1-C1-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR 4
Obr. 7.2.1.10.1-C1-6: Celkový výkon EOKO 4
Obr. 7.2.1.10.1-C1-7: Celková hladina v KO 5
Obr. 7.2.1.10.1-C1-8: Hladina chladiva v TNR 5
Obr. 7.2.1.10.1-C1-9: Hladina v HA 6
Obr. 7.2.1.10.1-C1-10: Hmotnostný prietok cez reaktor 6
Obr. 7.2.1.10.1-C1-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR 7
Obr. 7.2.1.10.1-C1-12: Doplňovanie do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.1-C1-13: Integrál doplňovania do I.O. 8
Obr. 7.2.1.10.1-C1-14: Výkon PG 8
Obr. 7.2.1.10.1-C1-15: Hmotnosť chladiva v I.O. 9
Obr. 7.2.1.10.1-C1-16: Tlak na výstupe z PG 9
Obr. 7.2.1.10.1-C1-17: Tlak v HPK 10
Obr. 7.2.1.10.1-C1-18: Celková hladina v PG 10
Obr. 7.2.1.10.1-C1-19: Celkový prietok napájacej vody do PG 11
Obr. 7.2.1.10.1-C1-20: Prietok pary z PG 11
Obr. 7.2.1.10.1-C1-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch 12
Obr. 7.2.1.10.1-C1-22: Prietok pary do TG 12
Obr. 7.2.1.10.1-C1-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O. 13
Obr. 7.2.1.10.1-C1-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS 2, 3, 5 13
Obr. 7.2.1.10.1-C1-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS 2, 3, 5 14
Obr. 7.2.1.10.1-C1-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4 14
Obr. 7.2.1.10.1-C1-27: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4 15
Obr. 7.2.1.10.1-C1-28: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HA 15
Obr. 7.2.1.10.1-C1-29: Teplota chladiva pod nátrubkami HA 16
Obr. 7.2.1.10.1-C1-30: J - integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 16
Obr. 7.2.1.10.1-C1-31: J - integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 17
Obr. 7.2.1.10.1-C1-32: J - integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 17
Obr. 7.2.1.10.1-C1-33: J - integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 18
Obr. 7.2.1.10.1-C1-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 3 18
Obr. 7.2.1.10.1-C1-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 19
Obr. 7.2.1.10.1-C1-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 19
Obr. 7.2.1.10.1-C1-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 20
Obr. 7.2.1.10.1-C1-38: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku 20
Obr. 7.2.1.10.1-C1-39: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, režim bod trhliny 3 21



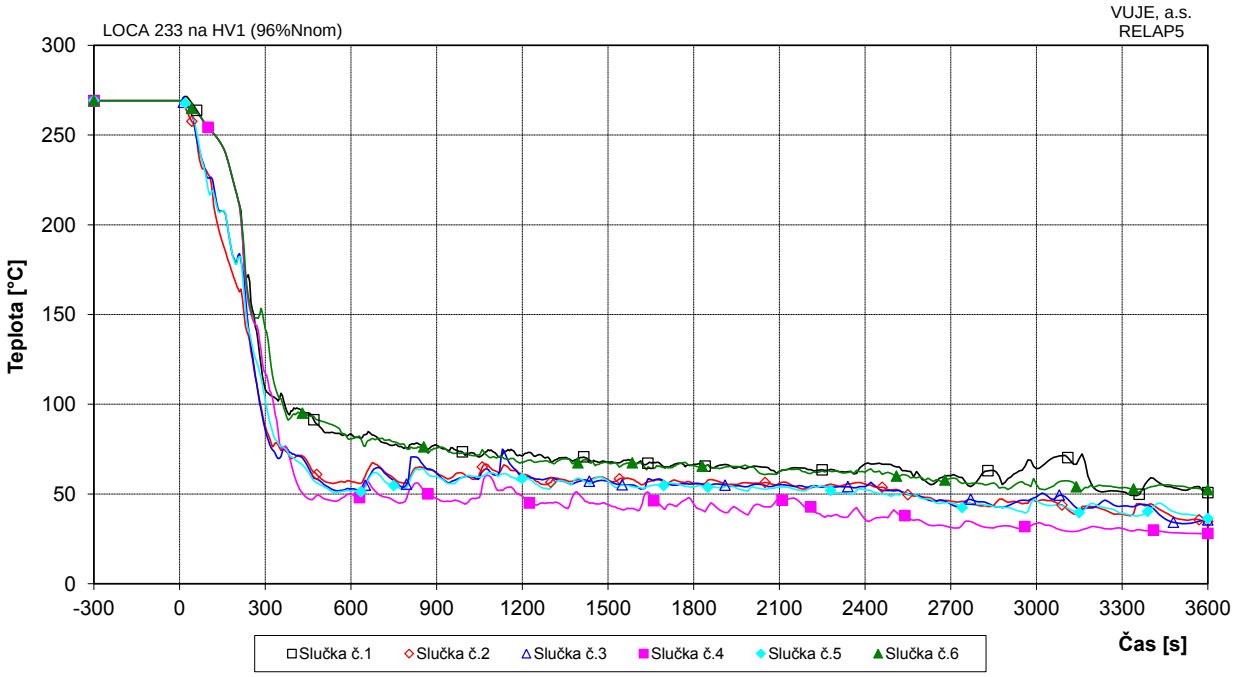
Obr. 7.2.1.10.1-C1-1: Tlak v I.O.



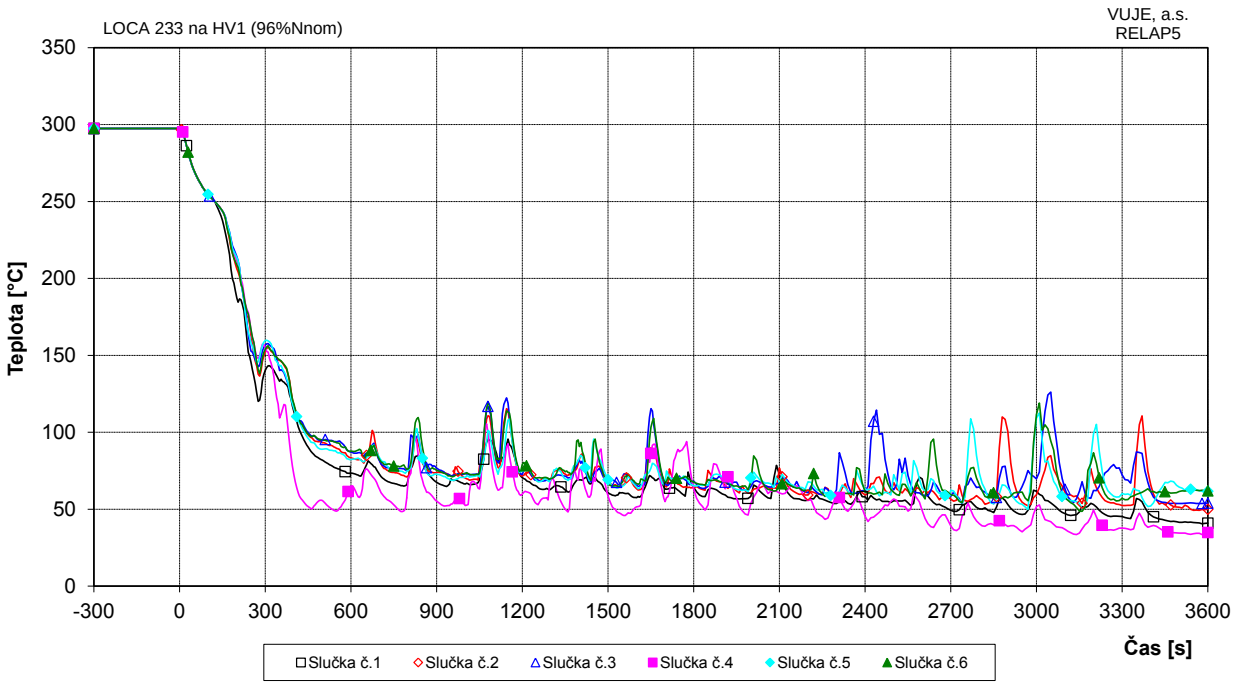
Obr. 7.2.1.10.1-C1-2: Výkon reaktora



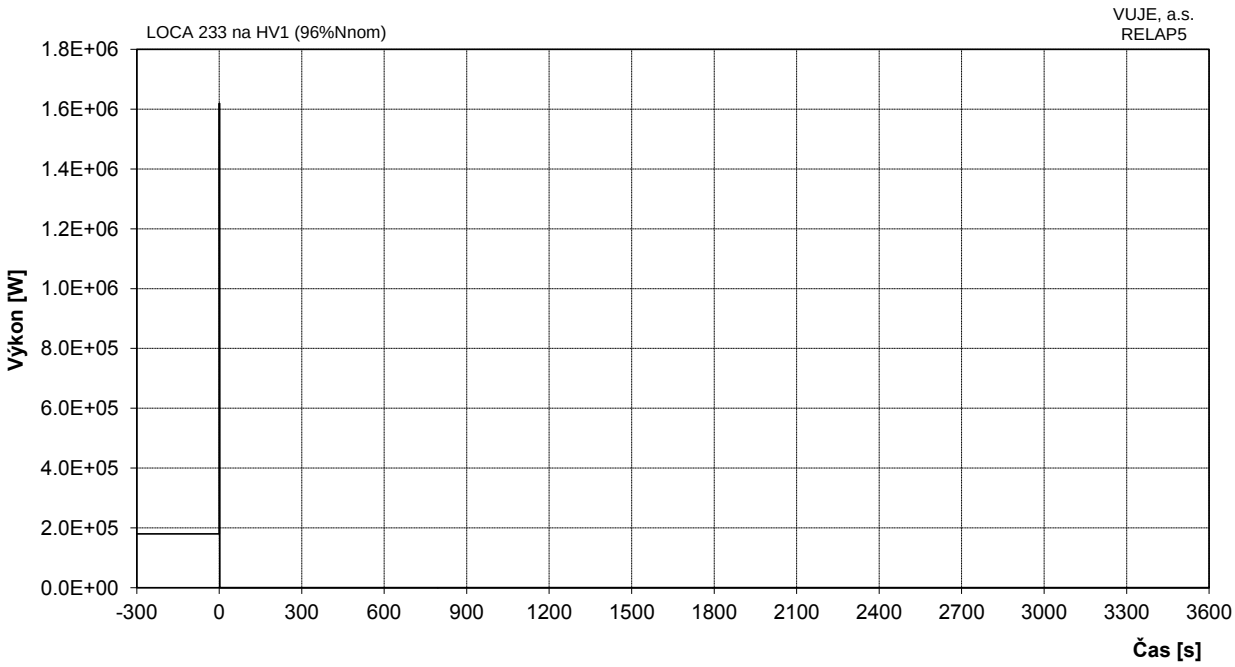
Obr. 7.2.1.10.1-C1-3: Teplota chladiva v TNR



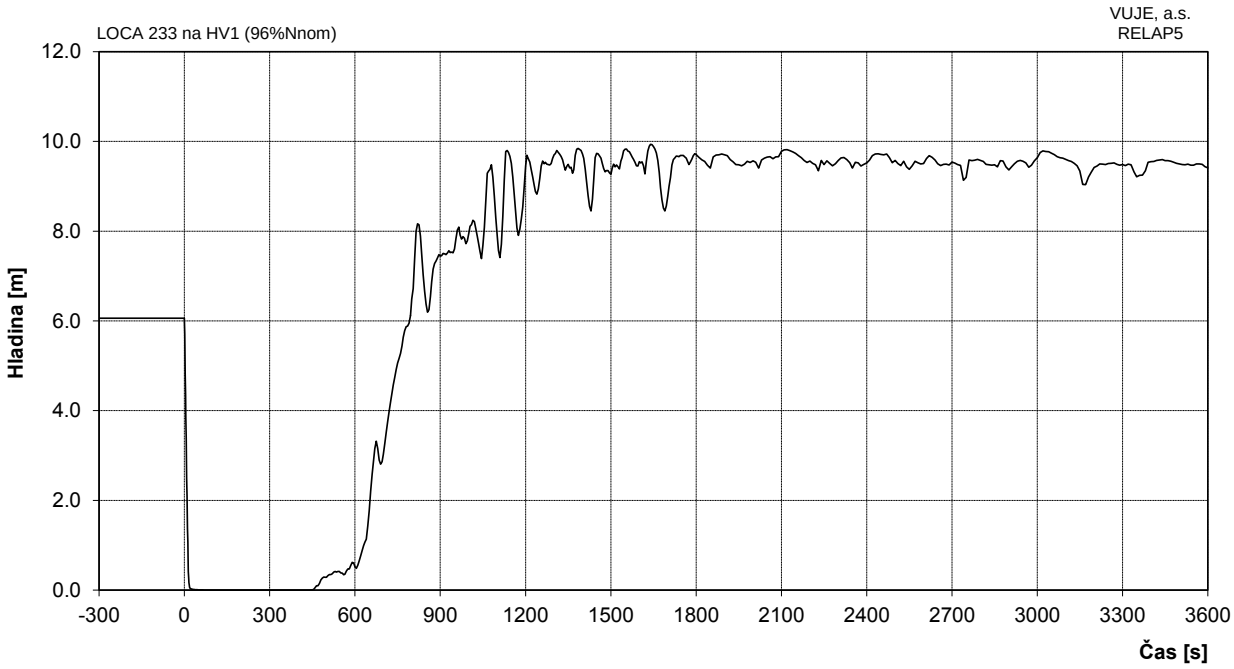
Obr. 7.2.1.10.1-C1-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



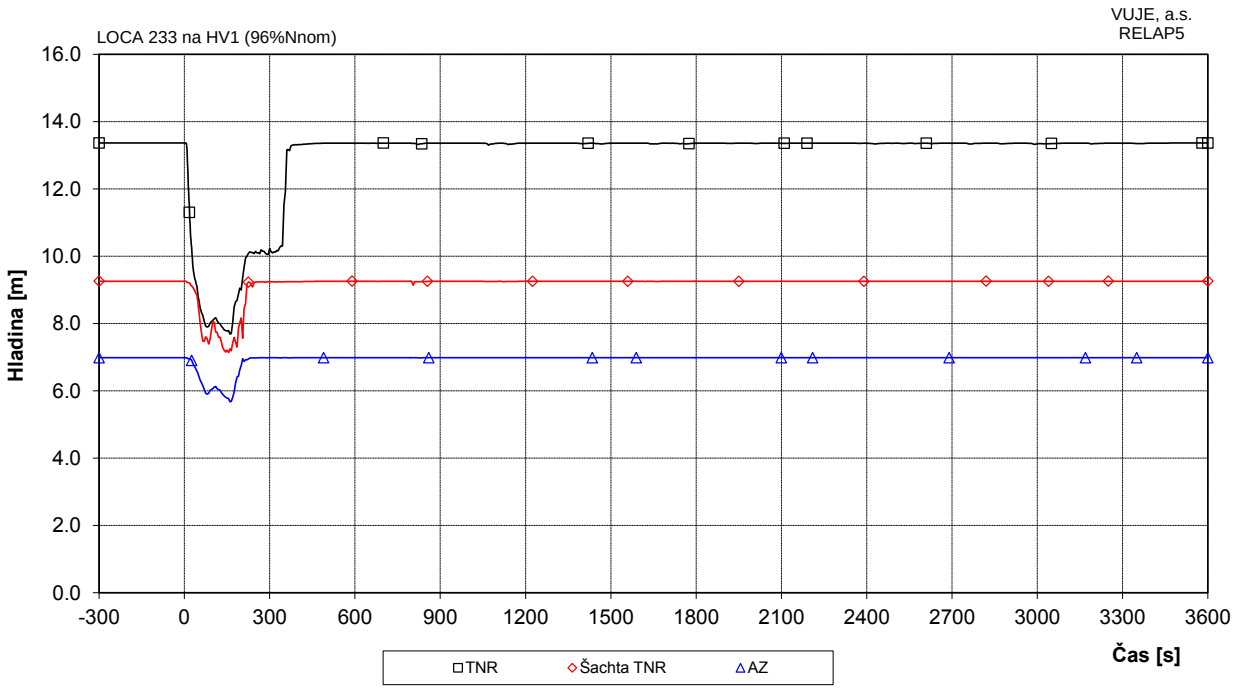
Obr. 7.2.1.10.1-C1-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



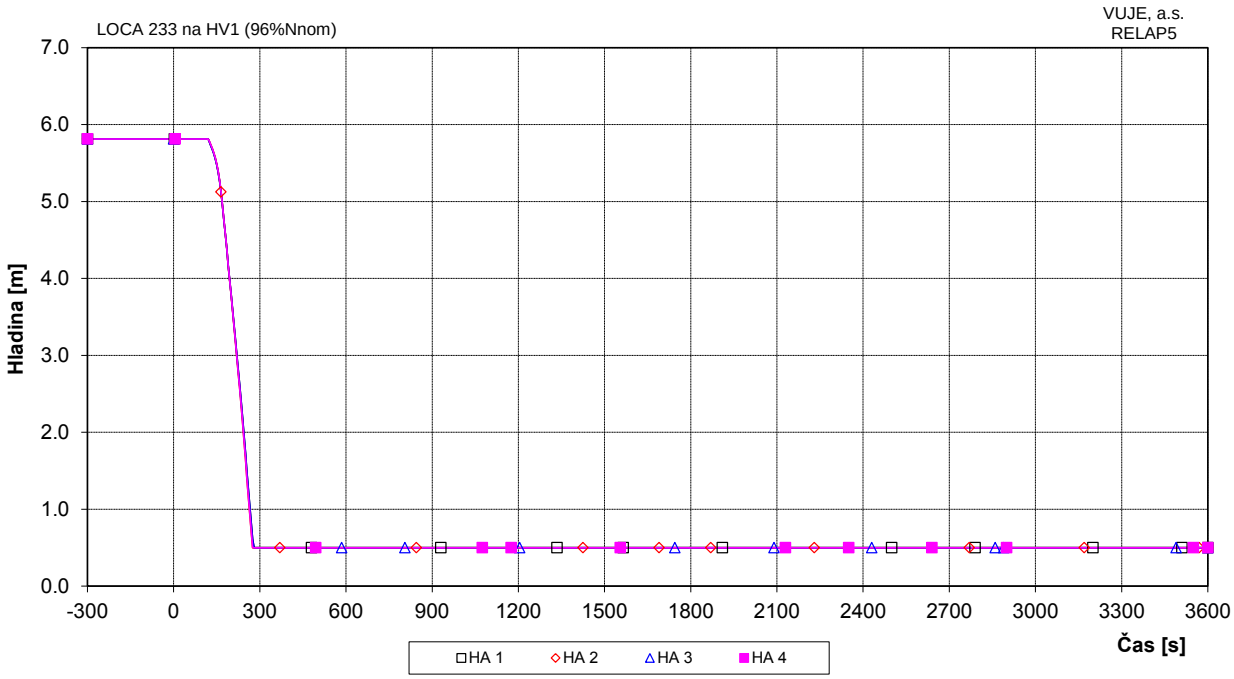
Obr. 7.2.1.10.1-C1-6: Celkový výkon EOKO



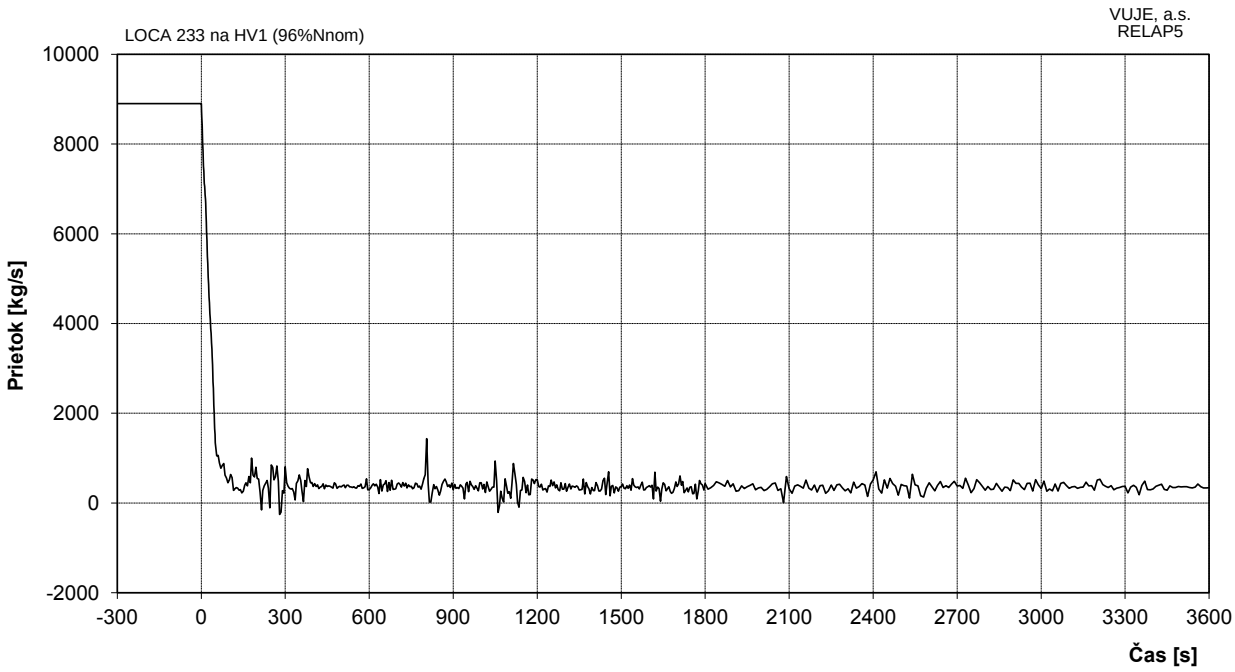
Obr. 7.2.1.10.1-C1-7: Celková hladina v KO



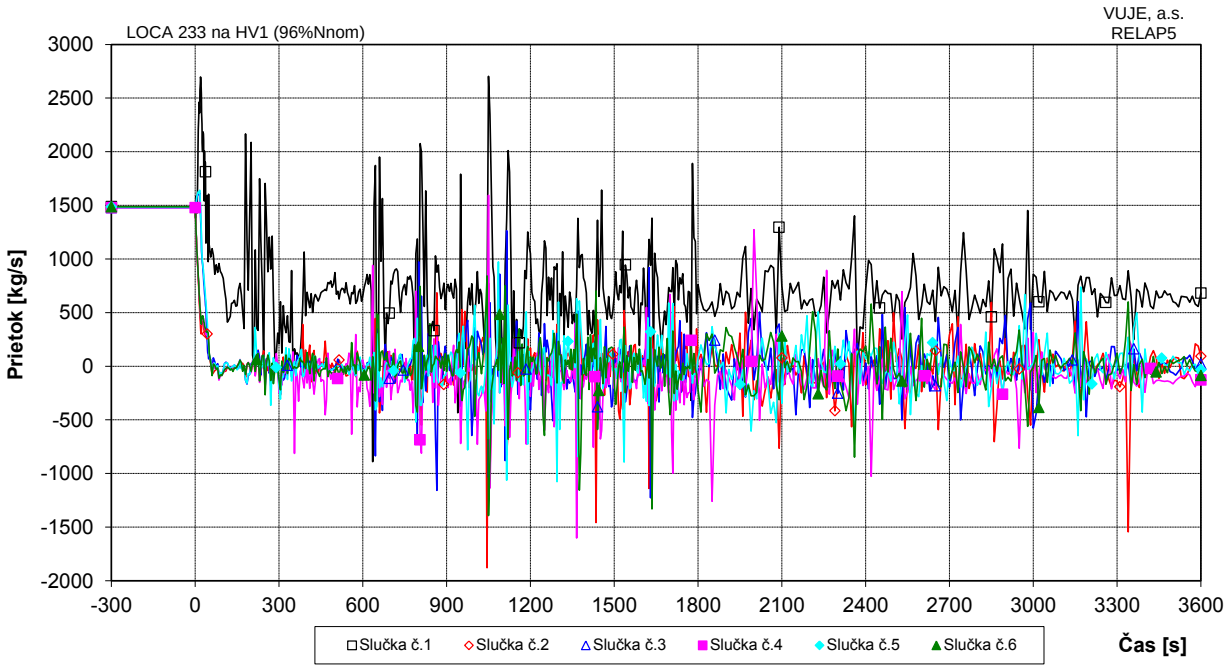
Obr. 7.2.1.10.1-C1-8: Hladina chladiva v TNR



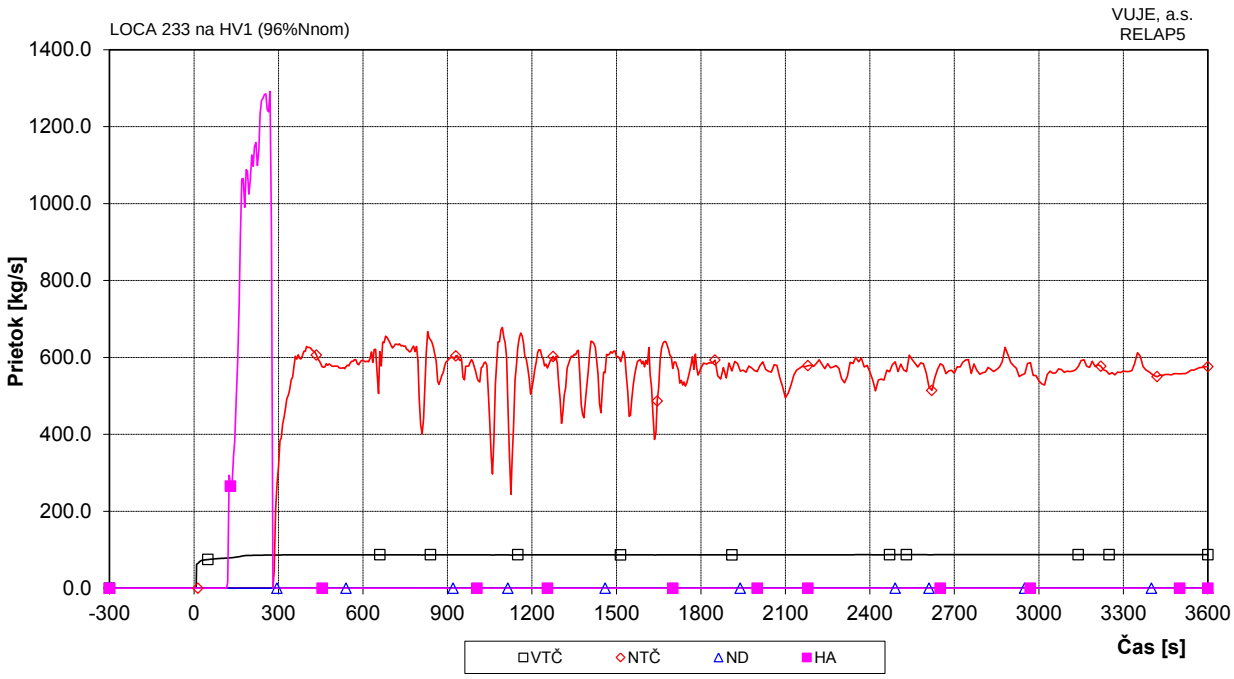
Obr. 7.2.1.10.1-C1-9: Hladina v HA



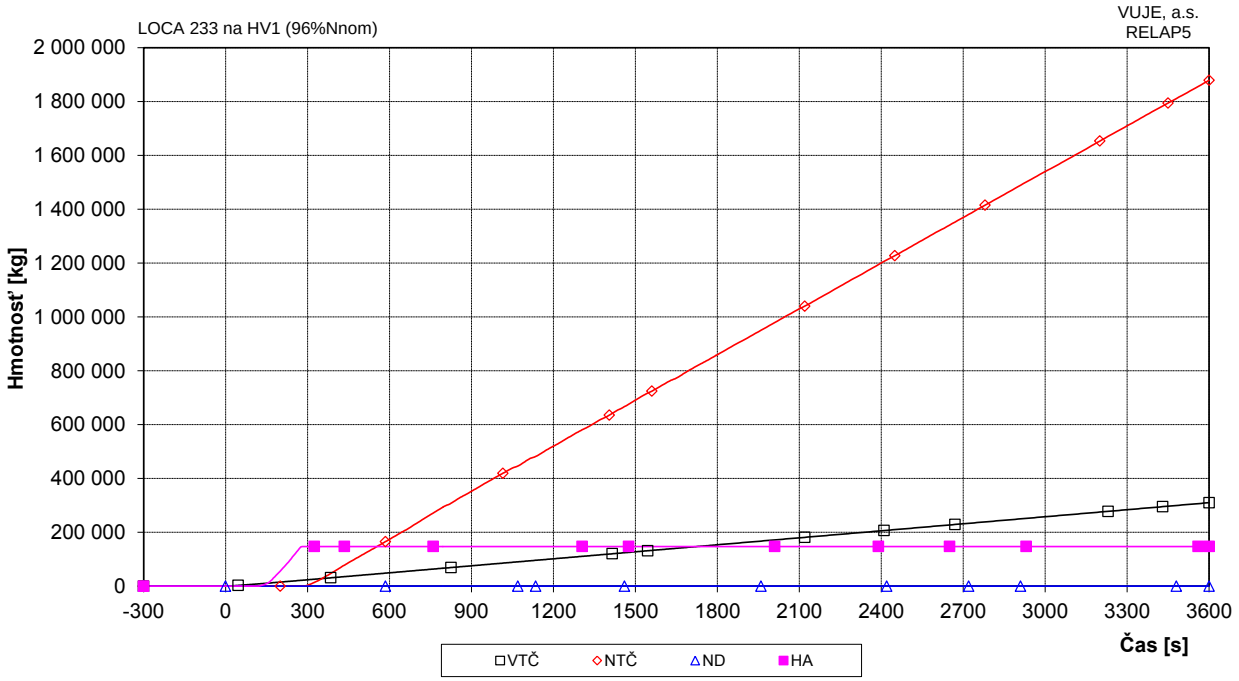
Obr. 7.2.1.10.1-C1-10: Hmotnostný prietok cez reaktor



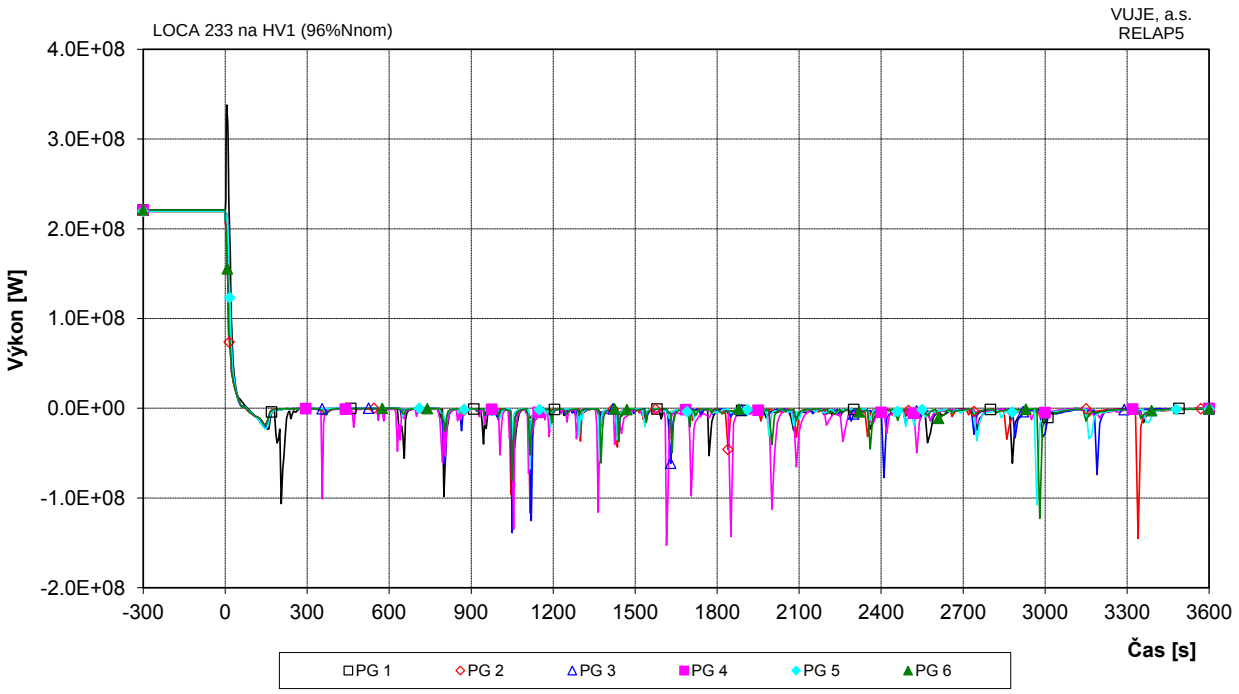
Obr. 7.2.1.10.1-C1-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



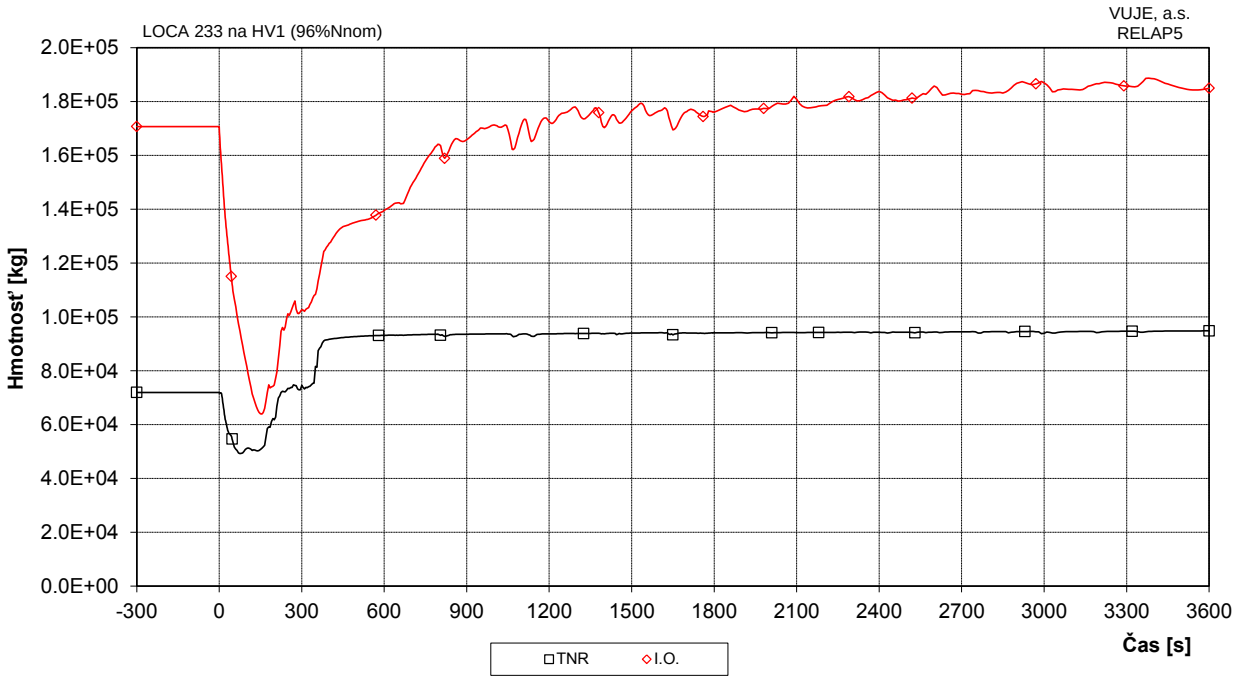
Obr. 7.2.1.10.1-C1-12: Doplňovanie do I.O.



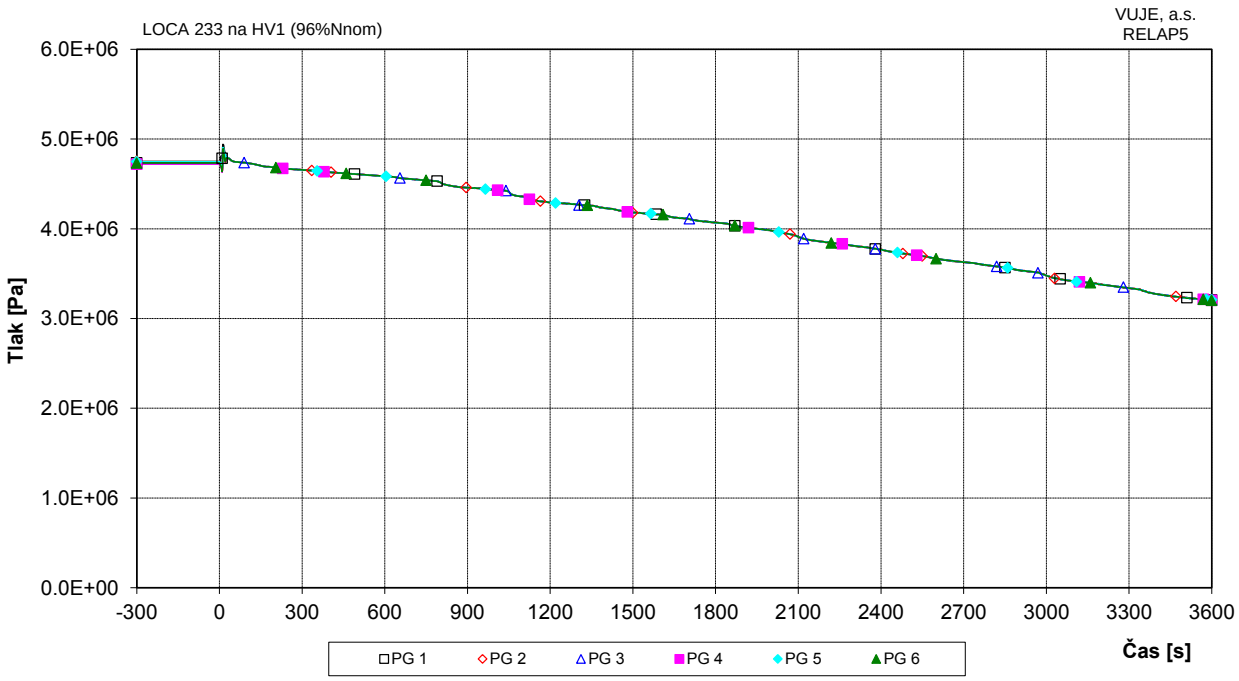
Obr. 7.2.1.10.1-C1-13: Integrál doplňovania do I.O.



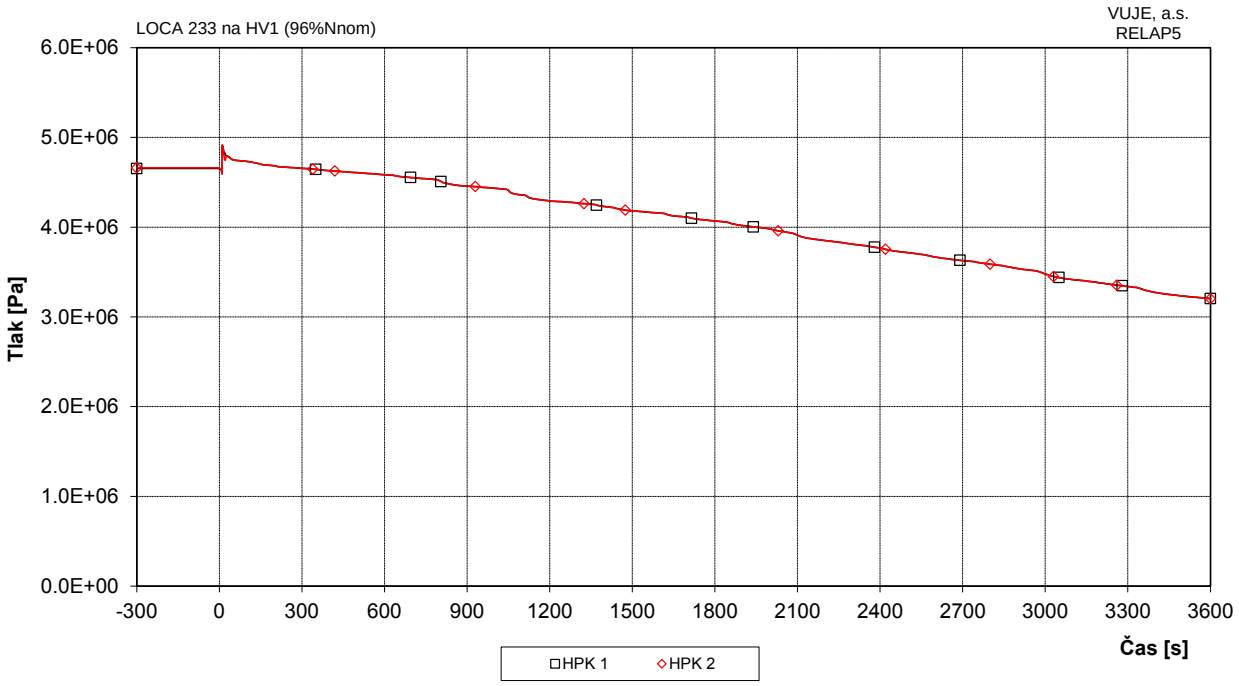
Obr. 7.2.1.10.1-C1-14: Výkon PG



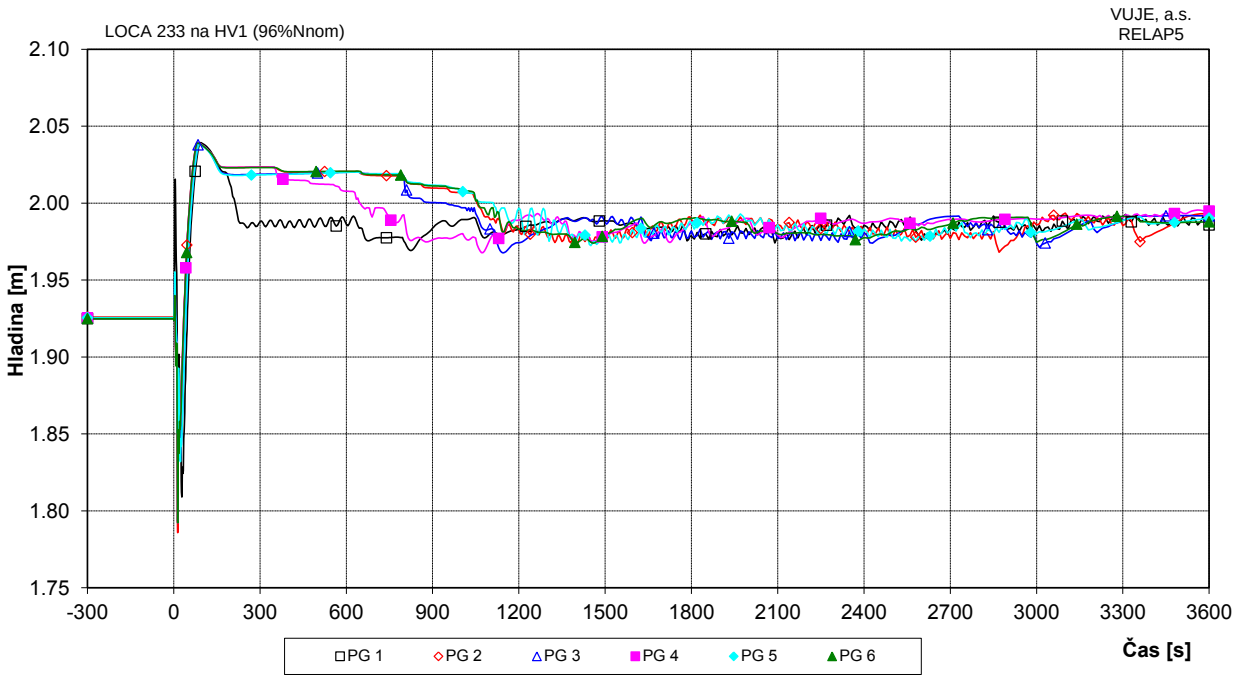
Obr. 7.2.1.10.1-C1-15: Hmotnosť chladiva v I.O.



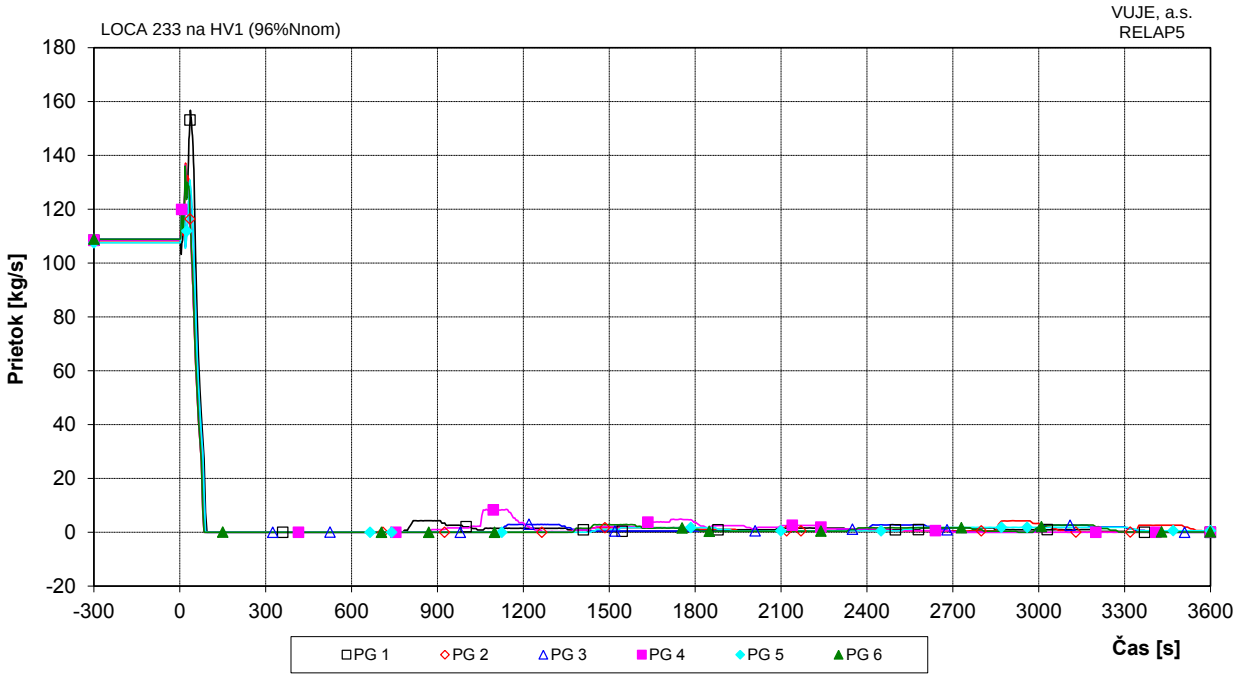
Obr. 7.2.1.10.1-C1-16: Tlak na výstupe z PG



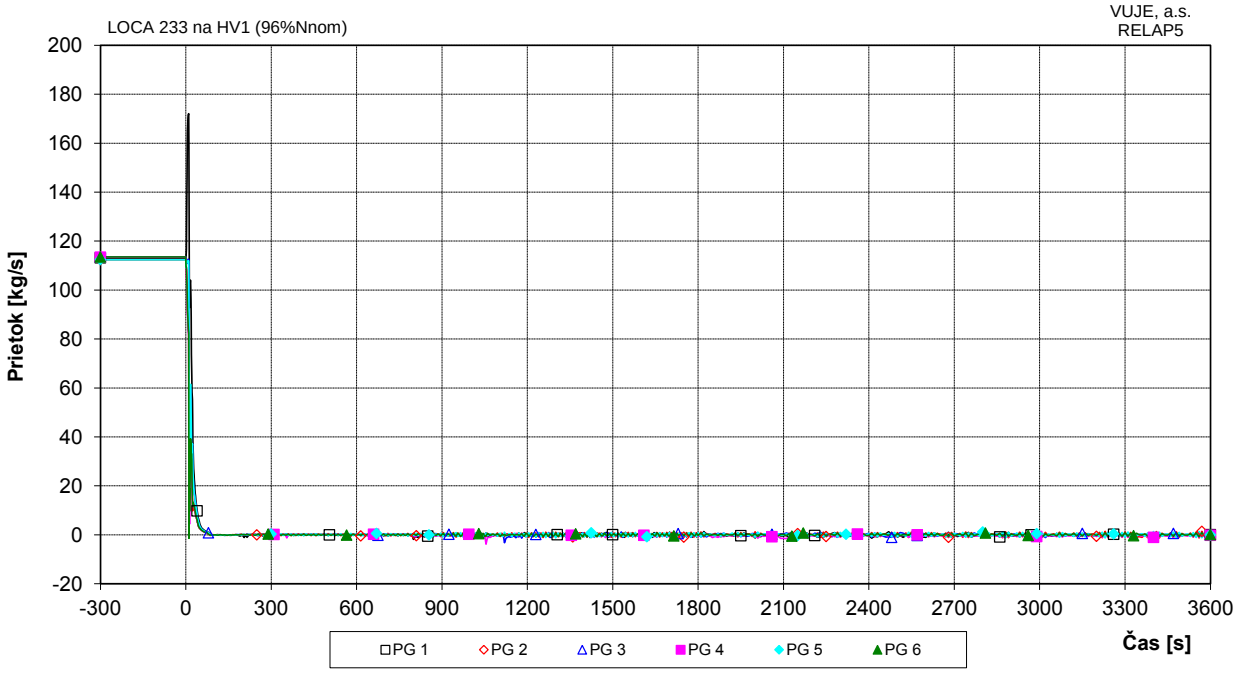
Obr. 7.2.1.10.1-C1-17: Tlak v HPK



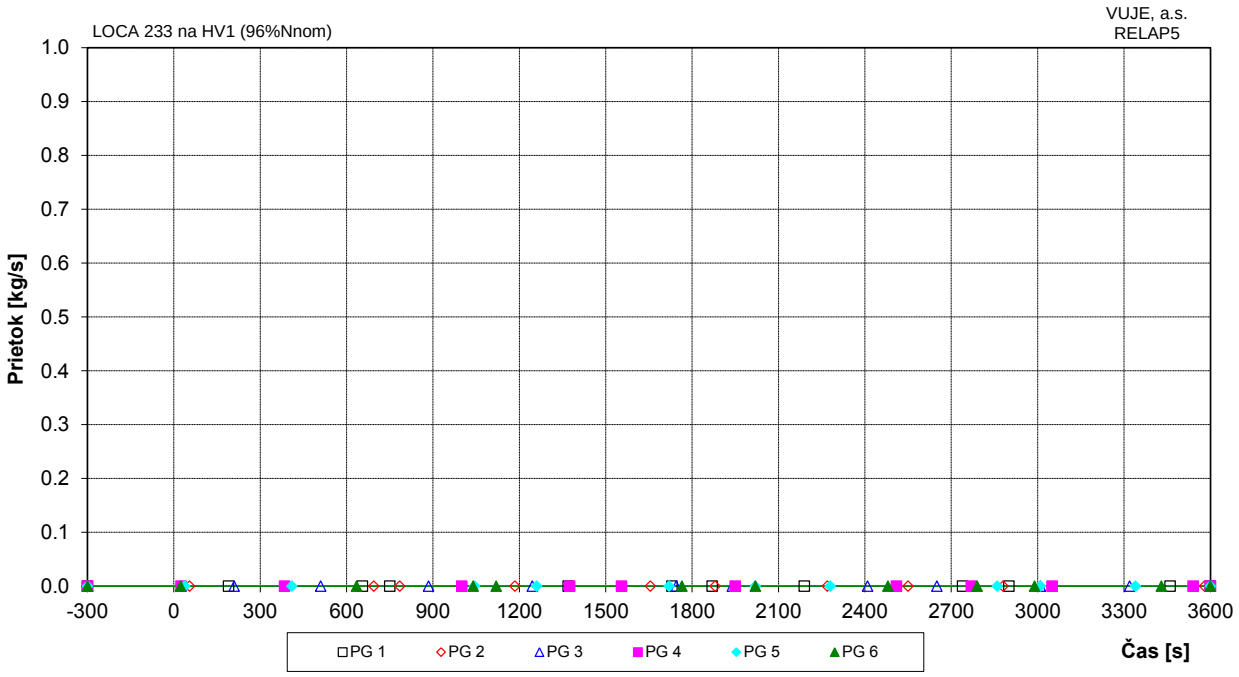
Obr. 7.2.1.10.1-C1-18: Celková hladina v PG



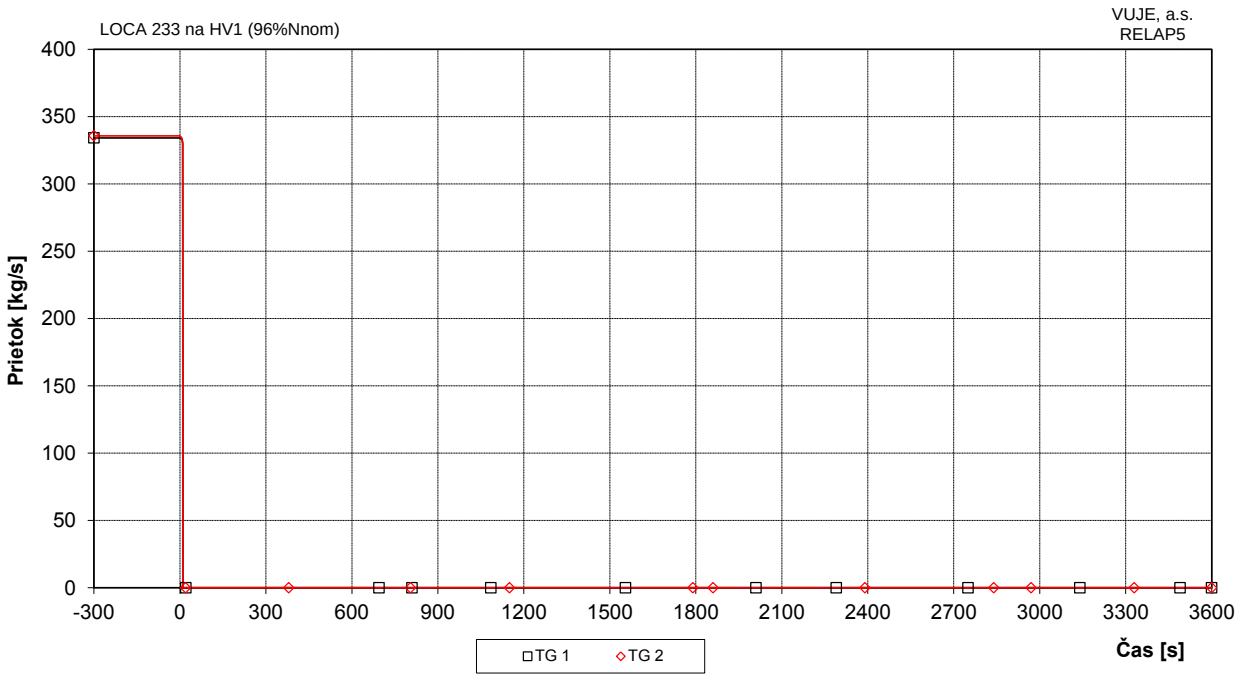
Obr. 7.2.1.10.1-C1-19: Celkový prietok napájacej vody do PG



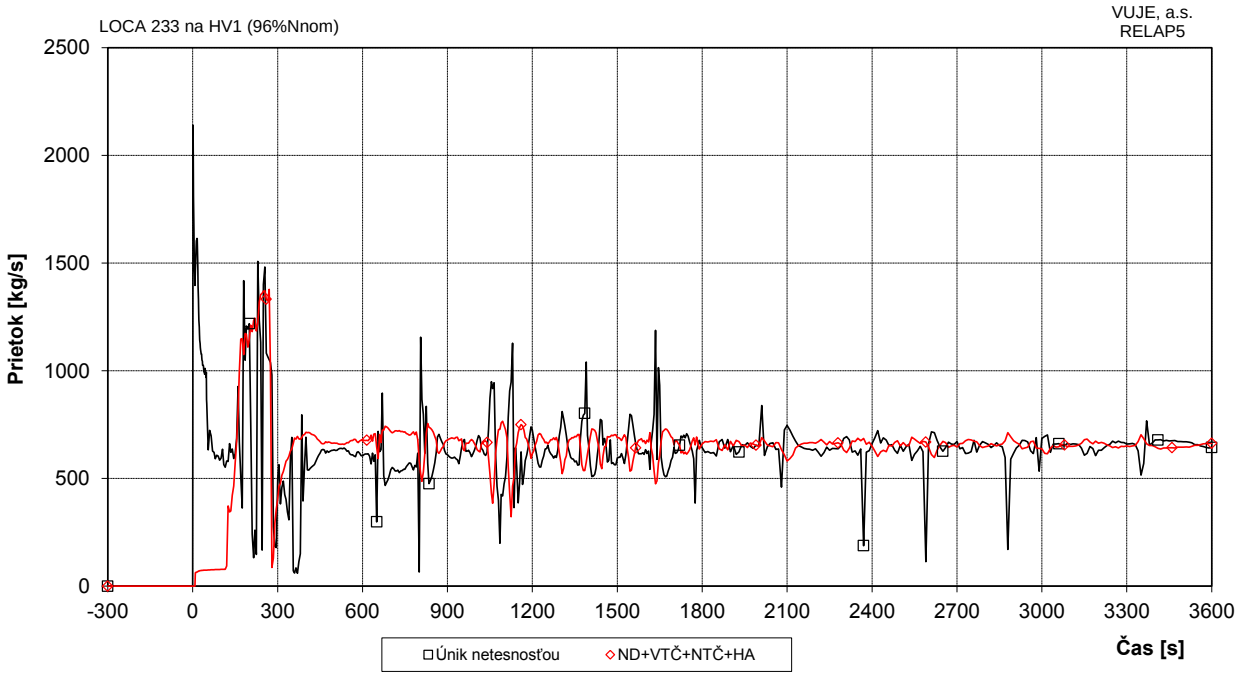
Obr. 7.2.1.10.1-C1-20: Prietok pary z PG



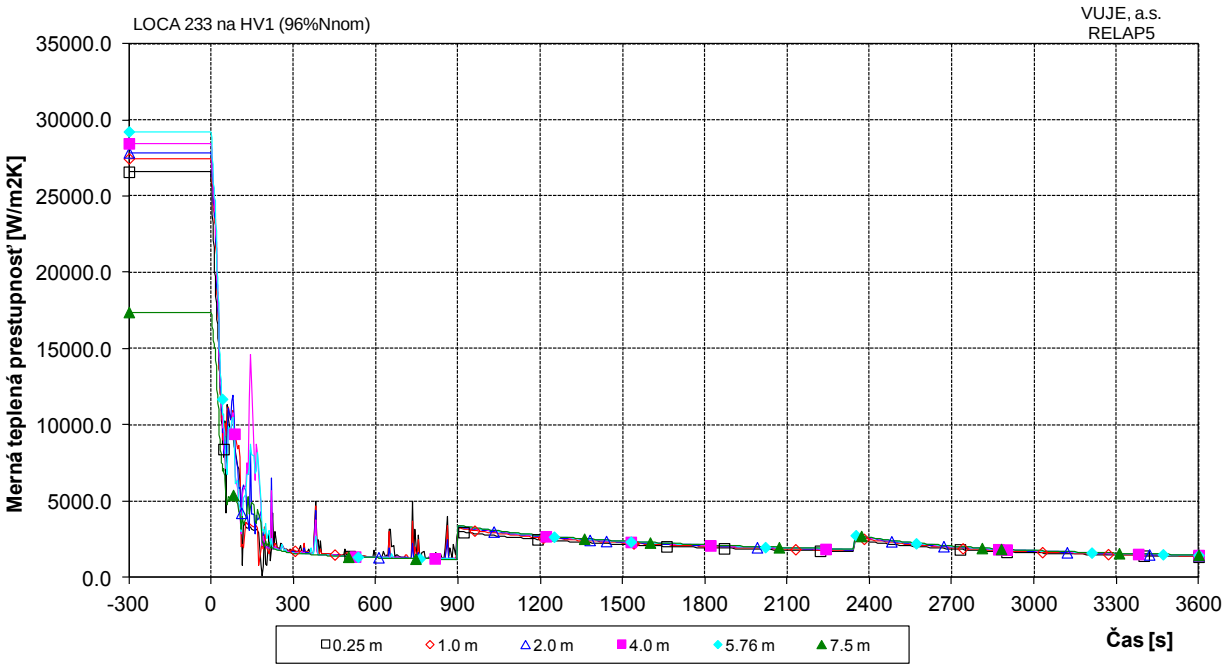
Obr. 7.2.1.10.1-C1-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



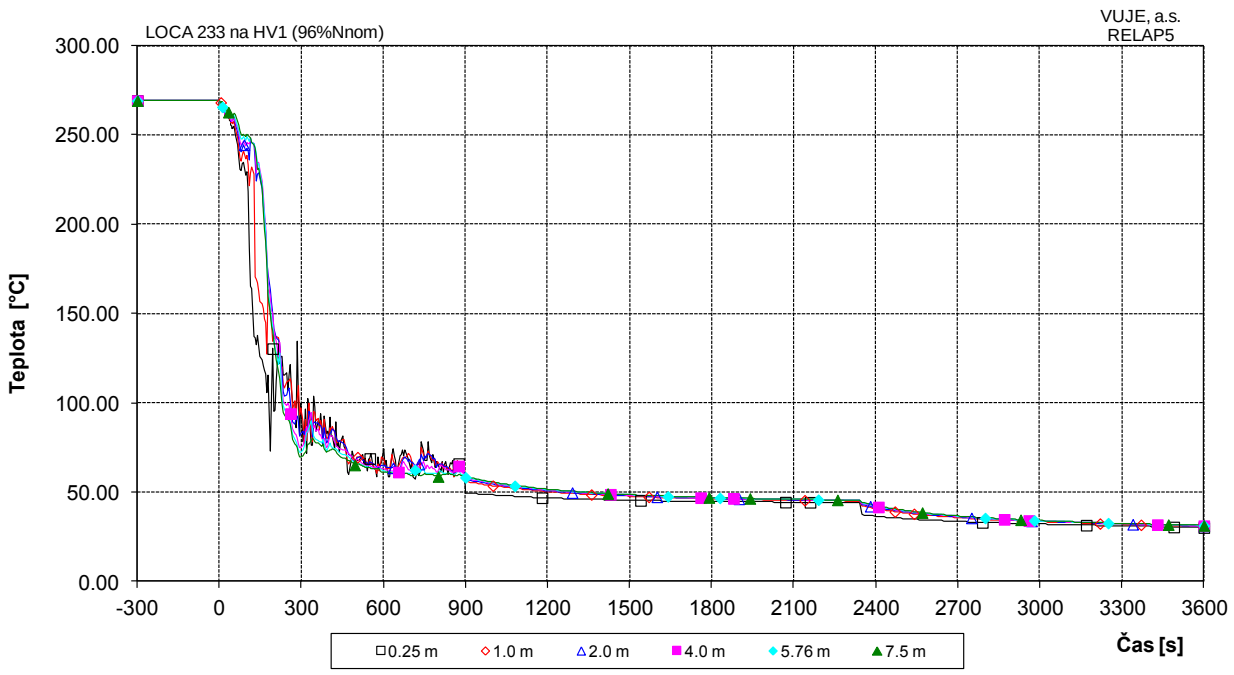
Obr. 7.2.1.10.1-C1-22: Prietok pary do TG



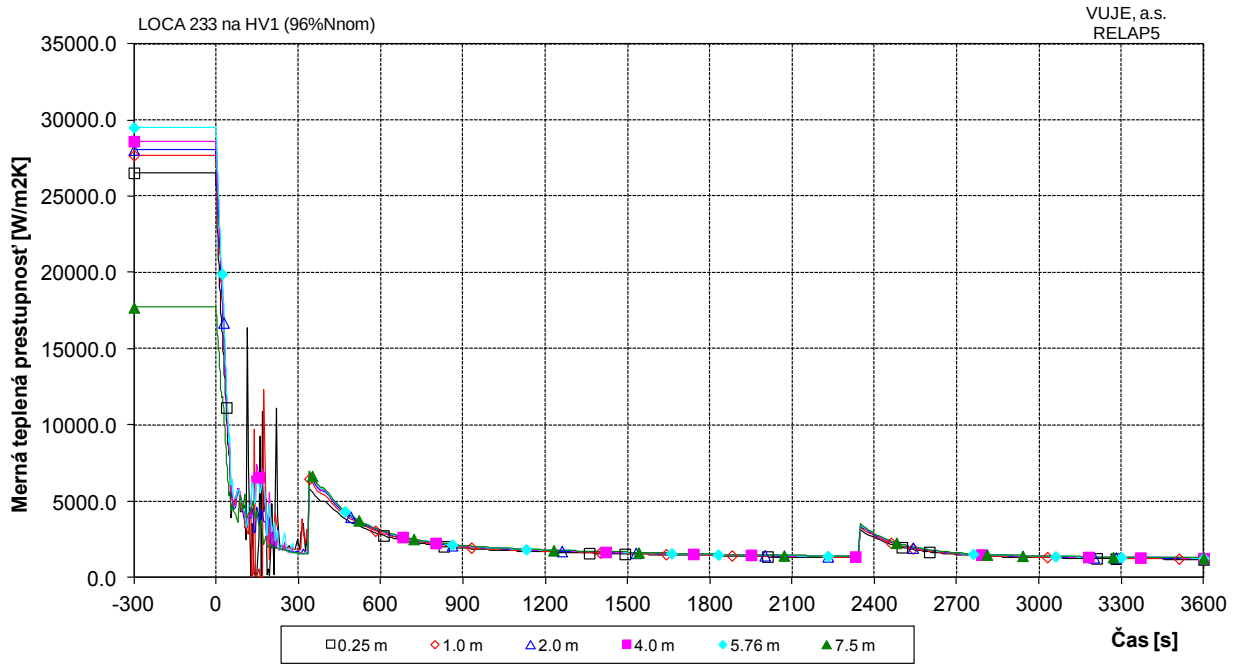
Obr. 7.2.1.10.1-C1-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O.



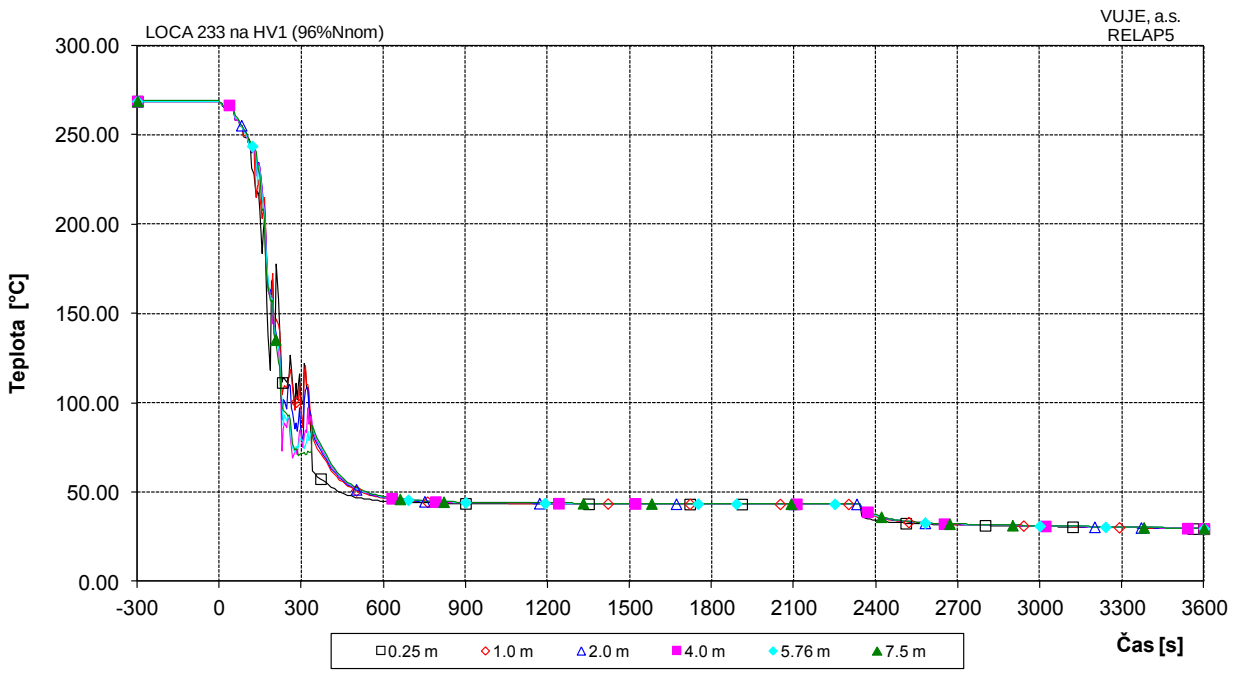
Obr. 7.2.1.10.1-C1-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS 2, 3, 5



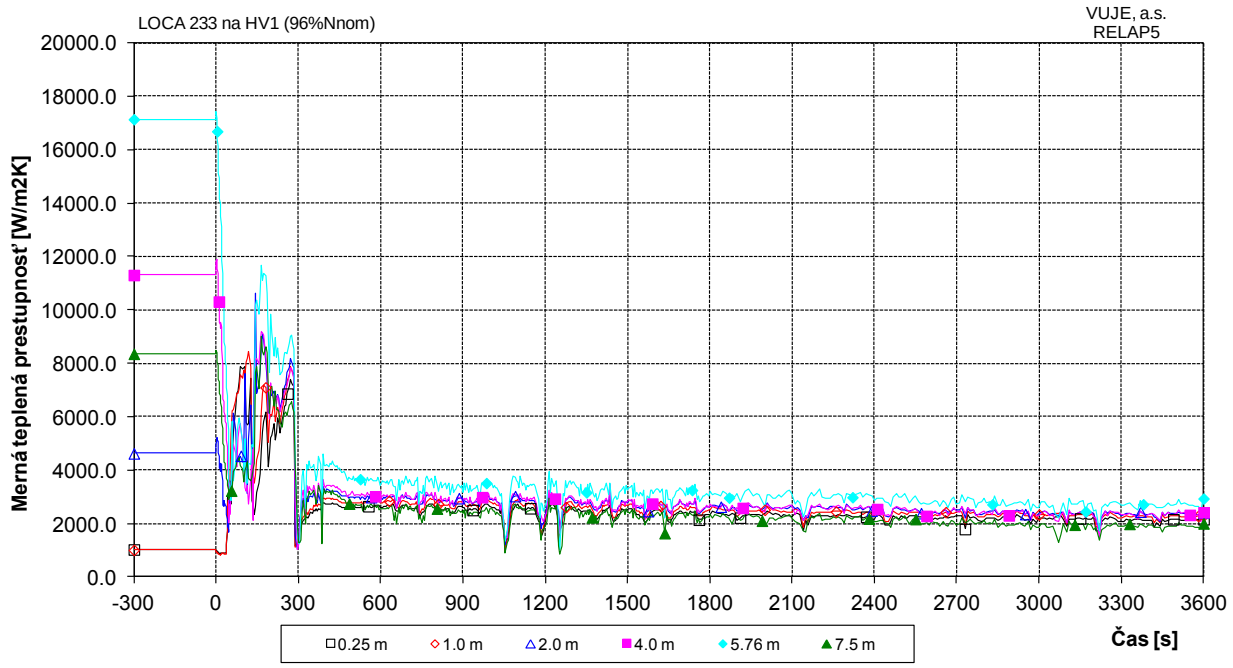
Obr. 7.2.1.10.1-C1-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS 2, 3, 5



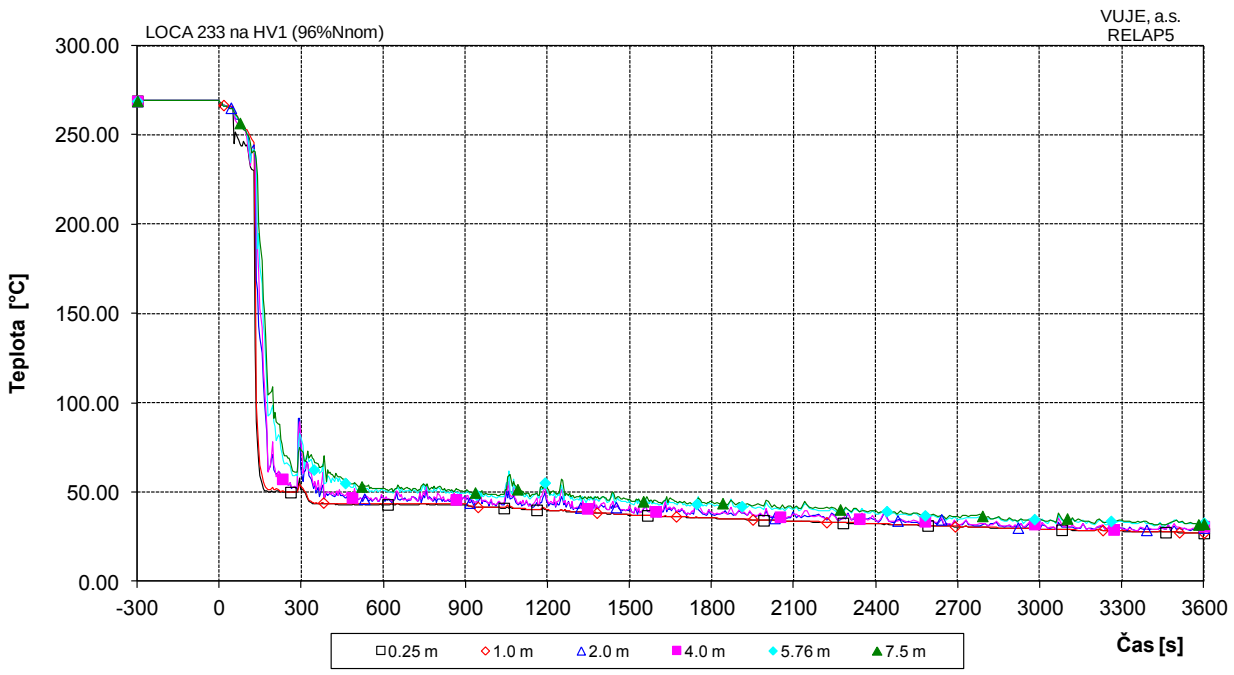
Obr. 7.2.1.10.1-C1-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4



Obr. 7.2.1.10.1-C1-27: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4

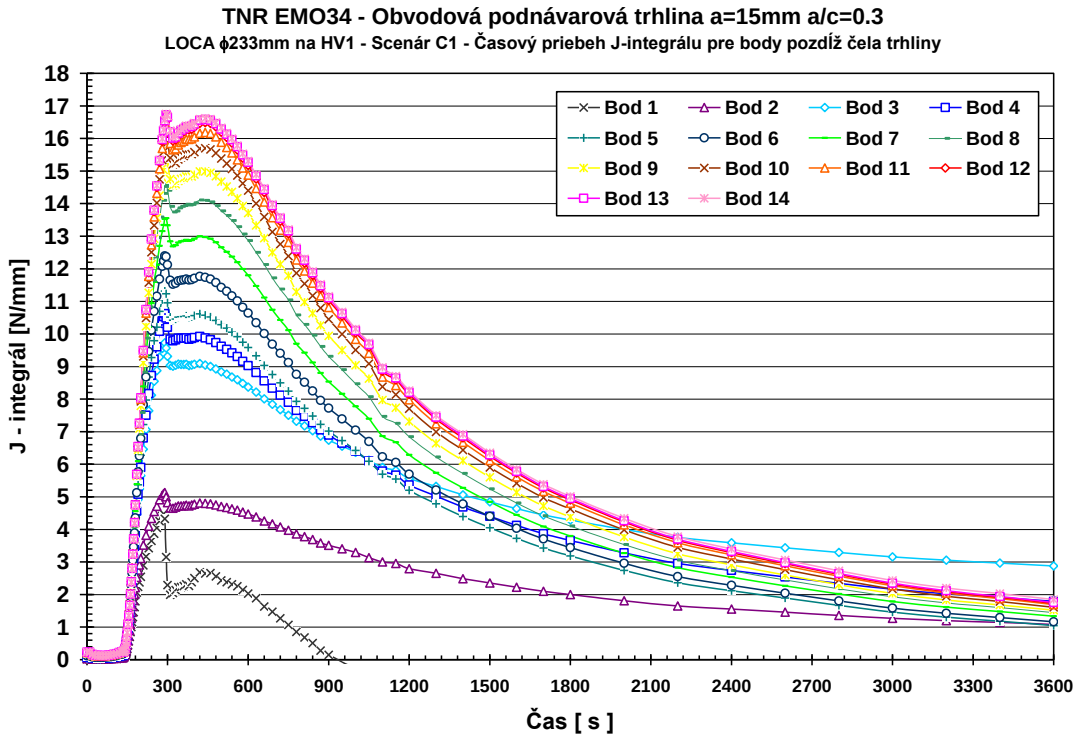


Obr. 7.2.1.10.1-C1-28: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HA

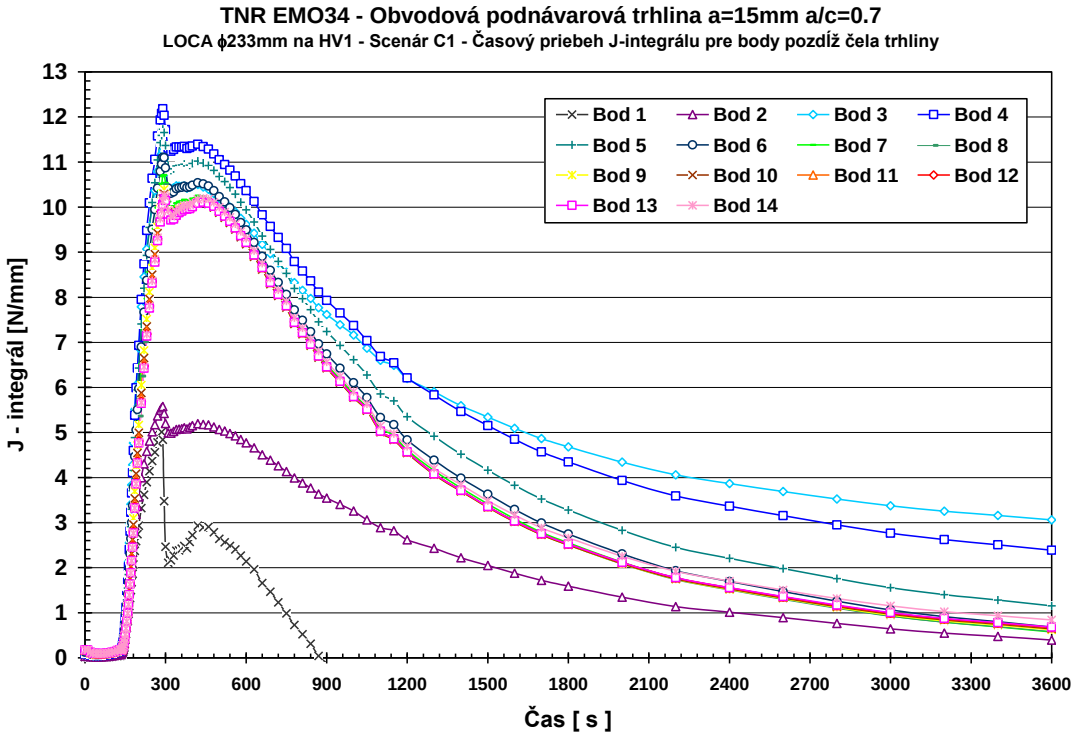


Obr. 7.2.1.10.1-C1-29: Teplota chladiva pod nátrubkami HA

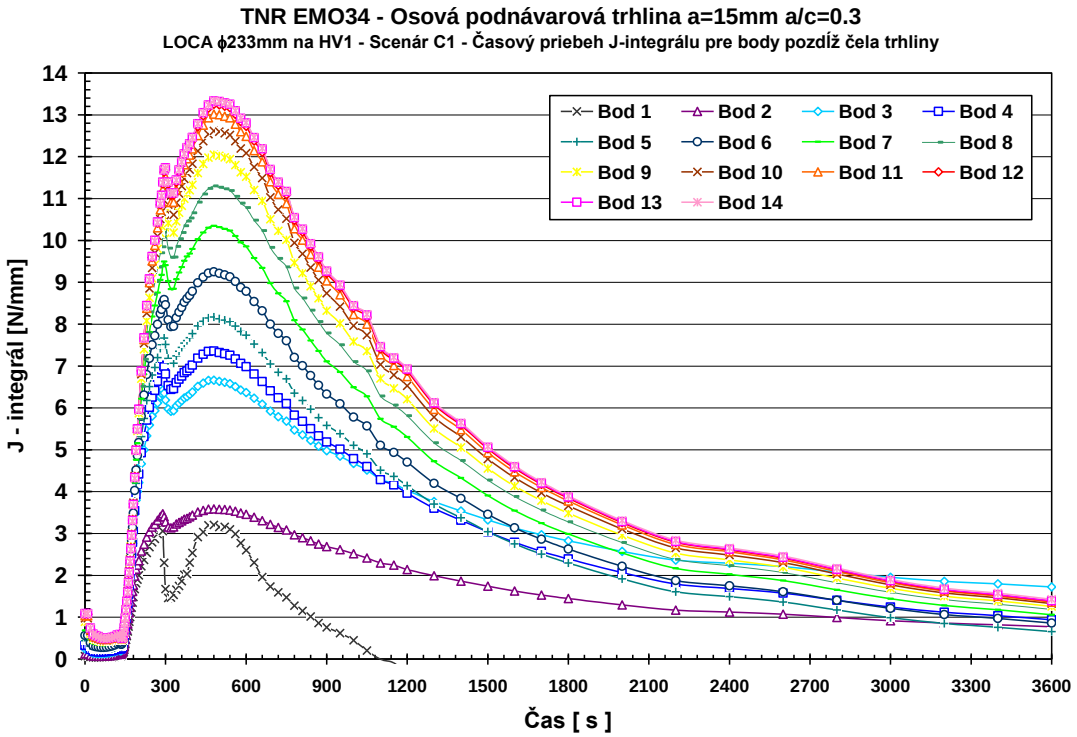
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



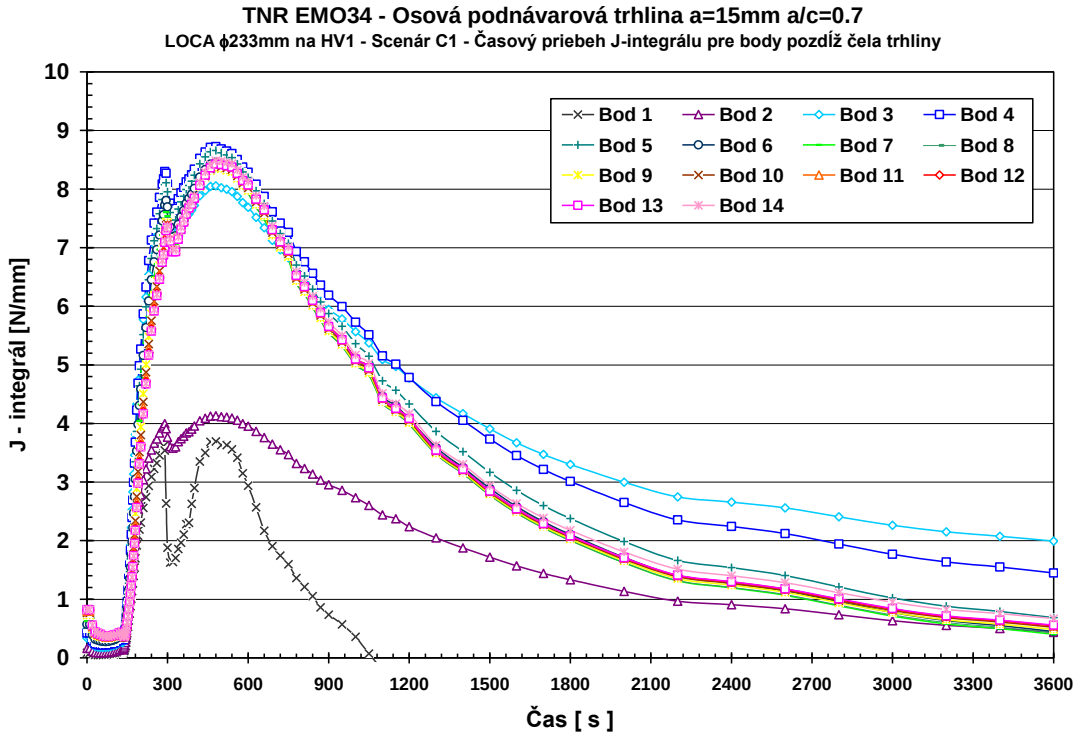
Obr. 7.2.1.10.1-C1-30: J - integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3



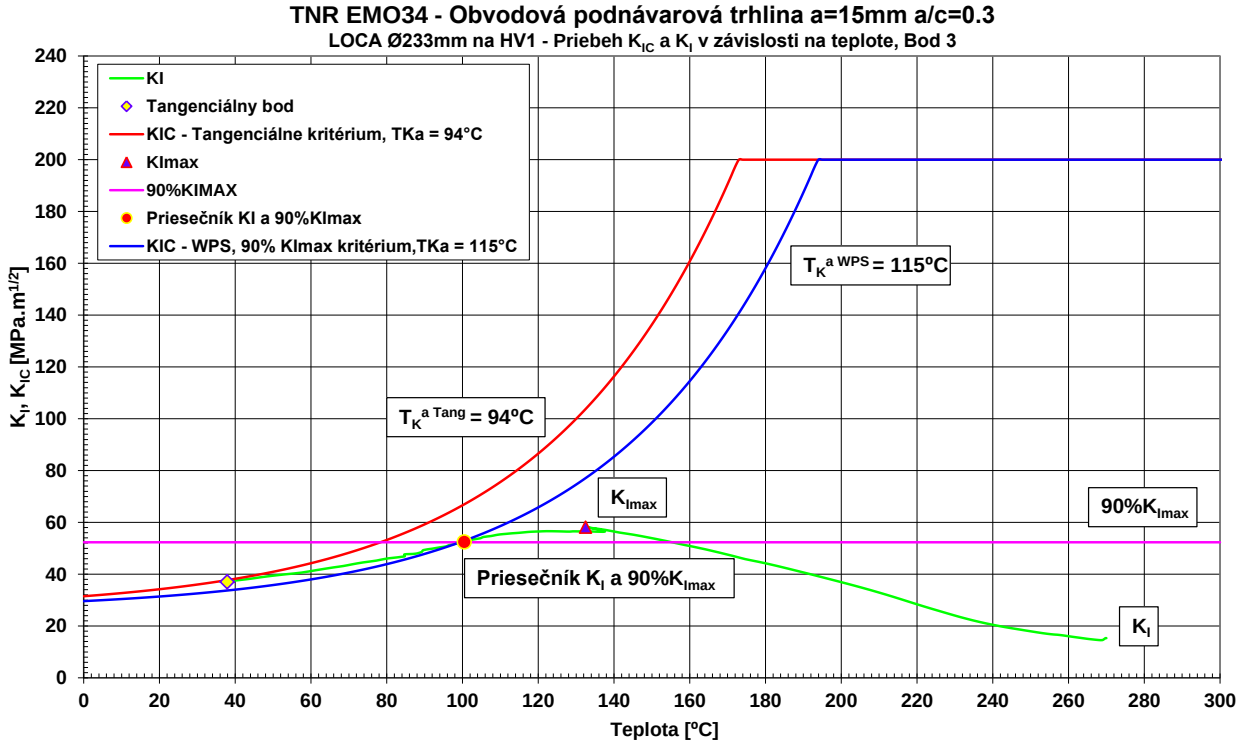
Obr. 7.2.1.10.1-C1-31: J - integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7



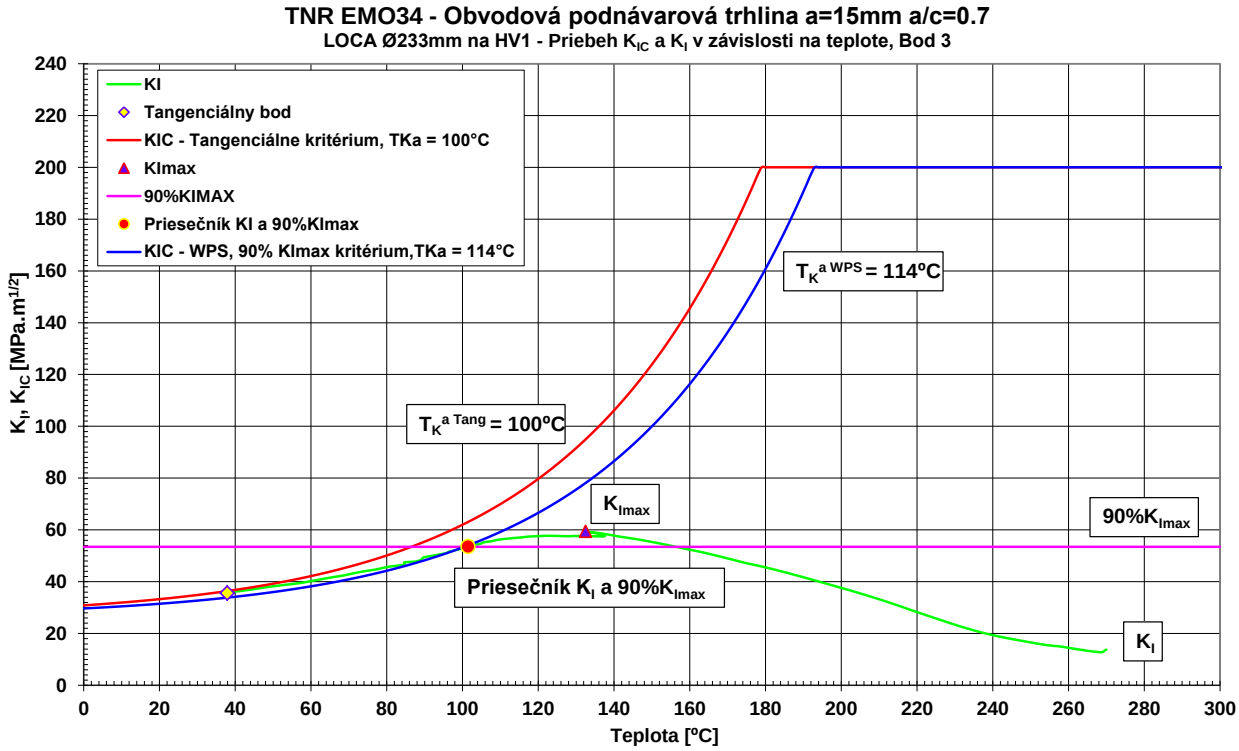
Obr. 7.2.1.10.1-C1-32: J - integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3



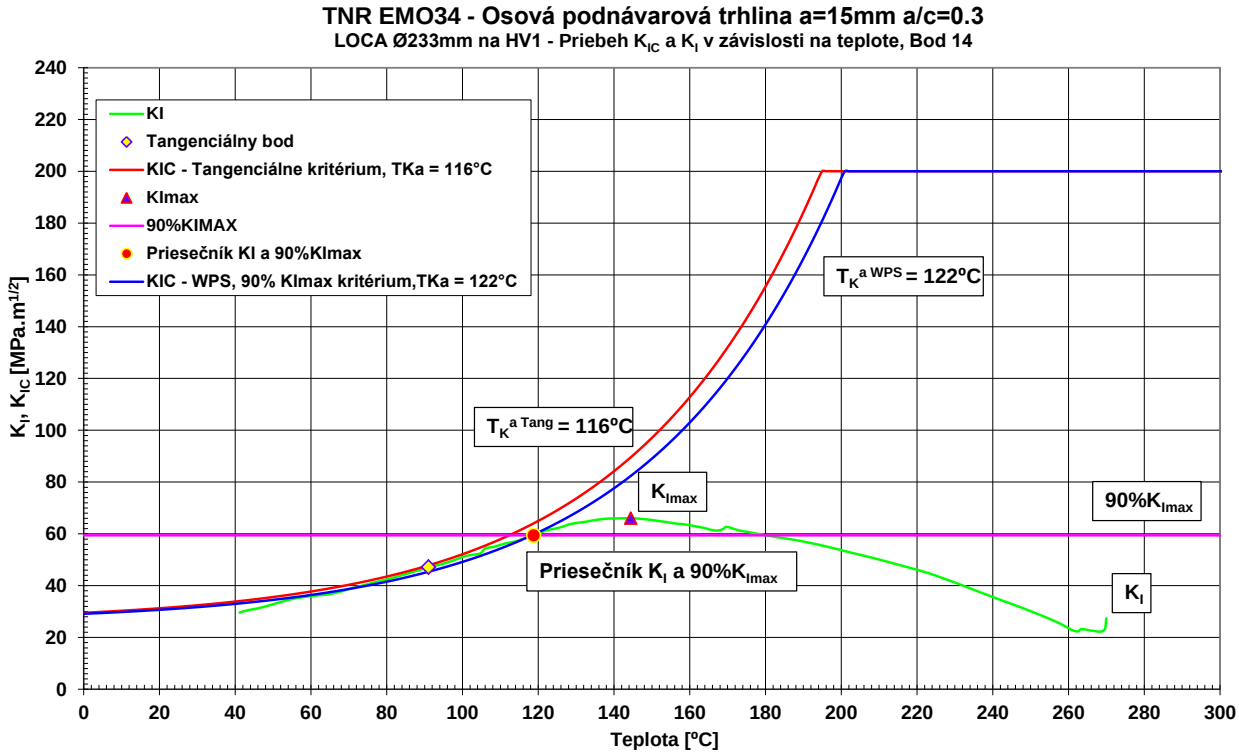
Obr. 7.2.1.10.1-C1-33: J - integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7



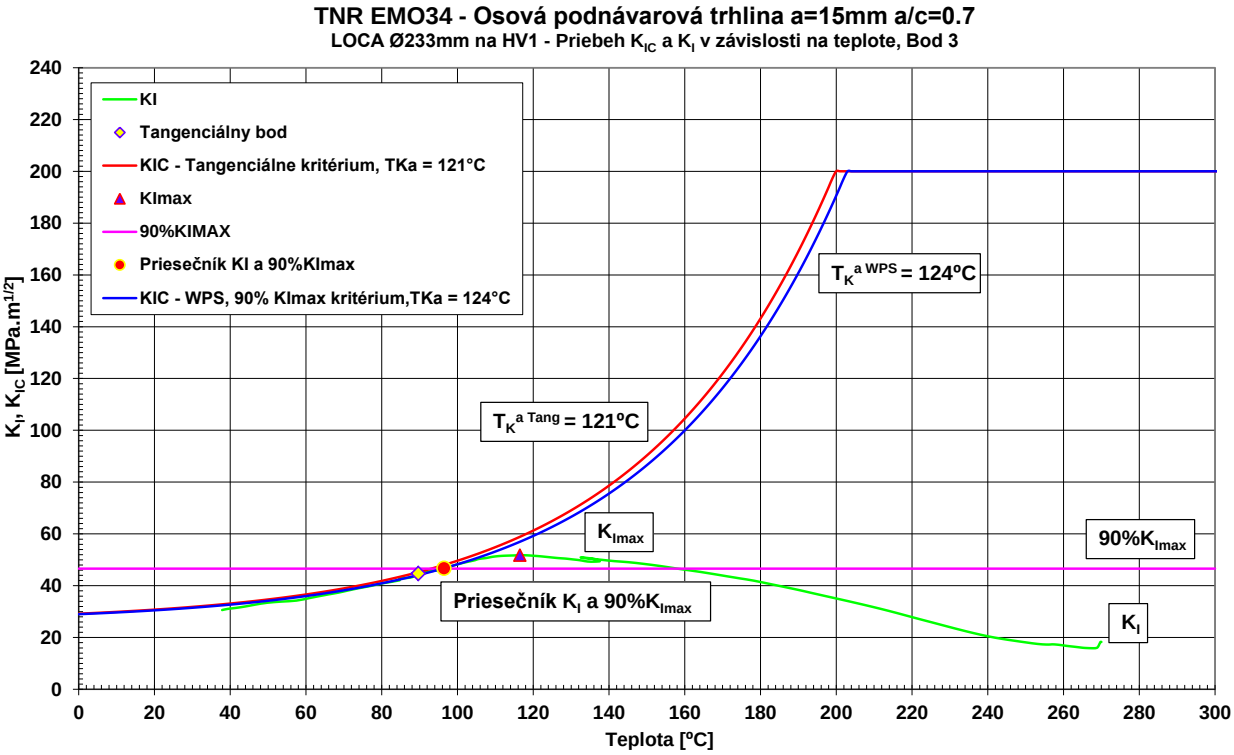
Obr. 7.2.1.10.1-C1-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 3



Obr. 7.2.1.10.1-C1-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

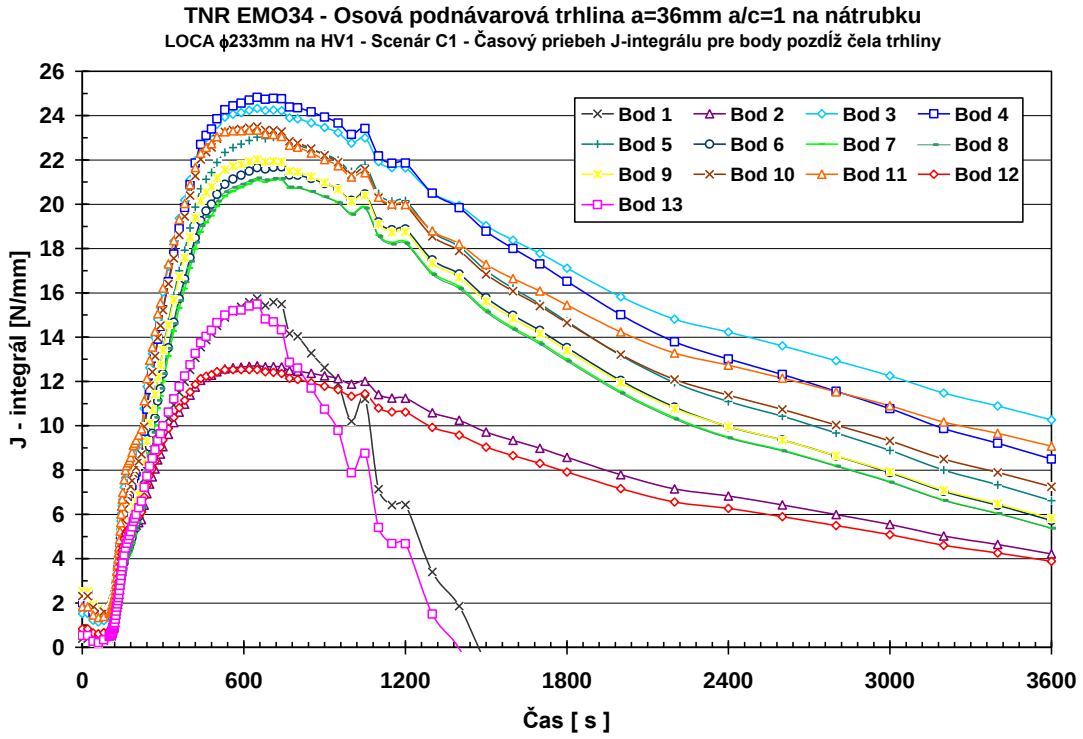


Obr. 7.2.1.10.1-C1-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

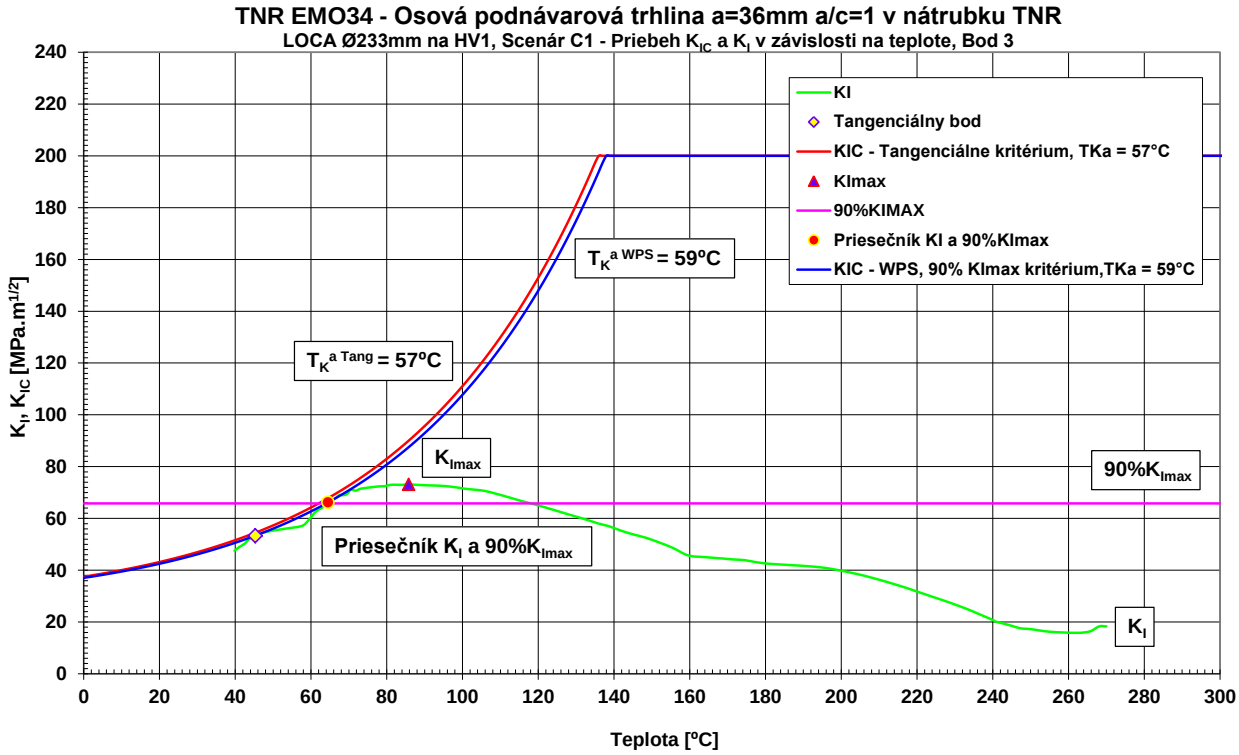


Obr. 7.2.1.10.1-C1-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-C1-38: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku



Obr. 7.2.1.10.1-C1-39: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, režim bod trhliny 3

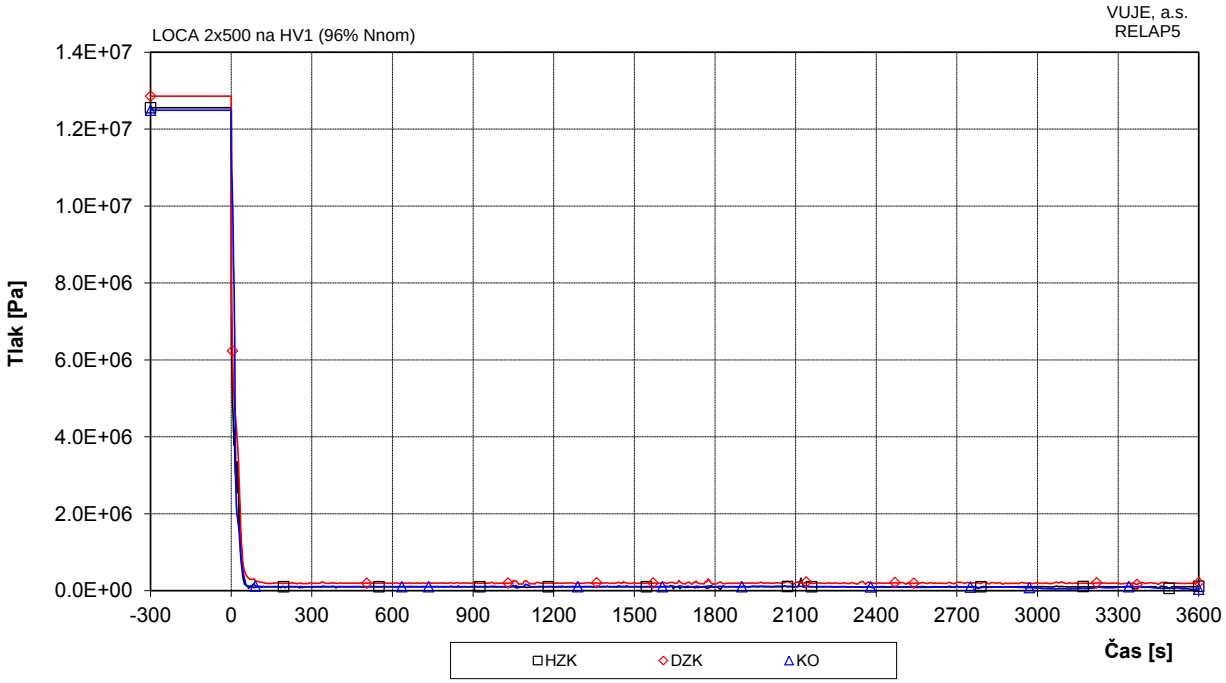
Príloha č. 09

7.2.1.10.1 Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu

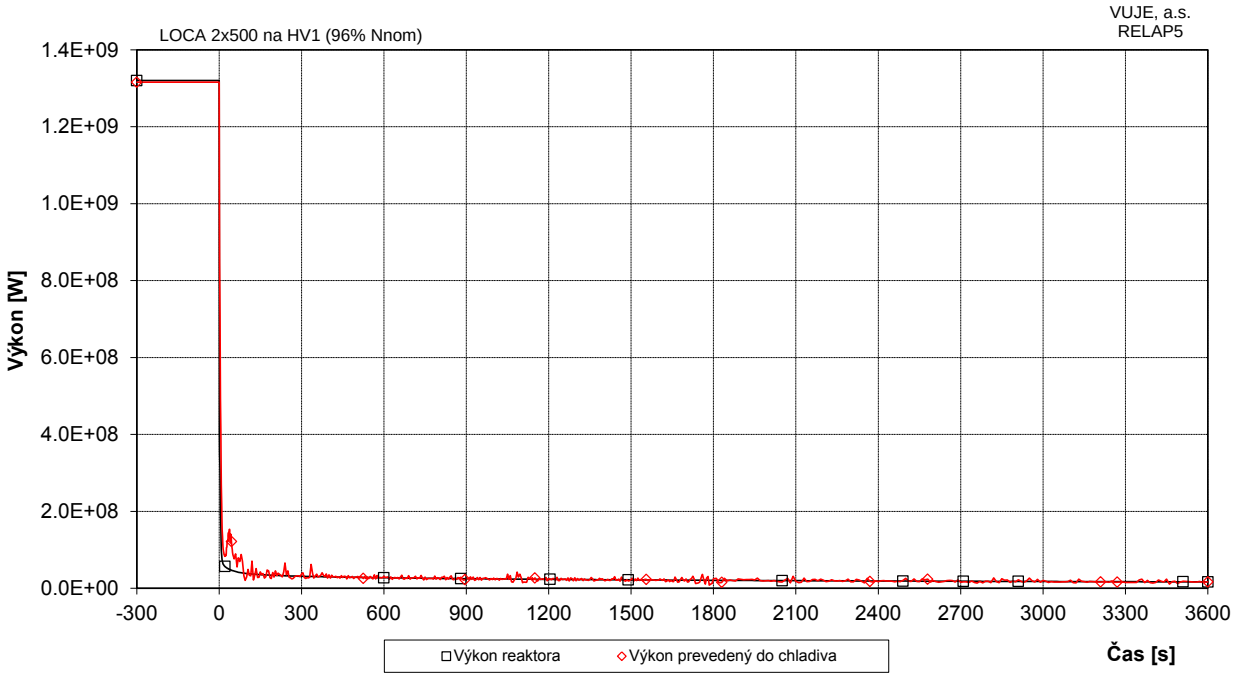
Scenár C2 LOCA 2xø500 mm na horúcej vetve č. 1

ZOZNAM OBRÁZKOV

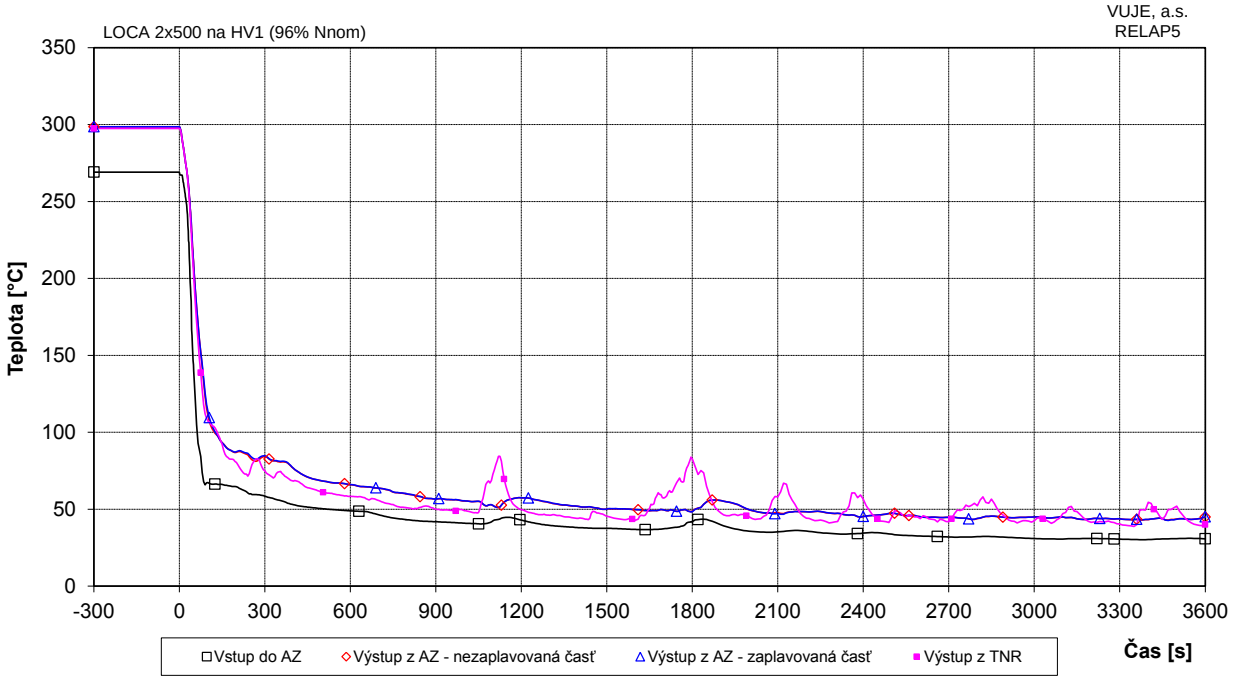
Obr. 7.2.1.10.1-C2-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-C2-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.1-C2-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-C2-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.1-C2-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-C2-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.1-C2-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-C2-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.1-C2-9: Hladina v HA ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-C2-10: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.1-C2-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-C2-12: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.1-C2-13: Integrál doplňovania do I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-C2-14: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.1-C2-15: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-C2-16: Tlak na výstupe z PG ... 9
Obr. 7.2.1.10.1-C2-17: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-C2-18: Celková hladina v PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.1-C2-19: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-C2-20: Prietok pary z PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.1-C2-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-C2-22: Prietok pary do TG ... 12
Obr. 7.2.1.10.1-C2-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O. ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-C2-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4 ... 13
Obr. 7.2.1.10.1-C2-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4 ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-C2-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HA ... 14
Obr. 7.2.1.10.1-C2-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HA ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-C2-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.1-C2-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-C2-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.1-C2-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-C2-32: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.1-C2-33: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-C2-34: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 3 ... 18
Obr. 7.2.1.10.1-C2-35: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-C2-36: J-integral – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku ... 19
Obr. 7.2.1.10.1-C2-37: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3 ... 20



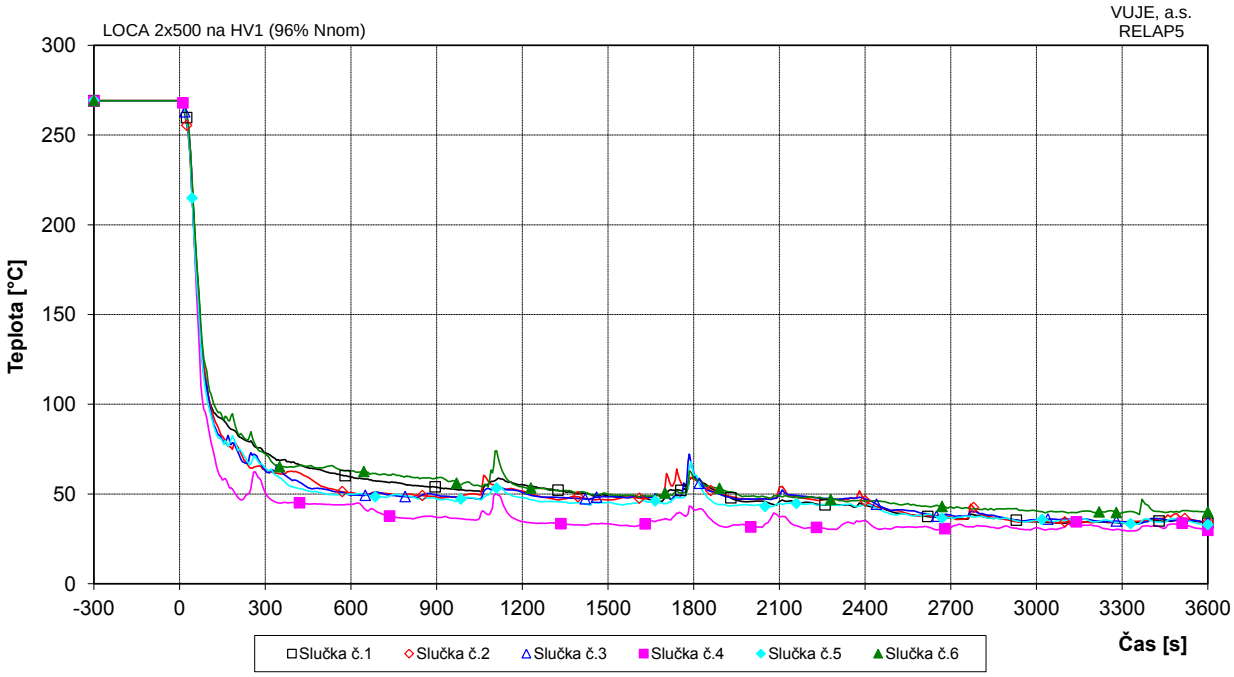
Obr. 7.2.1.10.1-C2-1: Tlak v I.O.



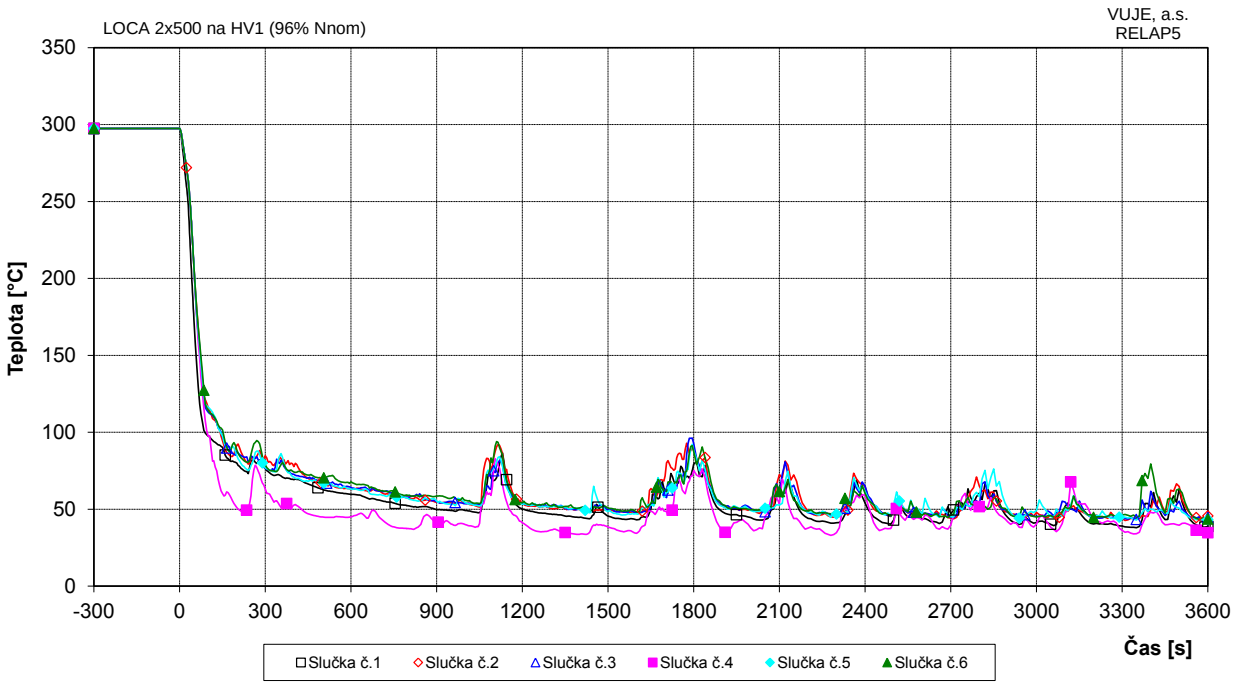
Obr. 7.2.1.10.1-C2-2: Výkon reaktora



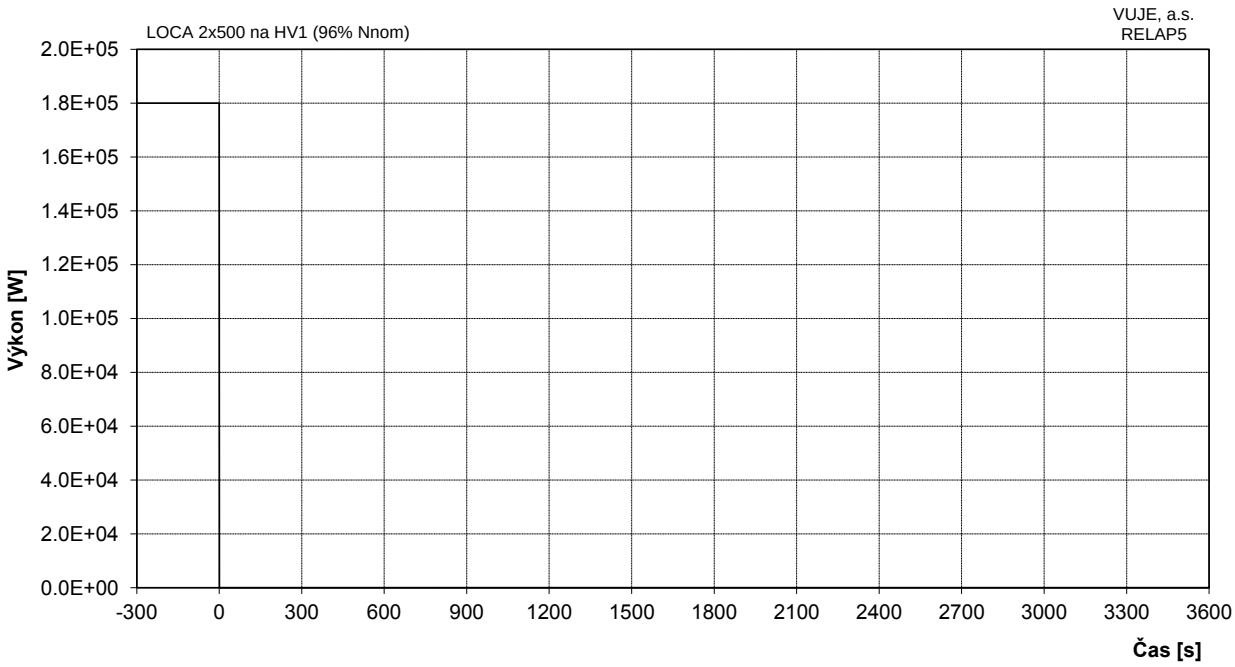
Obr. 7.2.1.10.1-C2-3: Teplota chladiva v TNR



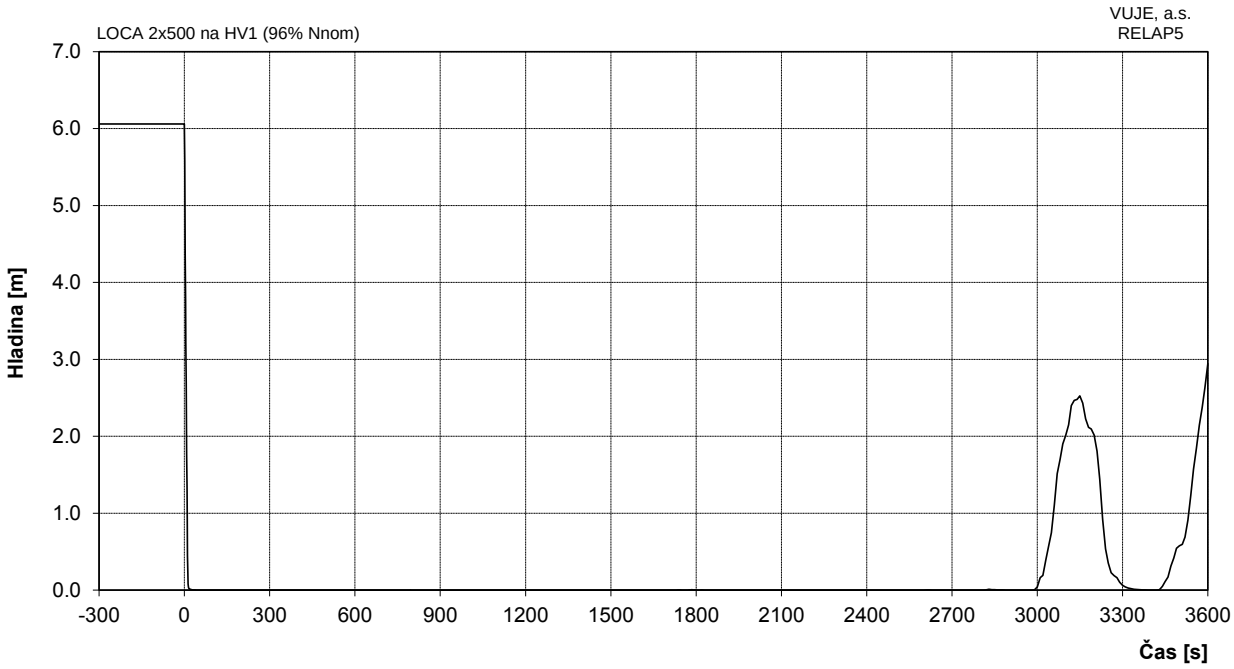
Obr. 7.2.1.10.1-C2-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



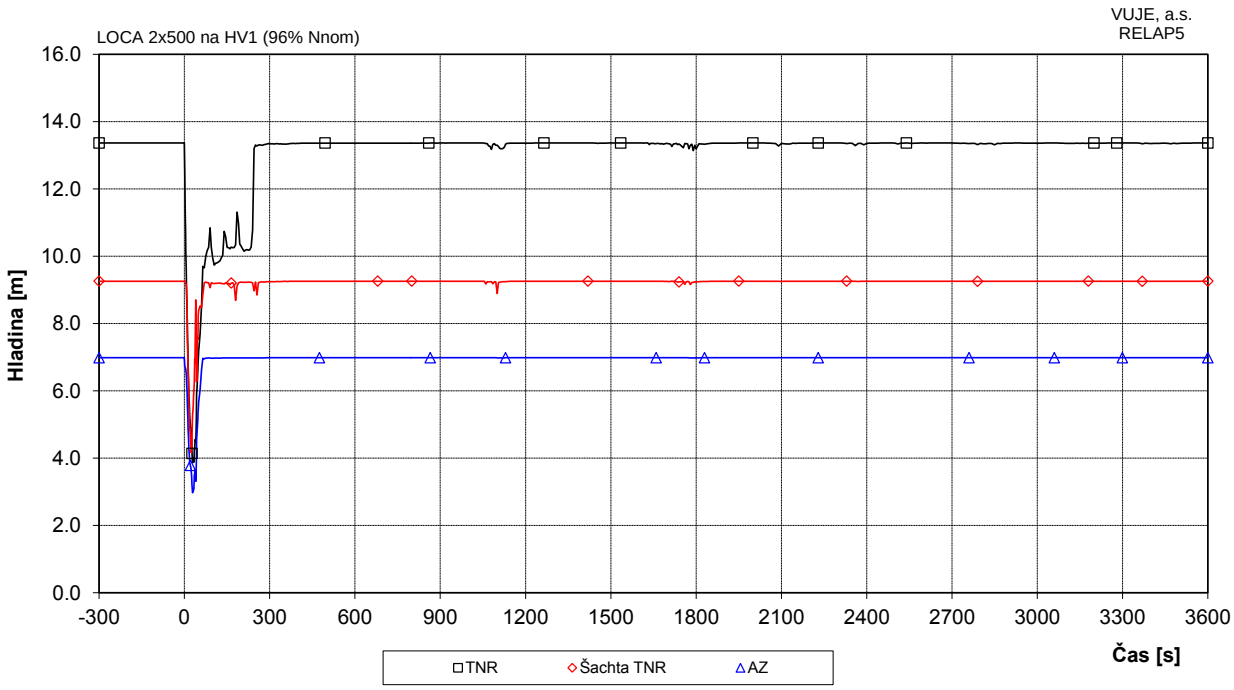
Obr. 7.2.1.10.1-C2-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



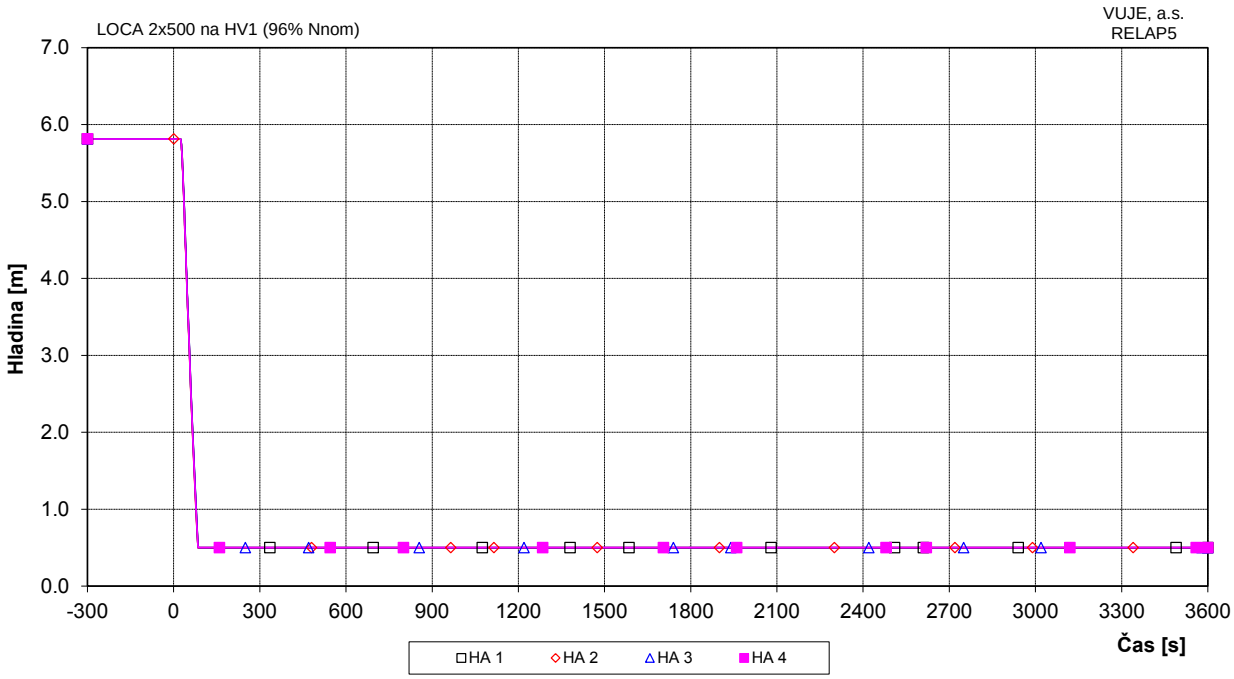
Obr. 7.2.1.10.1-C2-6: Celkový výkon EOKO



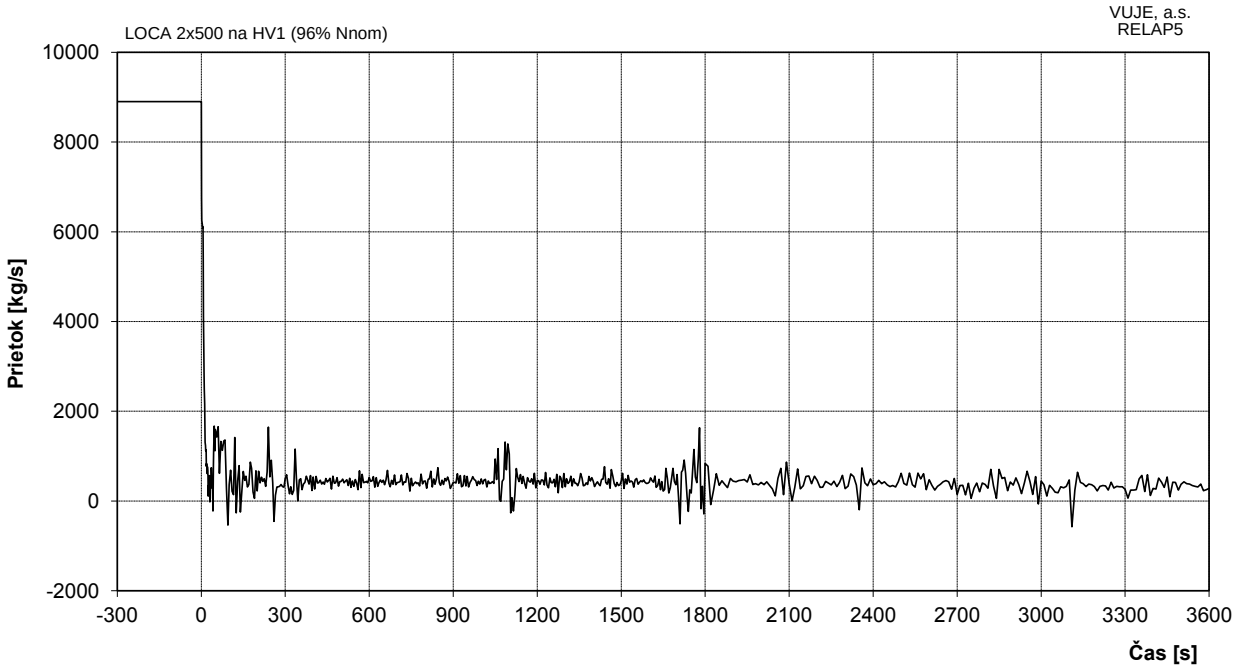
Obr. 7.2.1.10.1-C2-7: Celková hladina v KO



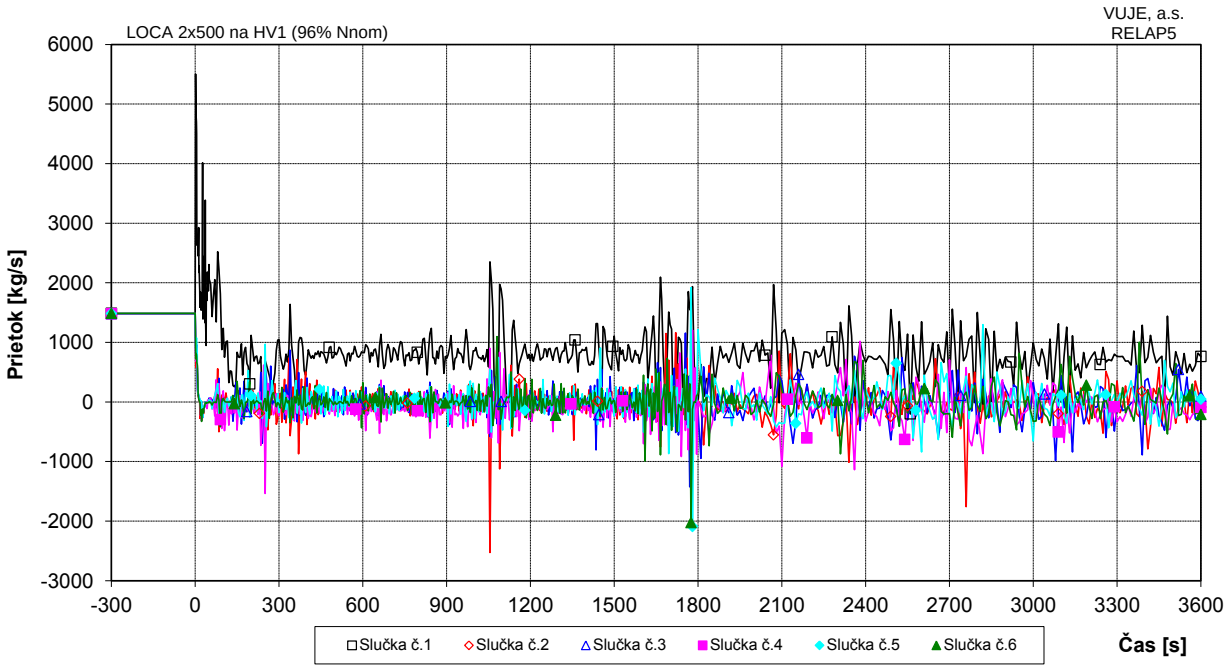
Obr. 7.2.1.10.1-C2-8: Hladina chladiva v TNR



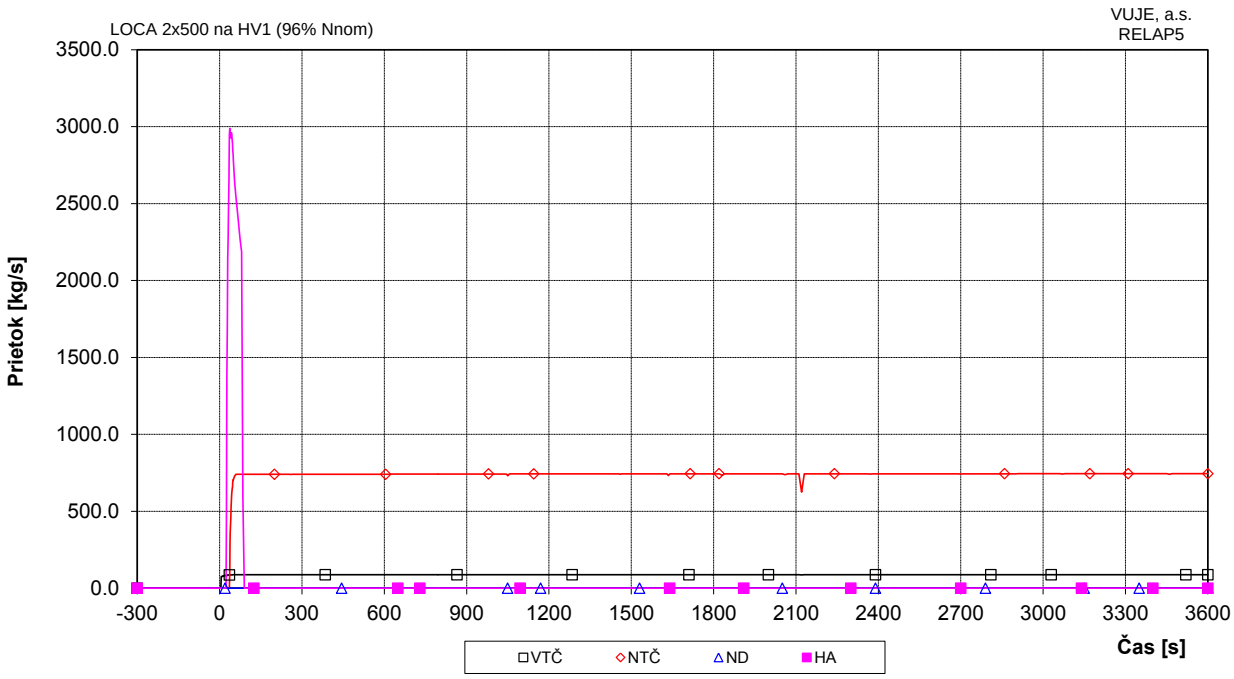
Obr. 7.2.1.10.1-C2-9: Hladina v HA



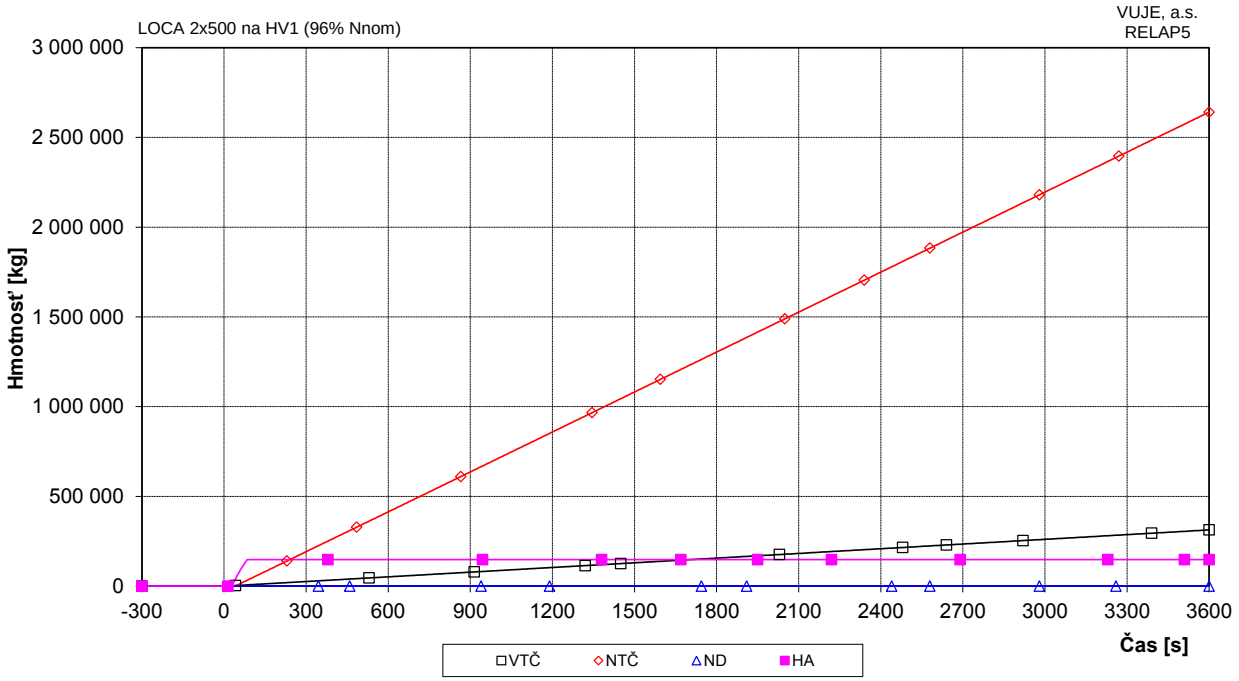
Obr. 7.2.1.10.1-C2-10: Hmotnostný prietok cez reaktor



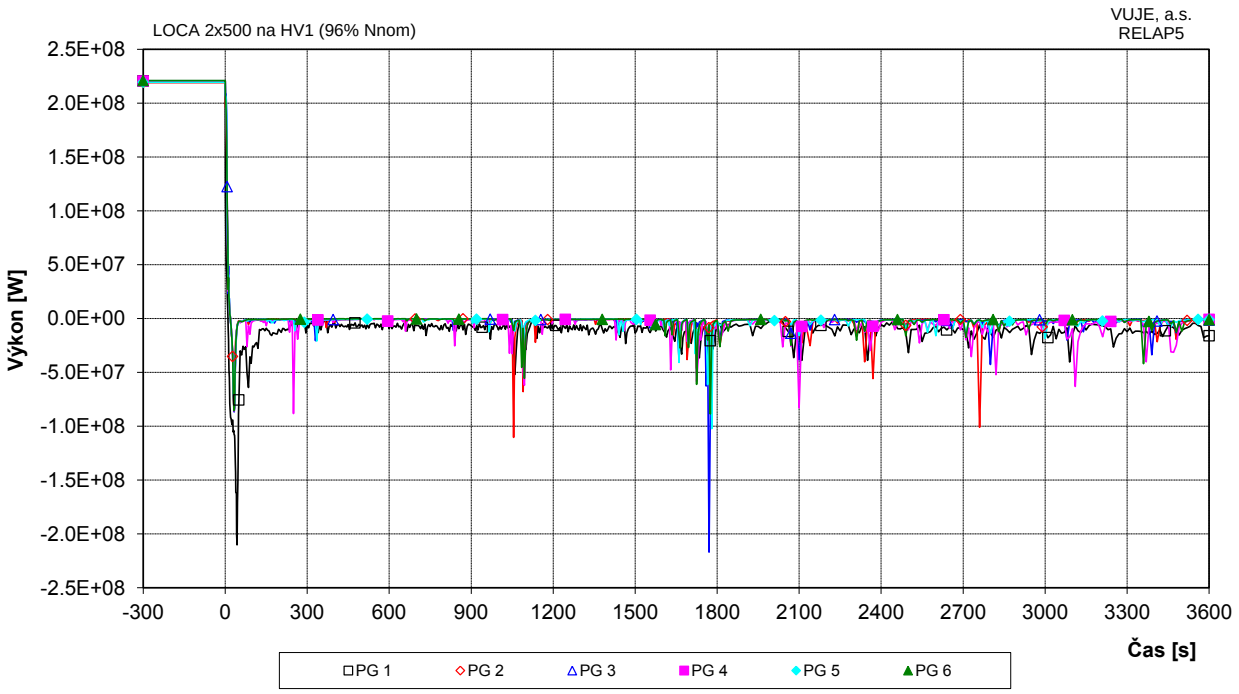
Obr. 7.2.1.10.1-C2-11: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



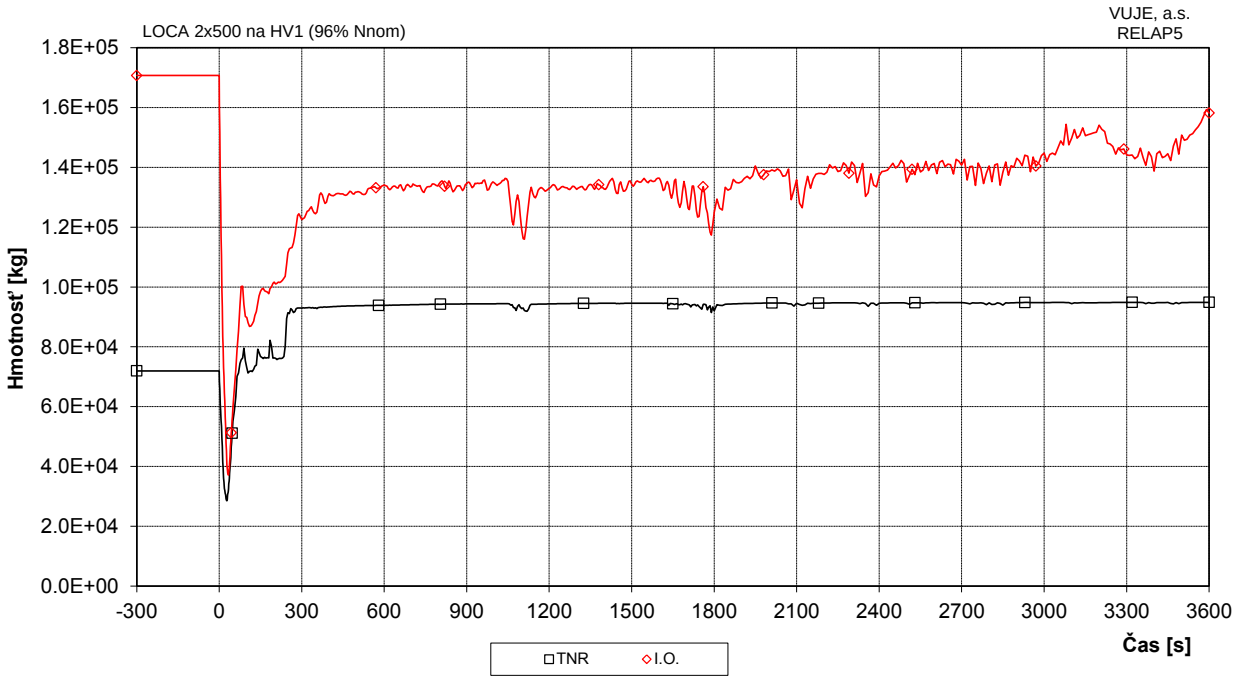
Obr. 7.2.1.10.1-C2-12: Doplňovanie do I.O.



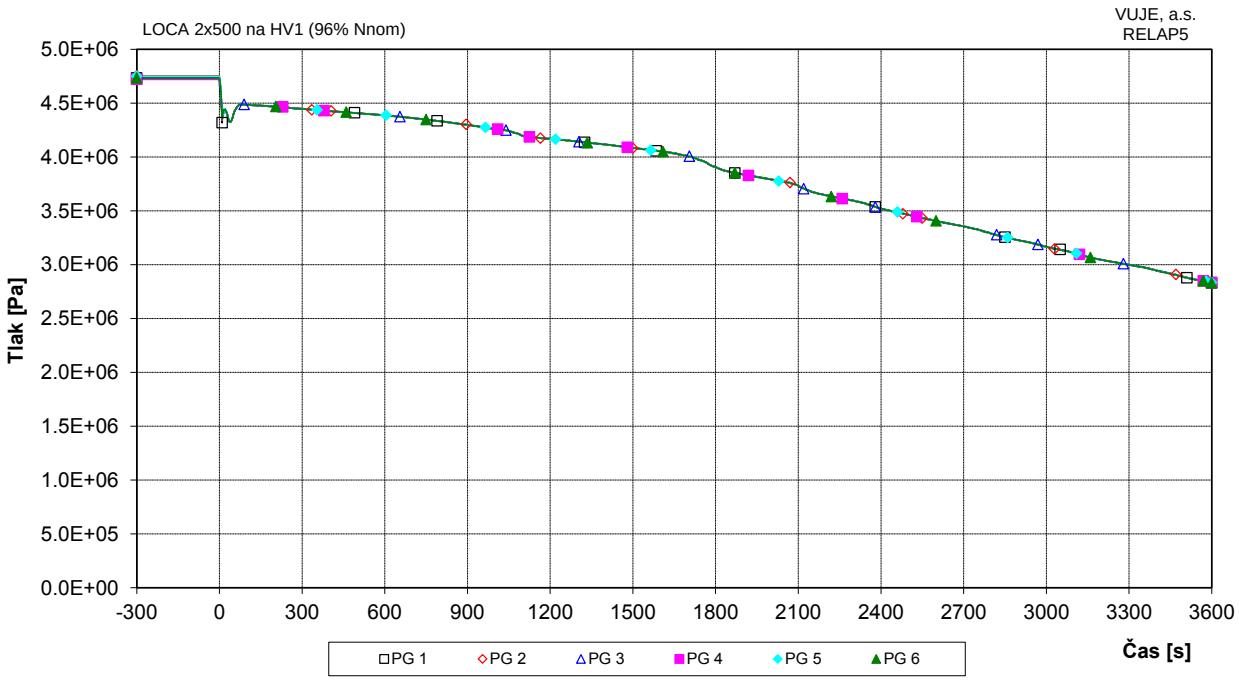
Obr. 7.2.1.10.1-C2-13: Integrál doplňovania do I.O.



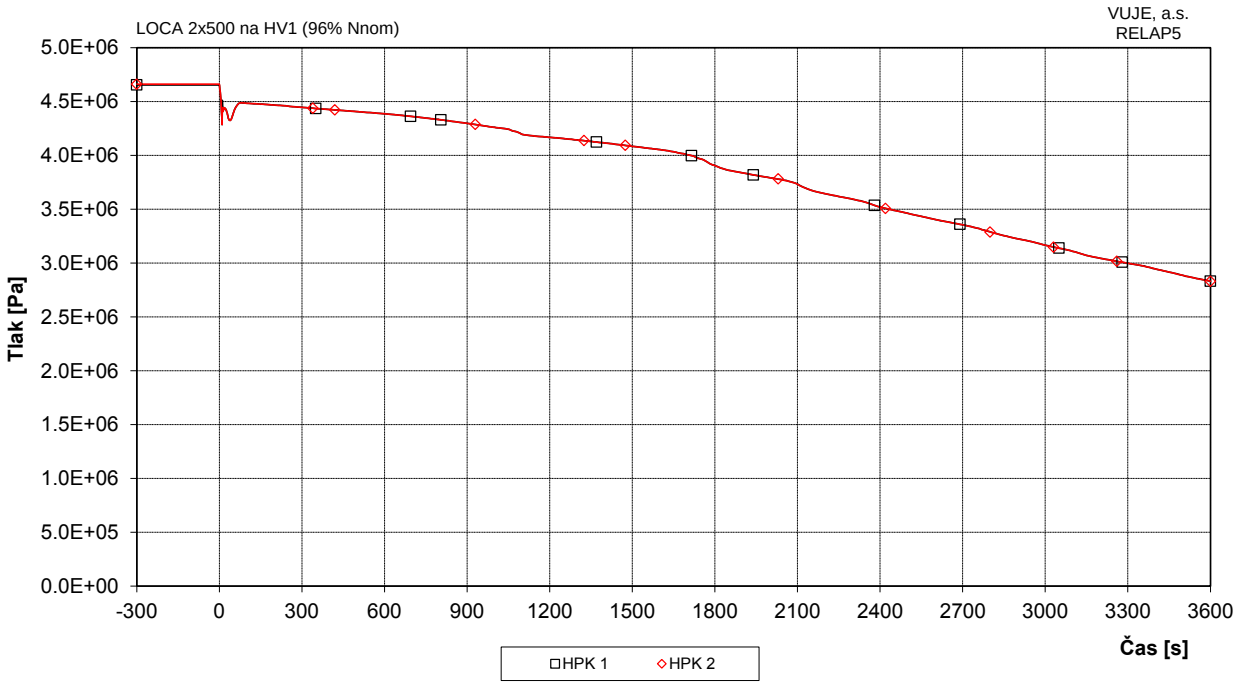
Obr. 7.2.1.10.1-C2-14: Výkon PG



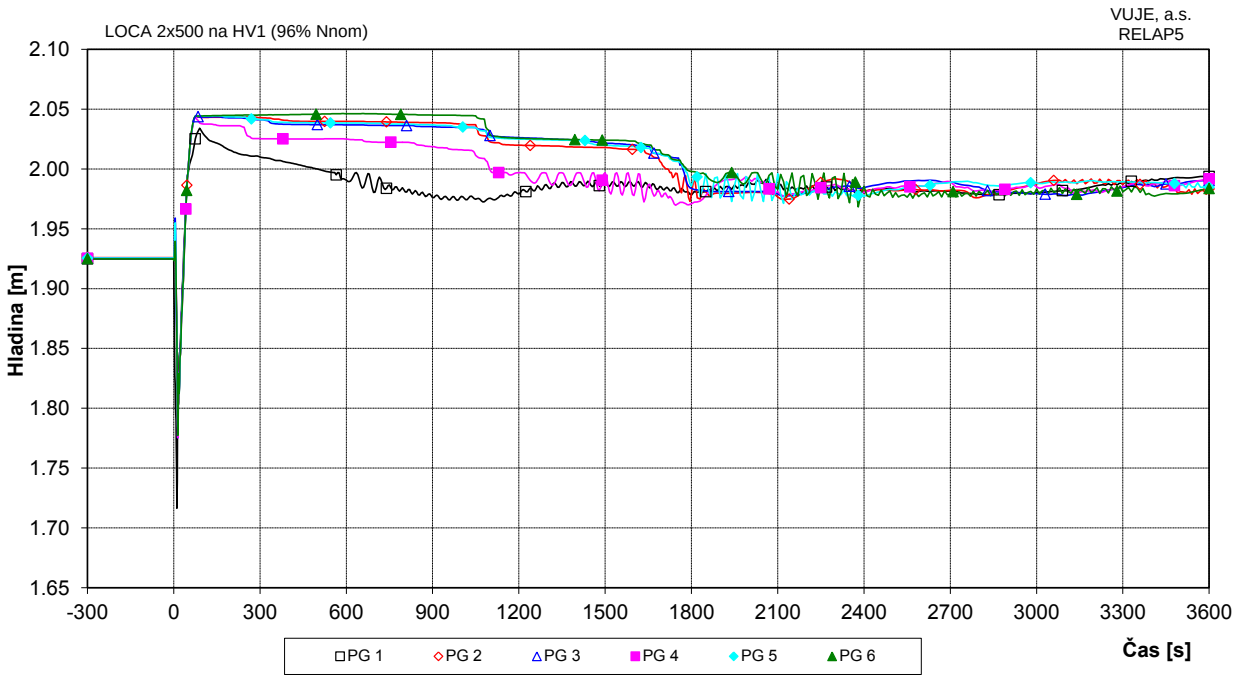
Obr. 7.2.1.10.1-C2-15: Hmotnosť chladiva v I.O.



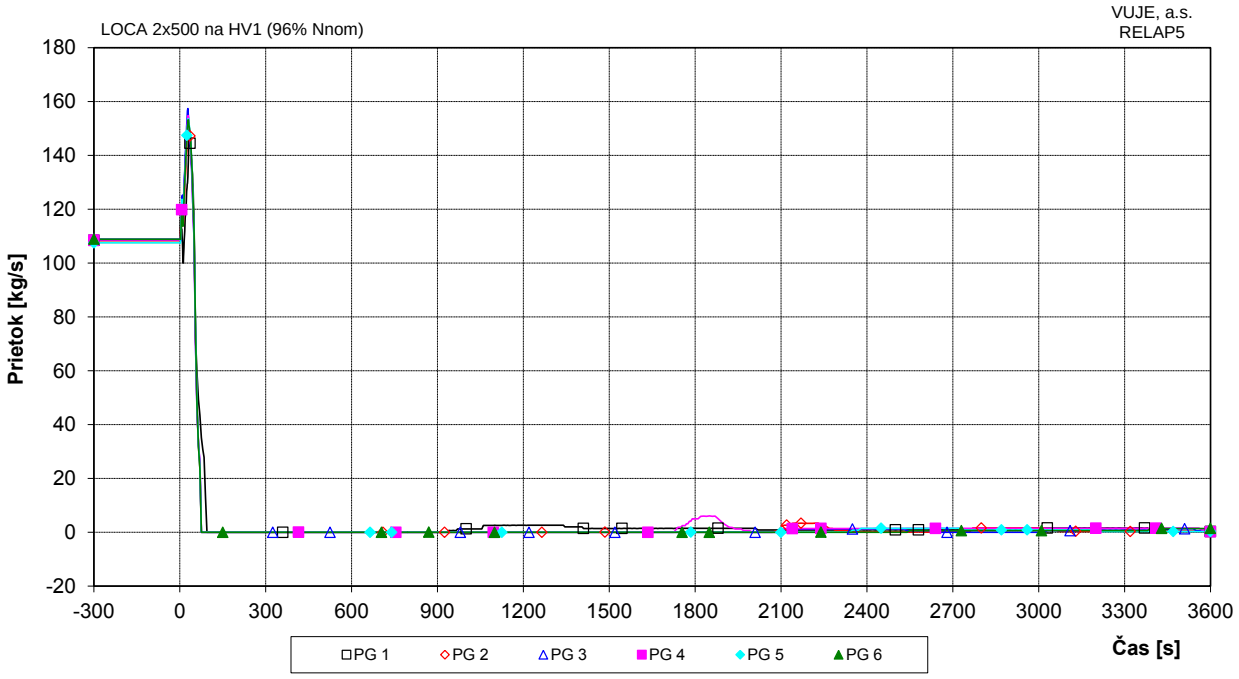
Obr. 7.2.1.10.1-C2-16: Tlak na výstupe z PG



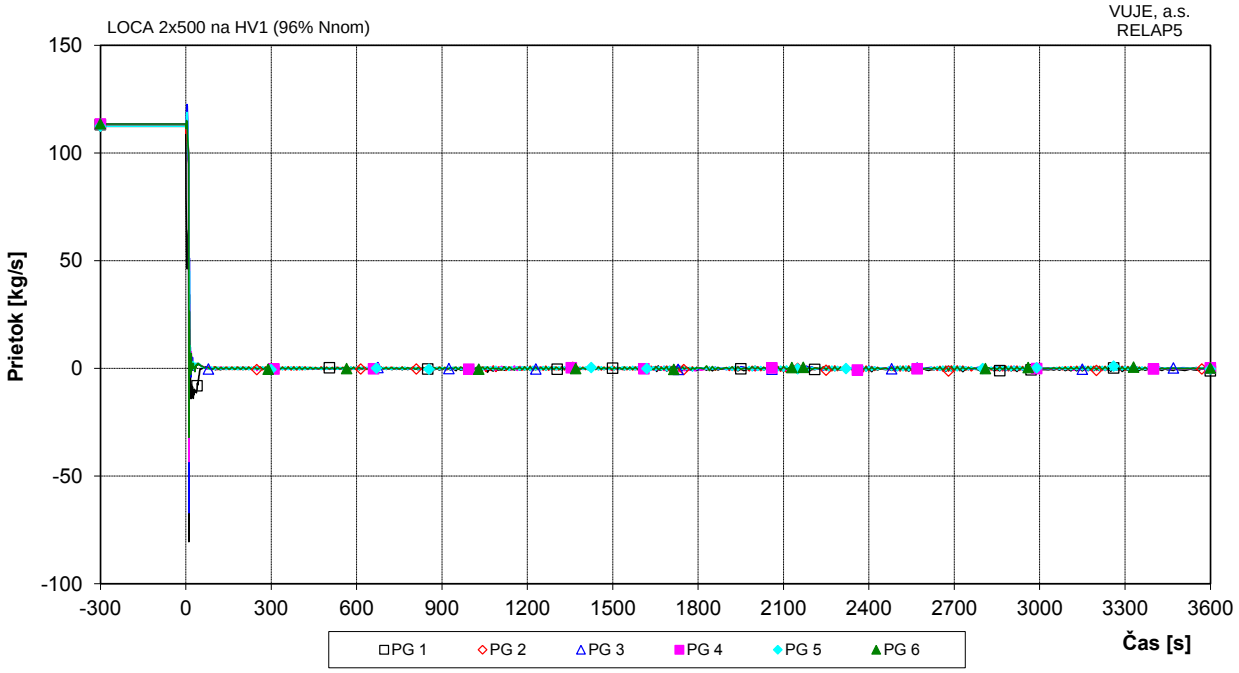
Obr. 7.2.1.10.1-C2-17: Tlak v HPK



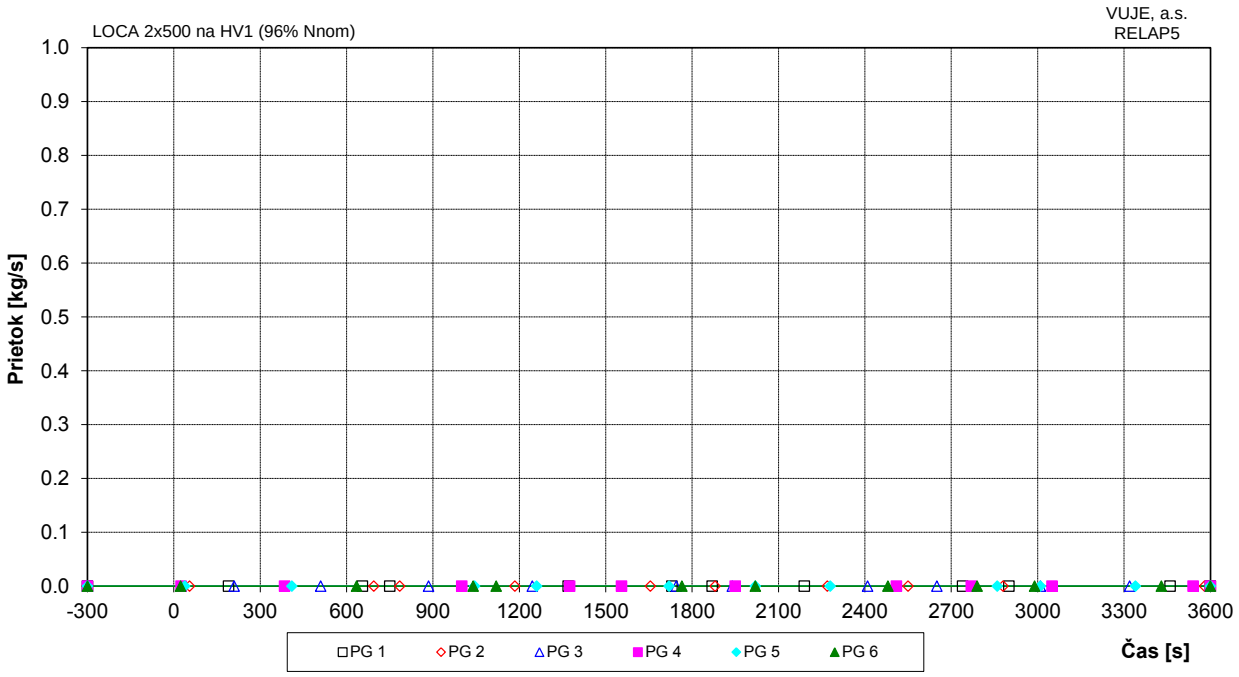
Obr. 7.2.1.10.1-C2-18: Celková hladina v PG



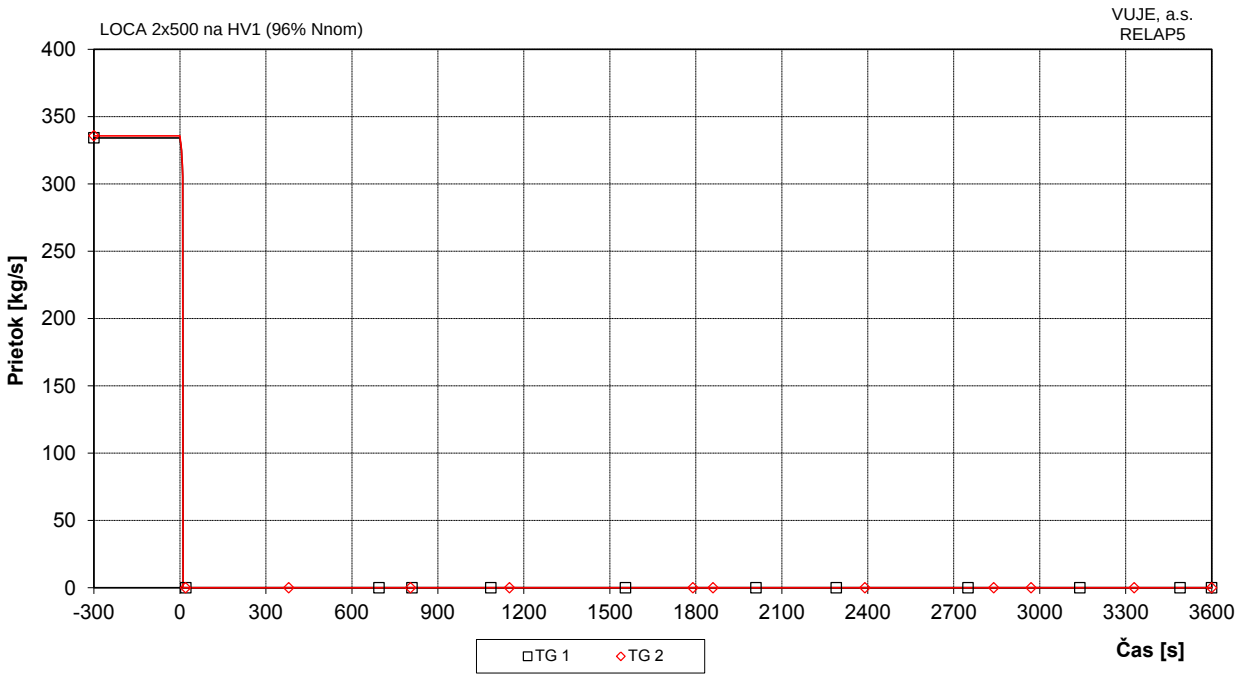
Obr. 7.2.1.10.1-C2-19: Celkový prietok napájacej vody do PG



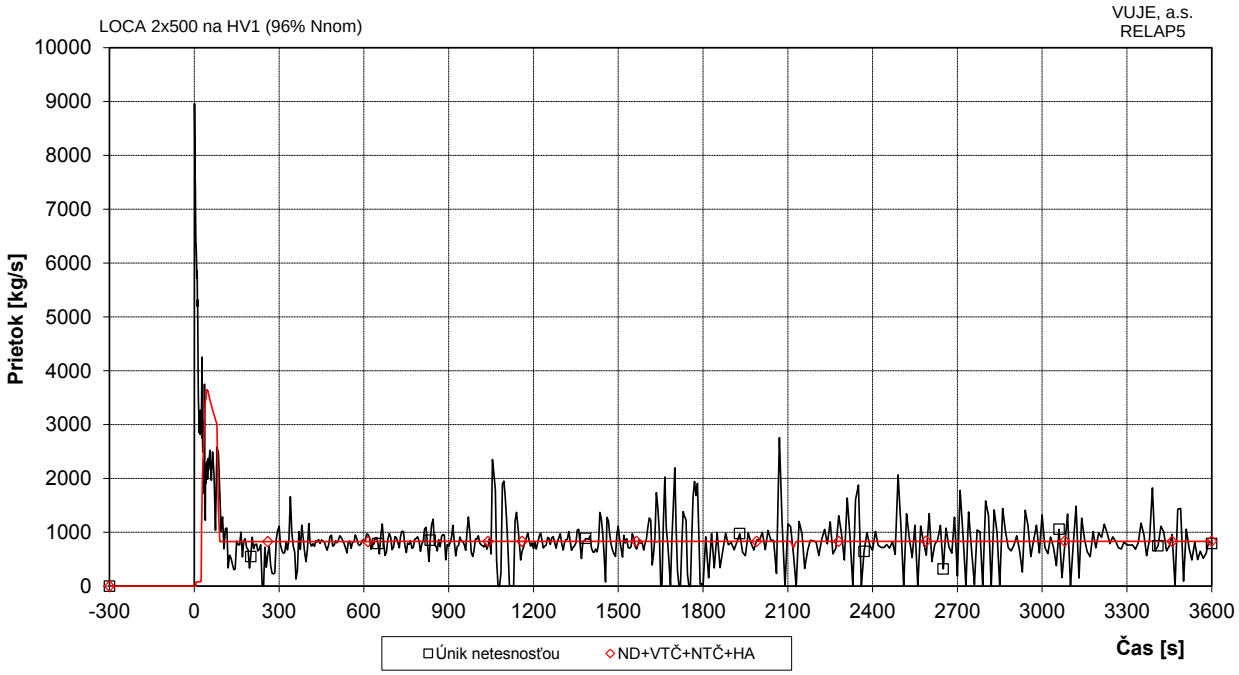
Obr. 7.2.1.10.1-C2-20: Prietok pary z PG



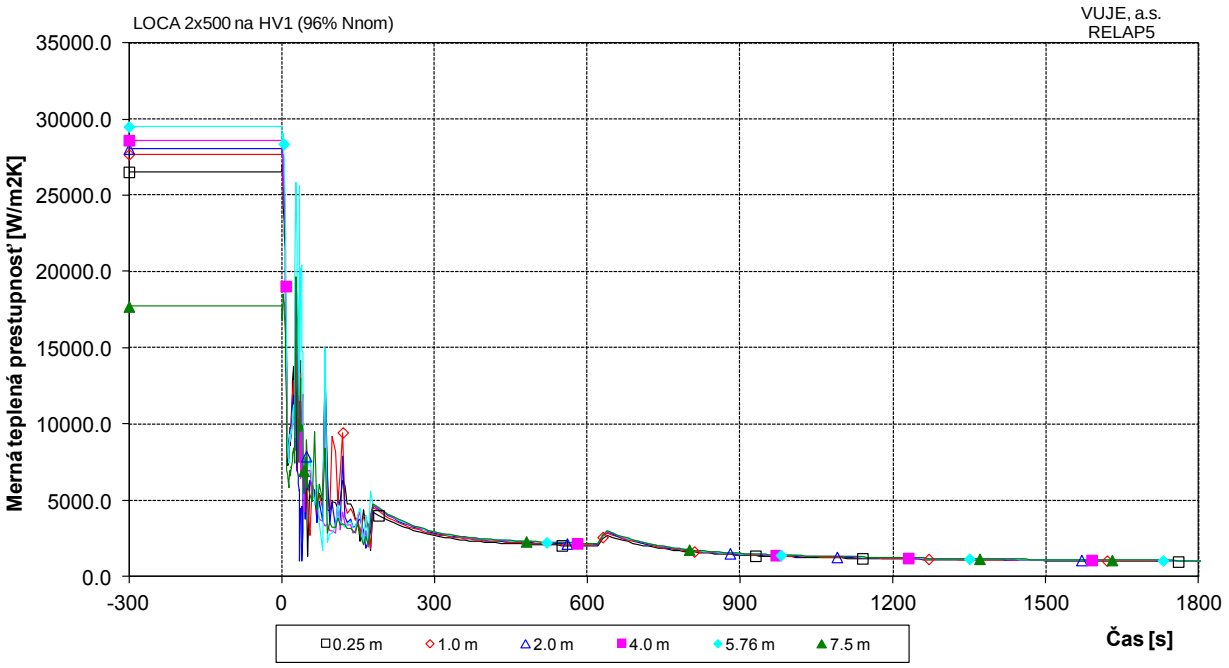
Obr. 7.2.1.10.1-C2-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



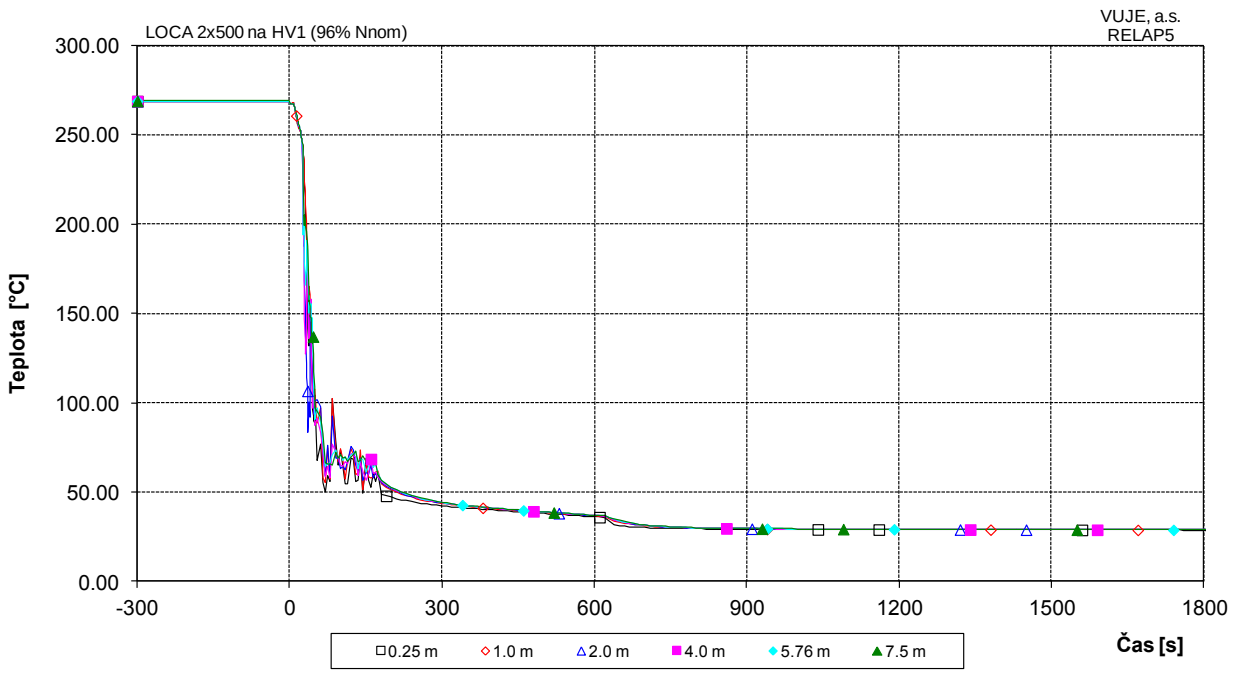
Obr. 7.2.1.10.1-C2-22: Prietok pary do TG



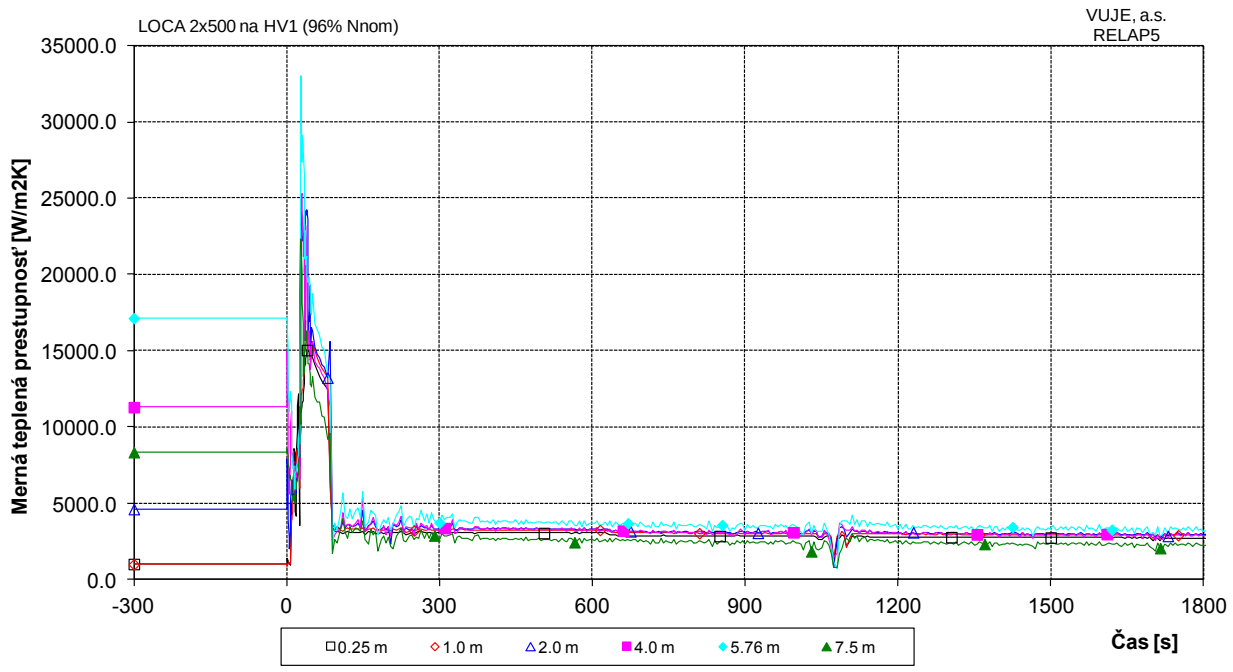
Obr. 7.2.1.10.1-C2-23: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O.



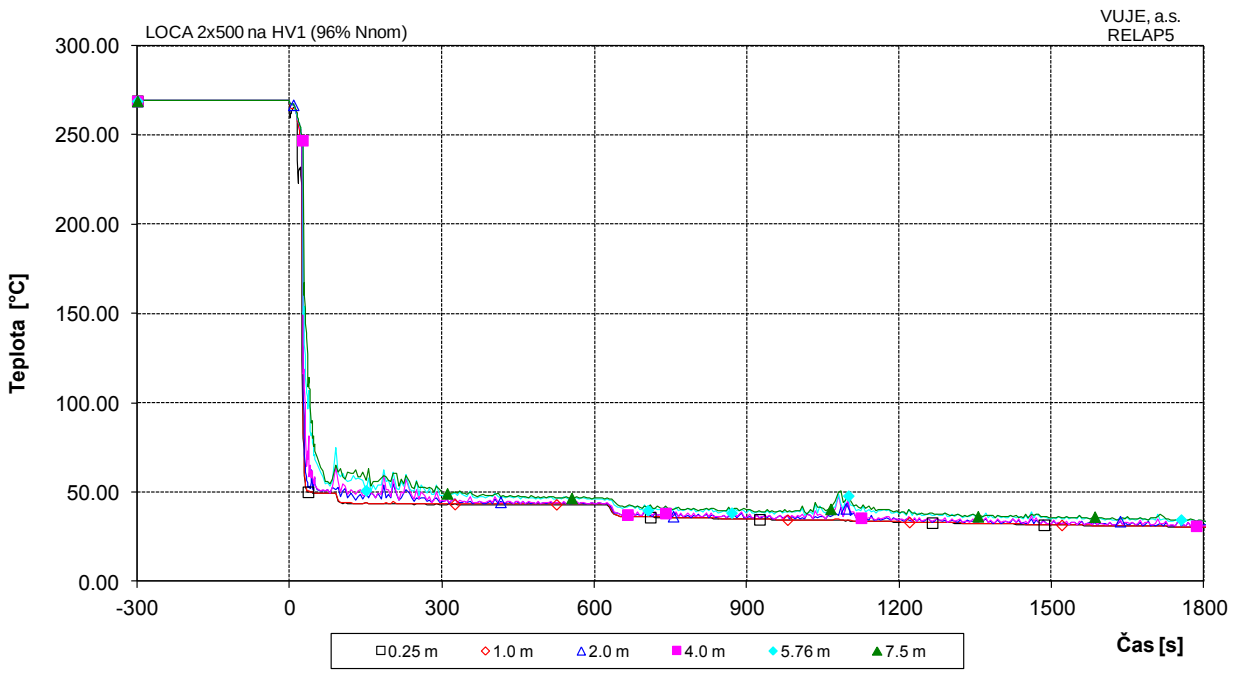
Obr. 7.2.1.10.1-C2-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS4



Obr. 7.2.1.10.1-C2-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS4

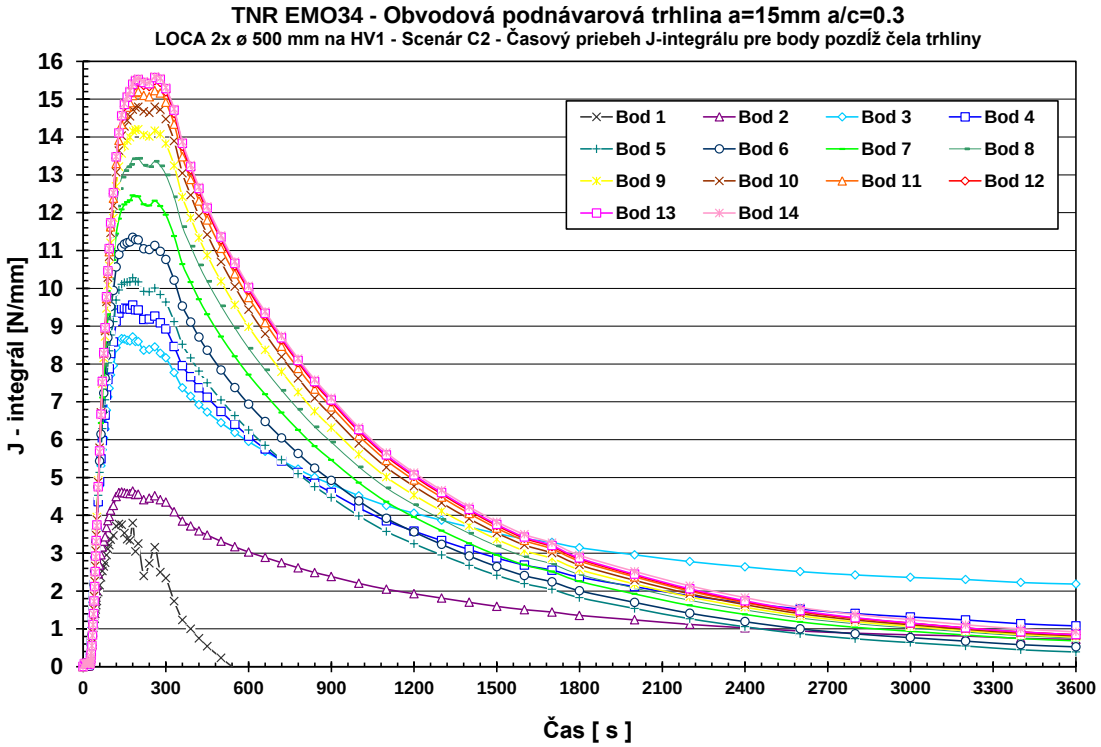


Obr. 7.2.1.10.1-C2-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HA

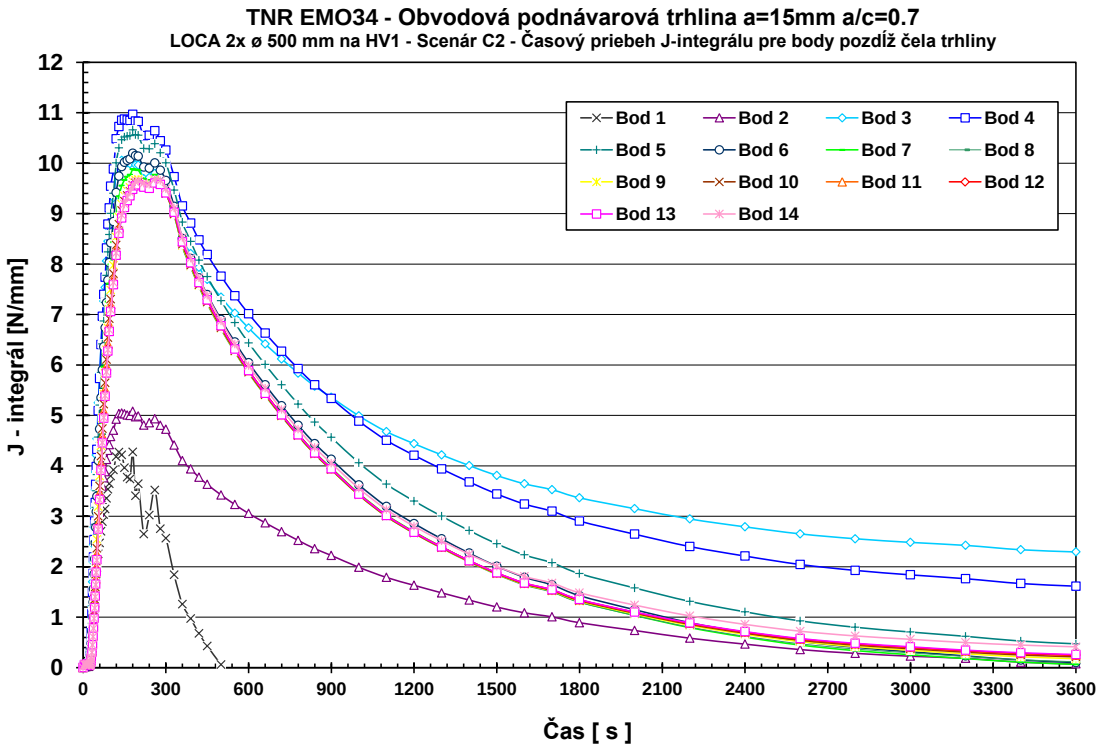


Obr. 7.2.1.10.1-C2-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HA

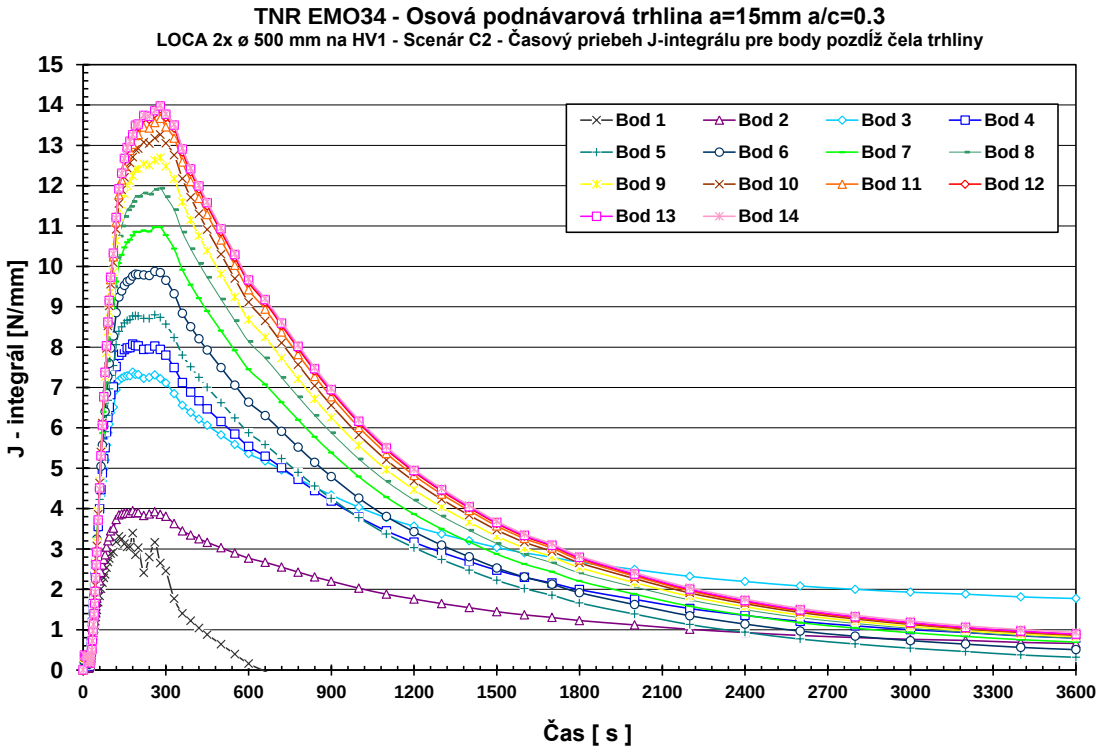
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



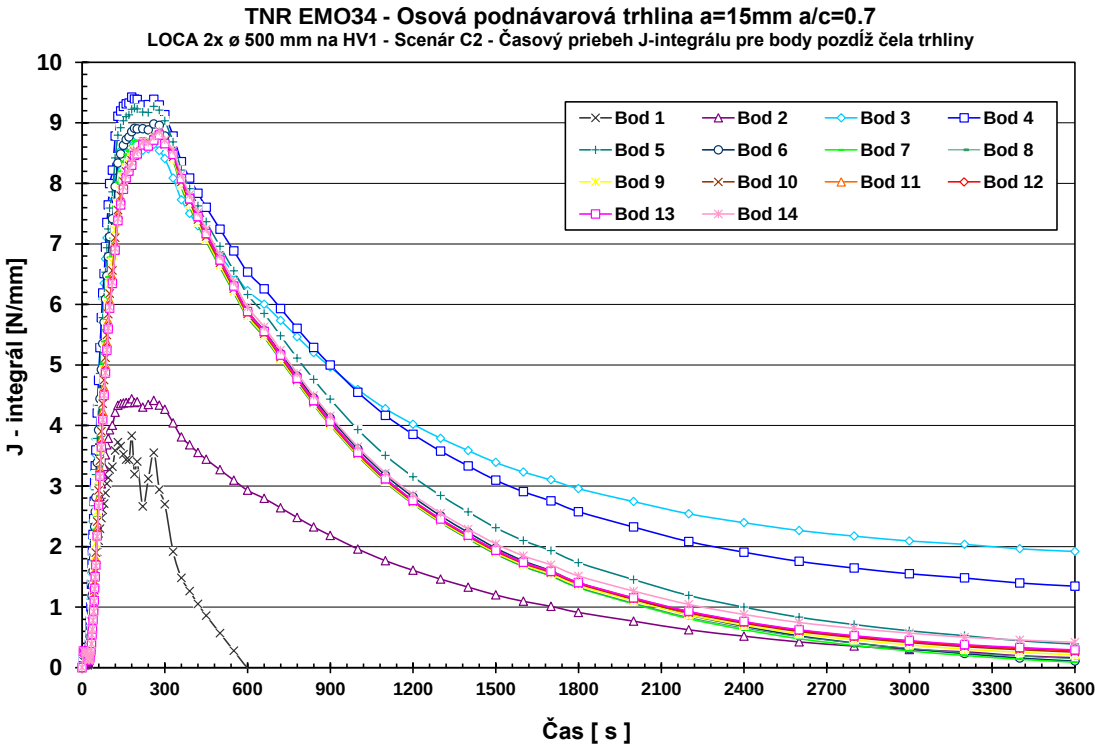
Obr. 7.2.1.10.1-C2-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



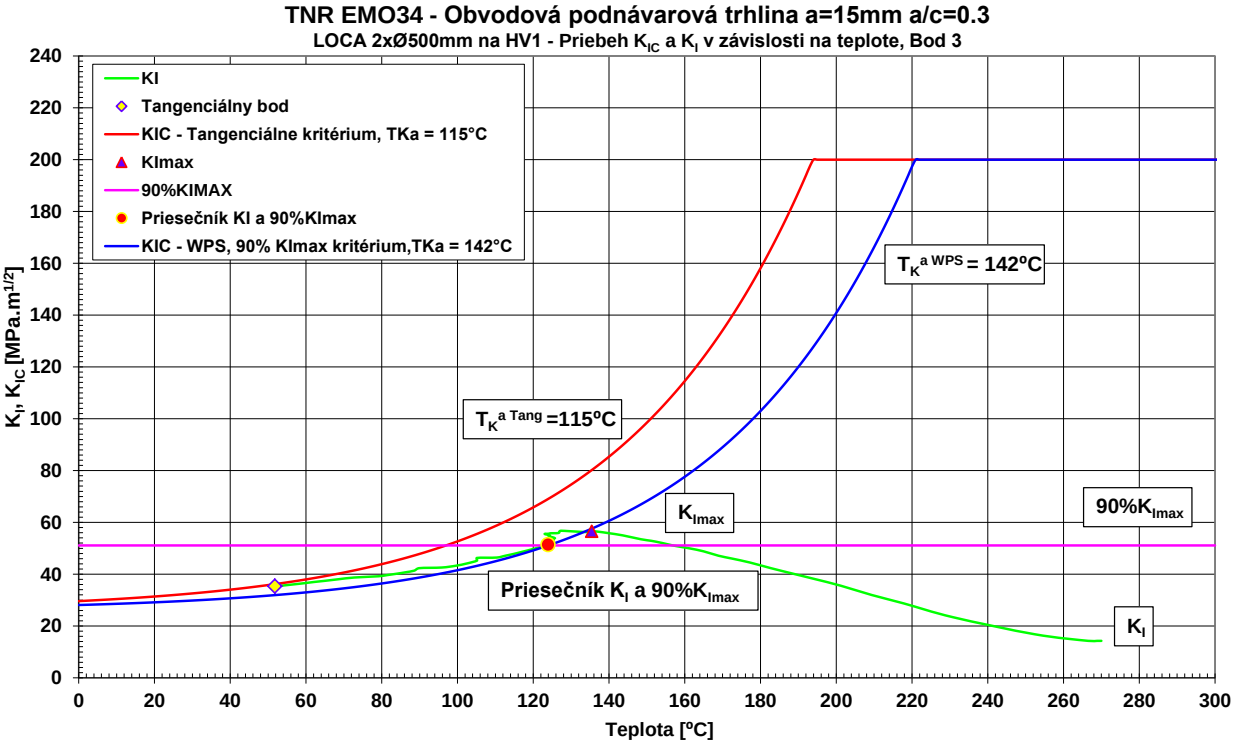
Obr. 7.2.1.10.1-C2-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



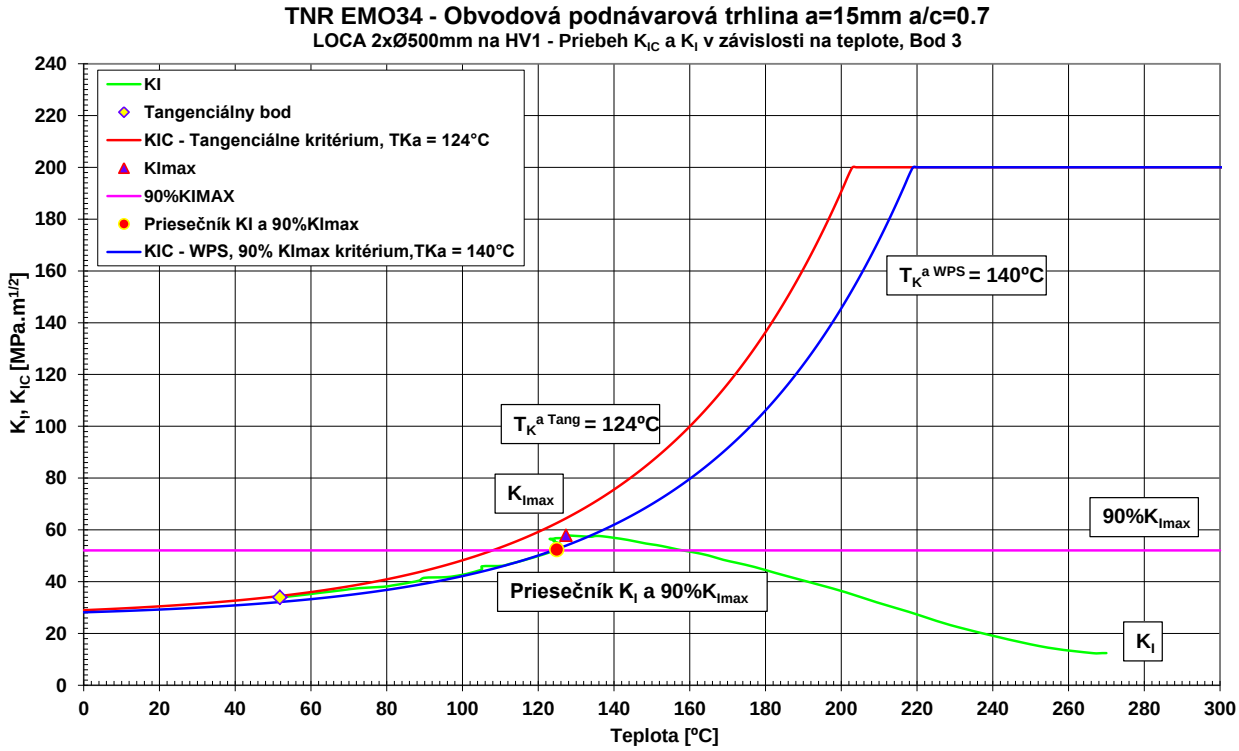
Obr. 7.2.1.10.1-C2-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



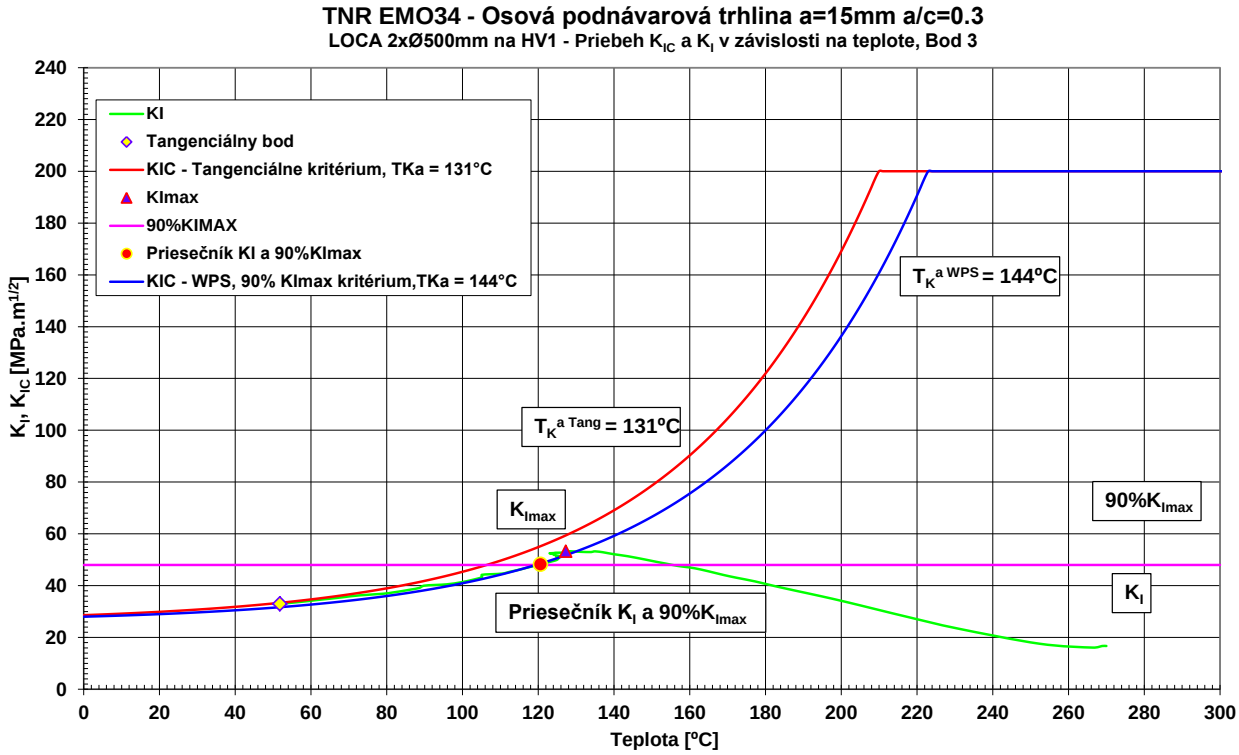
Obr. 7.2.1.10.1-C2-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



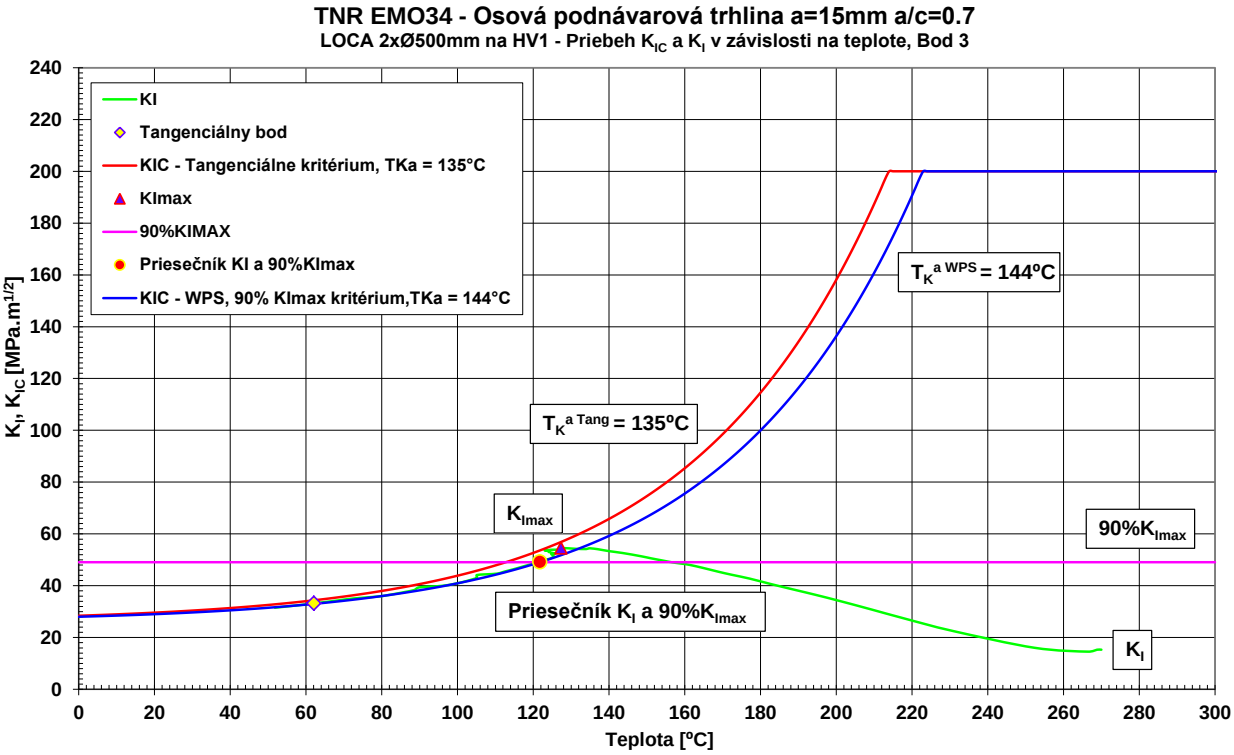
Obr. 7.2.1.10.1-C2-32: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 3



Obr. 7.2.1.10.1-C2-33: Určenie T_{Ka} , obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

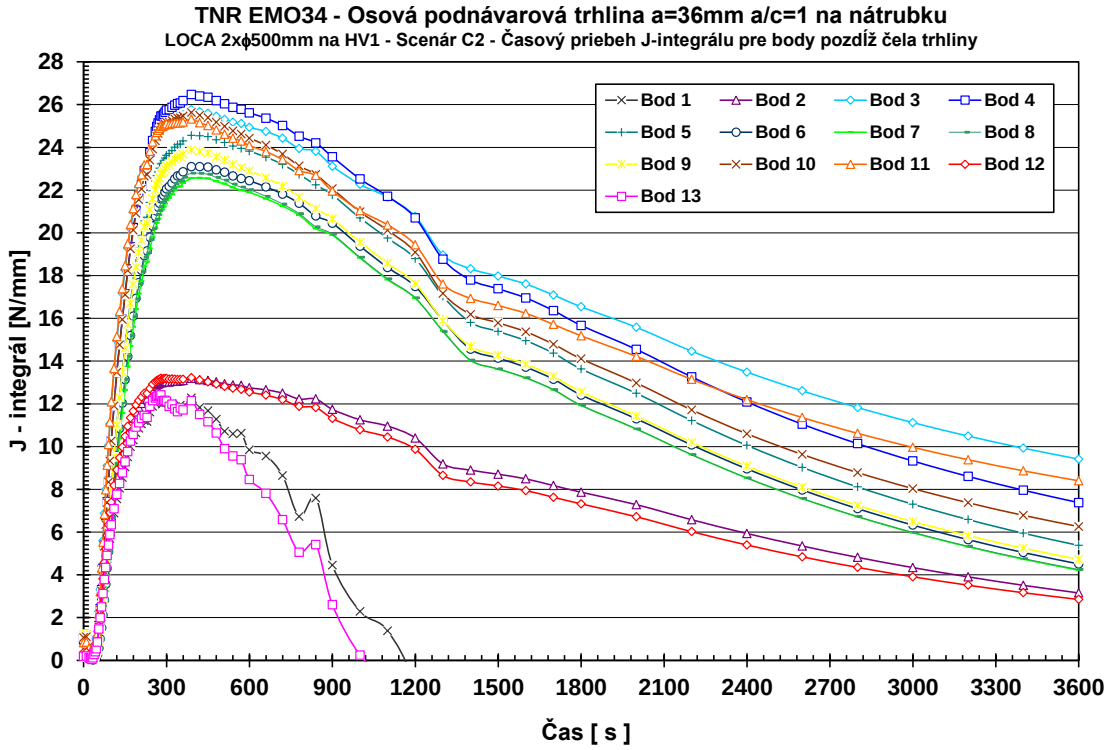


Obr. 7.2.1.10.1-C2-34: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 3

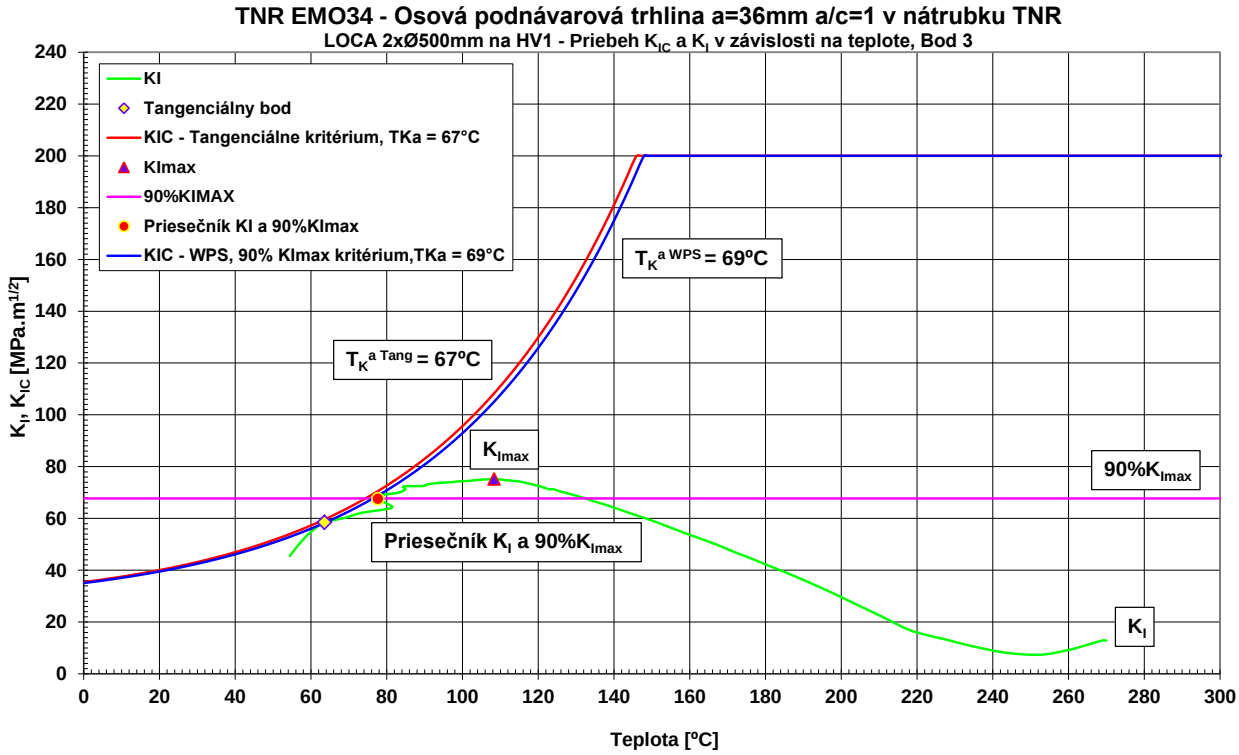


Obr. 7.2.1.10.1-C2-35: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.1-C2-36: J-integral – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku



Obr. 7.2.1.10.1-C2-37: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 3

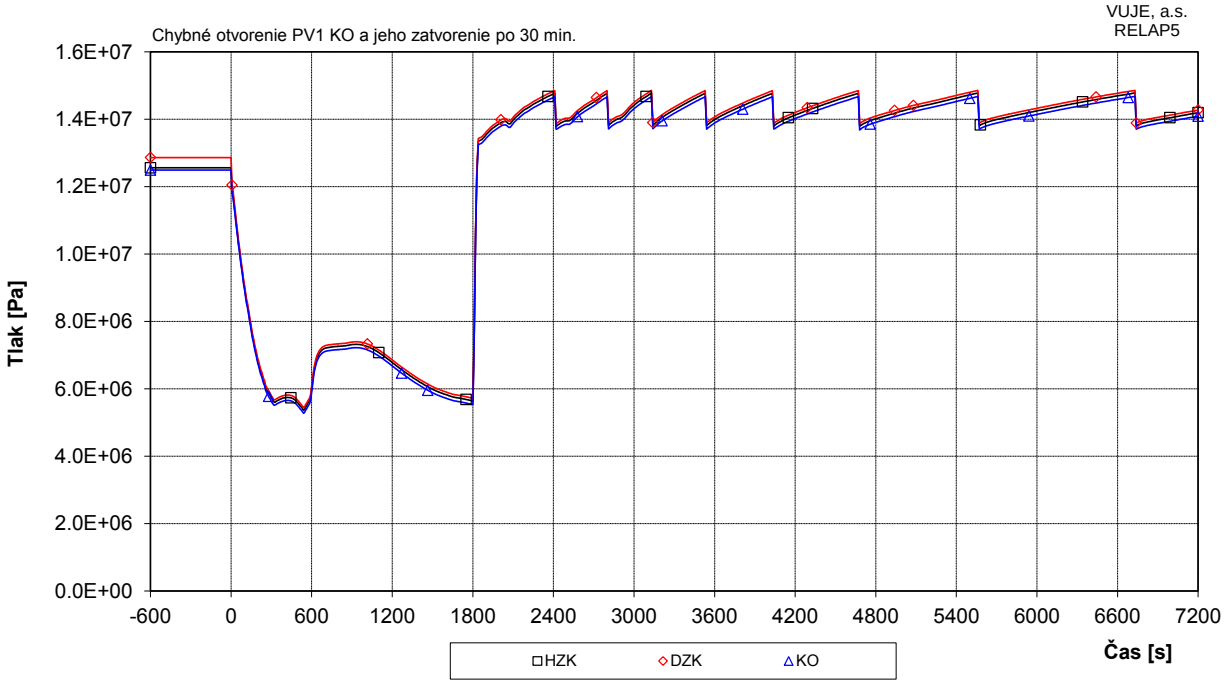
Príloha č. 10

7.2.1.10.2 Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu

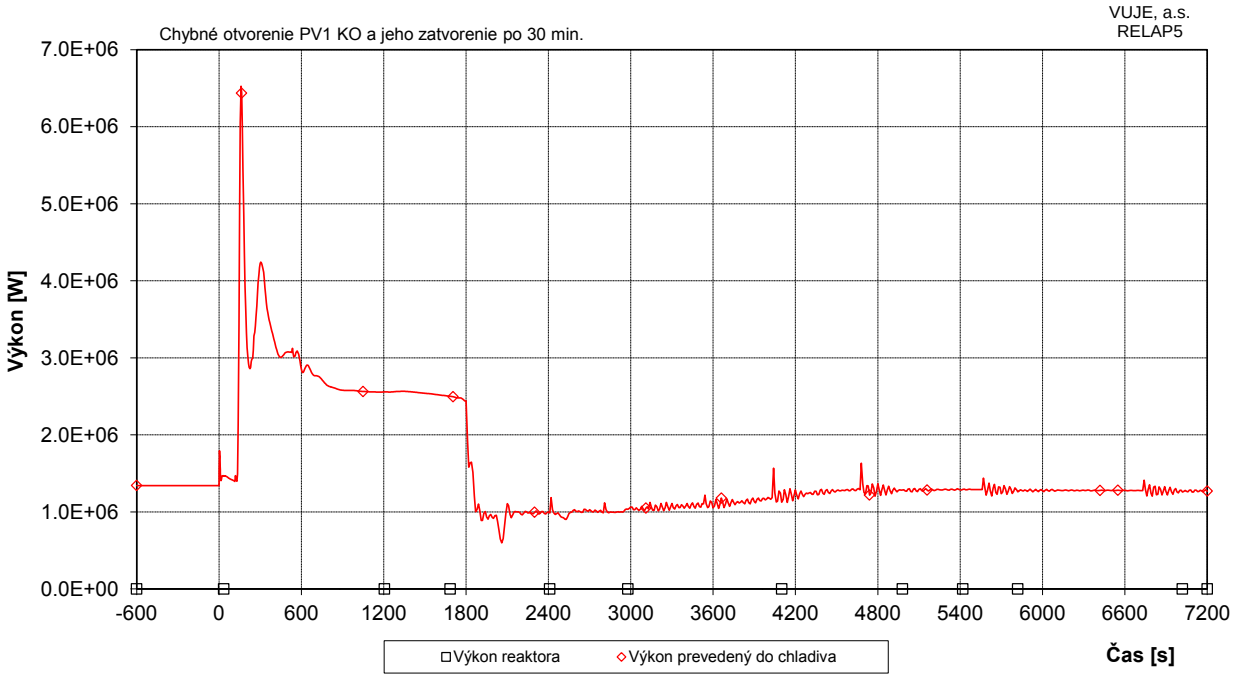
Scenár A Chybné otvorenie PV1 KO a jeho zatvorenie po 30 min.

ZOZNAM OBRÁZKOV

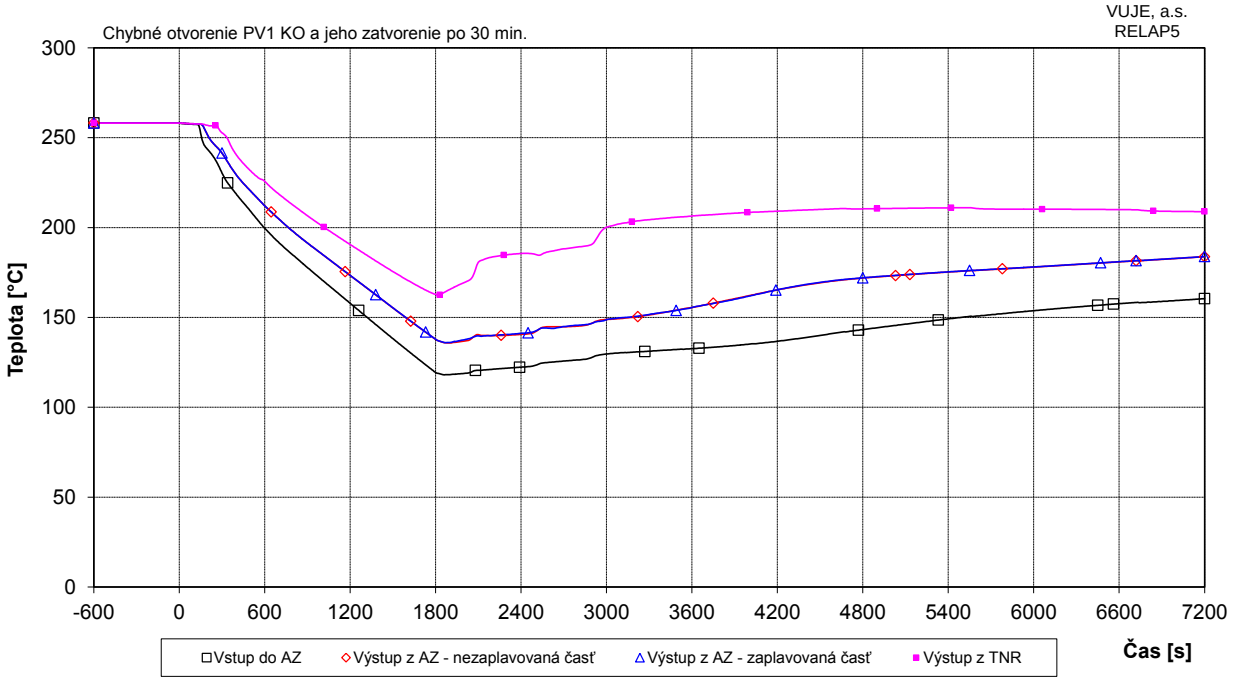
Obr. 7.2.1.10.2-A-1: Tlak v I.O. 2
Obr. 7.2.1.10.2-A-2: Výkon reaktora 2
Obr. 7.2.1.10.2-A-3: Teplota chladiva v TNR 3
Obr. 7.2.1.10.2-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR 3
Obr. 7.2.1.10.2-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR 4
Obr. 7.2.1.10.2-A-6: Celkový výkon EOKO 4
Obr. 7.2.1.10.2-A-7: Celková hladina v KO 5
Obr. 7.2.1.10.2-A-8: Hladina chladiva v TNR 5
Obr. 7.2.1.10.2-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor 6
Obr. 7.2.1.10.2-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR 6
Obr. 7.2.1.10.2-A-11: Doplňovanie do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.2-A-12: Integrál doplňovania do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.2-A-13: Výkon PG 8
Obr. 7.2.1.10.2-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO 8
Obr. 7.2.1.10.2-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO 9
Obr. 7.2.1.10.2-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O. 9
Obr. 7.2.1.10.2-A-17: Tlak na výstupe z PG 10
Obr. 7.2.1.10.2-A-18: Tlak v HPK 10
Obr. 7.2.1.10.2-A-19: Celková hladina v PG 11
Obr. 7.2.1.10.2-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG 11
Obr. 7.2.1.10.2-A-21: Prietok pary z PG 12
Obr. 7.2.1.10.2-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch 12
Obr. 7.2.1.10.2-A-23: Prietok pary do TG 13
Obr. 7.2.1.10.2-A-24: Integrál prietoku chladiva cez poistné ventily KO 13
Obr. 7.2.1.10.2-A-25: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. 14
Obr. 7.2.1.10.2-A-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,3,5 14
Obr. 7.2.1.10.2-A-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,3,5 15
Obr. 7.2.1.10.2-A-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 15
Obr. 7.2.1.10.2-A-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 16
Obr. 7.2.1.10.2-A-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 16
Obr. 7.2.1.10.2-A-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 17
Obr. 7.2.1.10.2-A-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 17
Obr. 7.2.1.10.2-A-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 18
Obr. 7.2.1.10.2-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 18
Obr. 7.2.1.10.2-A-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 19
Obr. 7.2.1.10.2-A-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku 19
Obr. 7.2.1.10.2-A-37: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 20



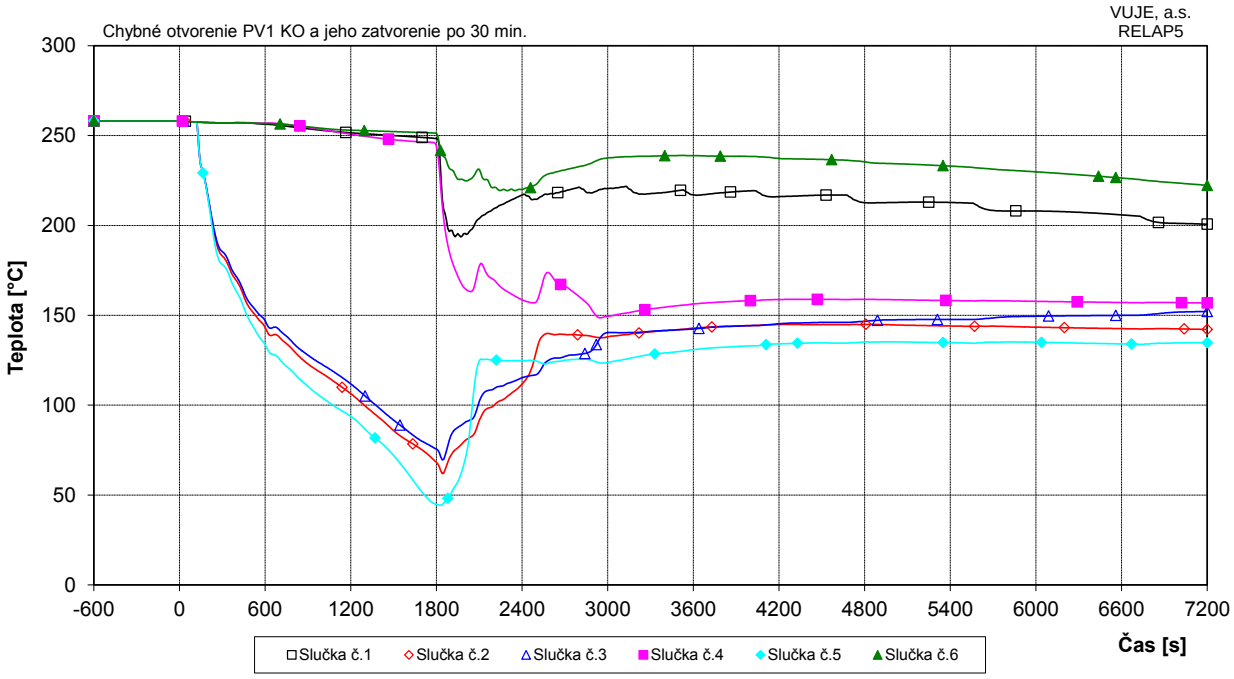
Obr. 7.2.1.10.2-A-1: Tlak v I.O.



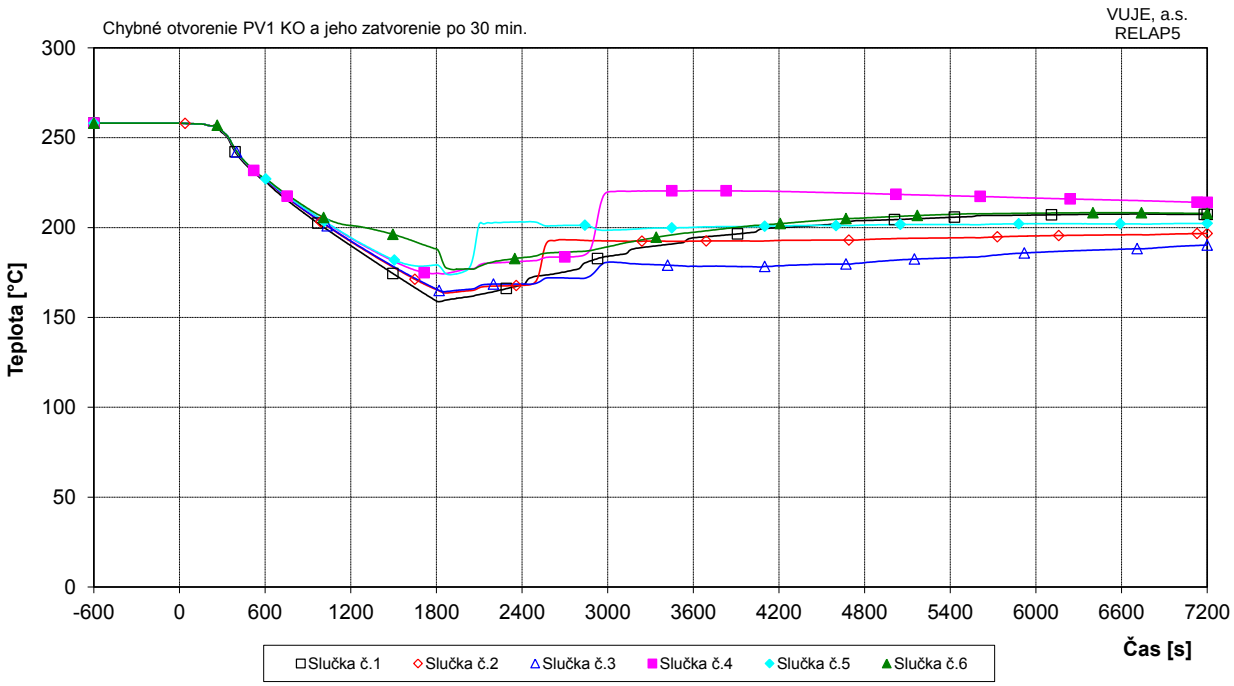
Obr. 7.2.1.10.2-A-2: Výkon reaktora



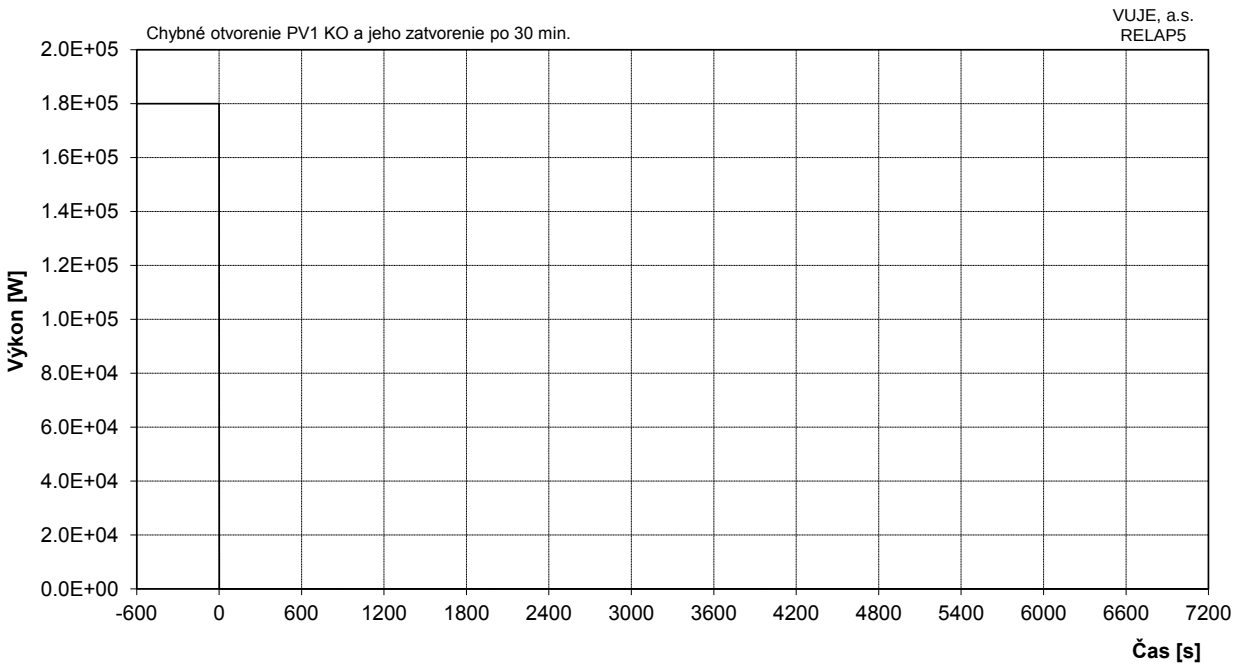
Obr. 7.2.1.10.2-A-3: Teplota chladiva v TNR



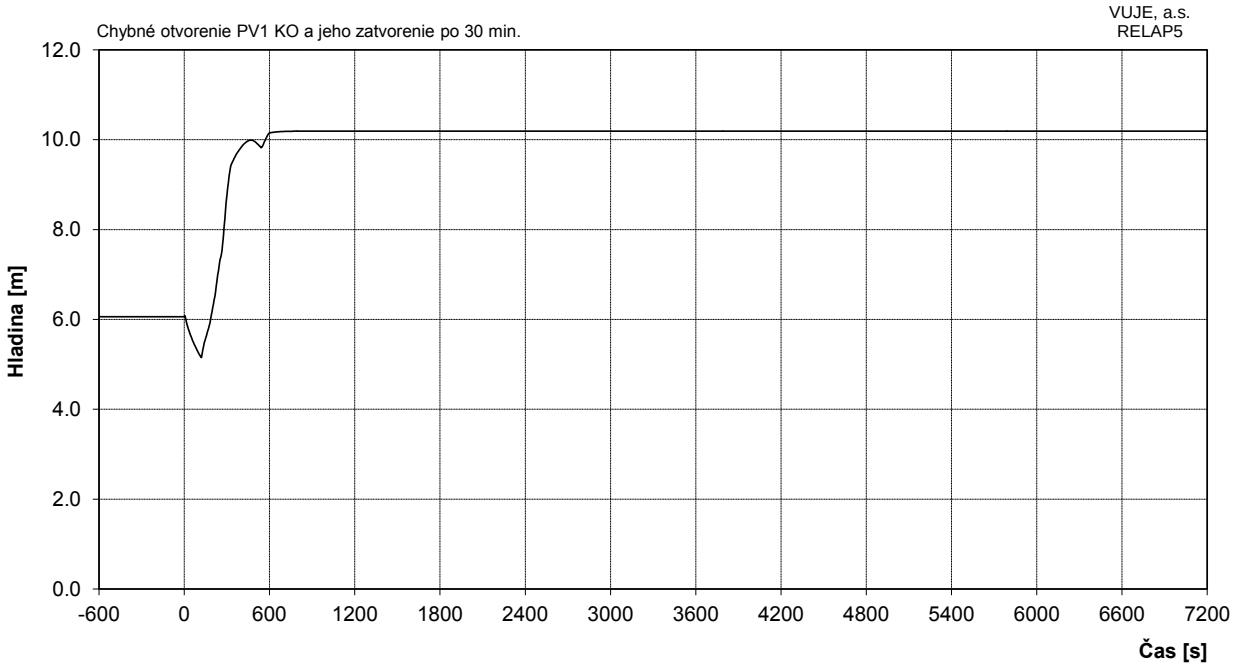
Obr. 7.2.1.10.2-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



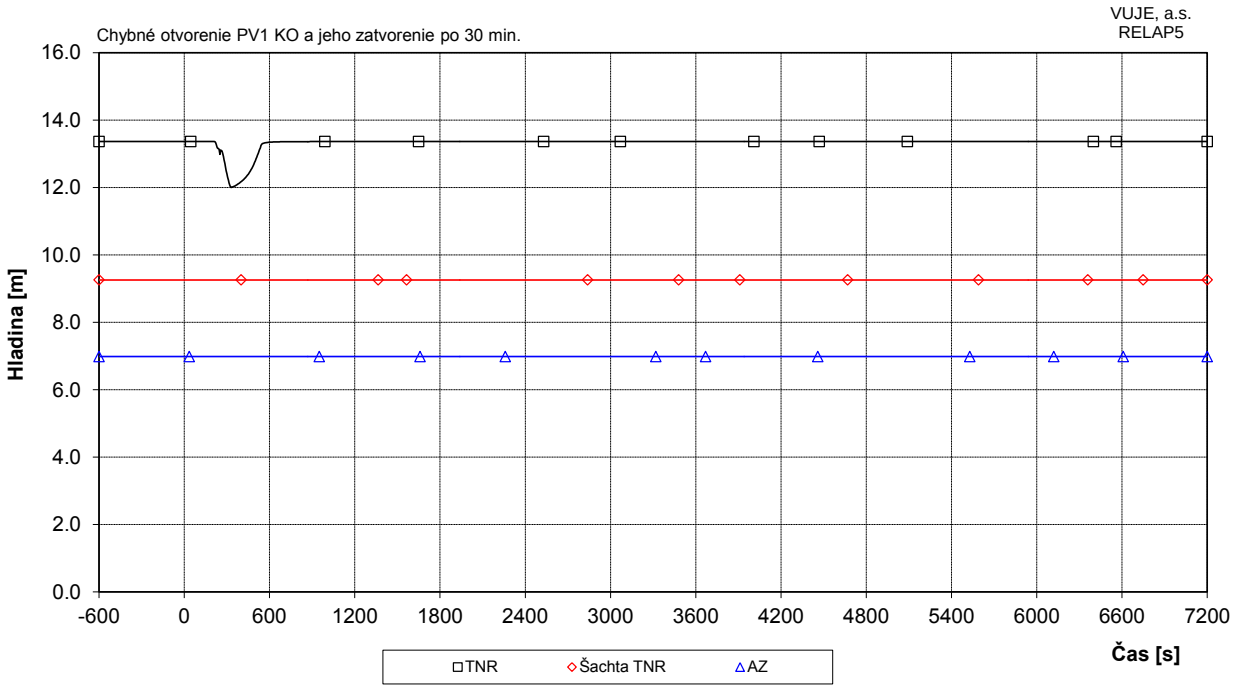
Obr. 7.2.1.10.2-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



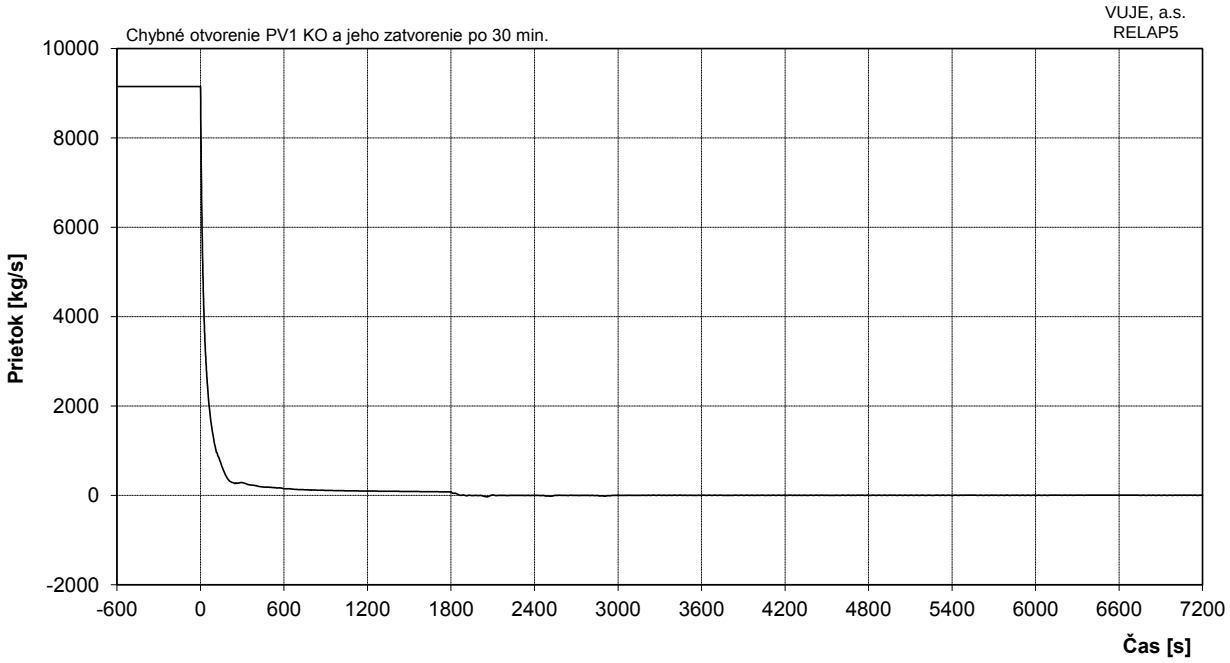
Obr. 7.2.1.10.2-A-6: Celkový výkon EOKO



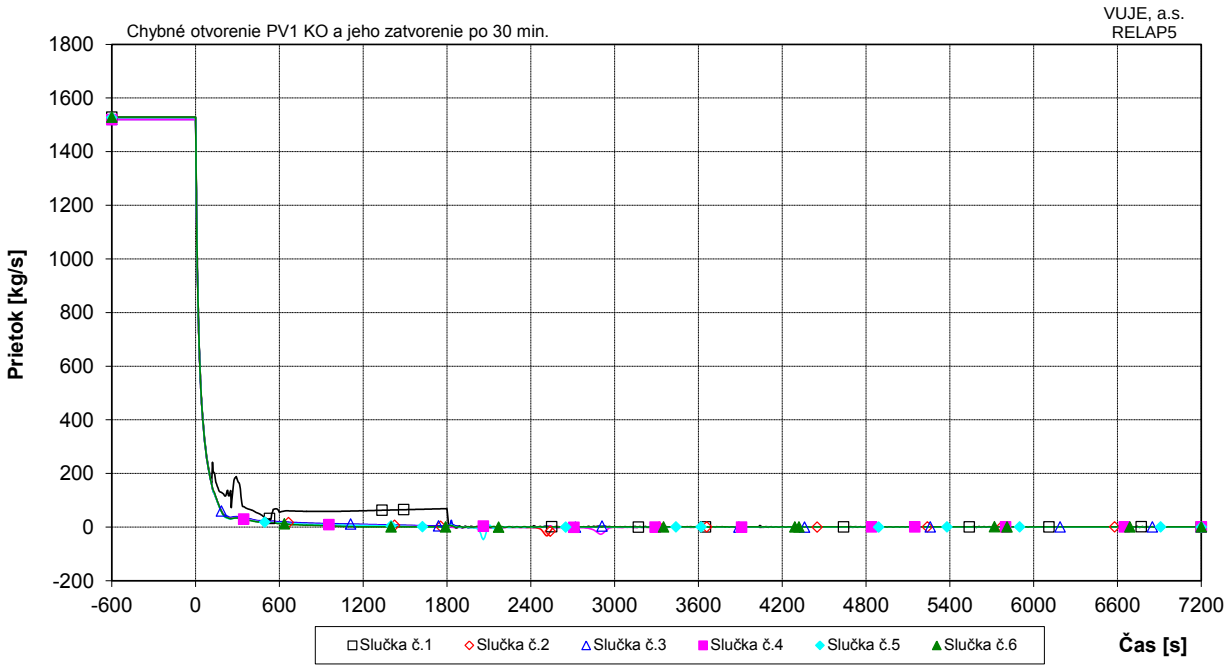
Obr. 7.2.1.10.2-A-7: Celková hladina v KO



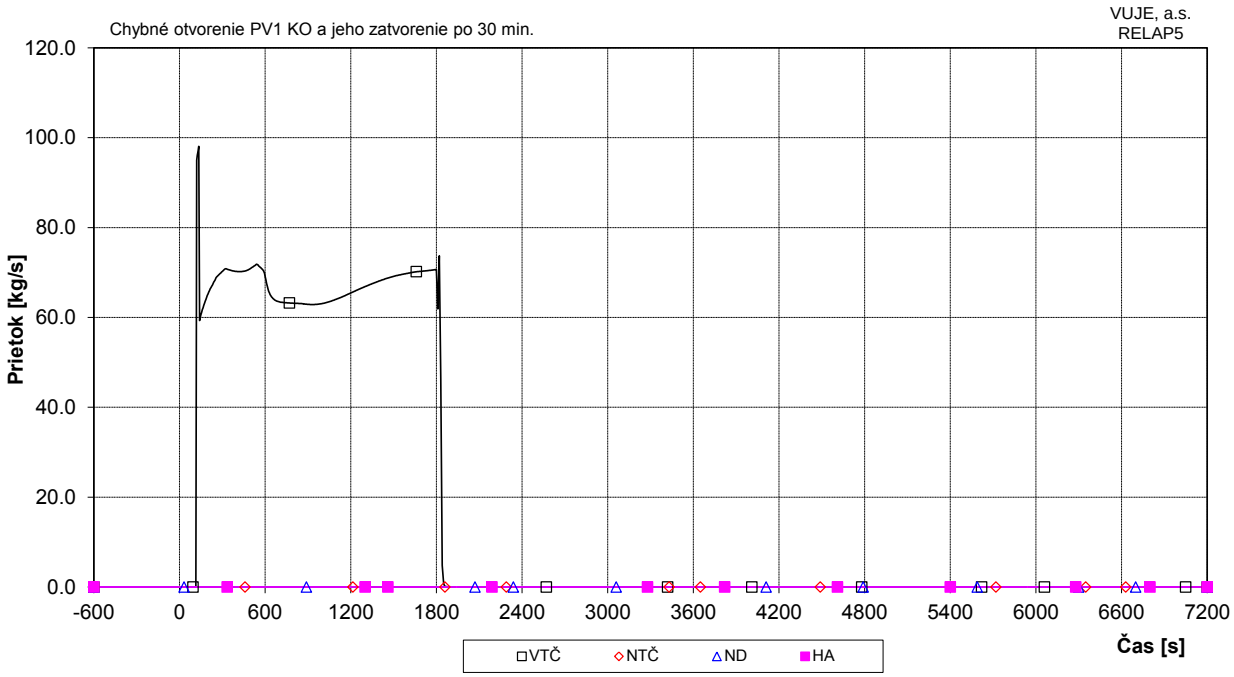
Obr. 7.2.1.10.2-A-8: Hladina chladiva v TNR



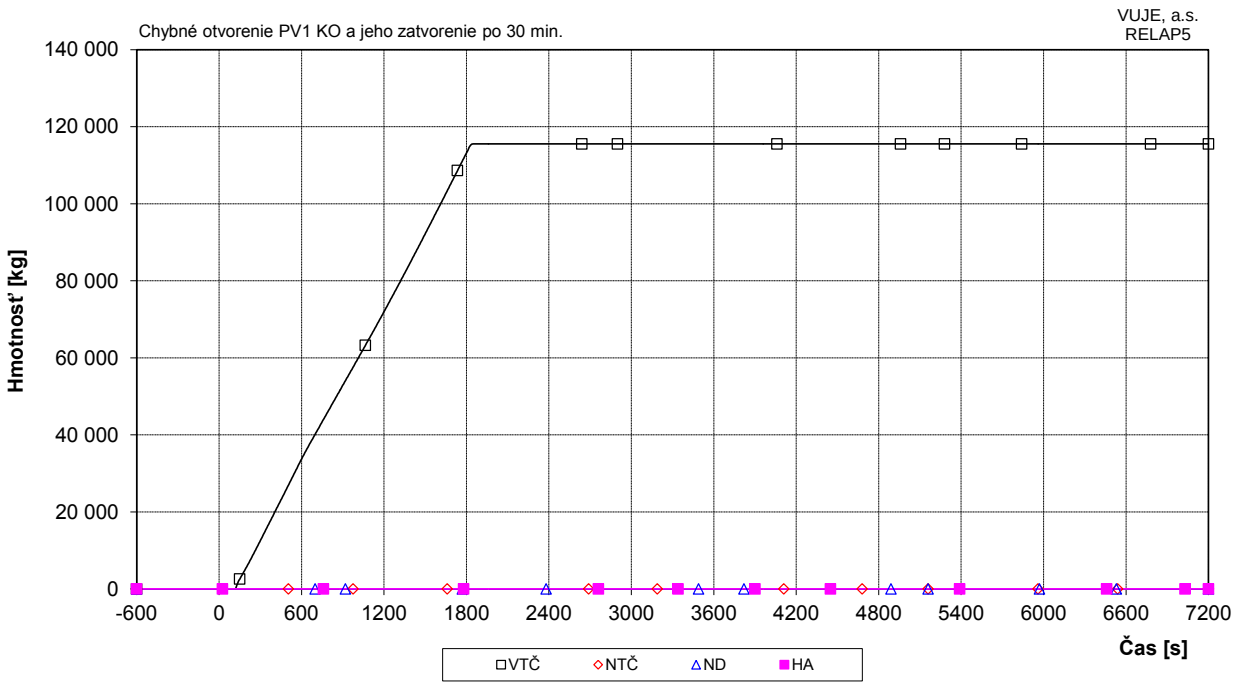
Obr. 7.2.1.10.2-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



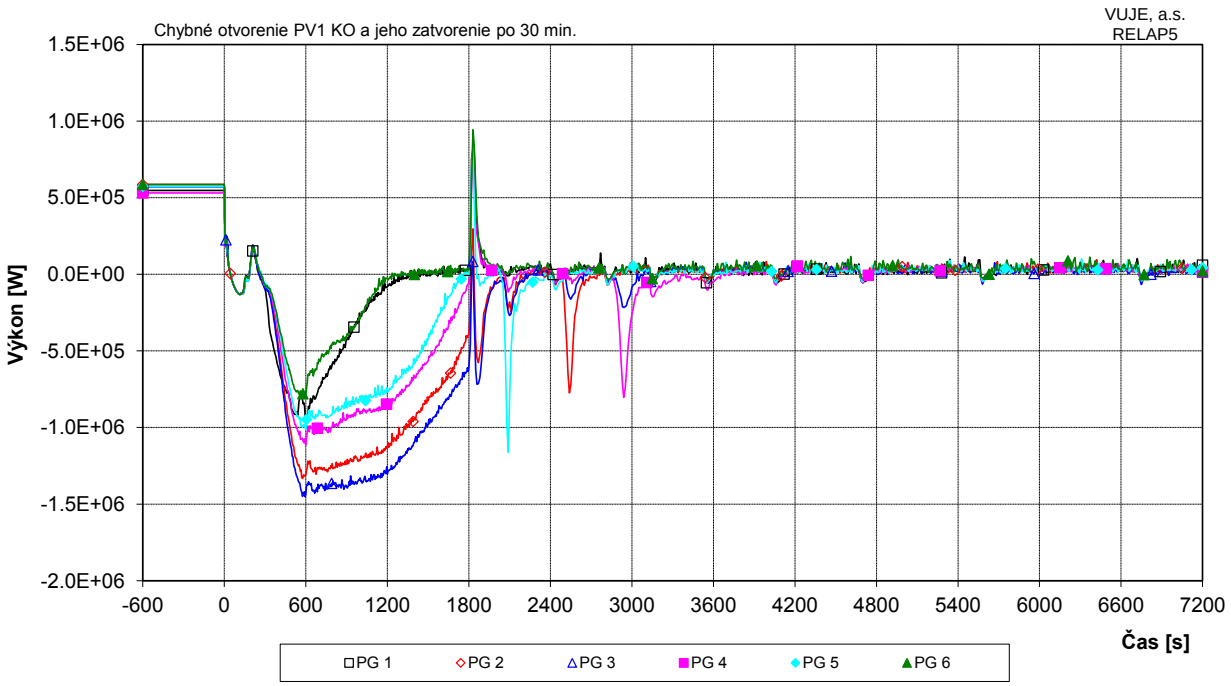
Obr. 7.2.1.10.2-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



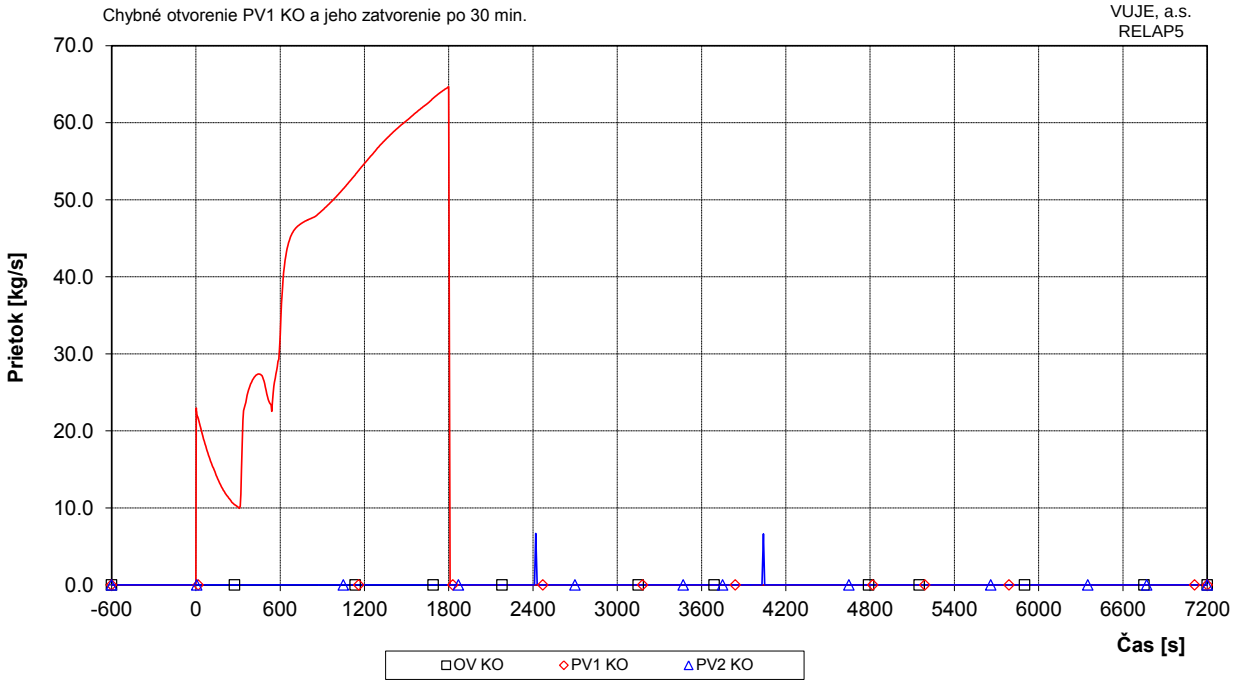
Obr. 7.2.1.10.2-A-11: Doplňovanie do I.O.



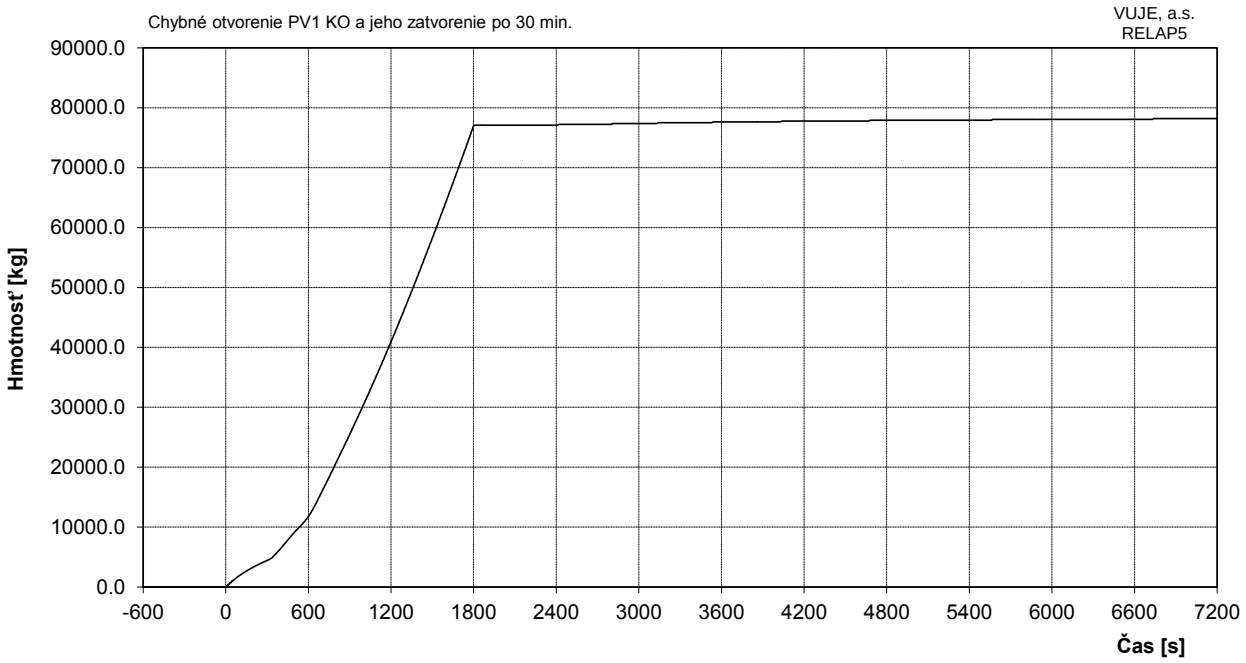
Obr. 7.2.1.10.2-A-12: Integrál doplňovania do I.O.



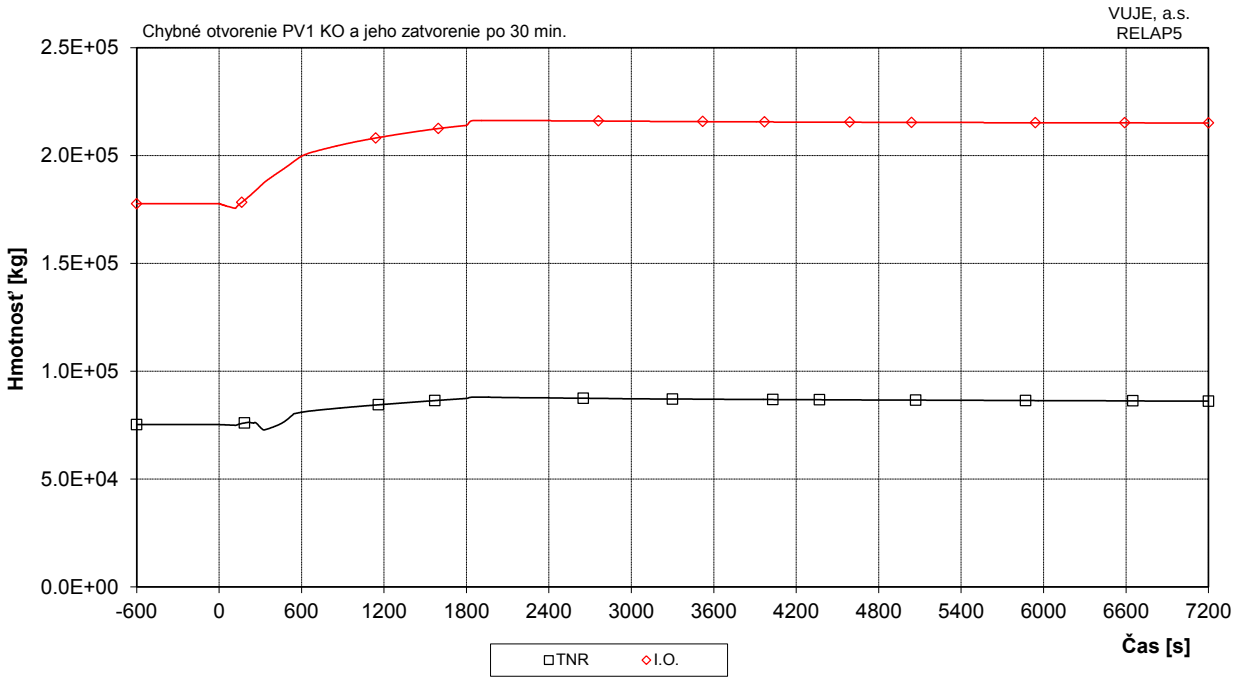
Obr. 7.2.1.10.2-A-13: Výkon PG



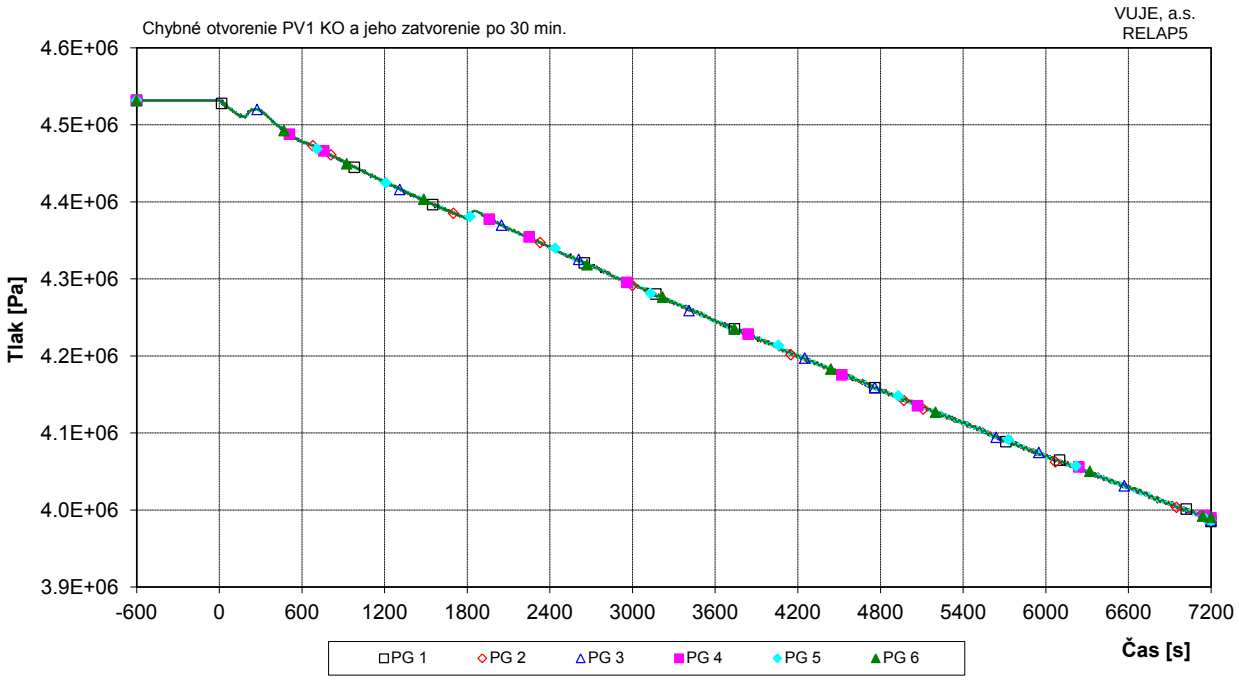
Obr. 7.2.1.10.2-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



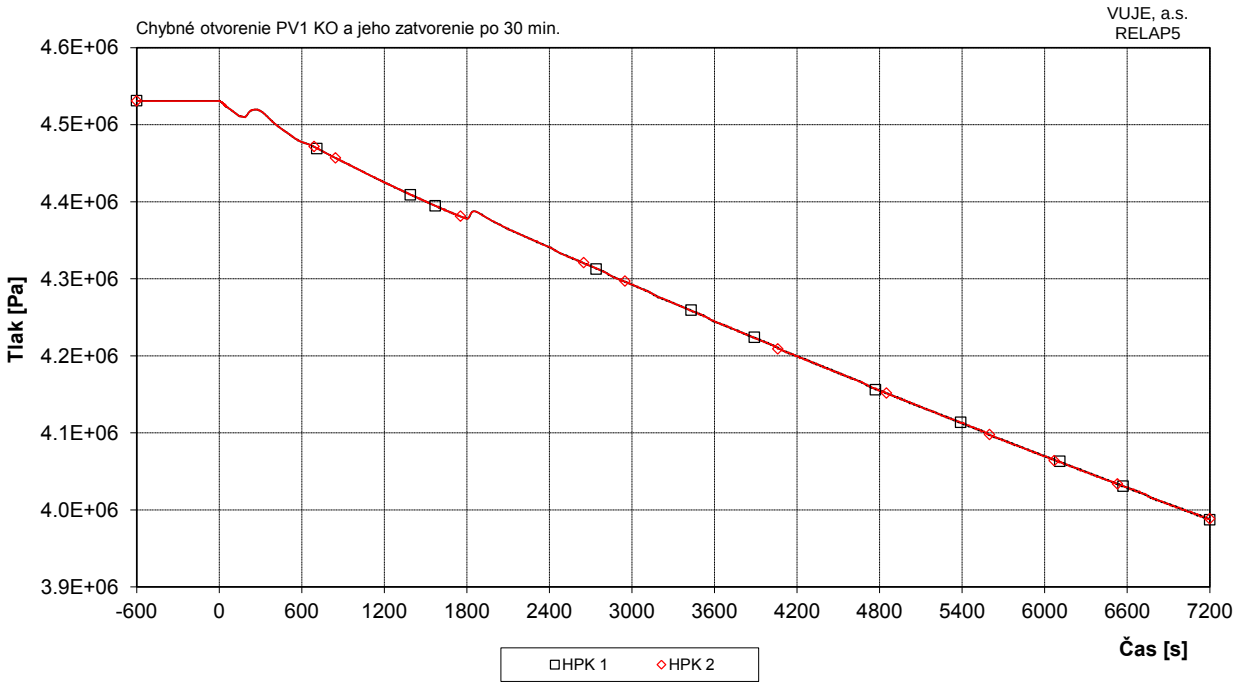
Obr. 7.2.1.10.2-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



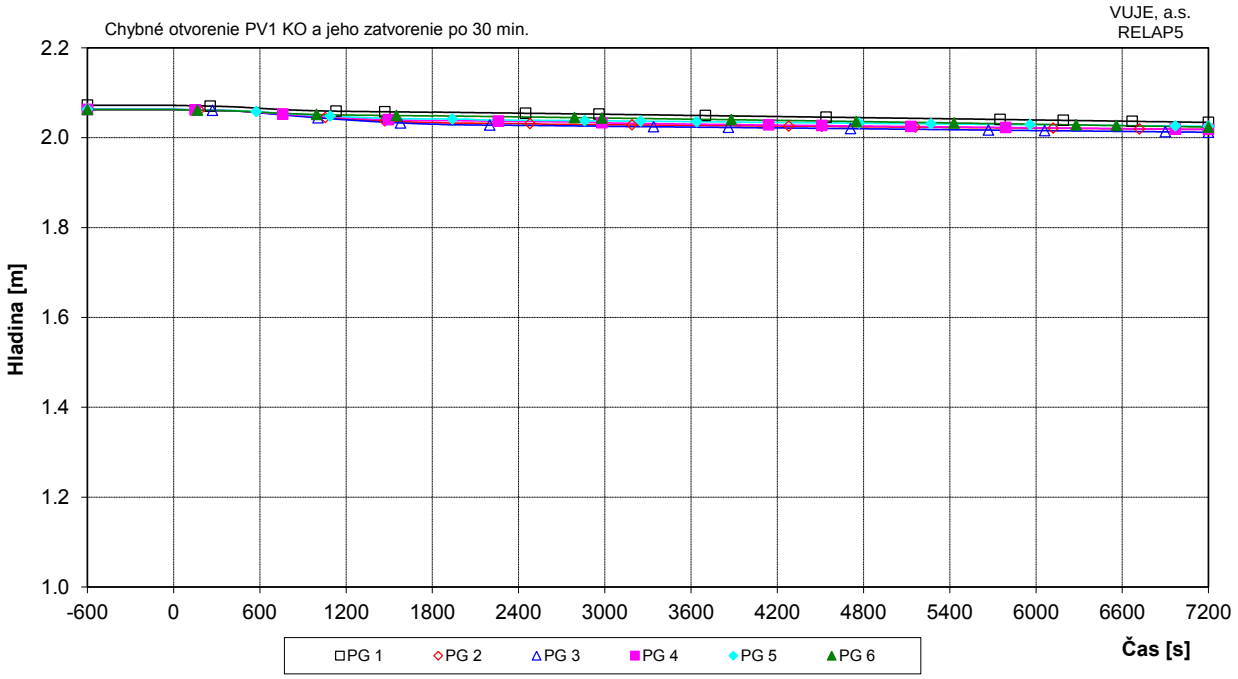
Obr. 7.2.1.10.2-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



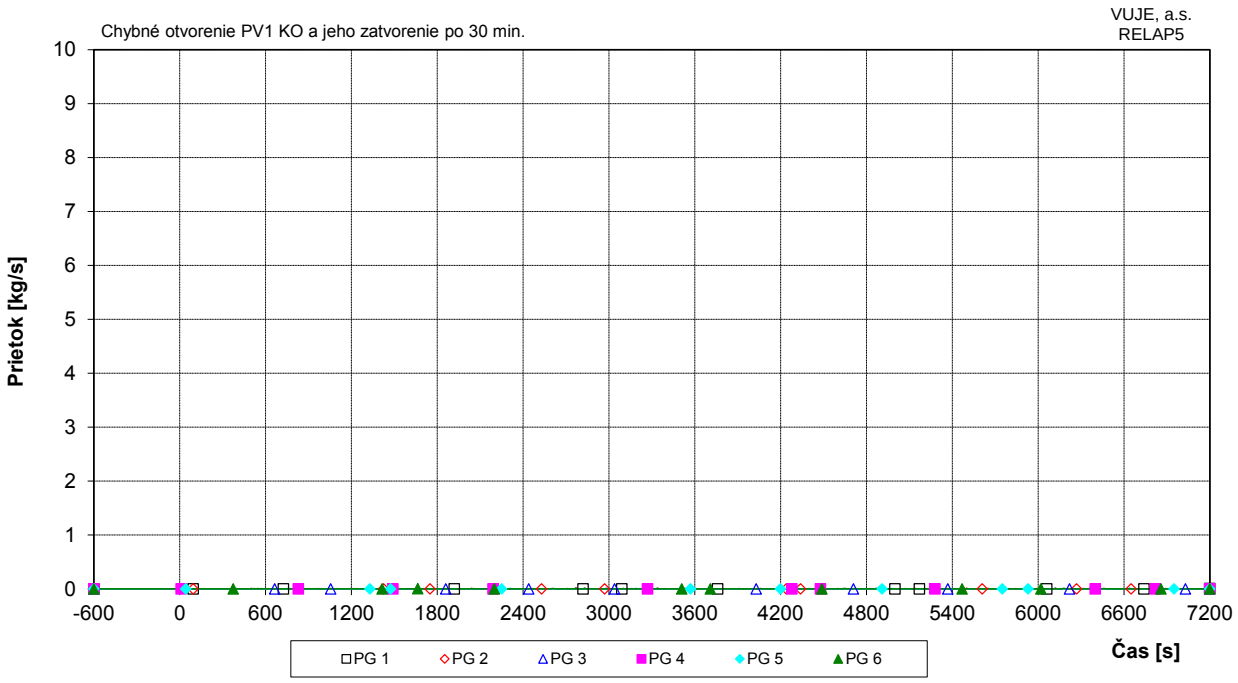
Obr. 7.2.1.10.2-A-17: Tlak na výstupe z PG



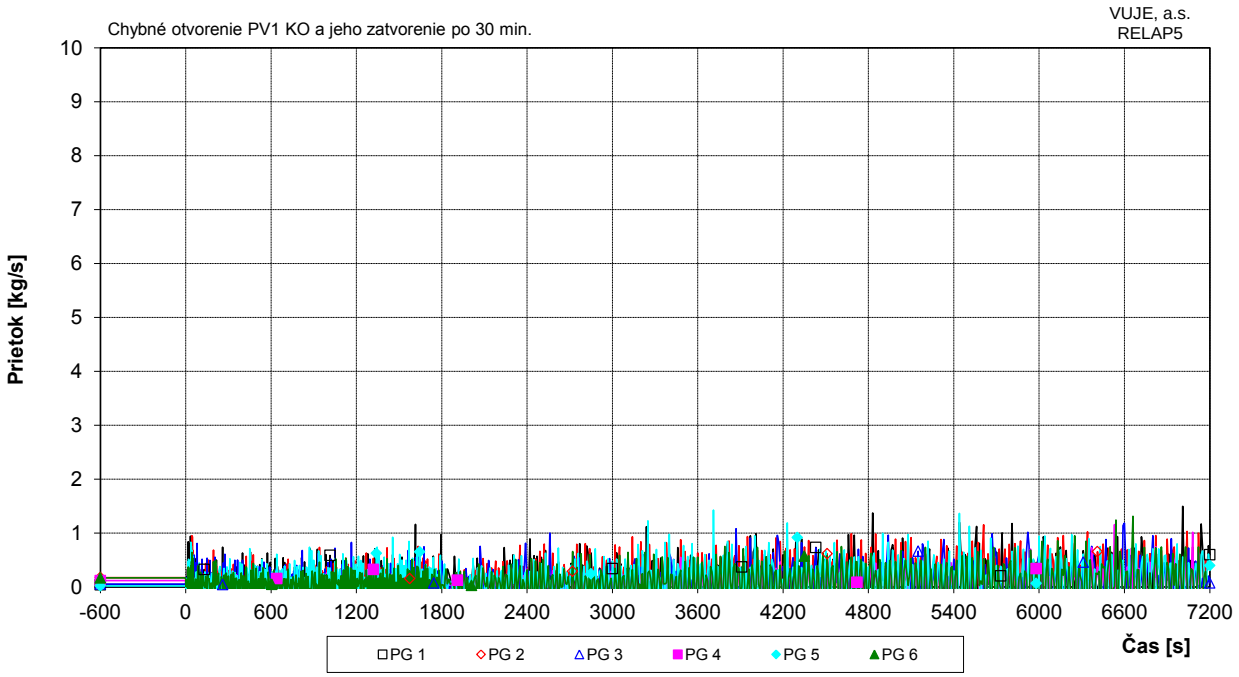
Obr. 7.2.1.10.2-A-18: Tlak v HPK



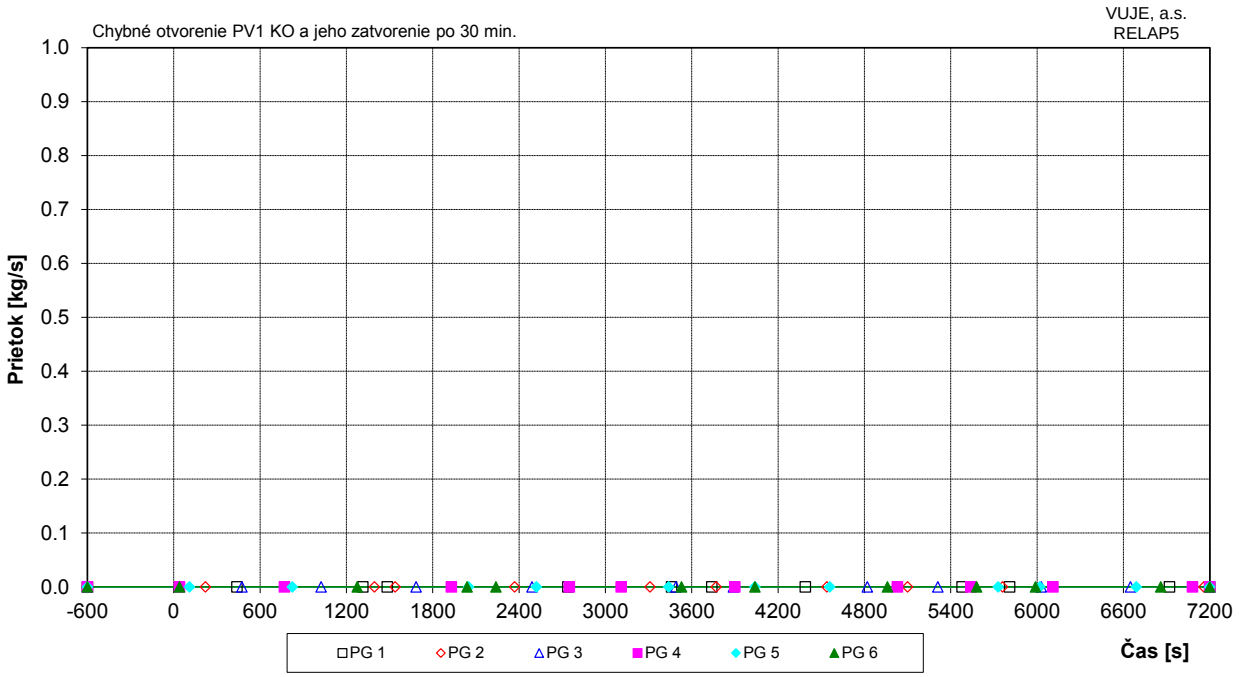
Obr. 7.2.1.10.2-A-19: Celková hladina v PG



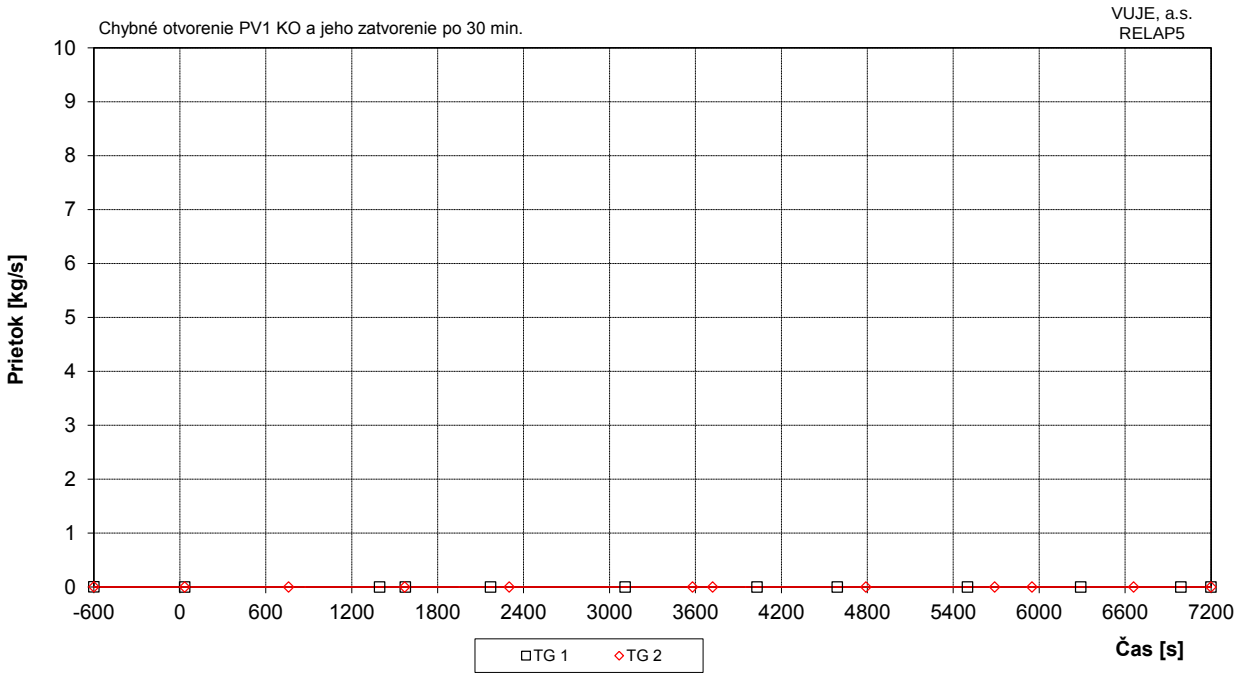
Obr. 7.2.1.10.2-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



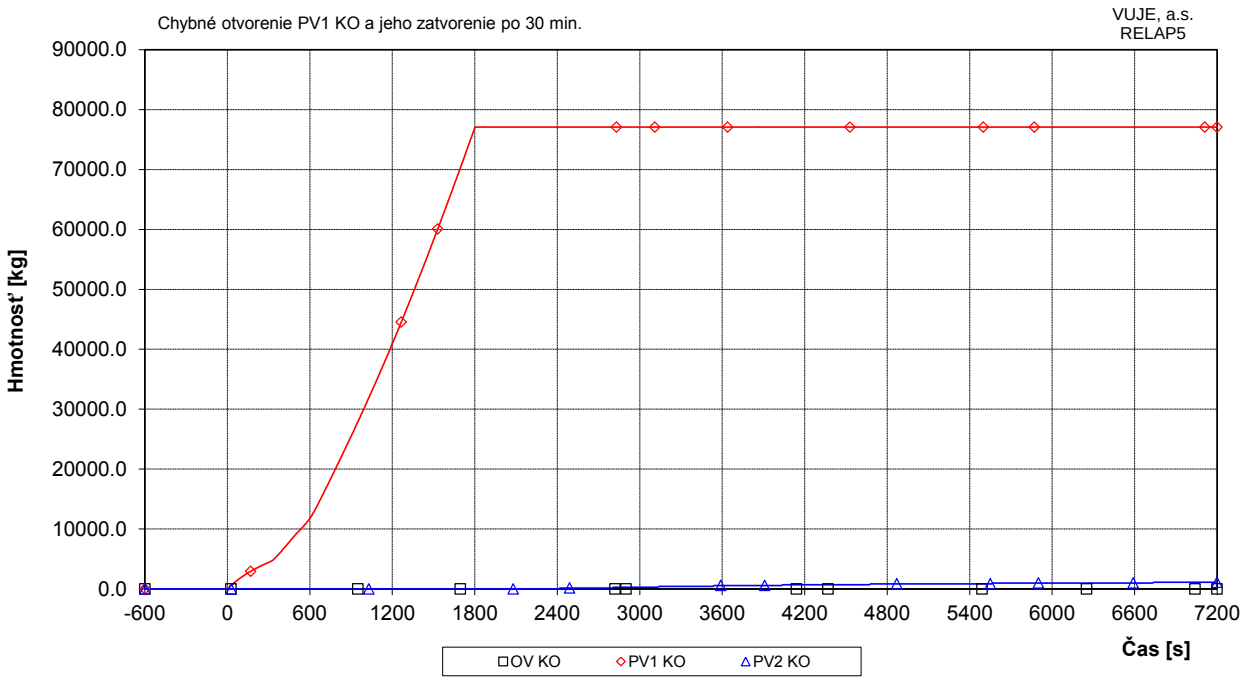
Obr. 7.2.1.10.2-A-21: Prietok pary z PG



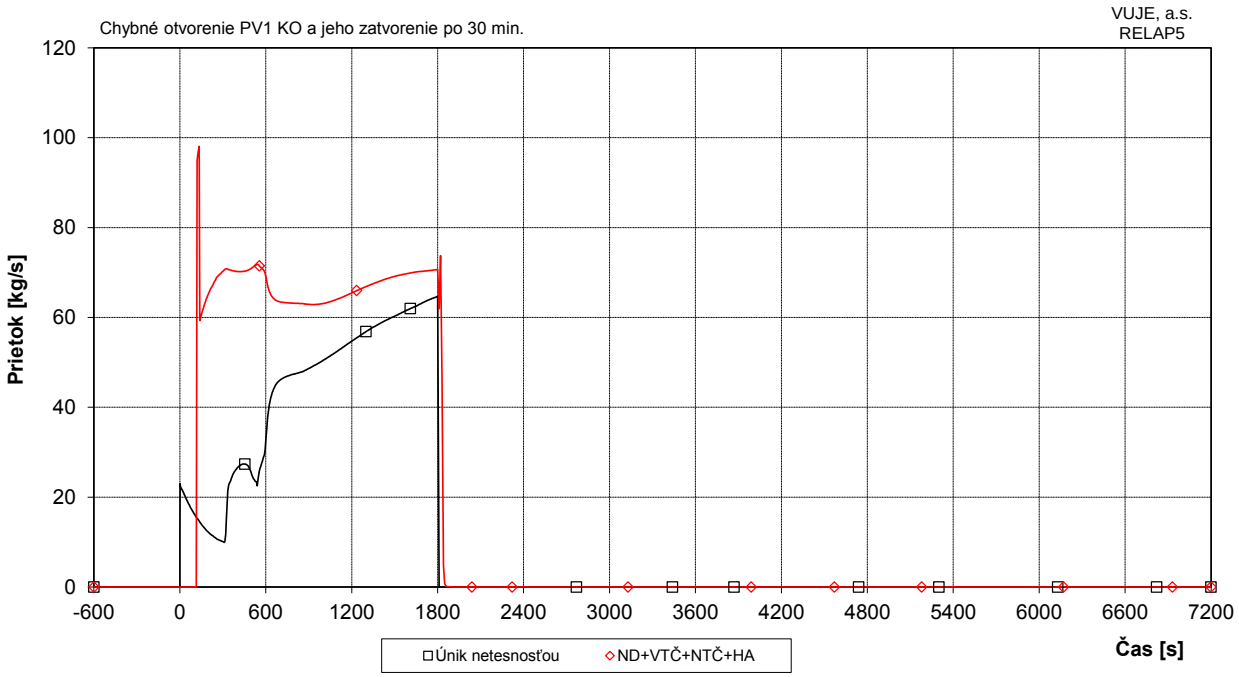
Obr. 7.2.1.10.2-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



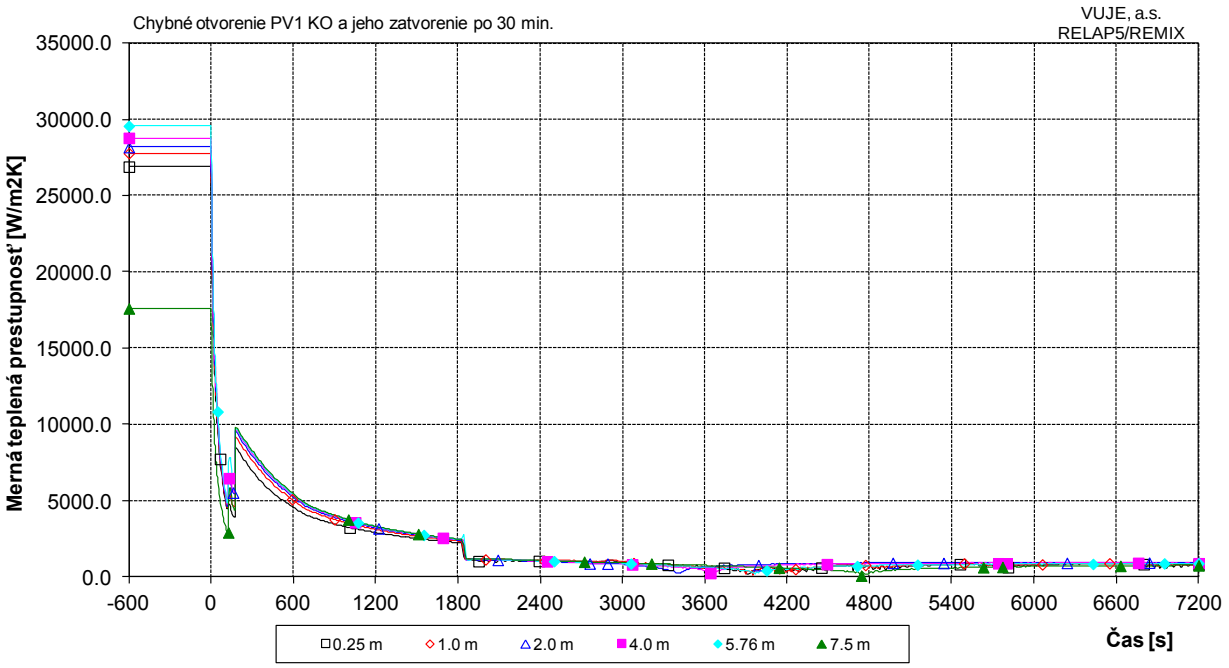
Obr. 7.2.1.10.2-A-23: Prietok pary do TG



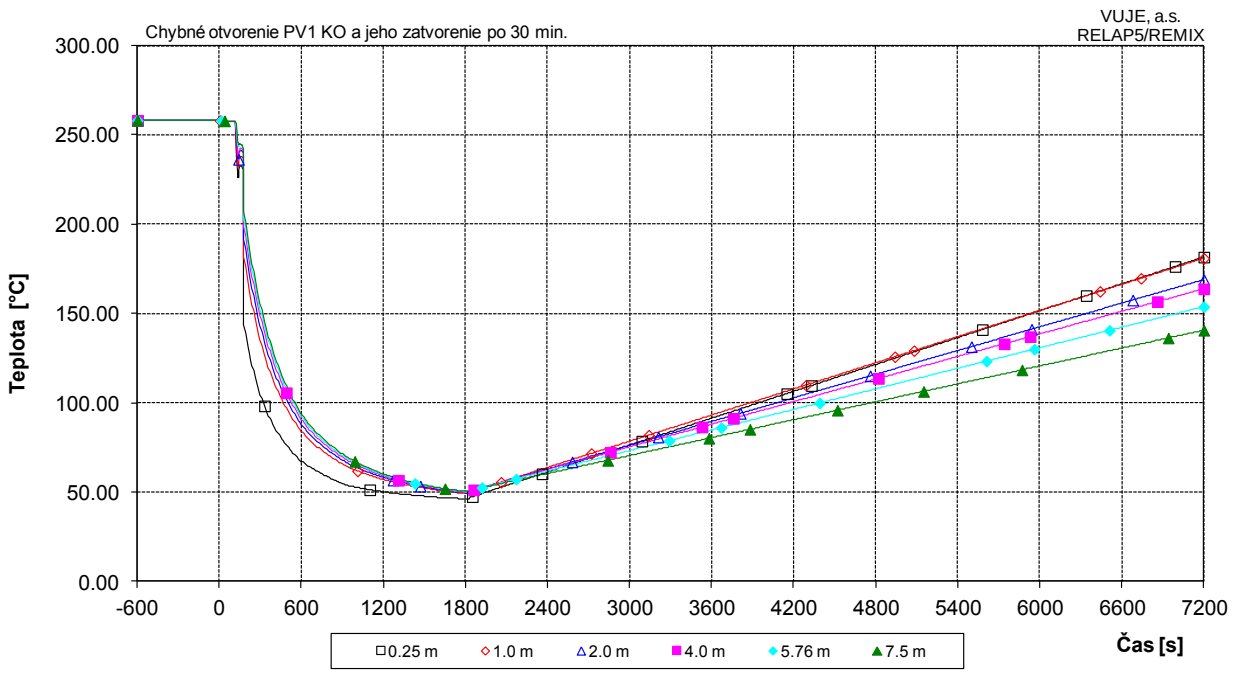
Obr. 7.2.1.10.2-A-24: Integrál prietoku chladiva cez poistné ventily KO



Obr. 7.2.1.10.2-A-25: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.

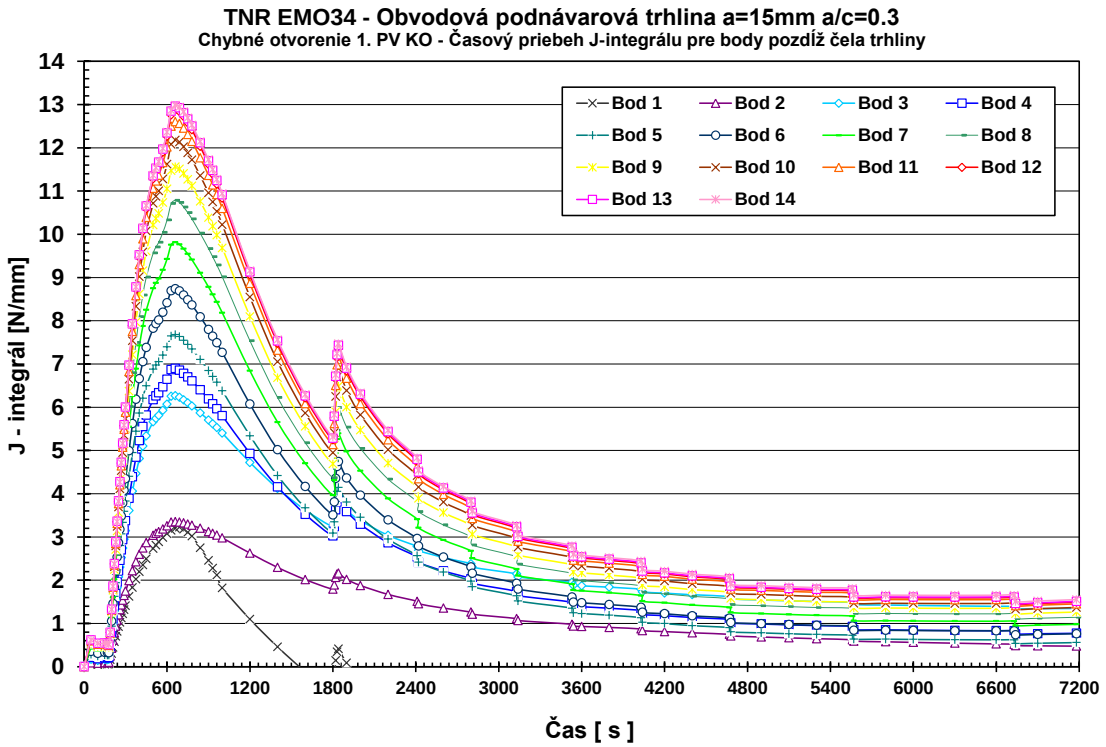


Obr. 7.2.1.10.2-A-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,3,5

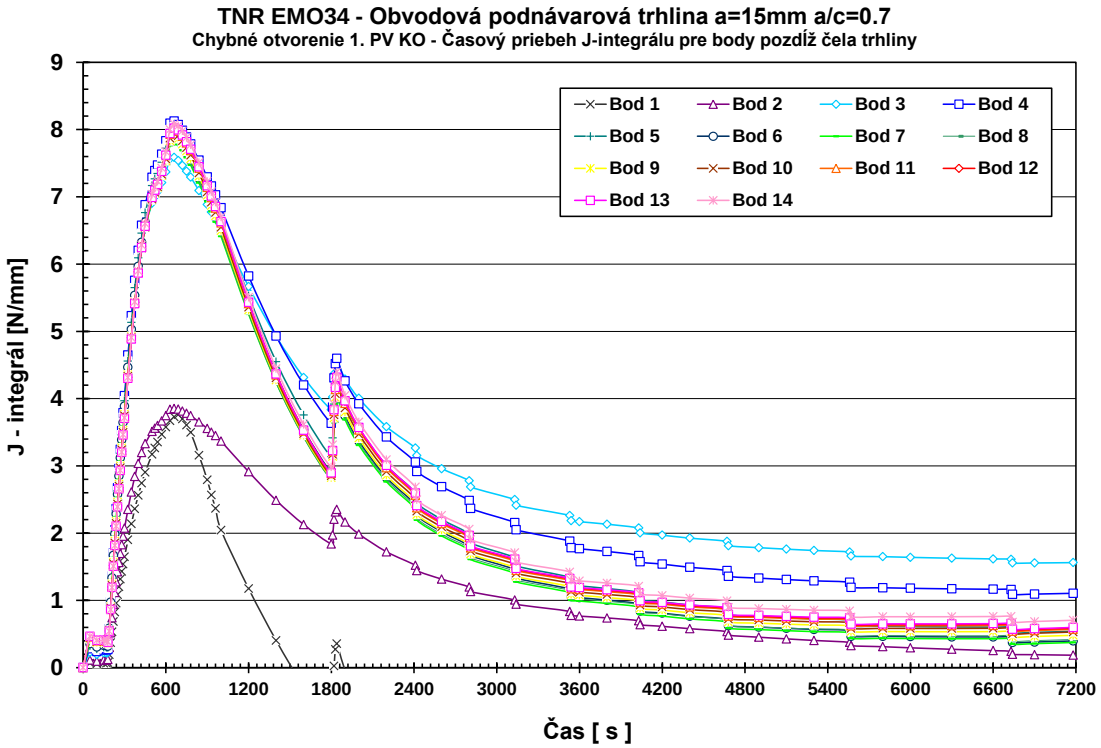


Obr. 7.2.1.10.2-A-27: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,3,5

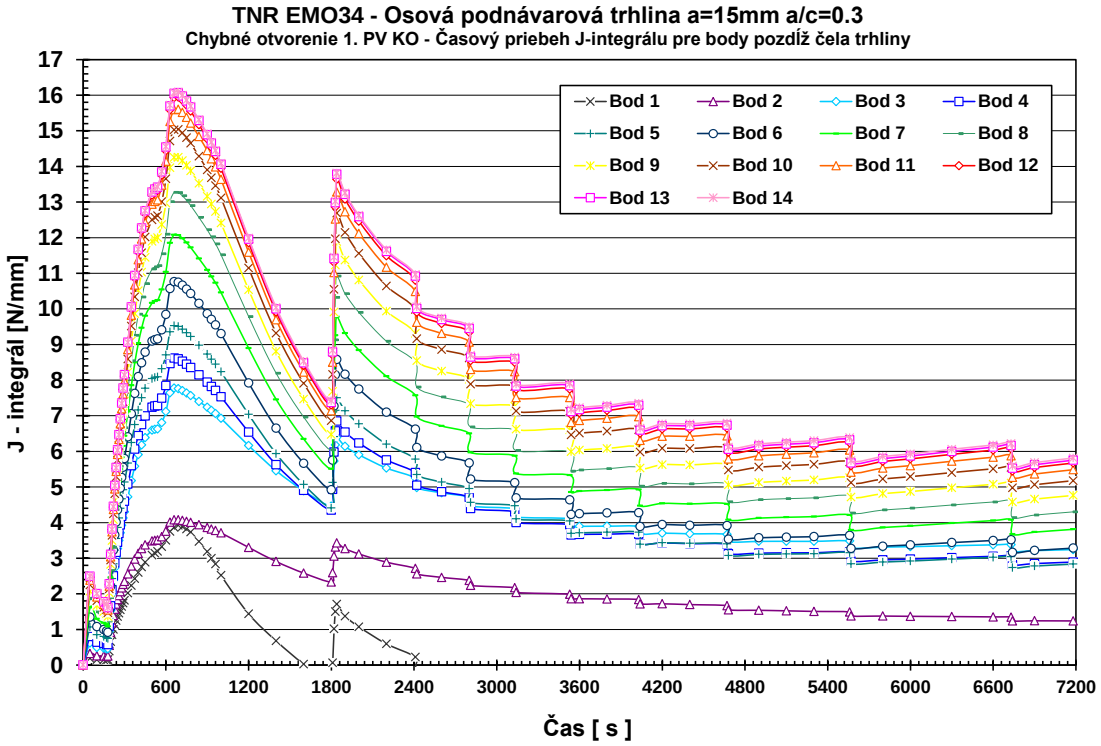
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



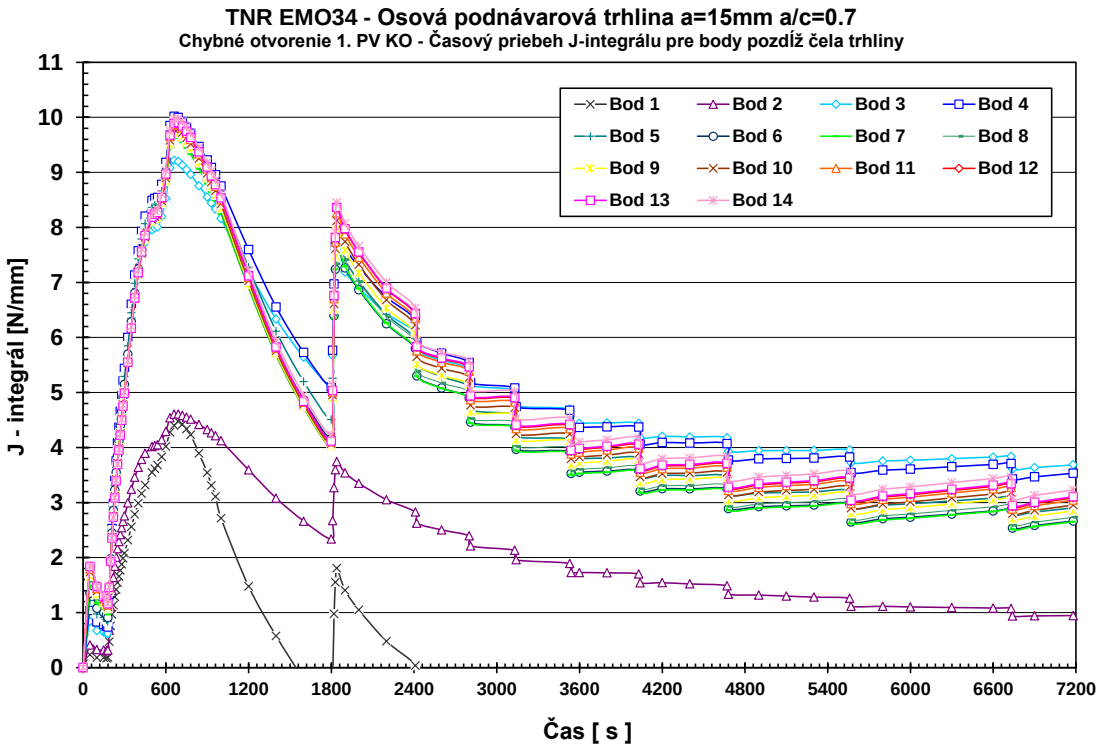
Obr. 7.2.1.10.2-A-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



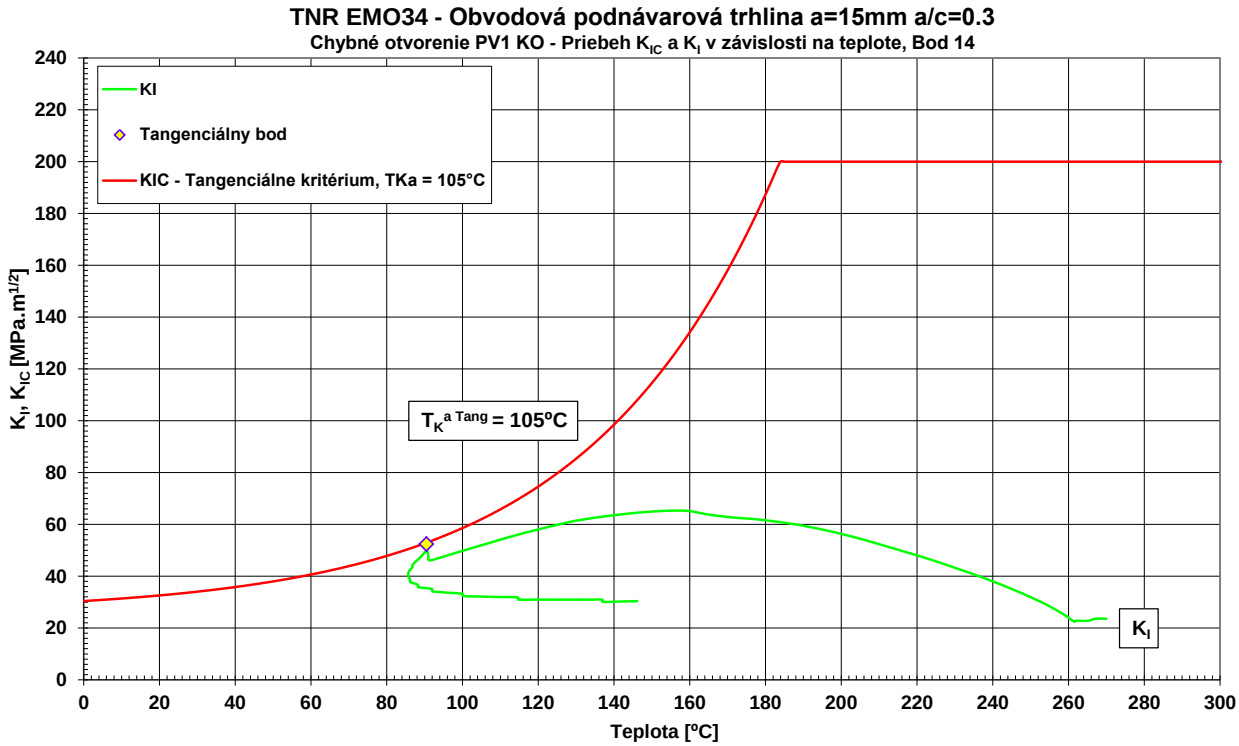
Obr. 7.2.1.10.2-A-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



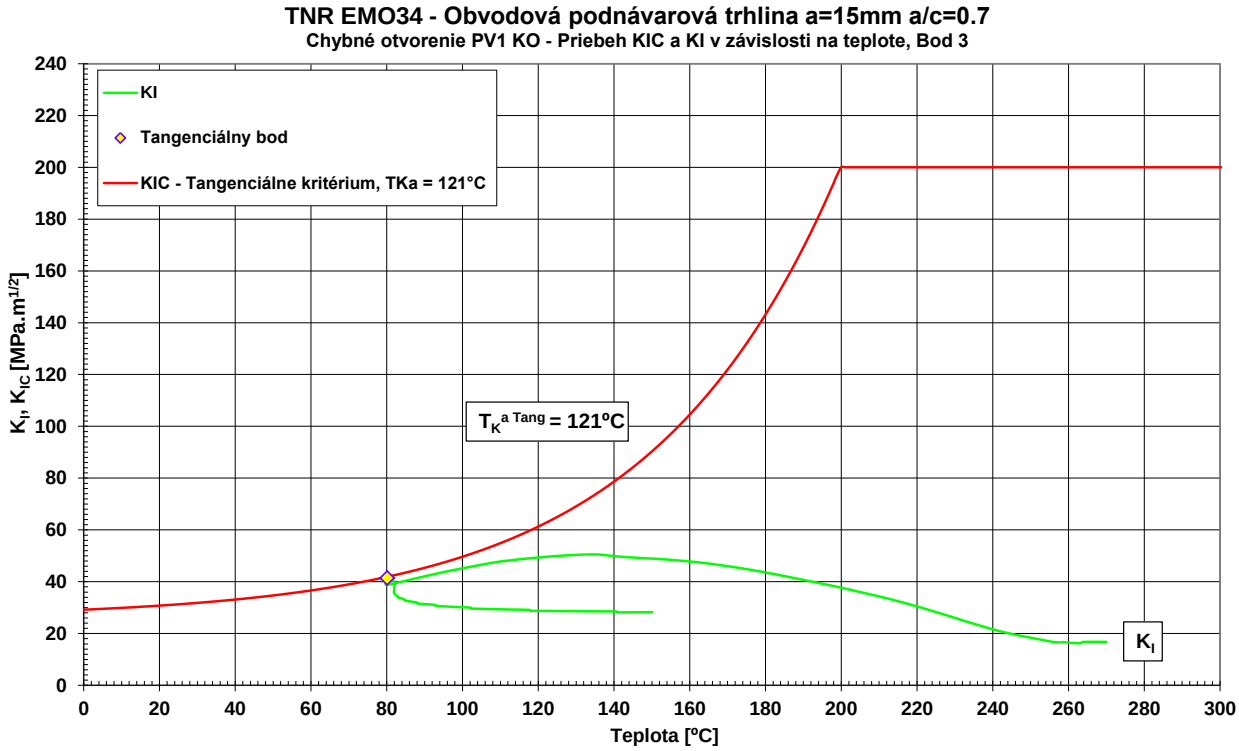
Obr. 7.2.1.10.2-A-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



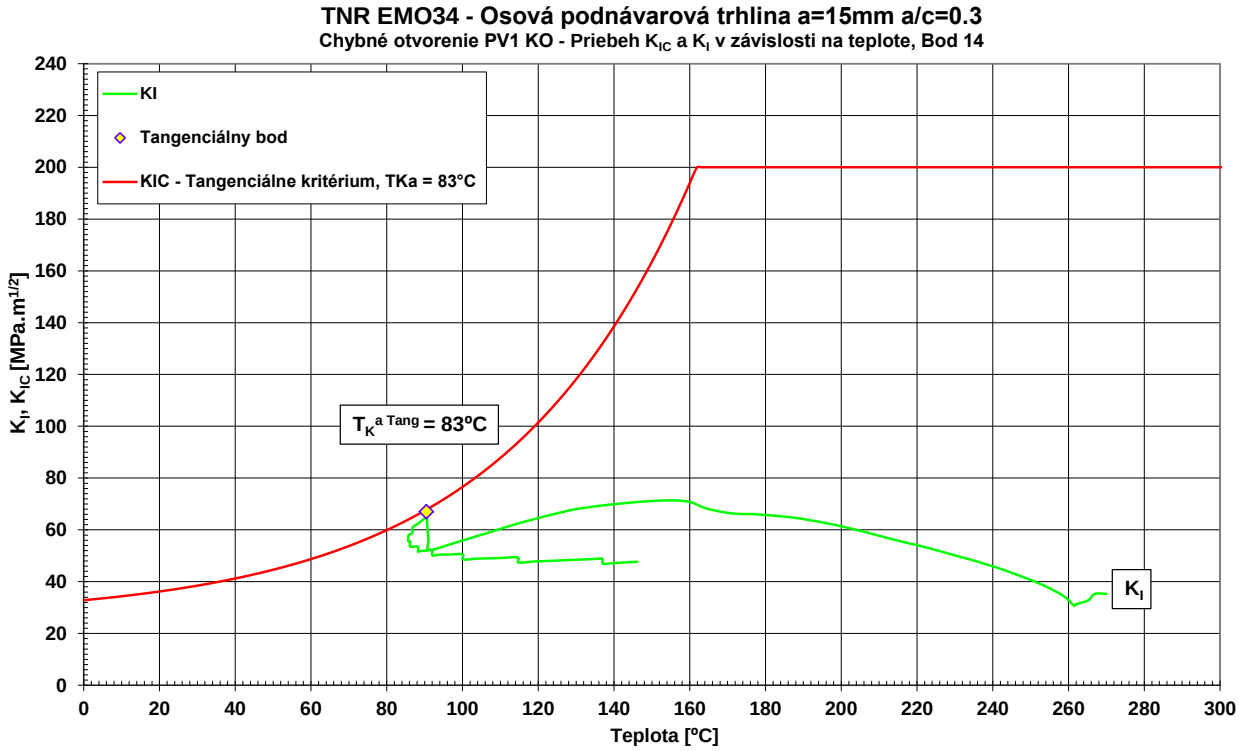
Obr. 7.2.1.10.2-A-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



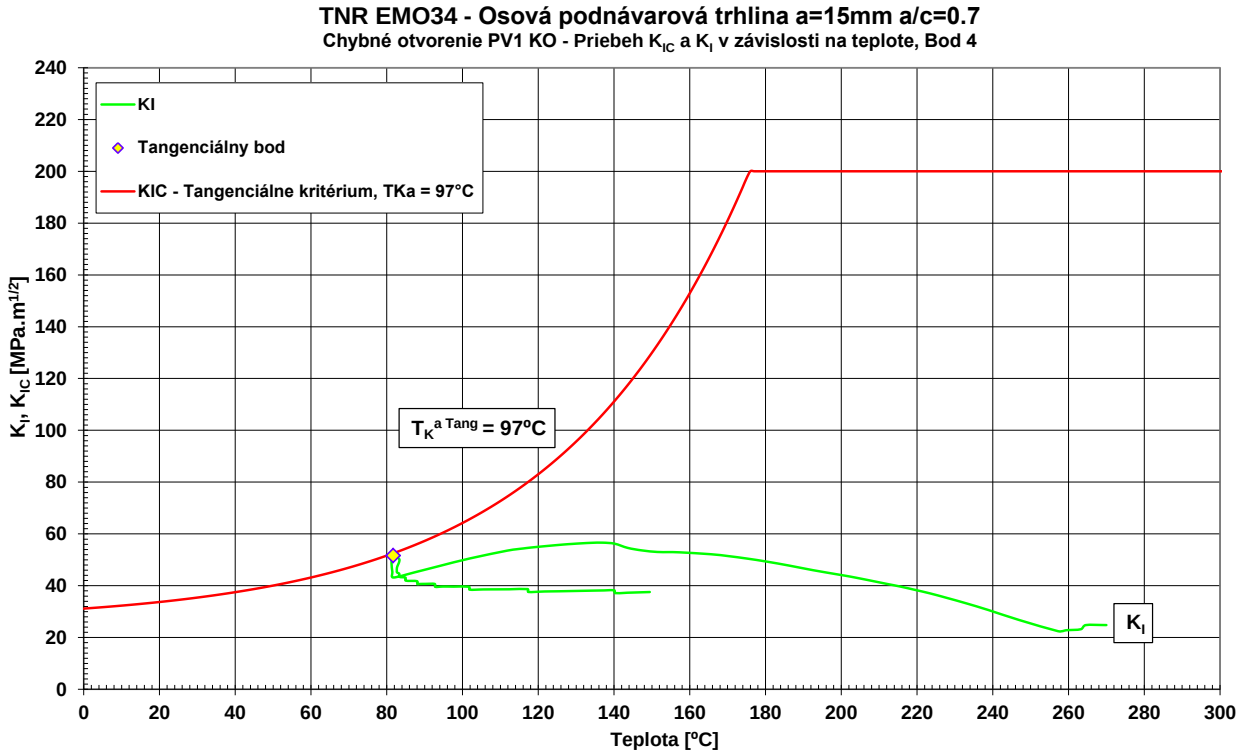
Obr. 7.2.1.10.2-A-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.2-A-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

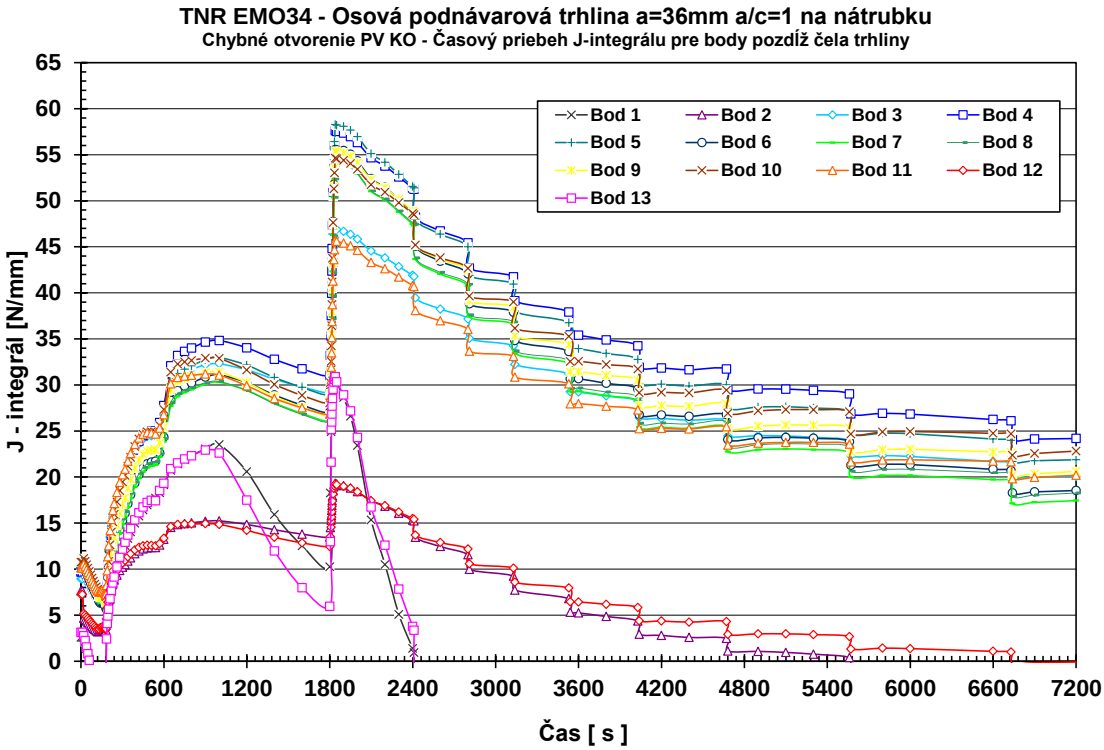


Obr. 7.2.1.10.2-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

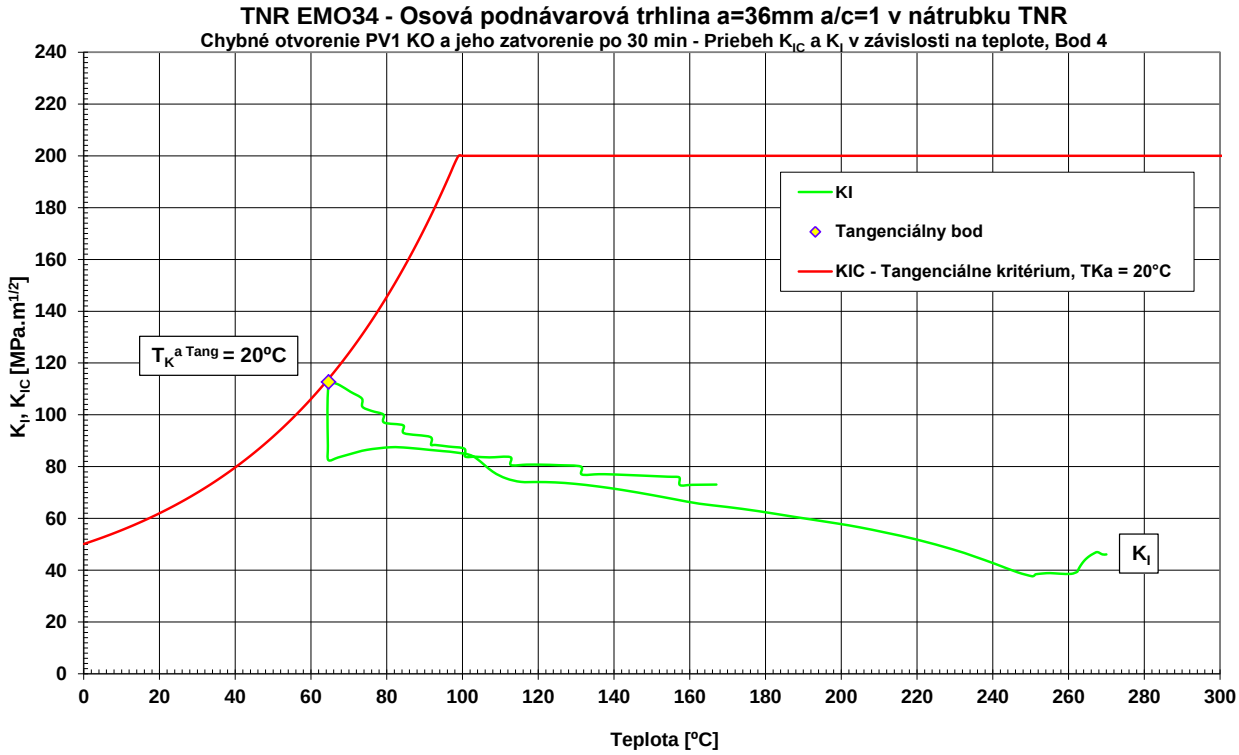


Obr. 7.2.1.10.2-A-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.2-A-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku



Obr. 7.2.1.10.2-A-37: Určenie T_{Ka} , osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

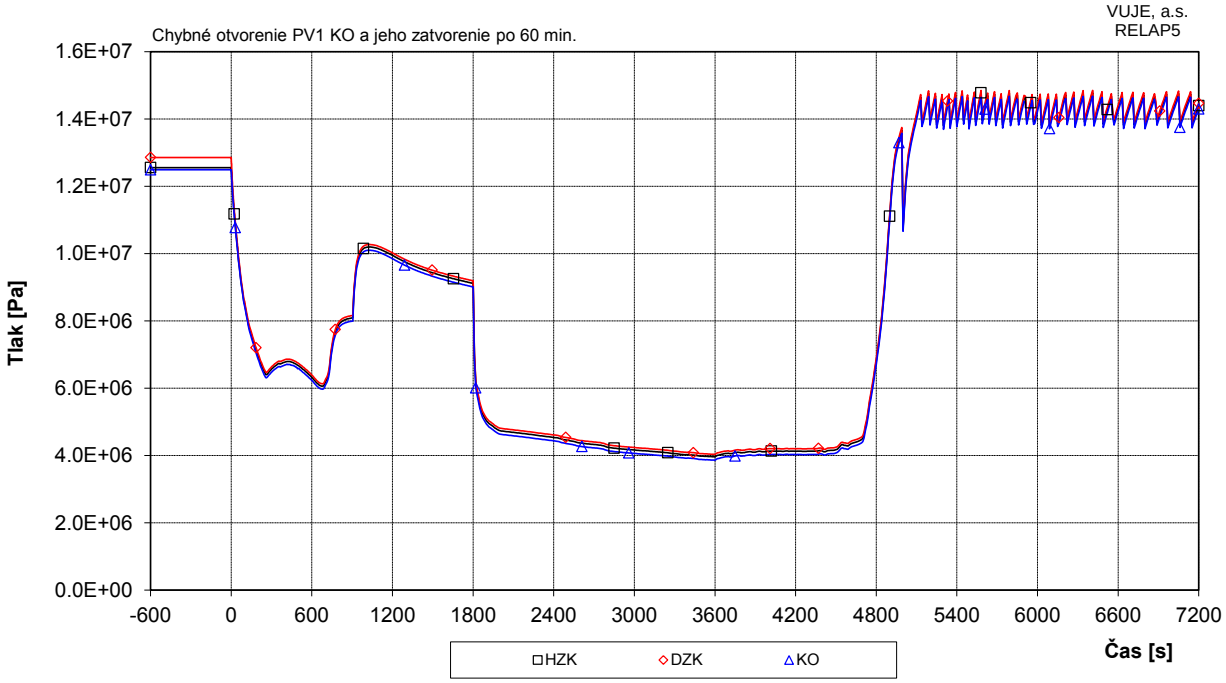
Príloha č. 11

7.2.1.10.2 Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu

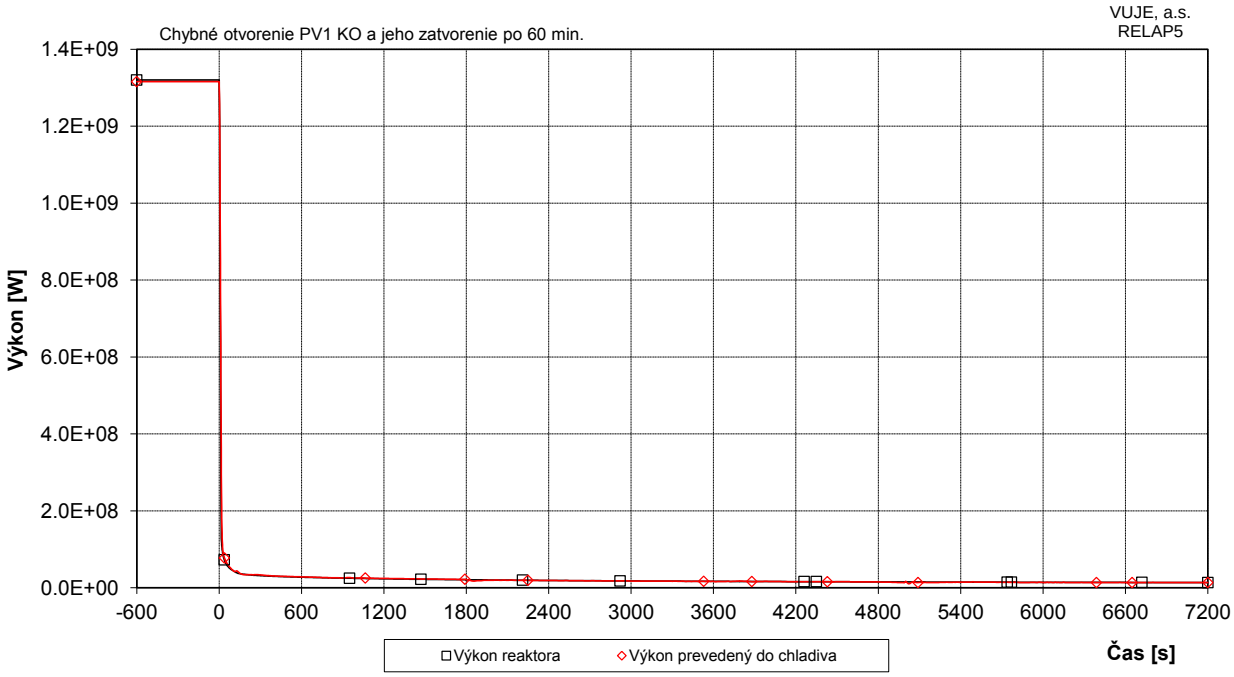
Scenár B Chybné otvorenie PV1 KO a jeho zatvorenie po 60 min.

ZOZNAM OBRÁZKOV

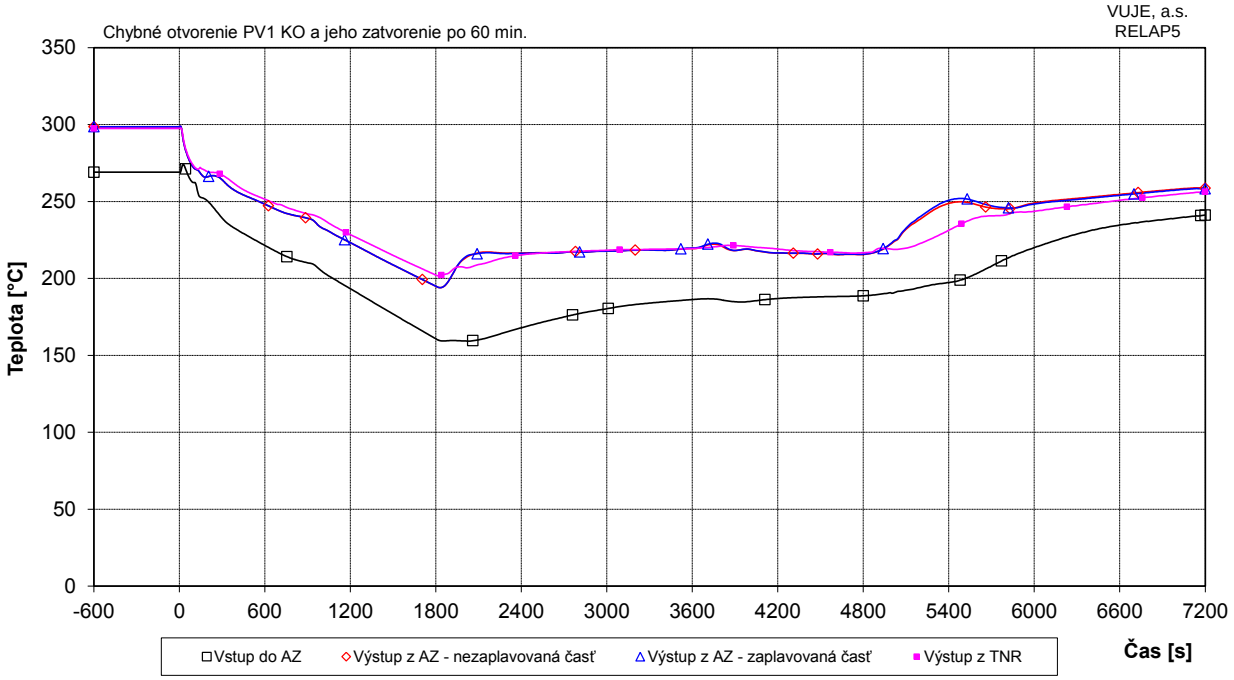
Obr. 7.2.1.10.2-B-1: Tlak v I.O. 2
Obr. 7.2.1.10.2-B-2: Výkon reaktora 2
Obr. 7.2.1.10.2-B-3: Teplota chladiva v TNR 3
Obr. 7.2.1.10.2-B-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR 3
Obr. 7.2.1.10.2-B-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR 4
Obr. 7.2.1.10.2-B-6: Celkový výkon EOKO 4
Obr. 7.2.1.10.2-B-7: Celková hladina v KO 5
Obr. 7.2.1.10.2-B-8: Hladina chladiva v TNR 5
Obr. 7.2.1.10.2-B-9: Hmotnostný prietok cez reaktor 6
Obr. 7.2.1.10.2-B-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR 6
Obr. 7.2.1.10.2-B-11: Doplňovanie do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.2-B-12: Integrál doplňovania do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.2-B-13: Výkon PG 8
Obr. 7.2.1.10.2-B-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO 8
Obr. 7.2.1.10.2-B-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO 9
Obr. 7.2.1.10.2-B-16: Hmotnosť chladiva v I.O. 9
Obr. 7.2.1.10.2-B-17: Tlak na výstupe z PG 10
Obr. 7.2.1.10.2-B-18: Tlak v HPK 10
Obr. 7.2.1.10.2-B-19: Celková hladina v PG 11
Obr. 7.2.1.10.2-B-20: Celkový prietok napájacej vody do PG 11
Obr. 7.2.1.10.2-B-21: Prietok pary z PG 12
Obr. 7.2.1.10.2-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch 12
Obr. 7.2.1.10.2-B-23: Prietok pary do TG 13
Obr. 7.2.1.10.2-B-24: Podchladenie na výstupe z reaktora 13
Obr. 7.2.1.10.2-B-25: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O. 14



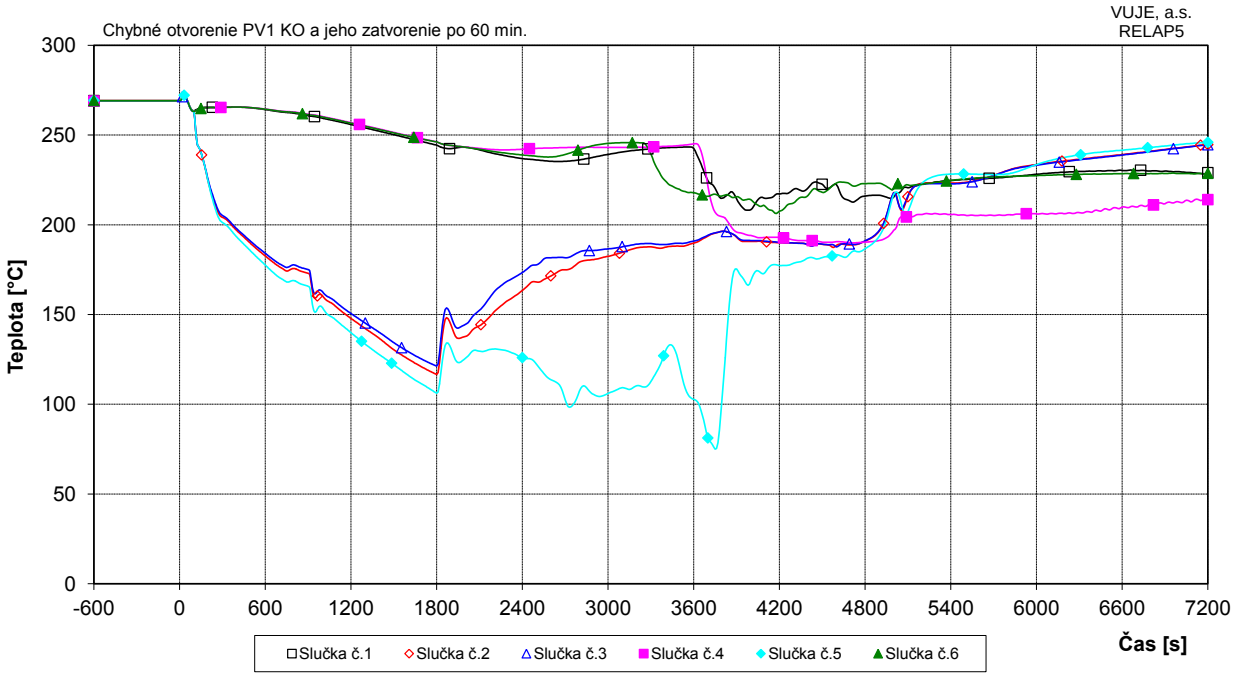
Obr. 7.2.1.10.2-B-1: Tlak v I.O.



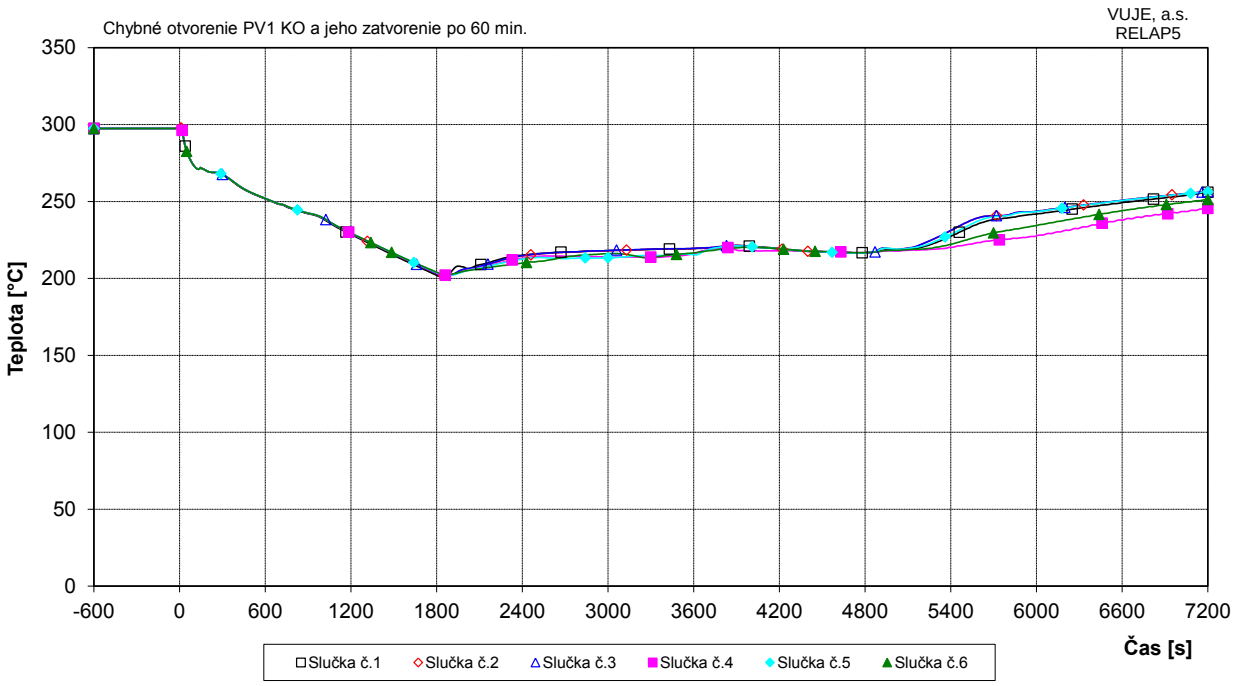
Obr. 7.2.1.10.2-B-2: Výkon reaktora



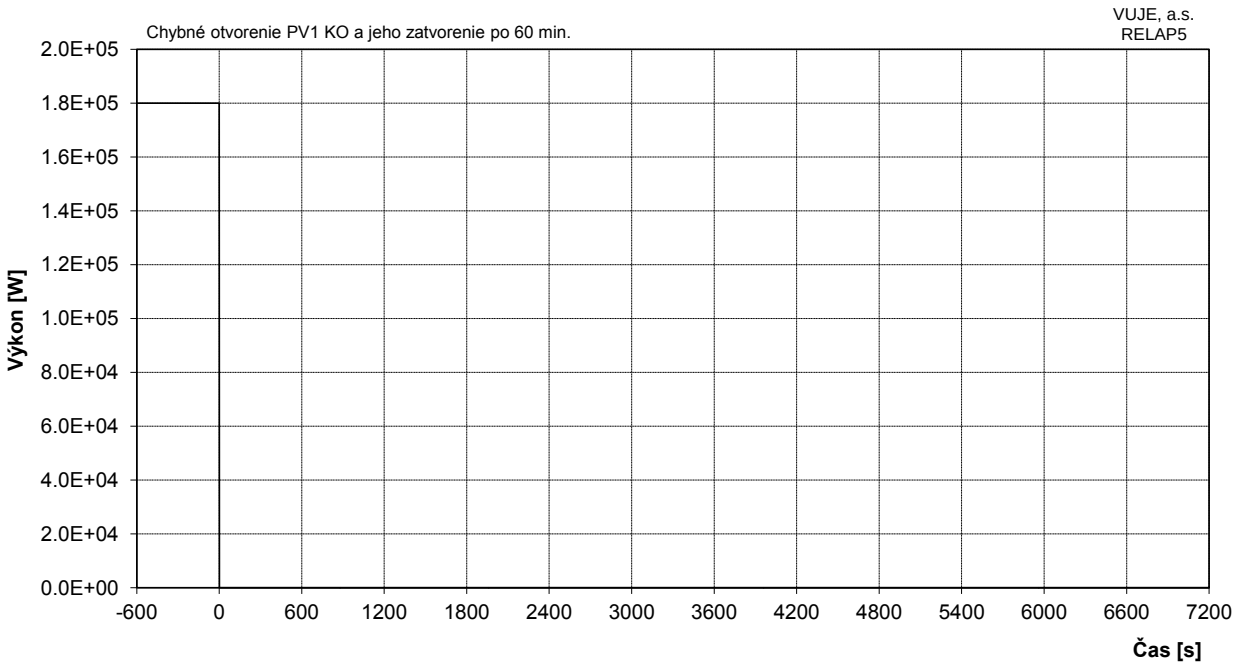
Obr. 7.2.1.10.2-B-3: Teplota chladiva v TNR



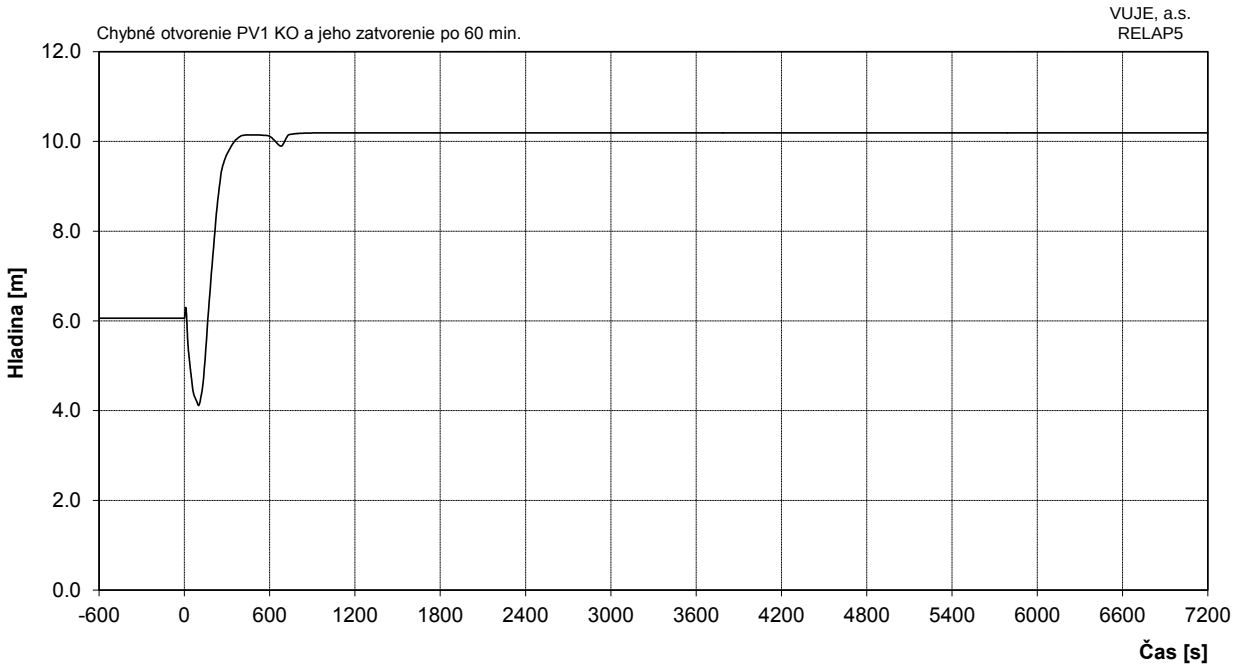
Obr. 7.2.1.10.2-B-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



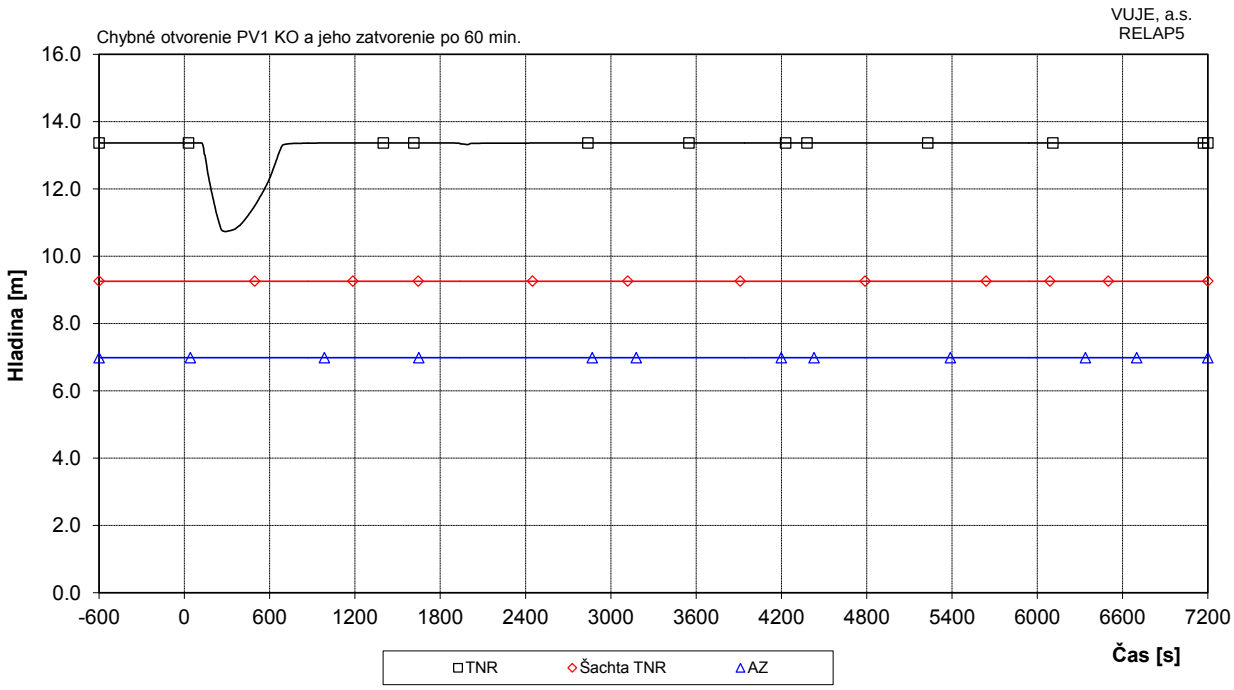
Obr. 7.2.1.10.2-B-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



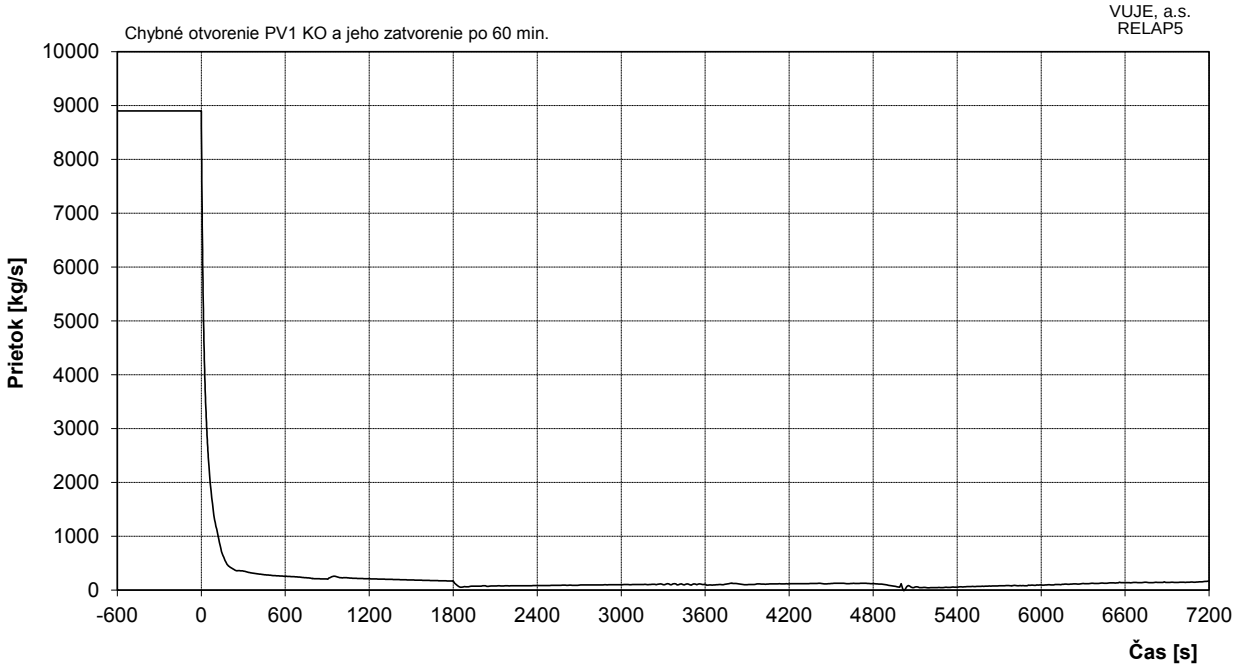
Obr. 7.2.1.10.2-B-6: Celkový výkon EOKO



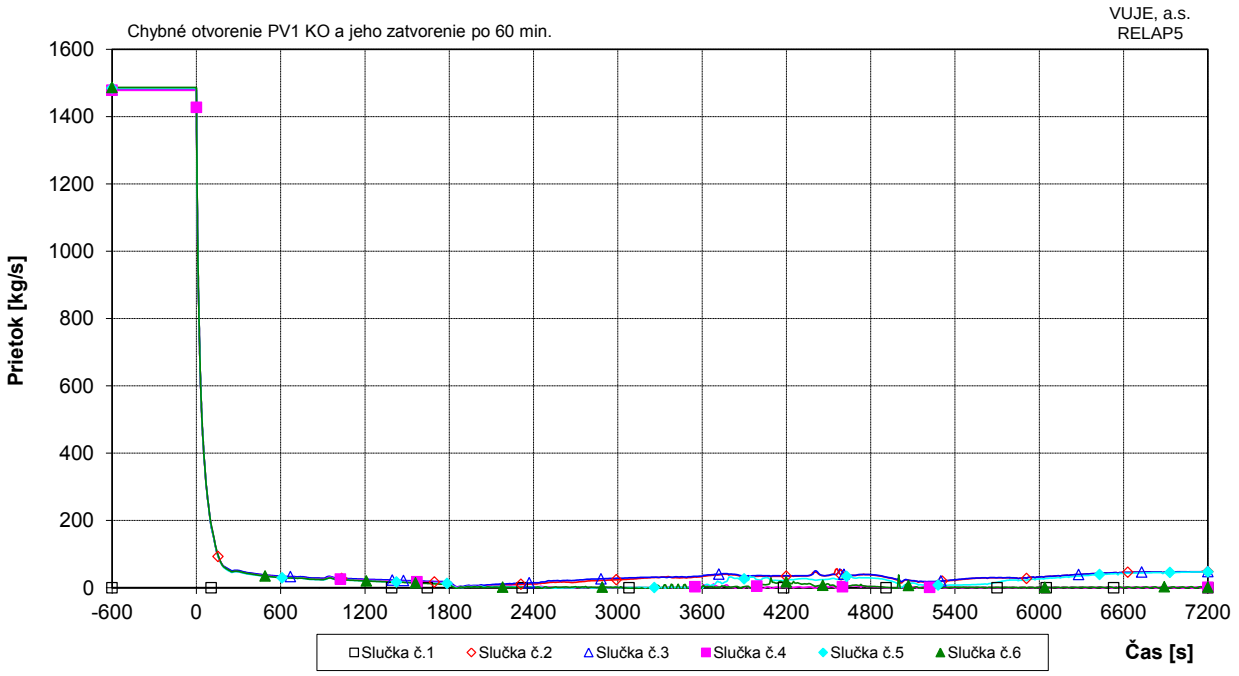
Obr. 7.2.1.10.2-B-7: Celková hladina v KO



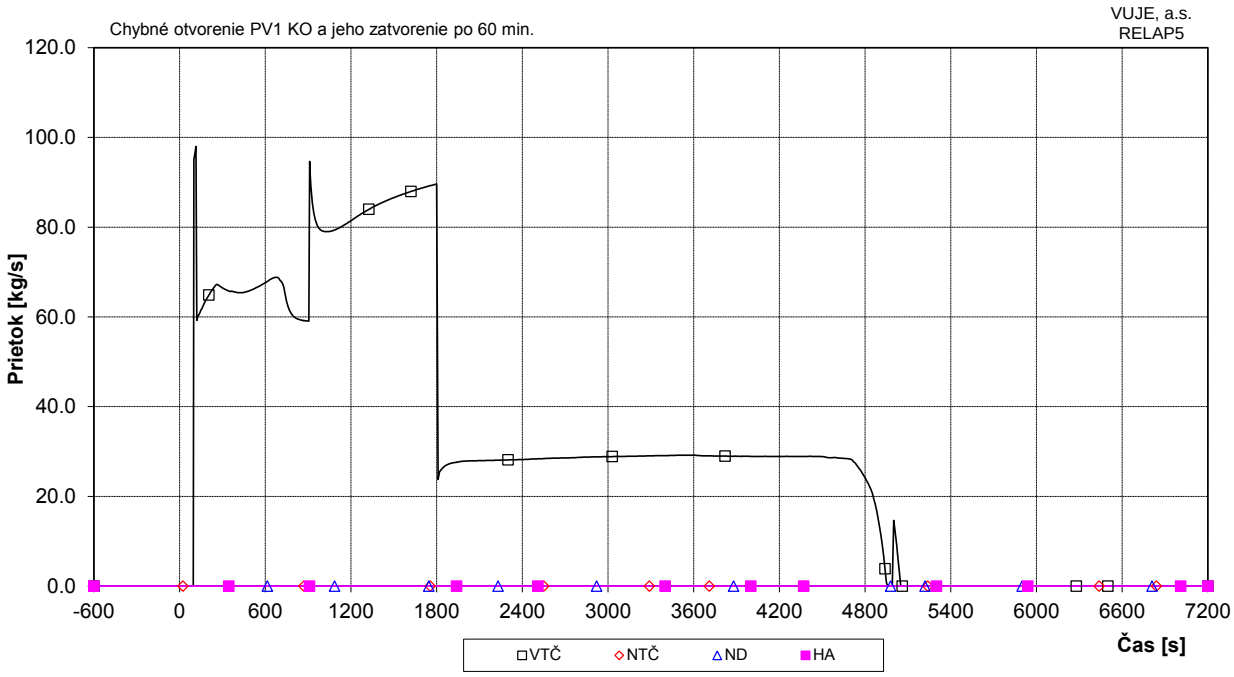
Obr. 7.2.1.10.2-B-8: Hladina chladiva v TNR



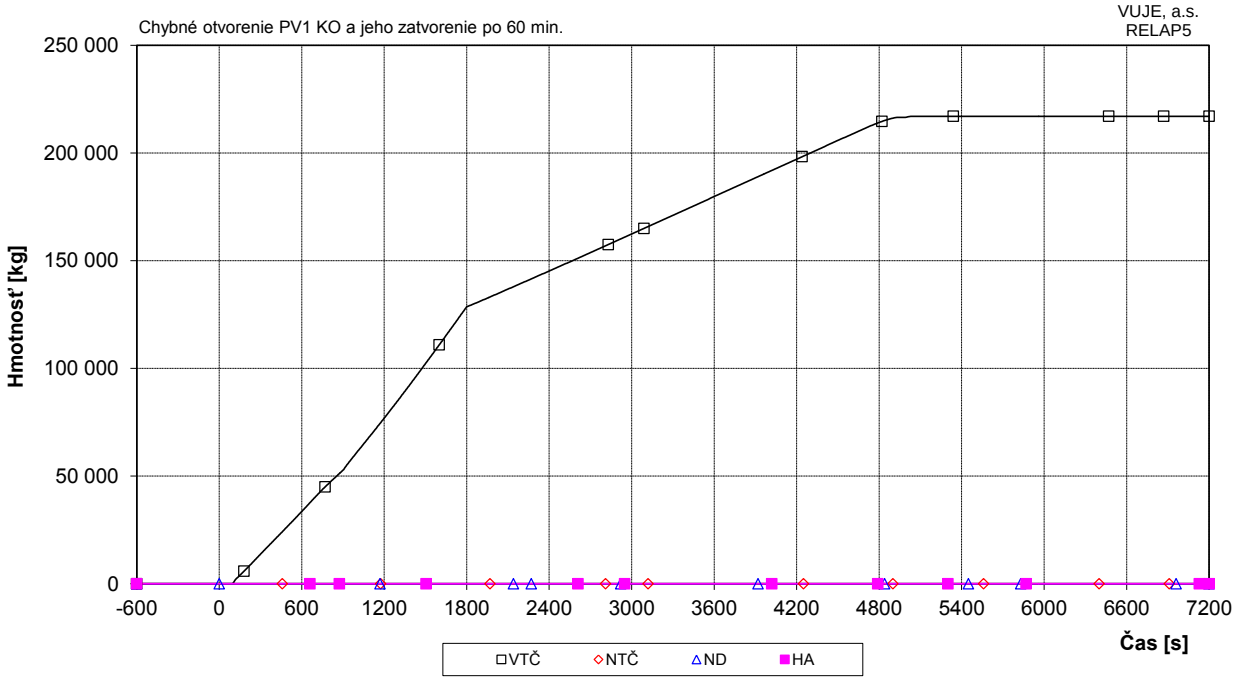
Obr. 7.2.1.10.2-B-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



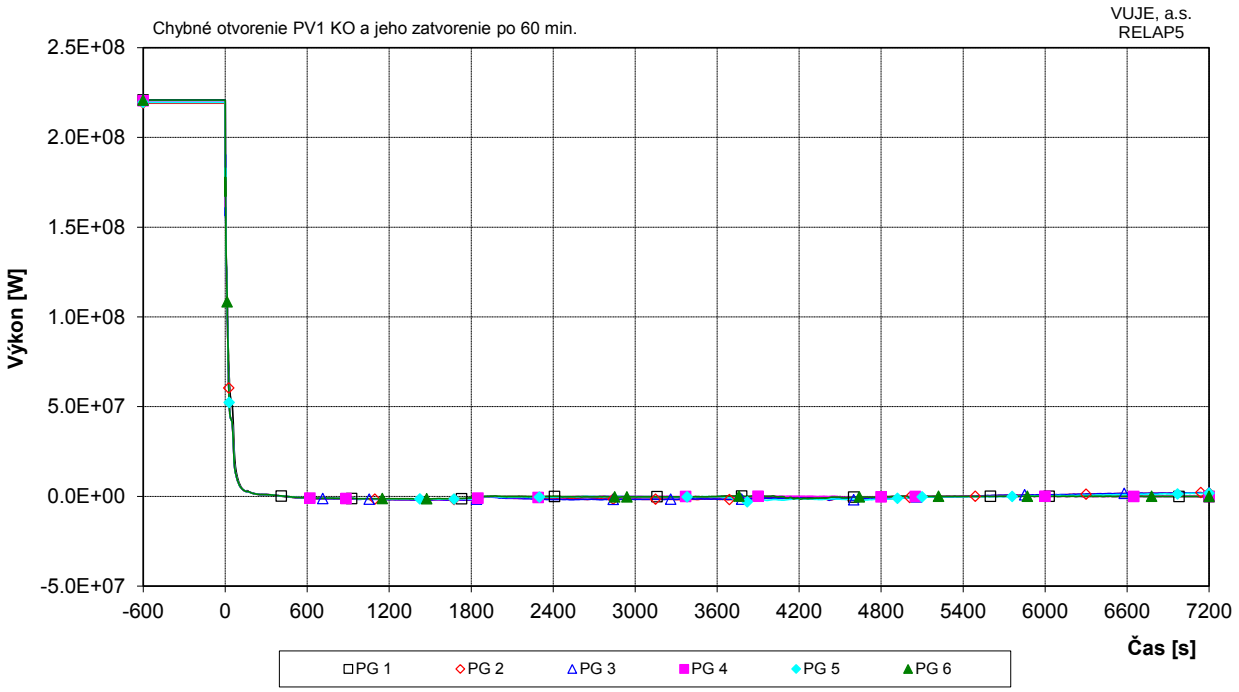
Obr. 7.2.1.10.2-B-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



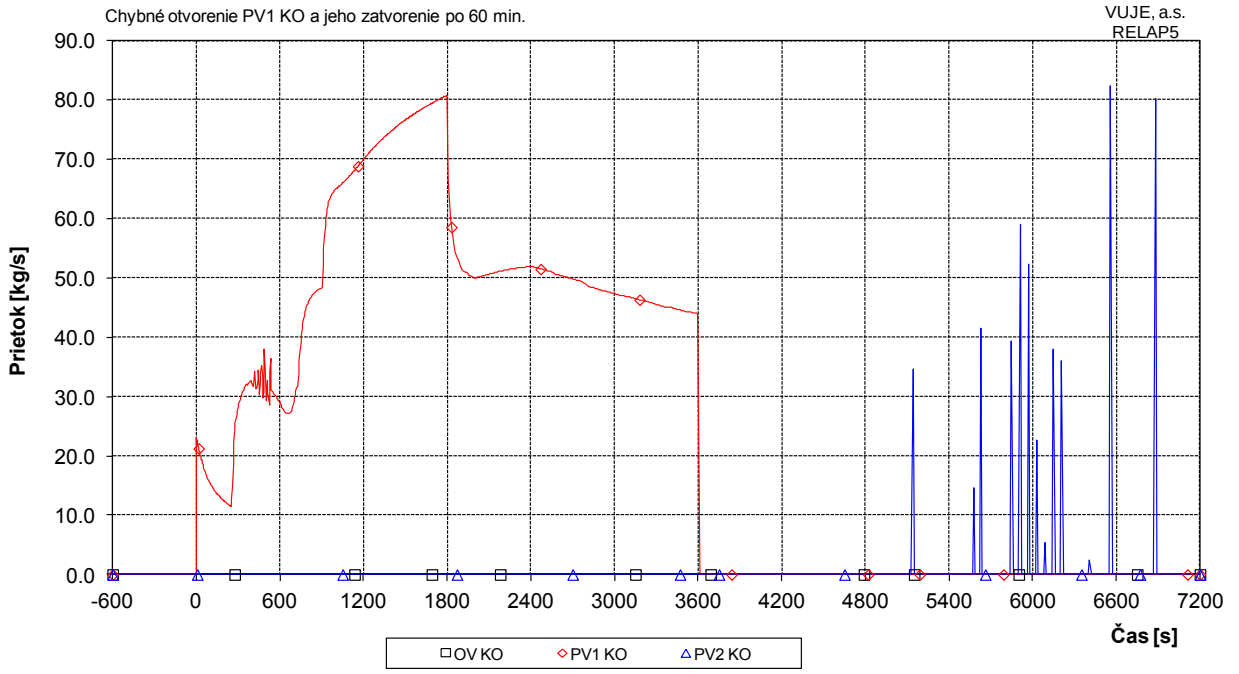
Obr. 7.2.1.10.2-B-11: Doplňovanie do I.O.



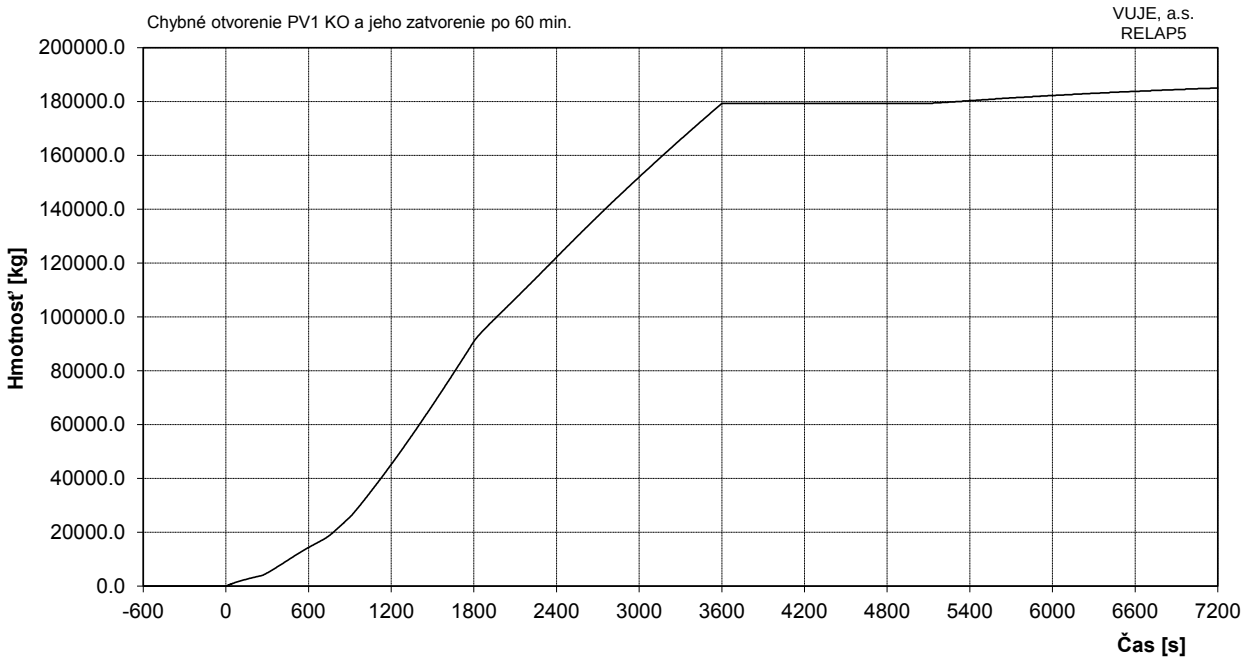
Obr. 7.2.1.10.2-B-12: Integrál doplňovania do I.O.



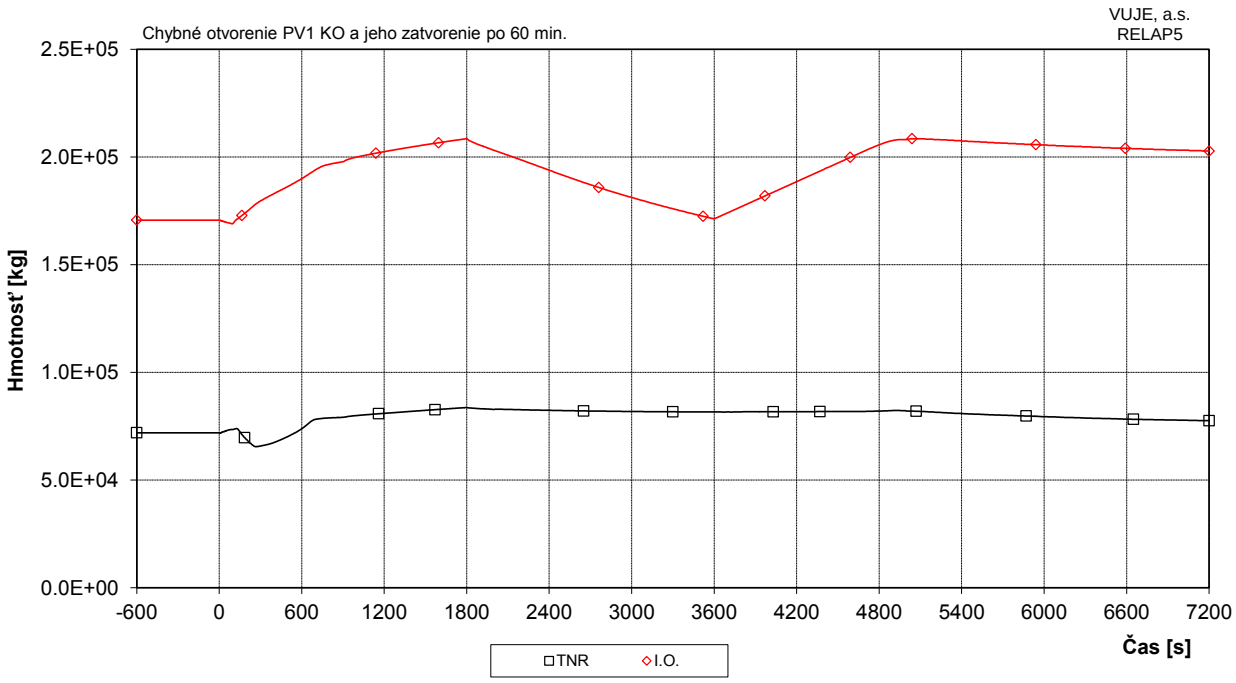
Obr. 7.2.1.10.2-B-13: Výkon PG



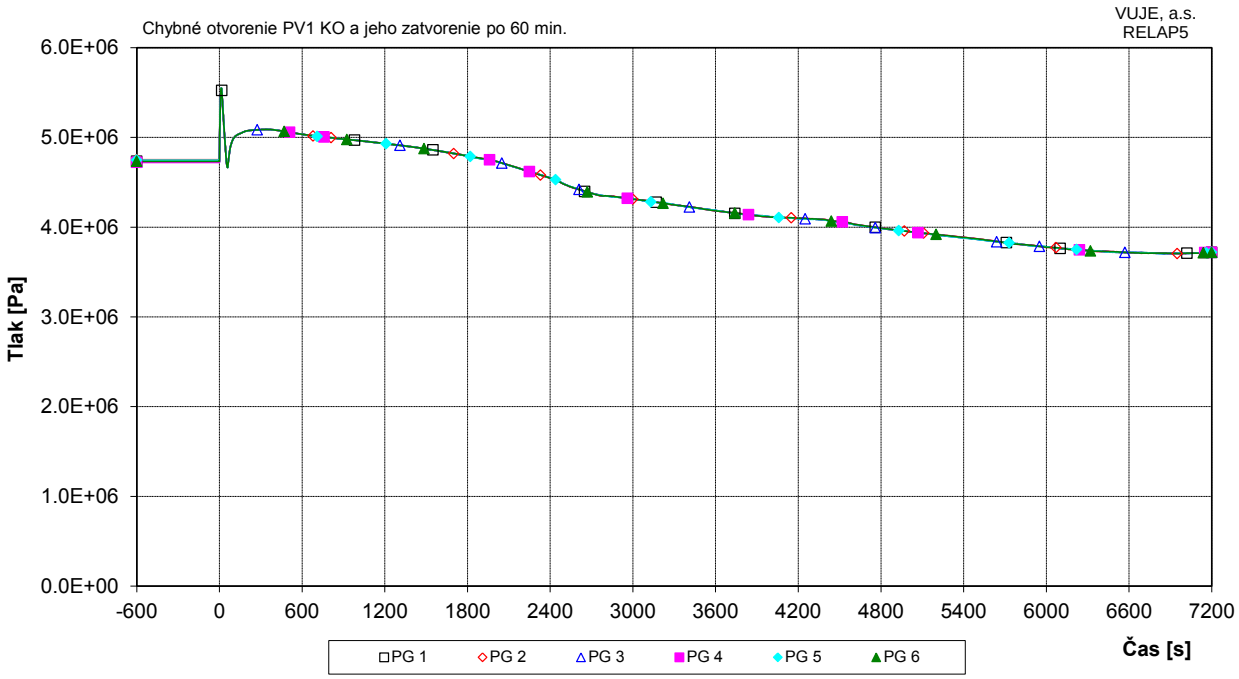
Obr. 7.2.1.10.2-B-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



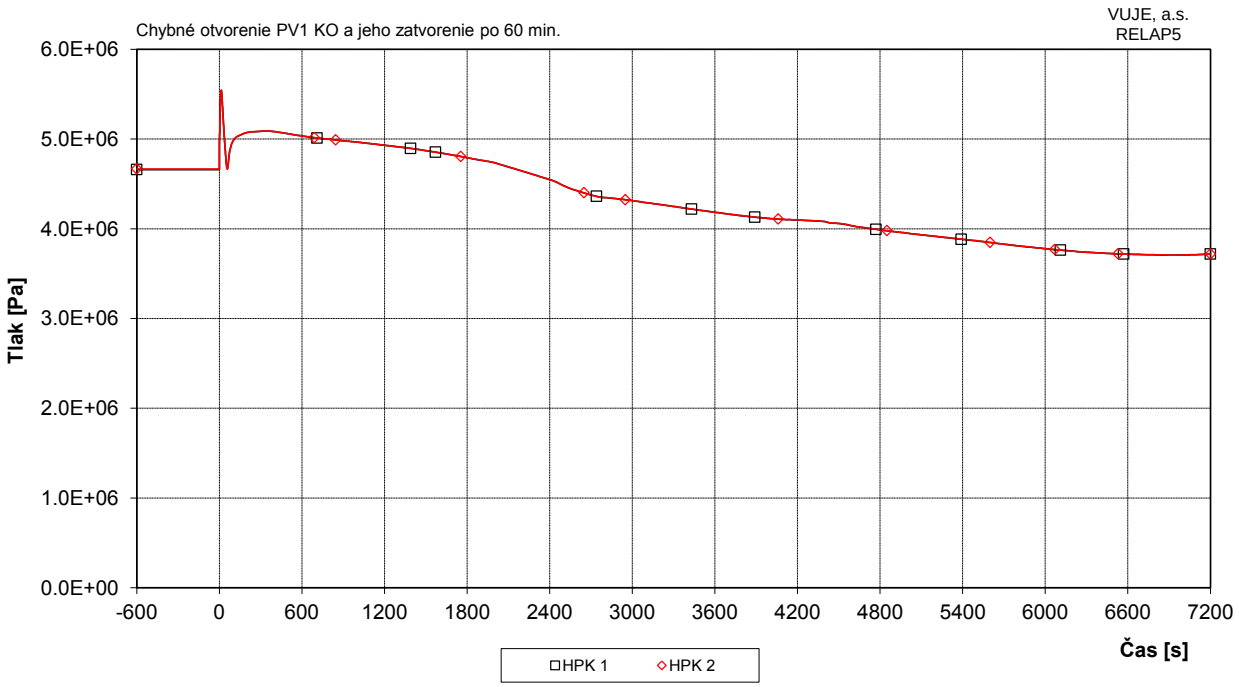
Obr. 7.2.1.10.2-B-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



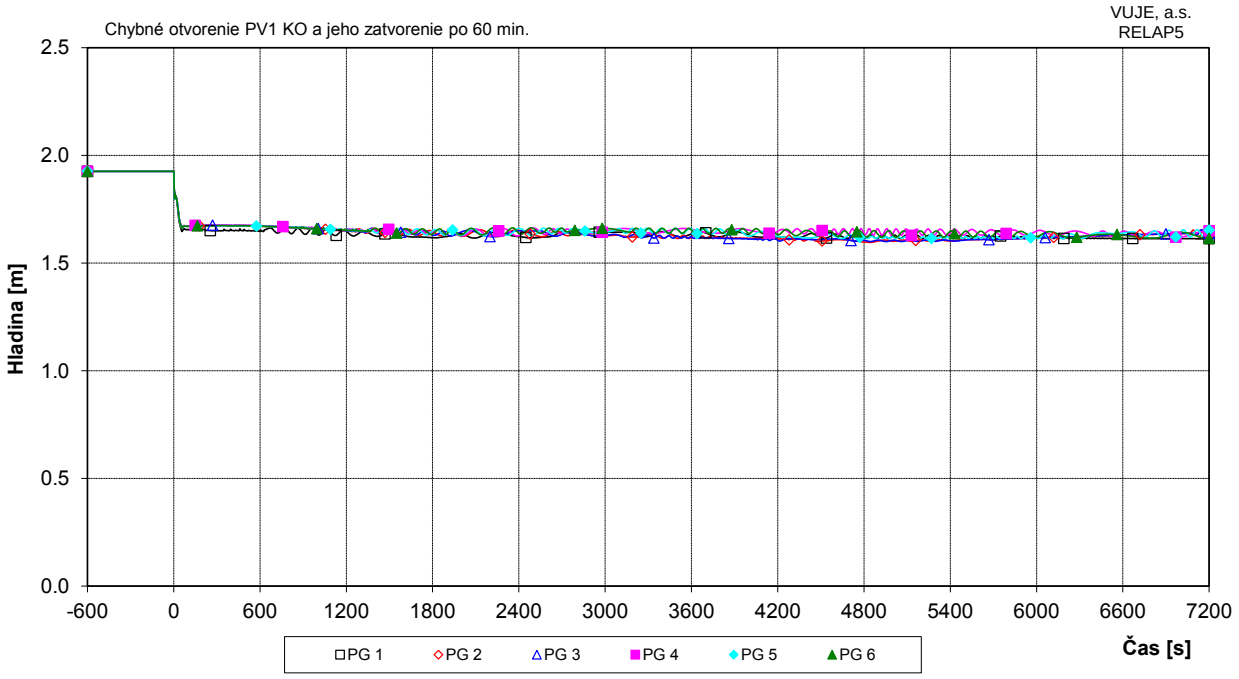
Obr. 7.2.1.10.2-B-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



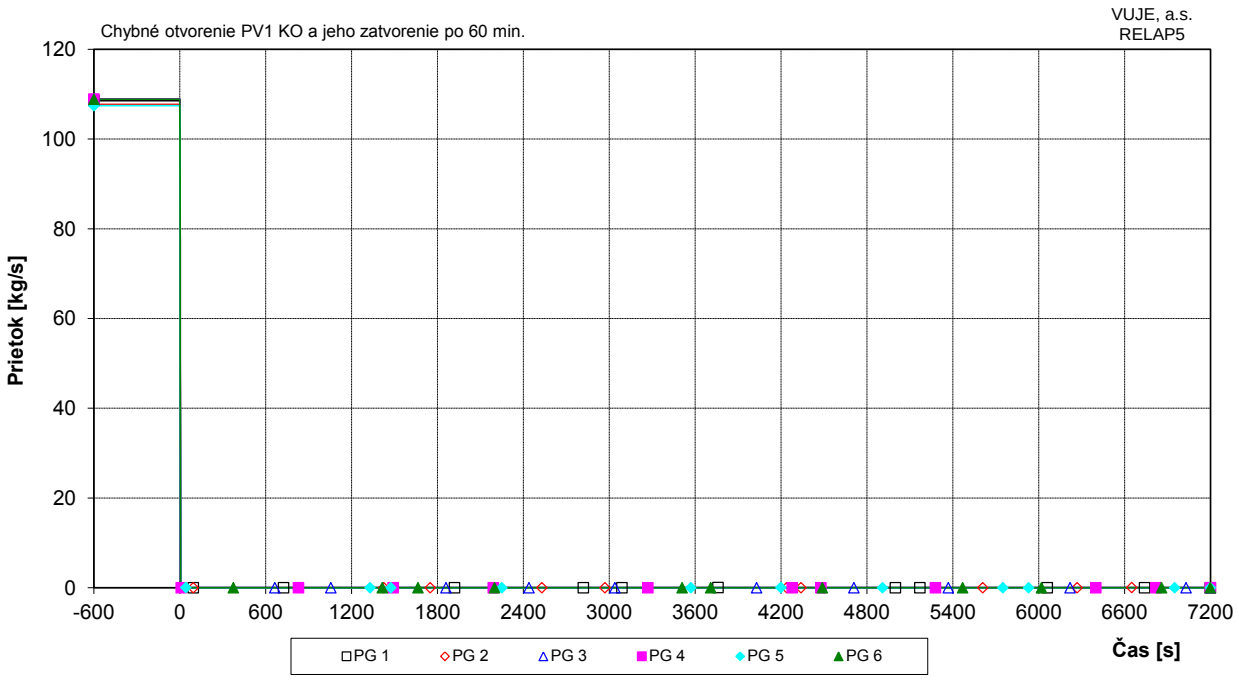
Obr. 7.2.1.10.2-B-17: Tlak na výstupe z PG



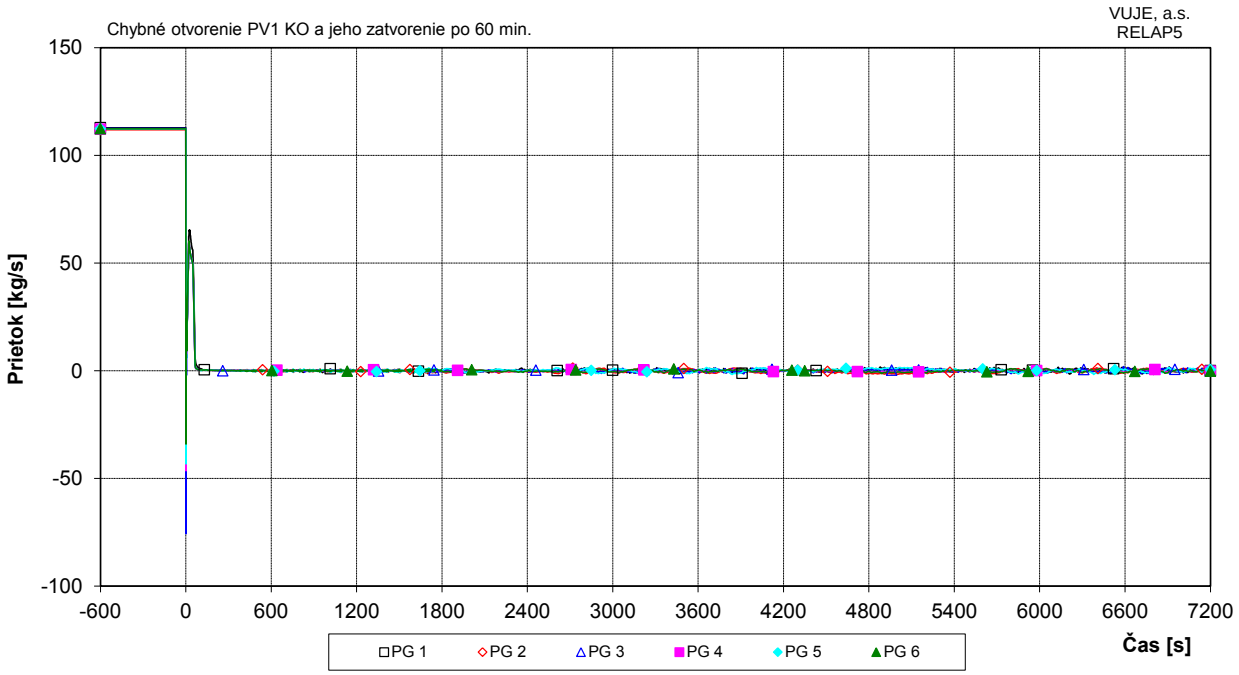
Obr. 7.2.1.10.2-B-18: Tlak v HPK



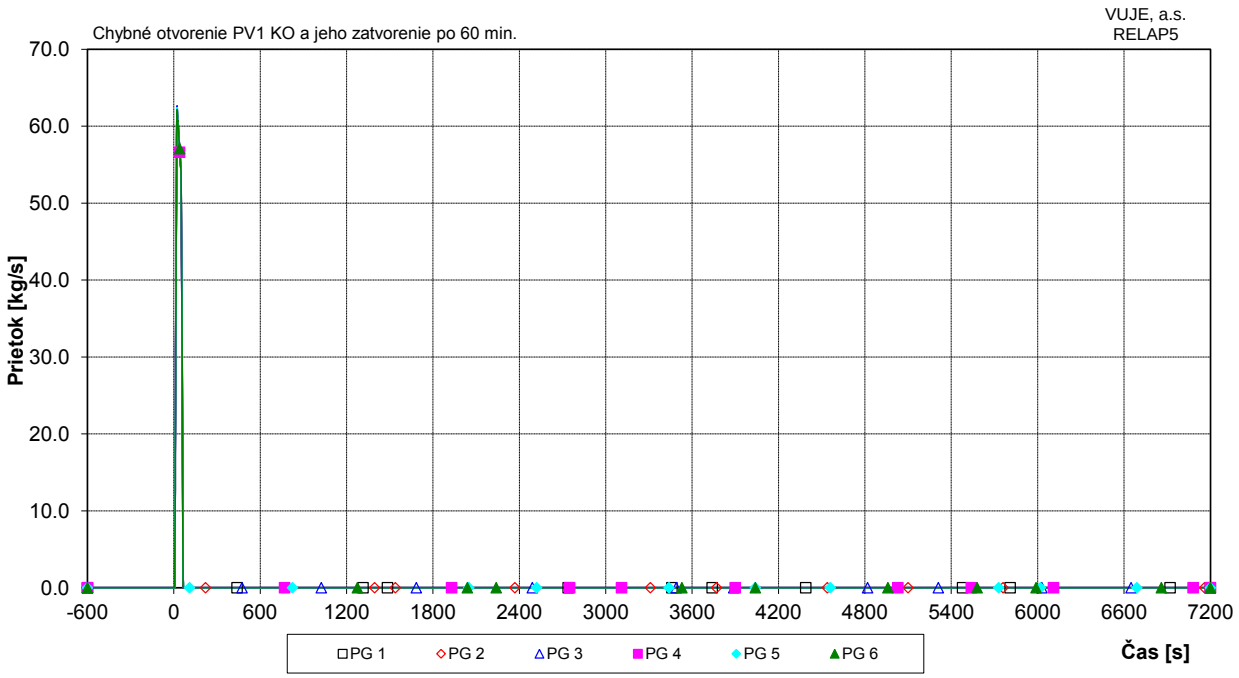
Obr. 7.2.1.10.2-B-19: Celková hladina v PG



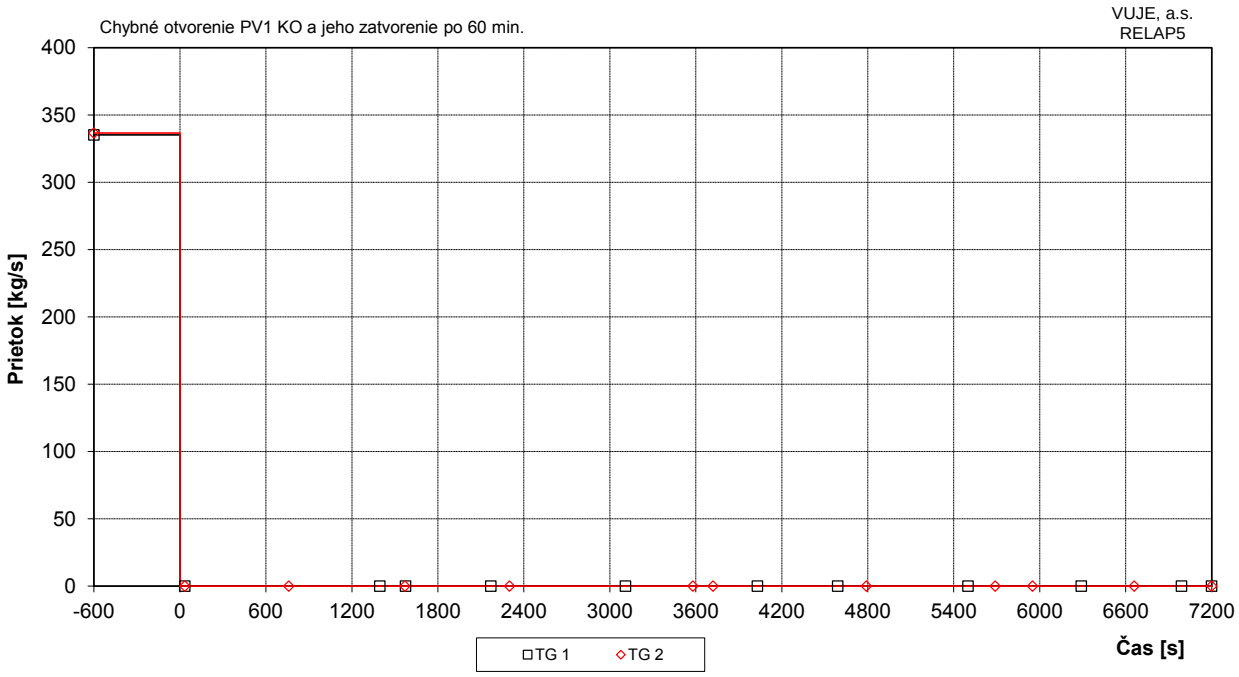
Obr. 7.2.1.10.2-B-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



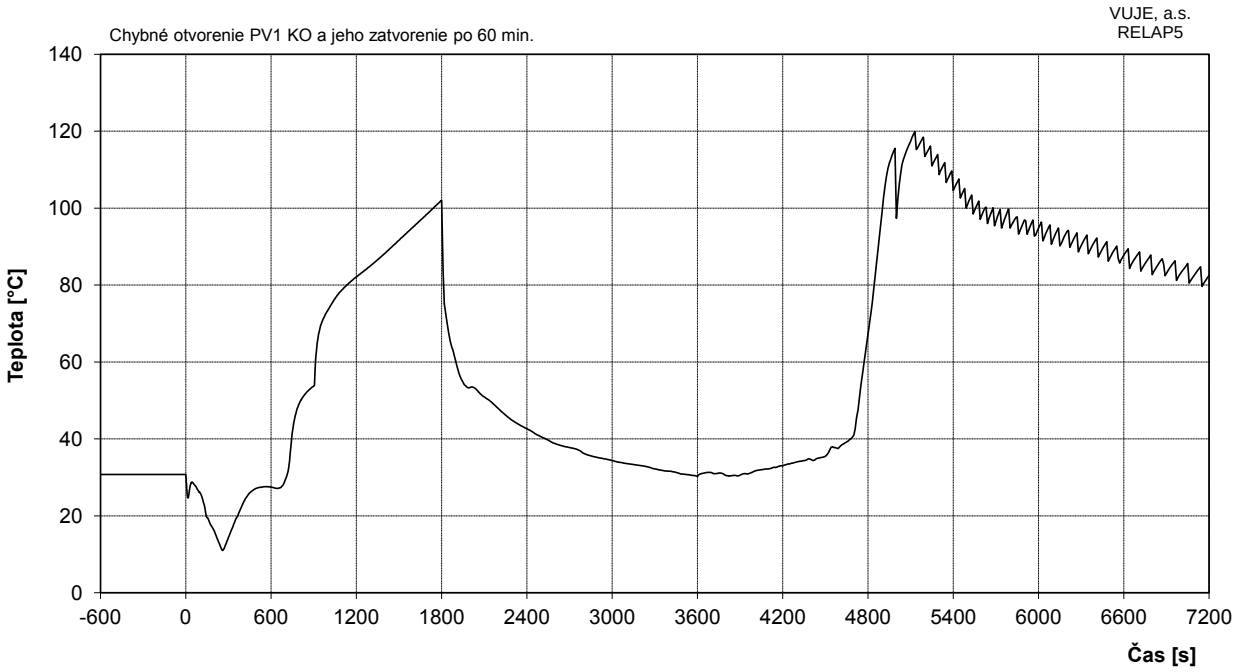
Obr. 7.2.1.10.2-B-21: Prietok pary z PG



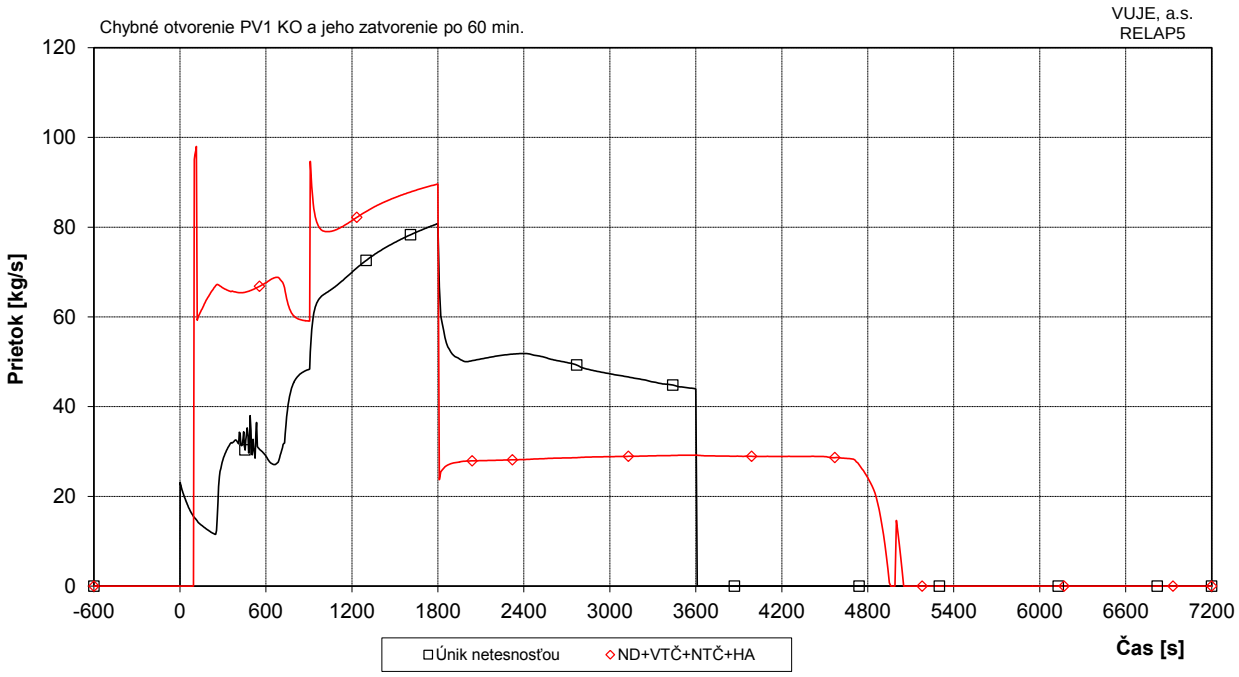
Obr. 7.2.1.10.2-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.10.2-B-23: Prietok pary do TG



Obr. 7.2.1.10.2-B-24: Podchladenie na výstupe z reaktora



Obr. 7.2.1.10.2-B-25: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O.

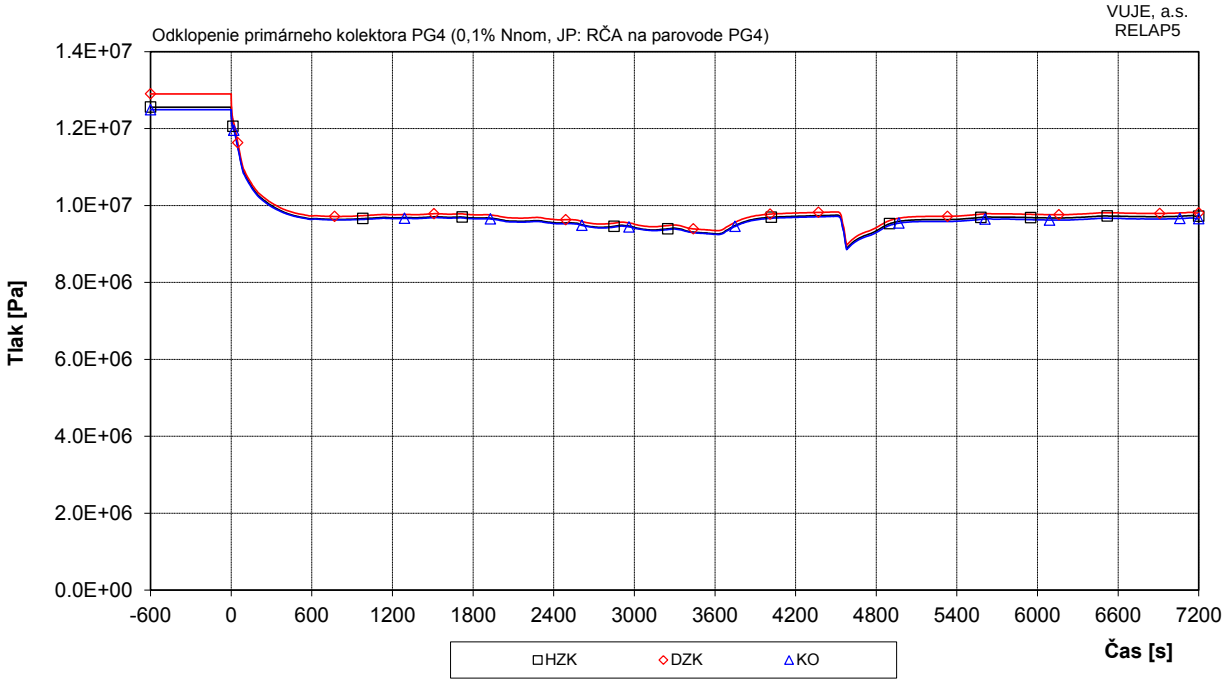
Príloha č. 12

7.2.1.10.3 Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu

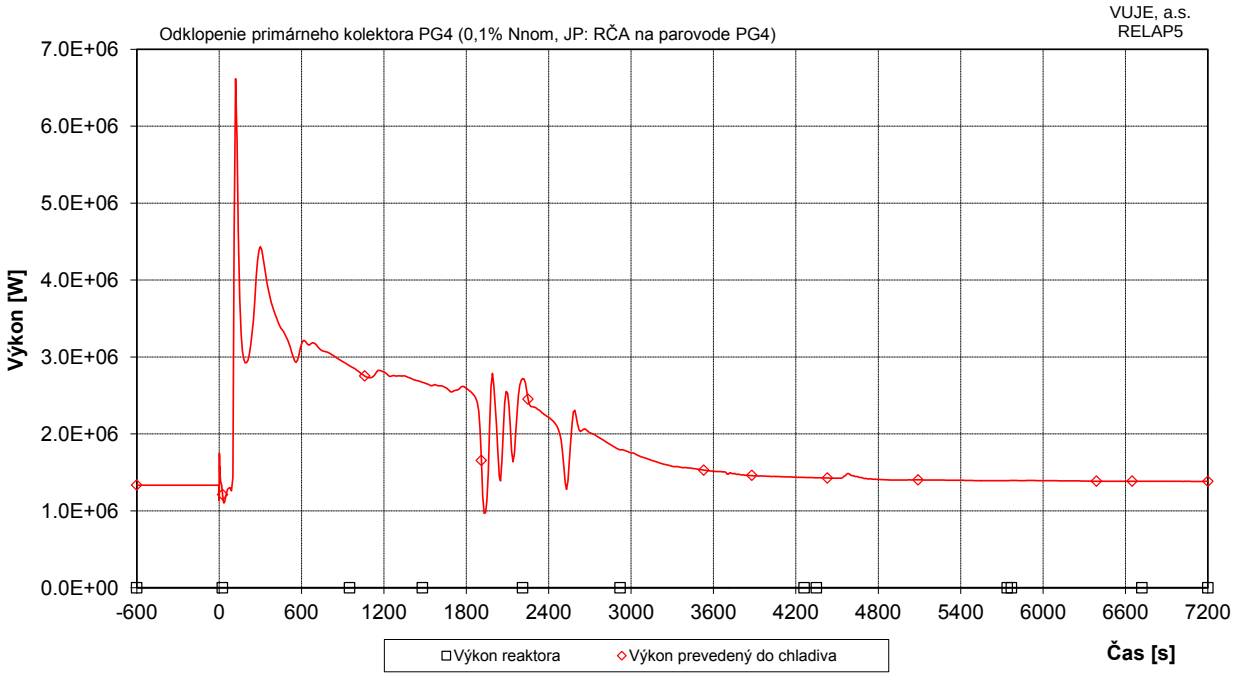
Scenár A Odklopenie primárneho kolektora PG4

ZOZNAM OBRÁZKOV

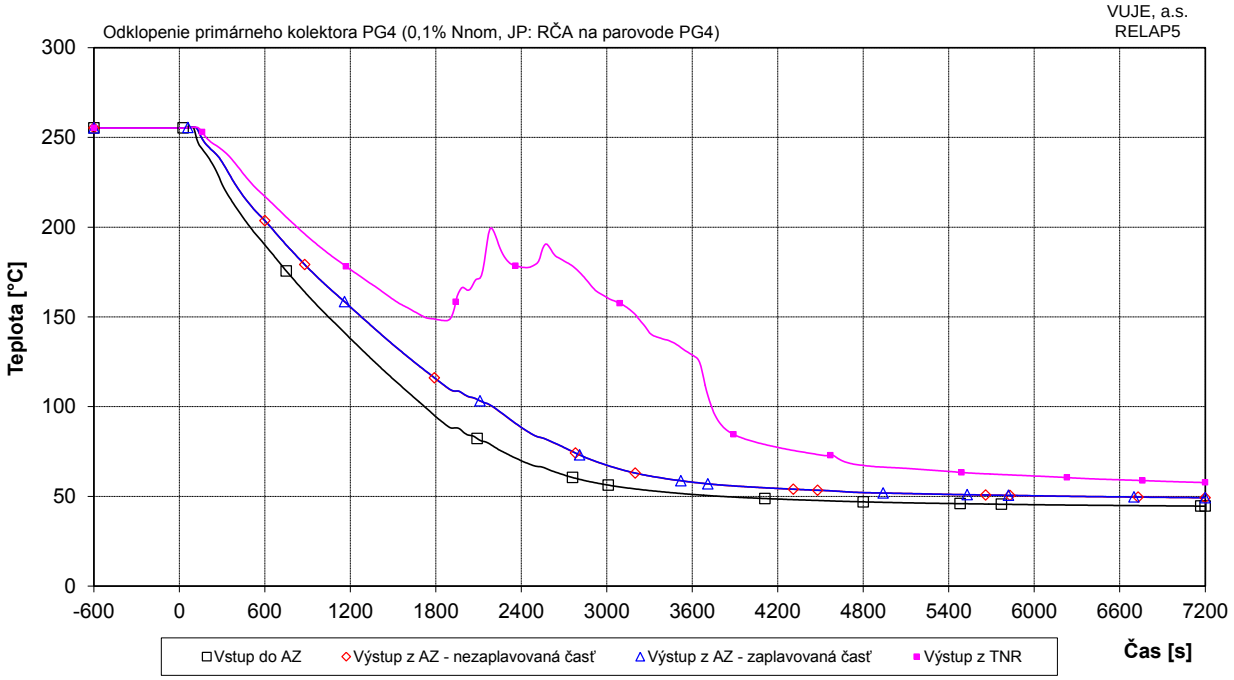
Obr. 7.2.1.10.3-A-1: Tlak v I.O. 2
Obr. 7.2.1.10.3-A-2: Výkon reaktora 2
Obr. 7.2.1.10.3-A-3: Teplota chladiva v TNR 3
Obr. 7.2.1.10.3-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR 3
Obr. 7.2.1.10.3-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR 4
Obr. 7.2.1.10.3-A-6: Celkový výkon EOKO 4
Obr. 7.2.1.10.3-A-7: Celková hladina v KO 5
Obr. 7.2.1.10.3-A-8: Hladina chladiva v TNR 5
Obr. 7.2.1.10.3-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor 6
Obr. 7.2.1.10.3-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR 6
Obr. 7.2.1.10.3-A-11: Doplňovanie do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.3-A-12: Integrál doplňovania do I.O. 7
Obr. 7.2.1.10.3-A-13: Výkon PG 8
Obr. 7.2.1.10.3-A-14: Hmotnosť chladiva v I.O. 8
Obr. 7.2.1.10.3-A-15: Tlak na výstupe z PG 9
Obr. 7.2.1.10.3-A-16: Tlak v HPK 9
Obr. 7.2.1.10.3-A-17: Celková hladina v PG 10
Obr. 7.2.1.10.3-A-18: Celkový prietok napájacej vody do PG 10
Obr. 7.2.1.10.3-A-19: Prietok pary z PG 11
Obr. 7.2.1.10.3-A-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch 11
Obr. 7.2.1.10.3-A-21: Prietok pary do TG 12
Obr. 7.2.1.10.3-A-22: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O. 12
Obr. 7.2.1.10.3-A-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,3,5 13
Obr. 7.2.1.10.3-A-24: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,3,5 13
Obr. 7.2.1.10.3-A-25: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 14
Obr. 7.2.1.10.3-A-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 14
Obr. 7.2.1.10.3-A-27: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 15
Obr. 7.2.1.10.3-A-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 15
Obr. 7.2.1.10.3-A-29: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 16
Obr. 7.2.1.10.3-A-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 16
Obr. 7.2.1.10.3-A-31: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 17
Obr. 7.2.1.10.3-A-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 17
Obr. 7.2.1.10.3-A-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR 18
Obr. 7.2.1.10.3-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 18



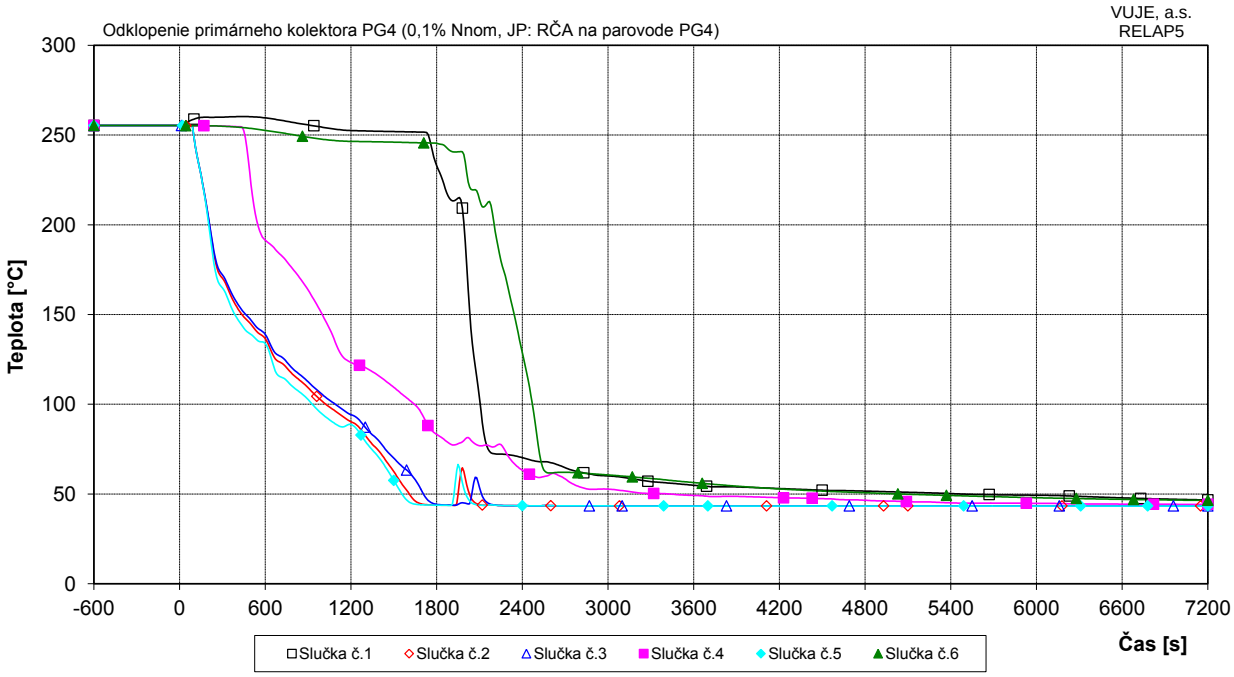
Obr. 7.2.1.10.3-A-1: Tlak v I.O.



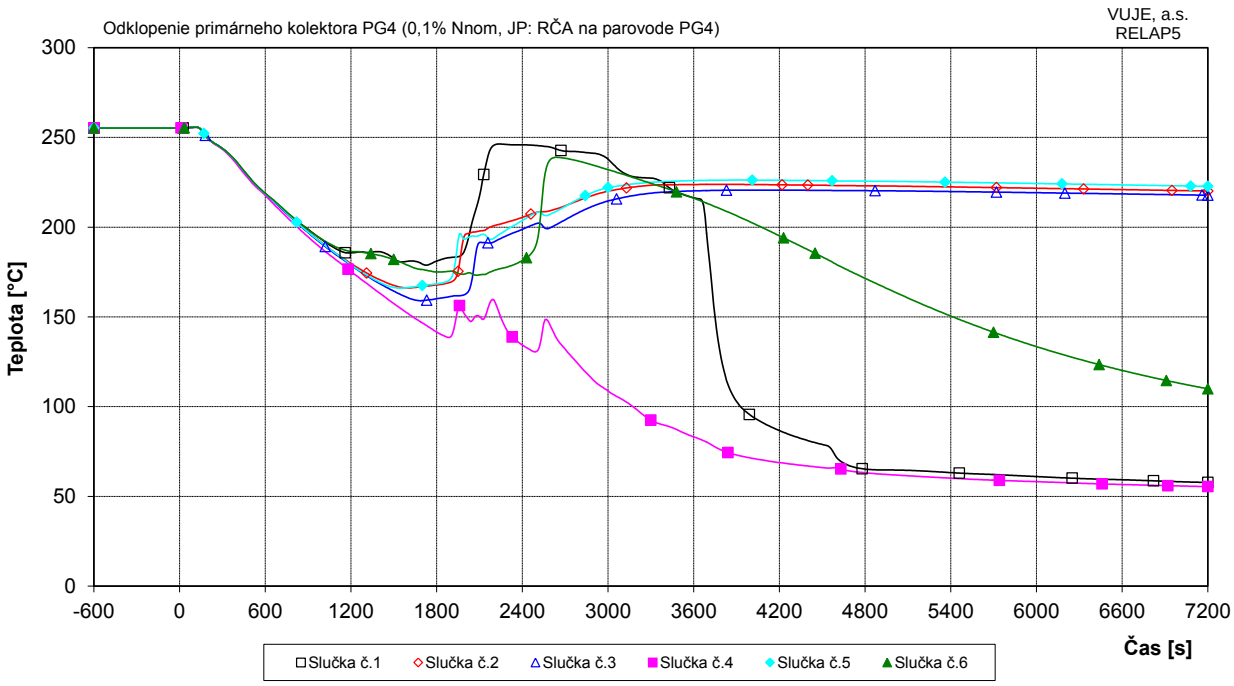
Obr. 7.2.1.10.3-A-2: Výkon reaktora



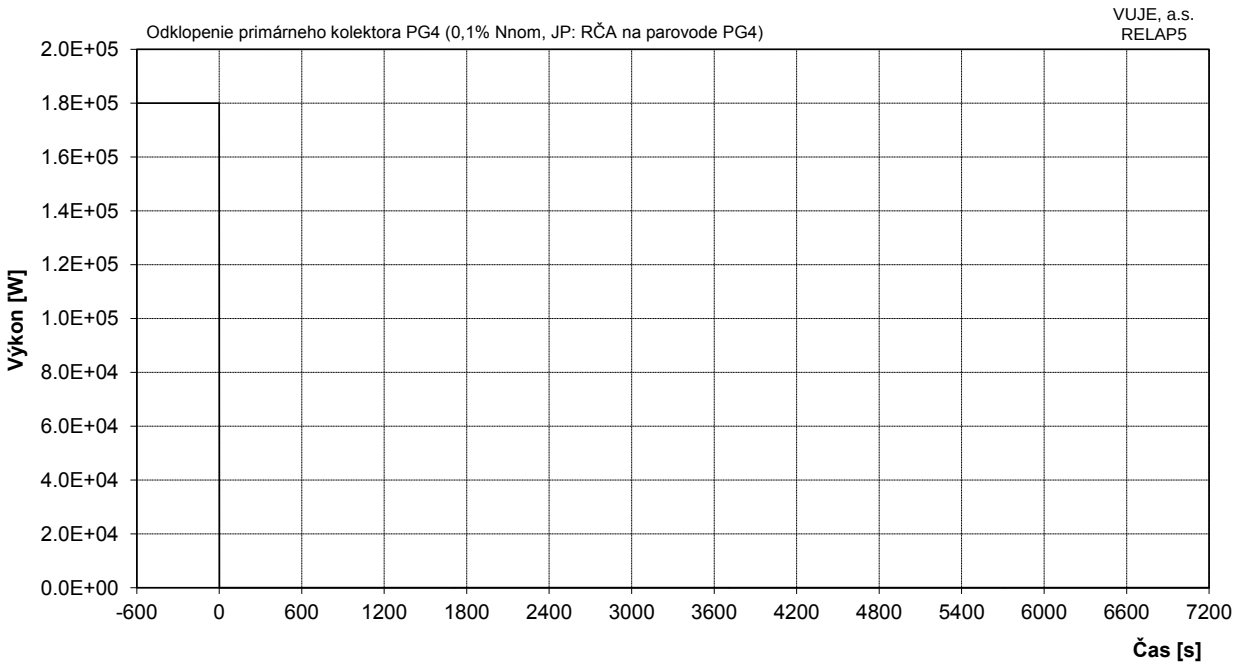
Obr. 7.2.1.10.3-A-3: Teplota chladiva v TNR



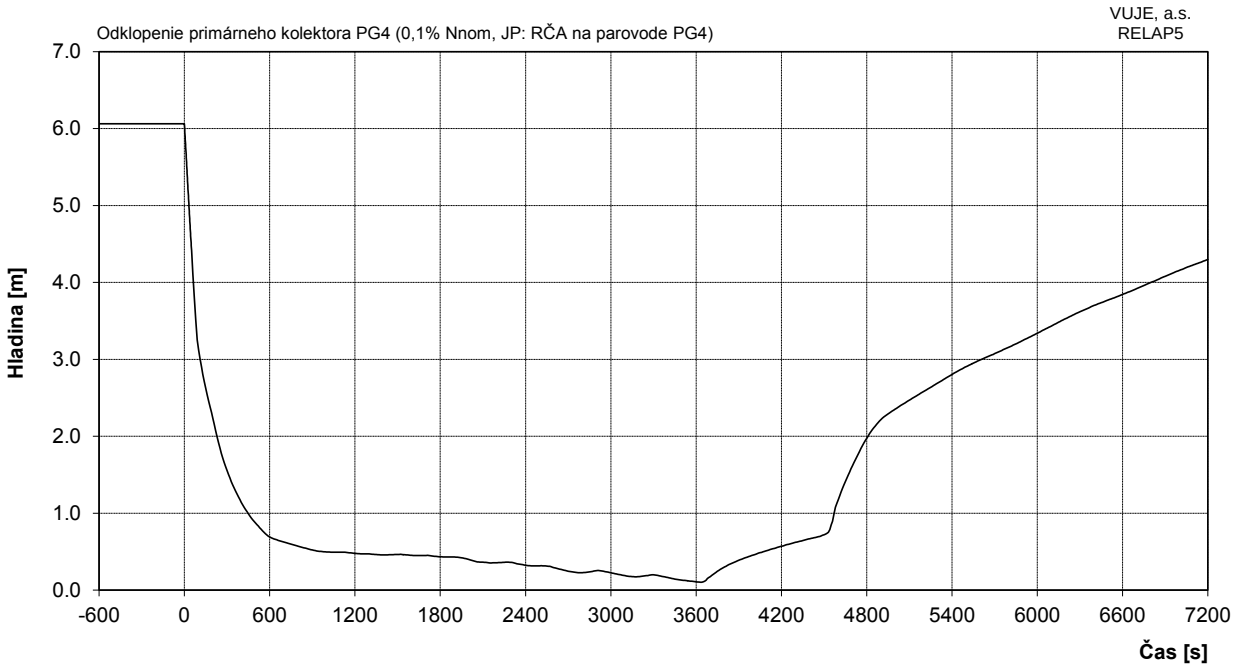
Obr. 7.2.1.10.3-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



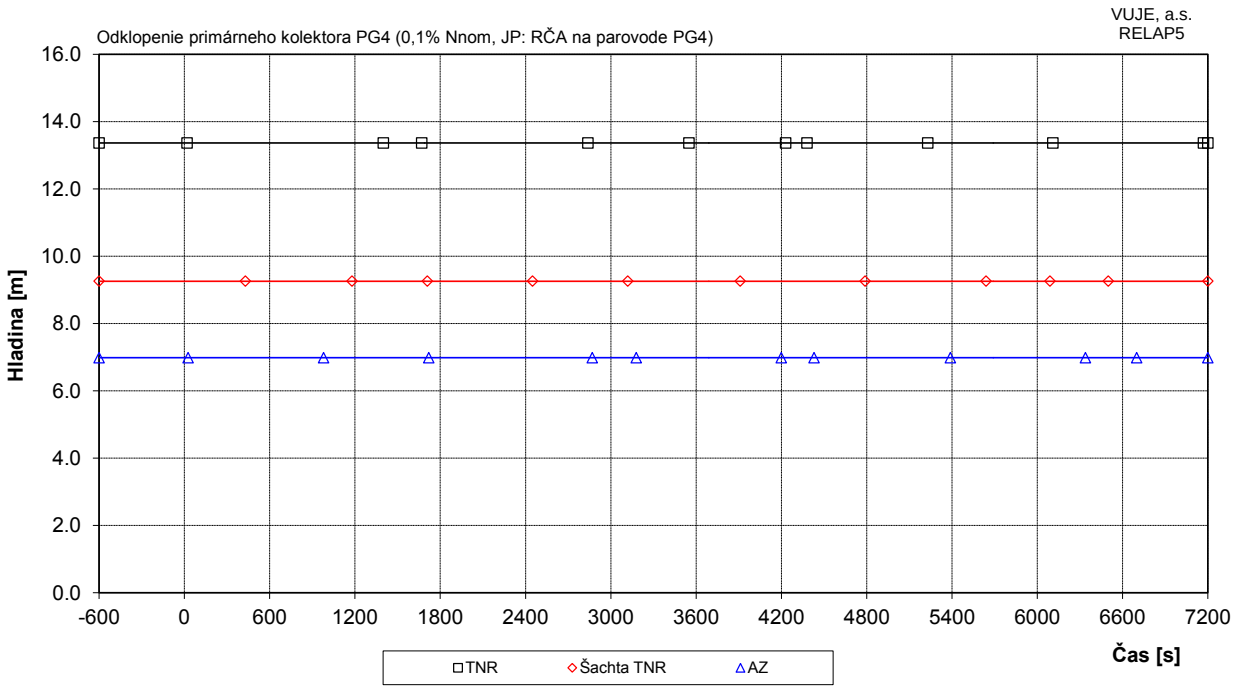
Obr. 7.2.1.10.3-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



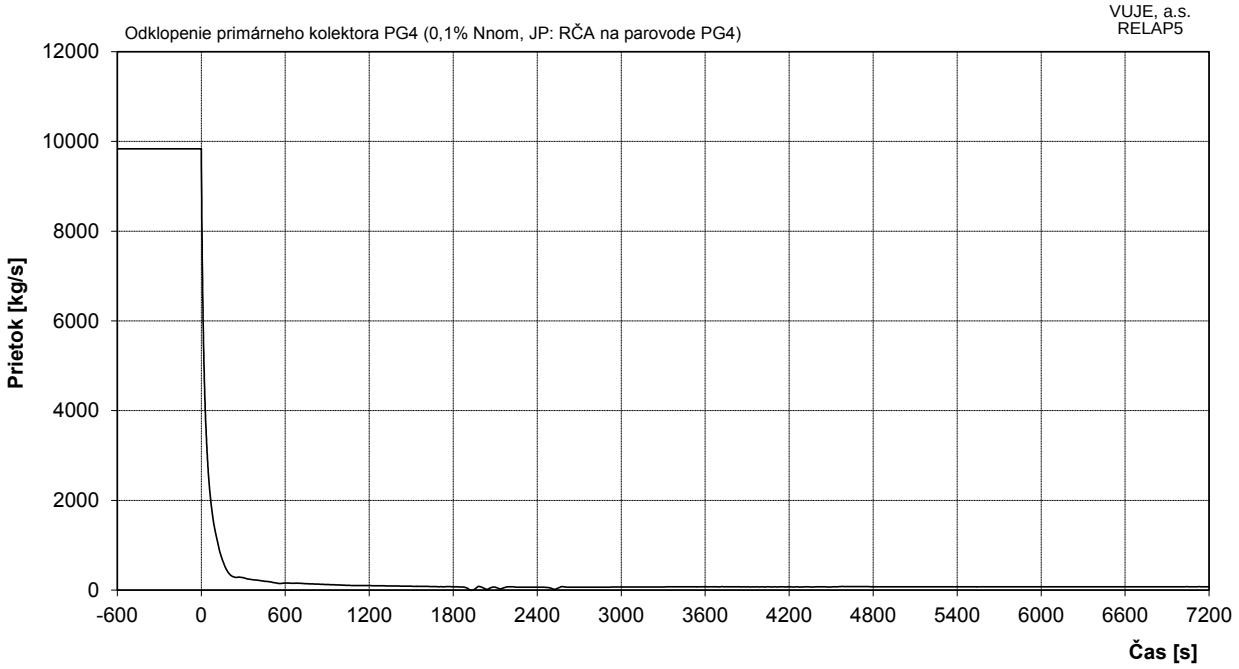
Obr. 7.2.1.10.3-A-6: Celkový výkon EOKO



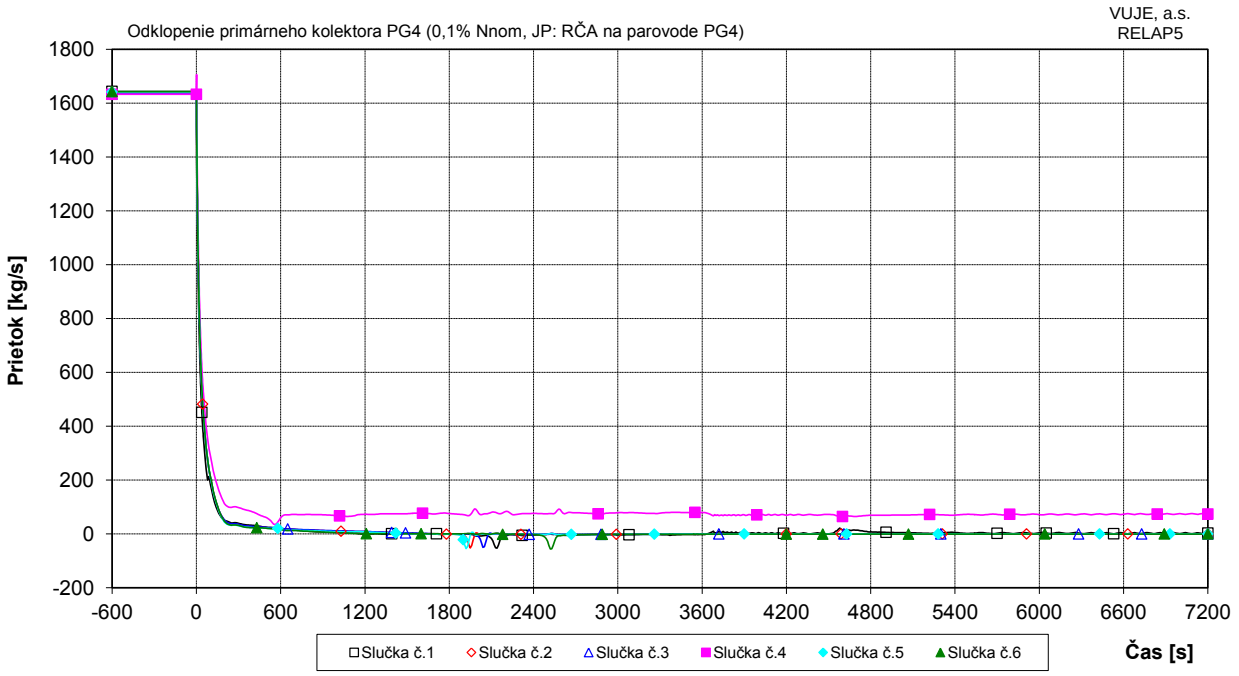
Obr. 7.2.1.10.3-A-7: Celková hladina v KO



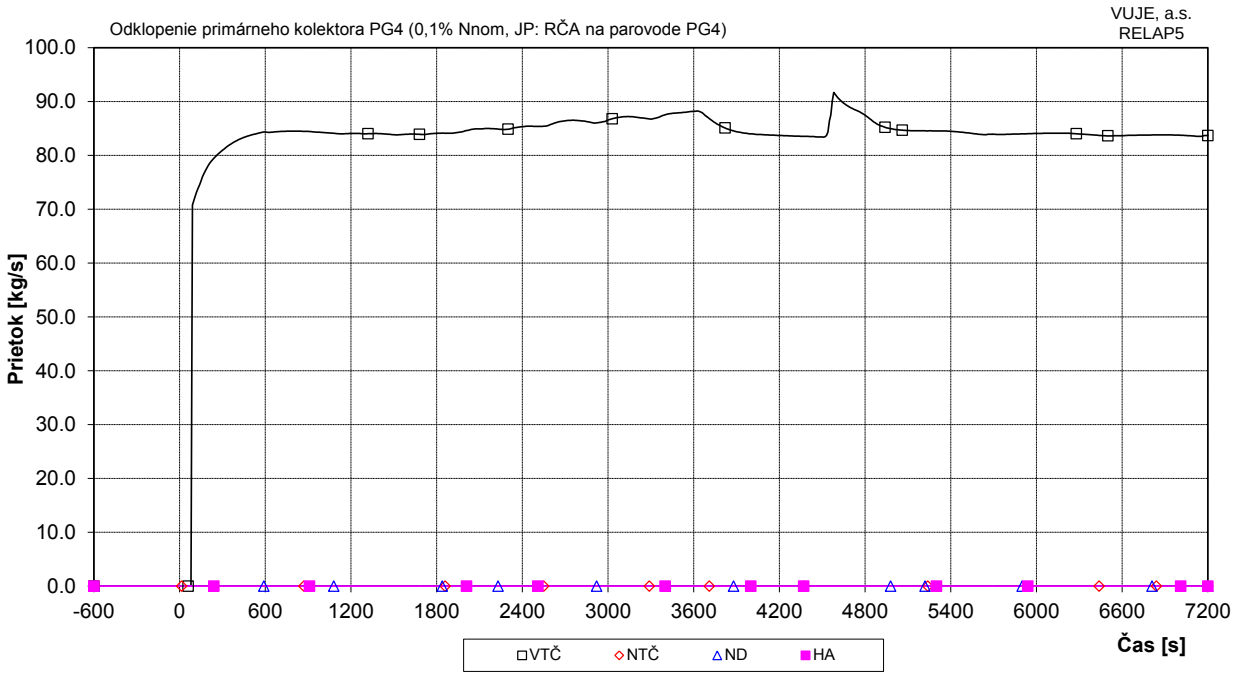
Obr. 7.2.1.10.3-A-8: Hladina chladiva v TNR



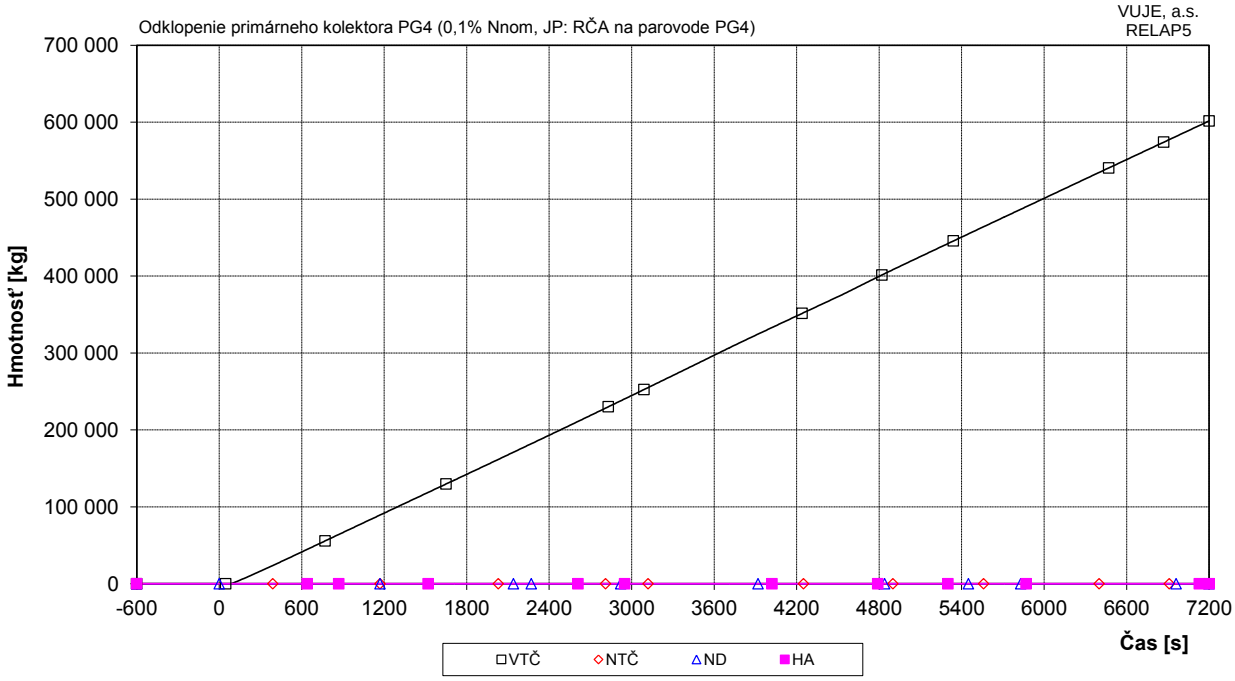
Obr. 7.2.1.10.3-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



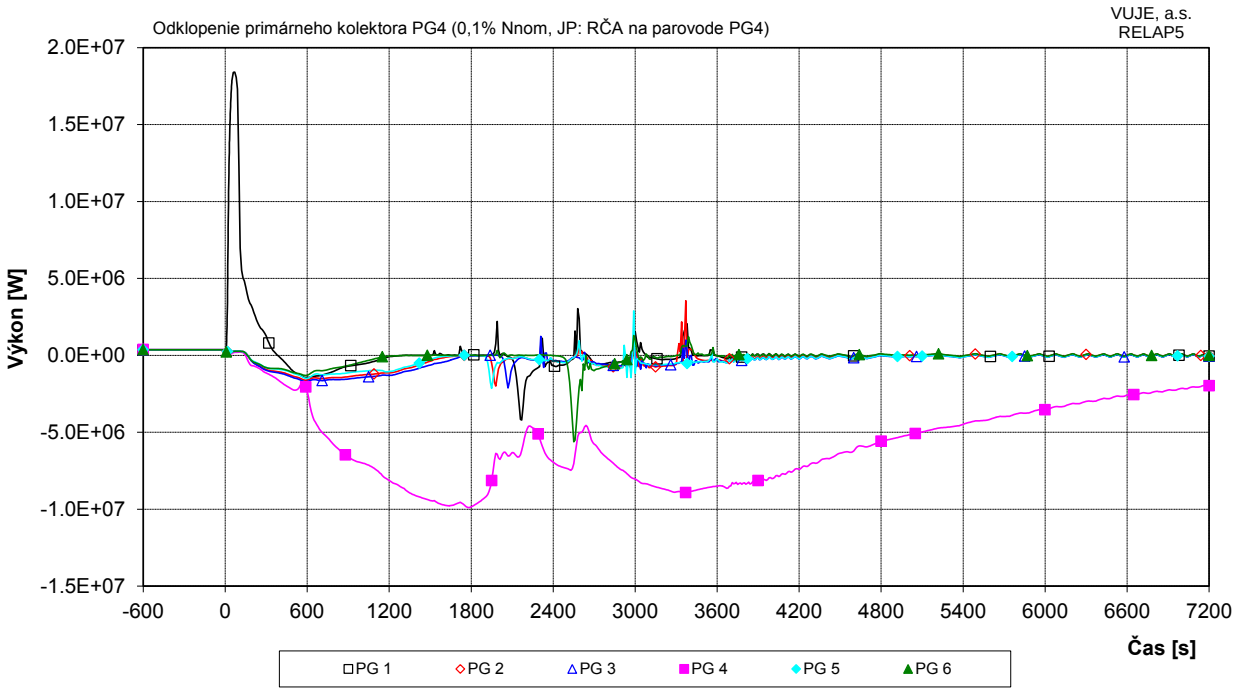
Obr. 7.2.1.10.3-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



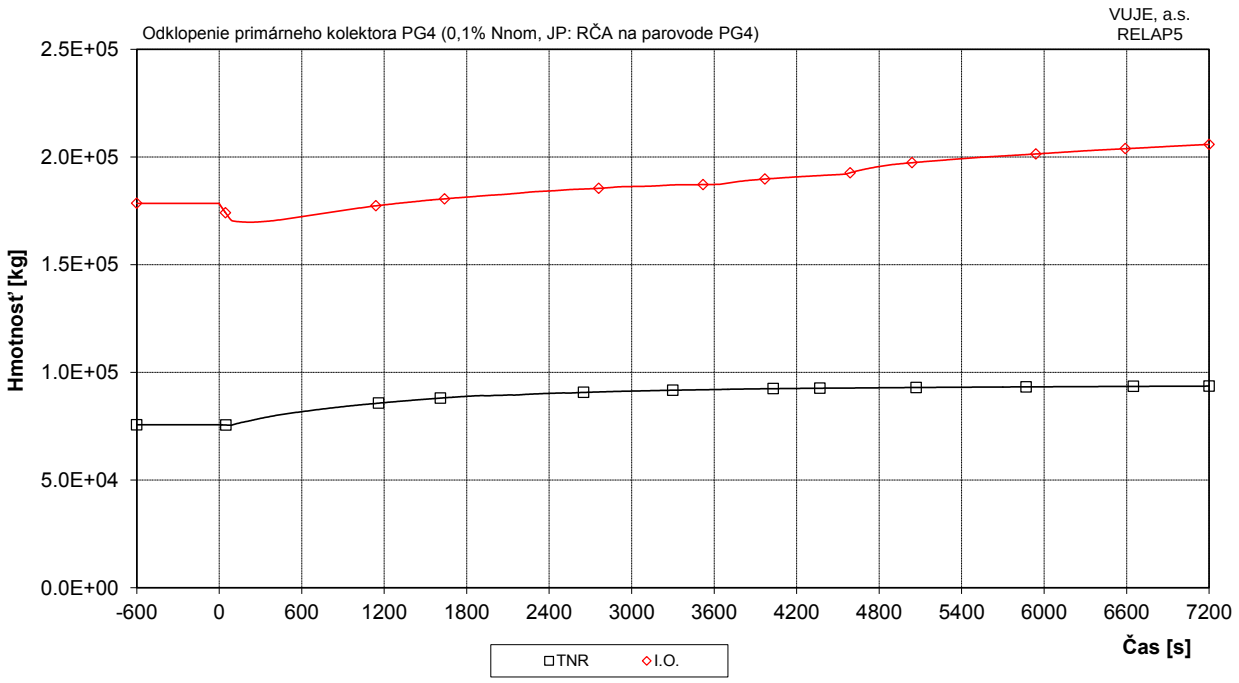
Obr. 7.2.1.10.3-A-11: Doplňovanie do I.O.



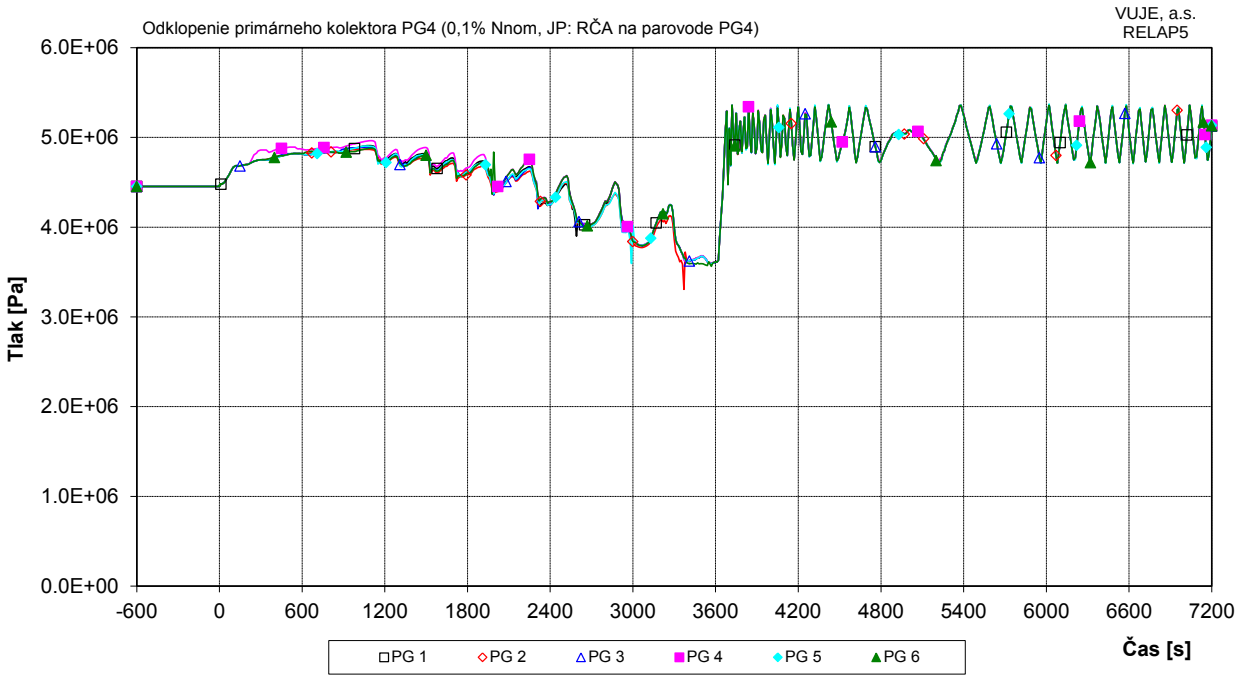
Obr. 7.2.1.10.3-A-12: Integrál doplňovania do I.O..



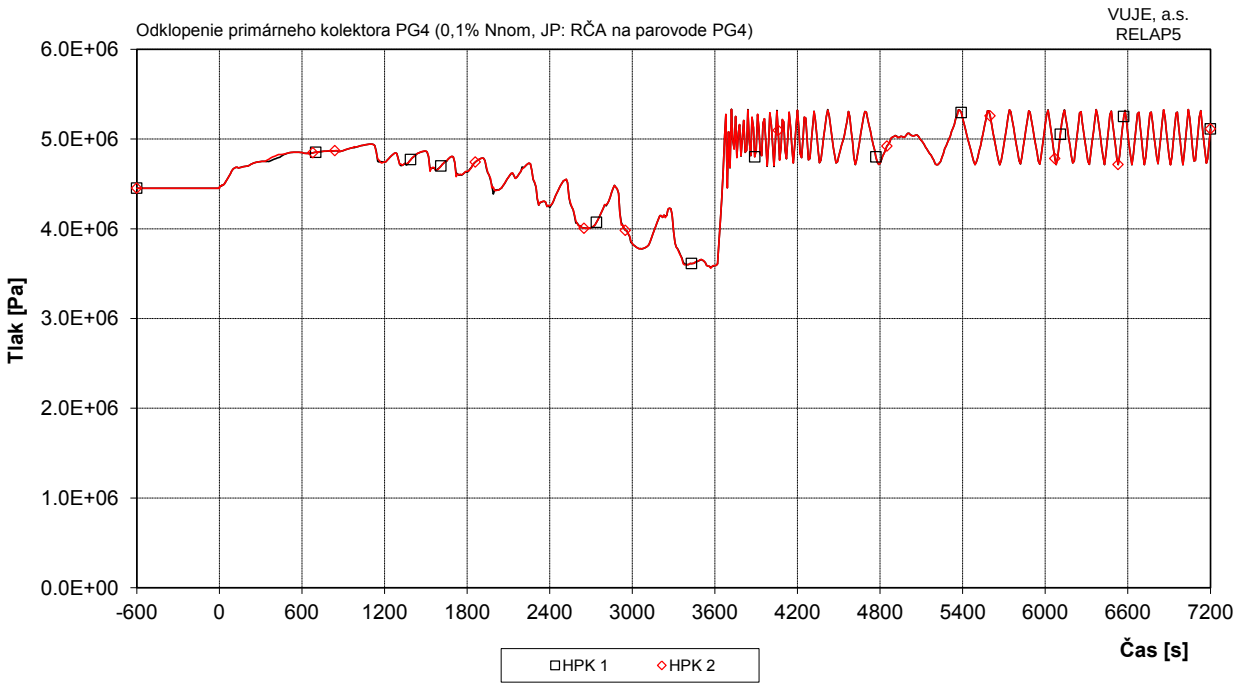
Obr. 7.2.1.10.3-A-13: Výkon PG



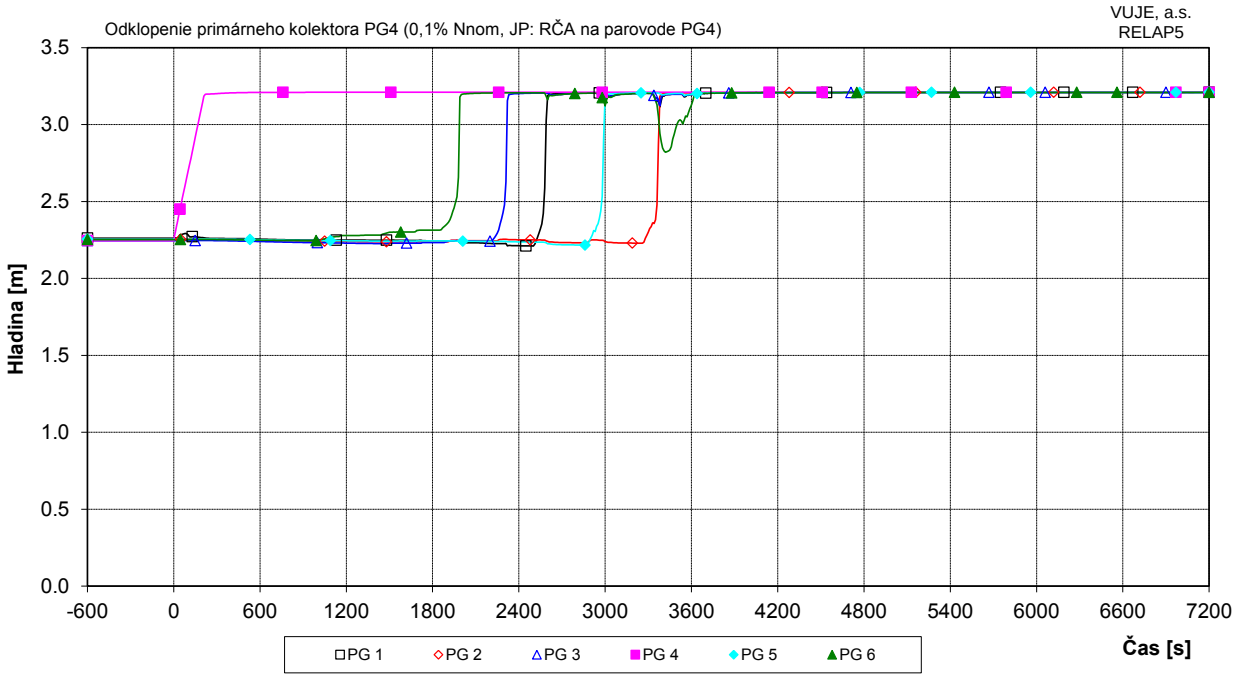
Obr. 7.2.1.10.3-A-14: Hmotnosť chladiva v I.O.



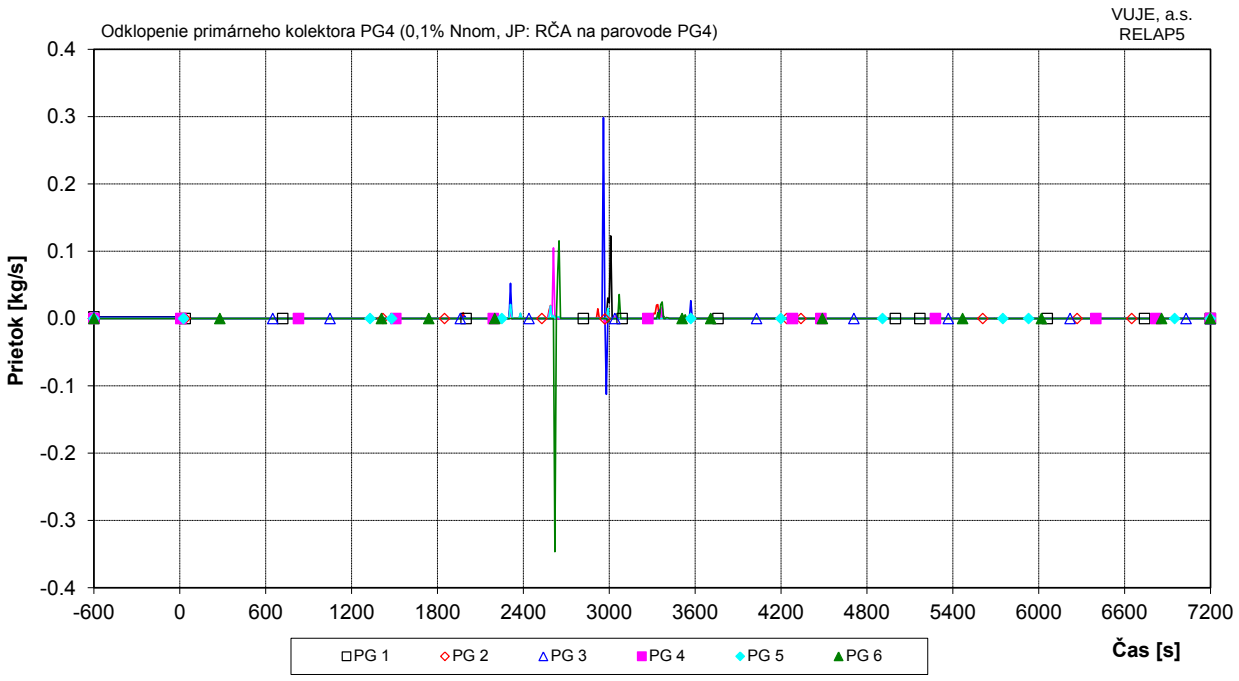
Obr. 7.2.1.10.3-A-15: Tlak na výstupe z PG



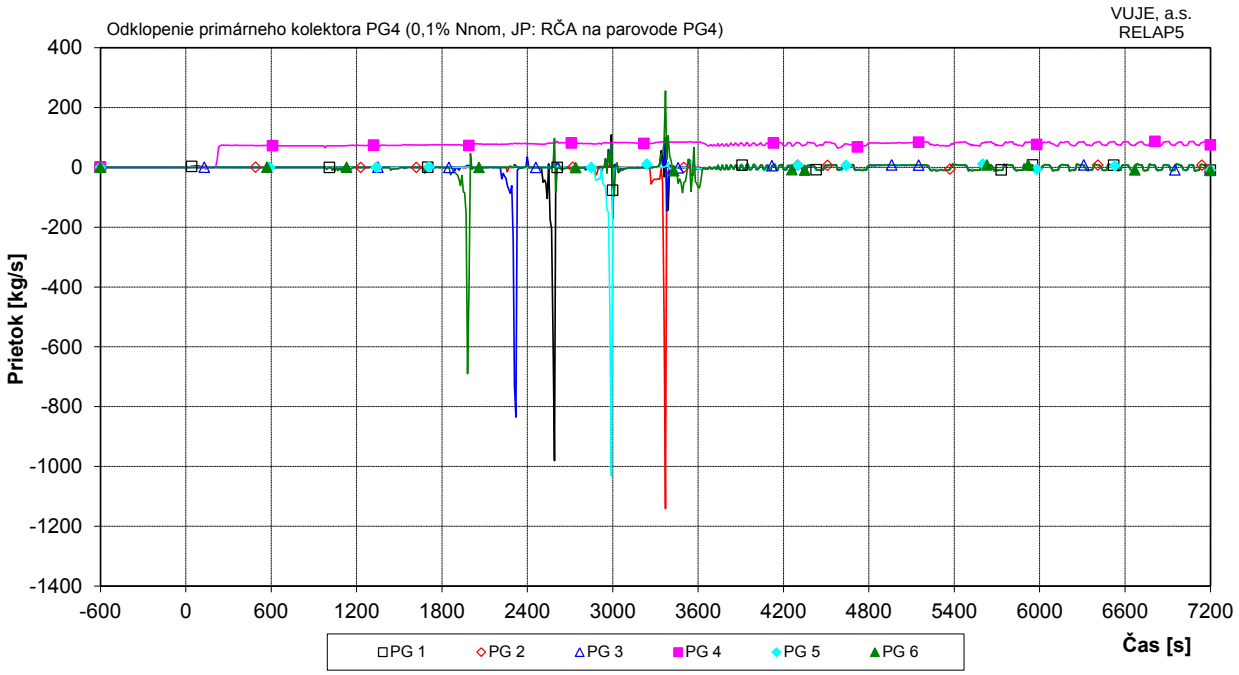
Obr. 7.2.1.10.3-A-16: Tlak v HPK



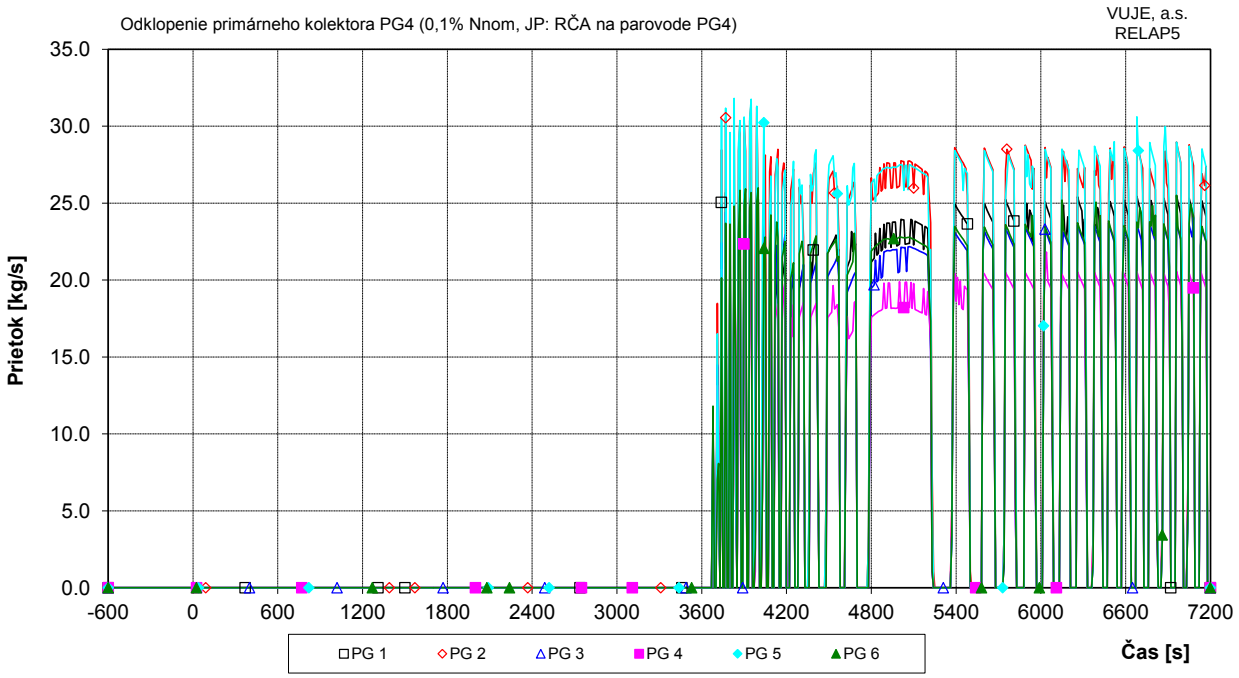
Obr. 7.2.1.10.3-A-17: Celková hladina v PG



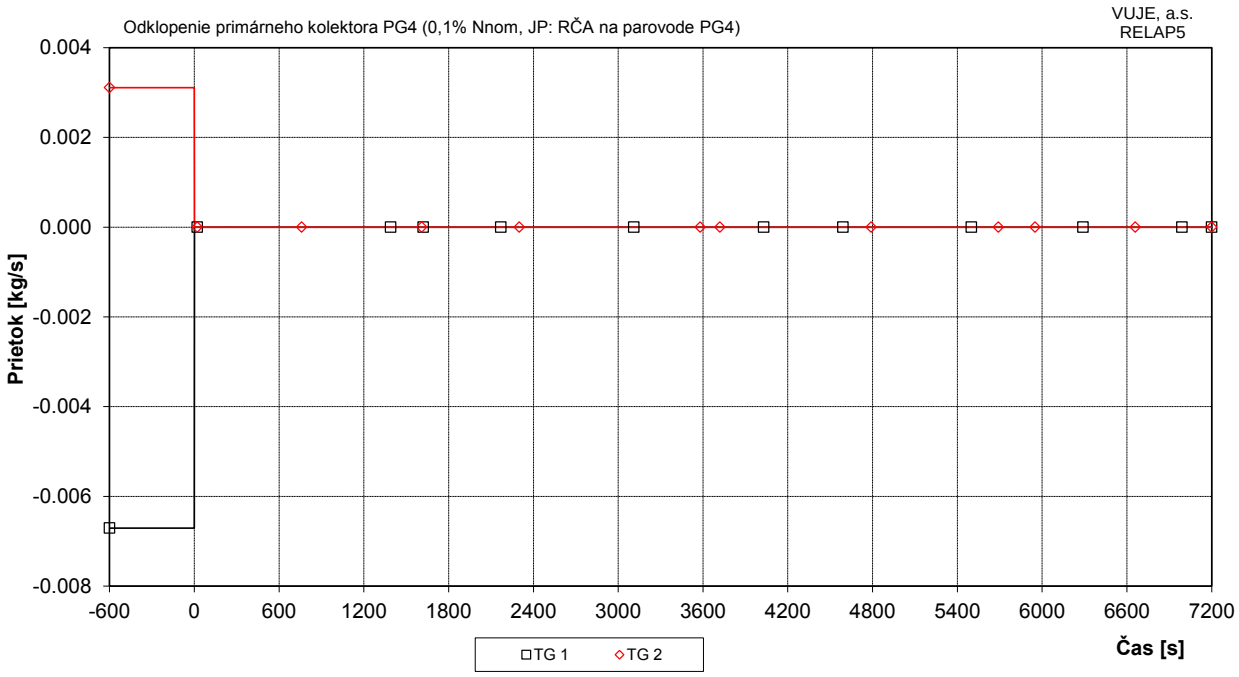
Obr. 7.2.1.10.3-A-18: Celkový prietok napájacej vody do PG



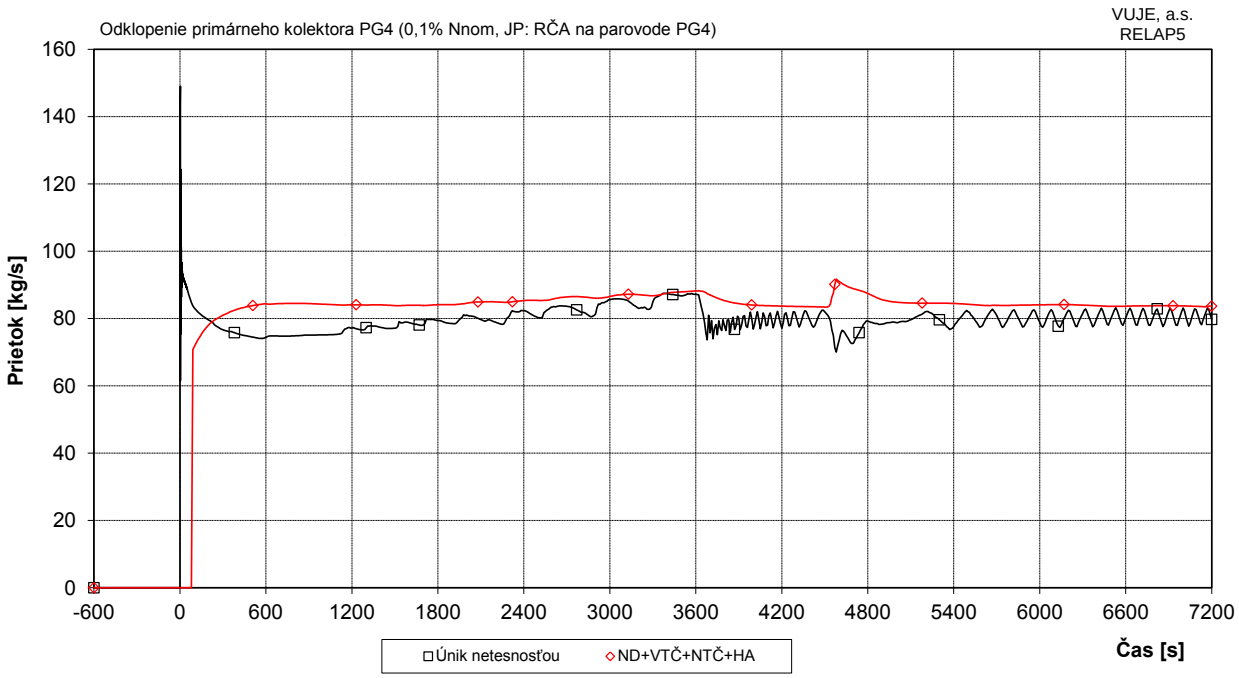
Obr. 7.2.1.10.3-A-19: Prietok pary z PG



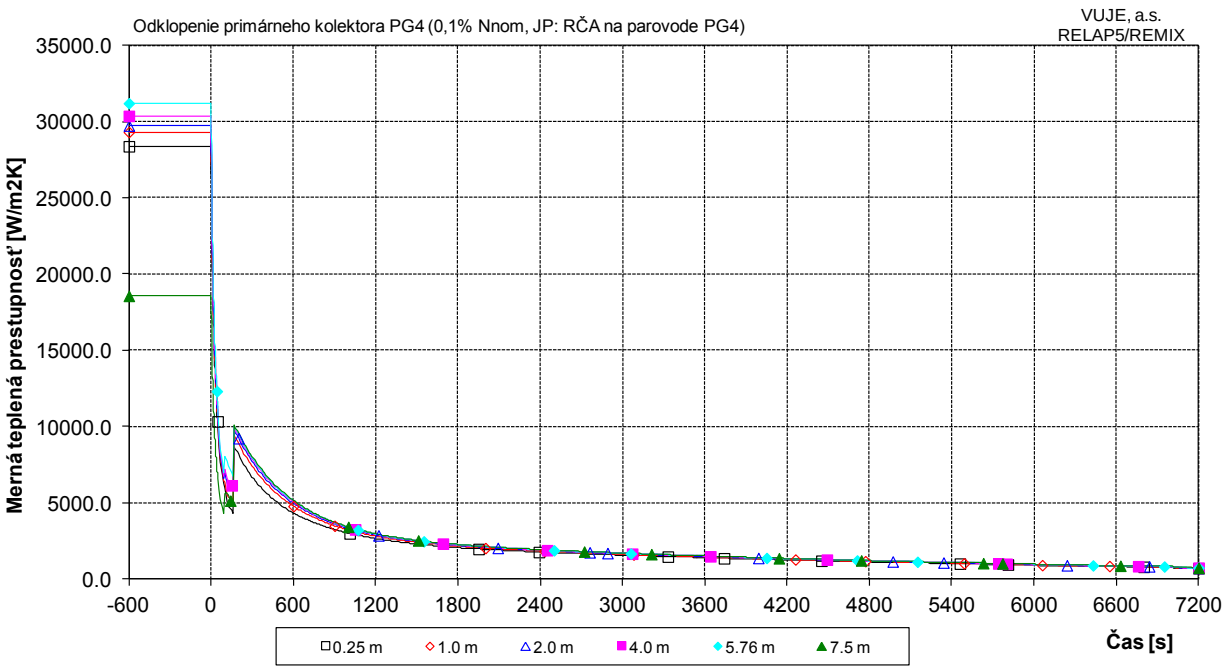
Obr. 7.2.1.10.3-A-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



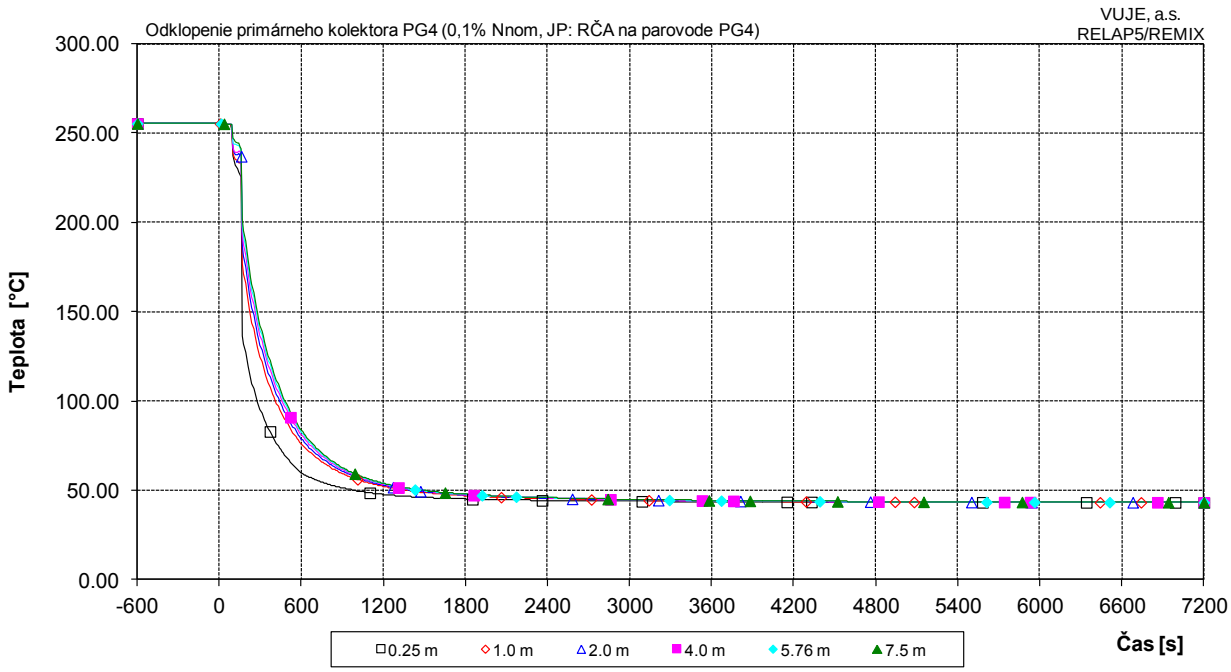
Obr. 7.2.1.10.3-A-21: Prietok pary do TG



Obr. 7.2.1.10.3-A-22: Celkový únik netesnosťou a celkové doplňovanie do I.O.

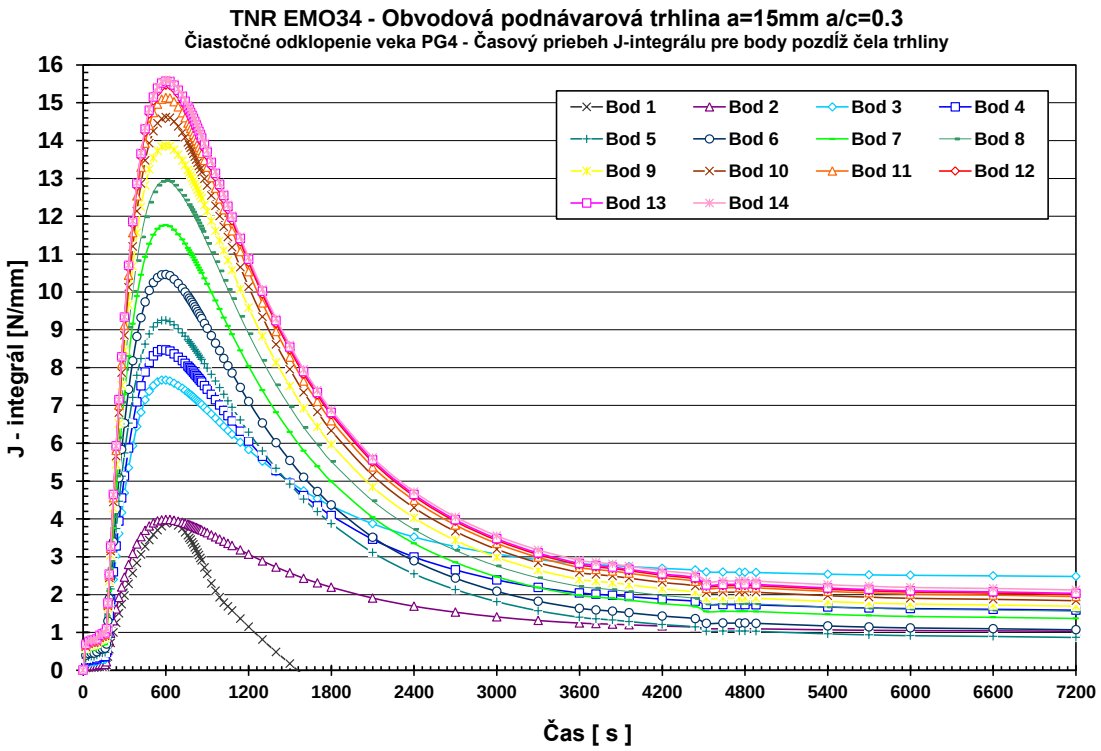


Obr. 7.2.1.10.3-A-23: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,3,5

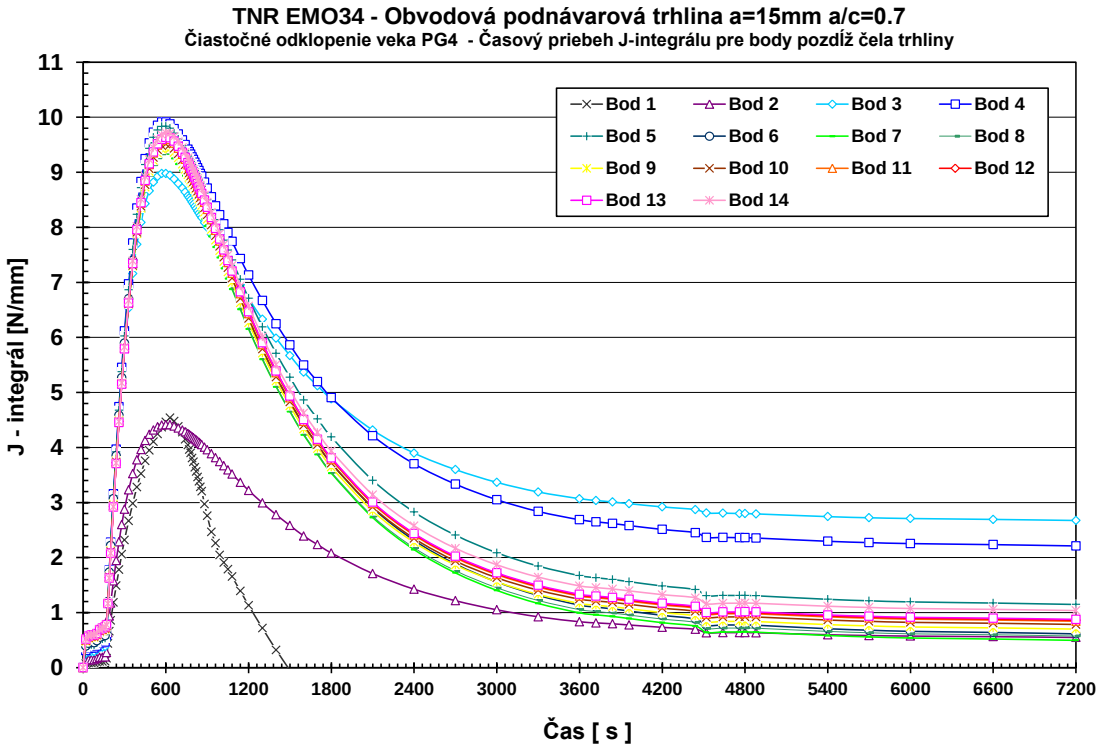


Obr. 7.2.1.10.3-A-24: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,3,5

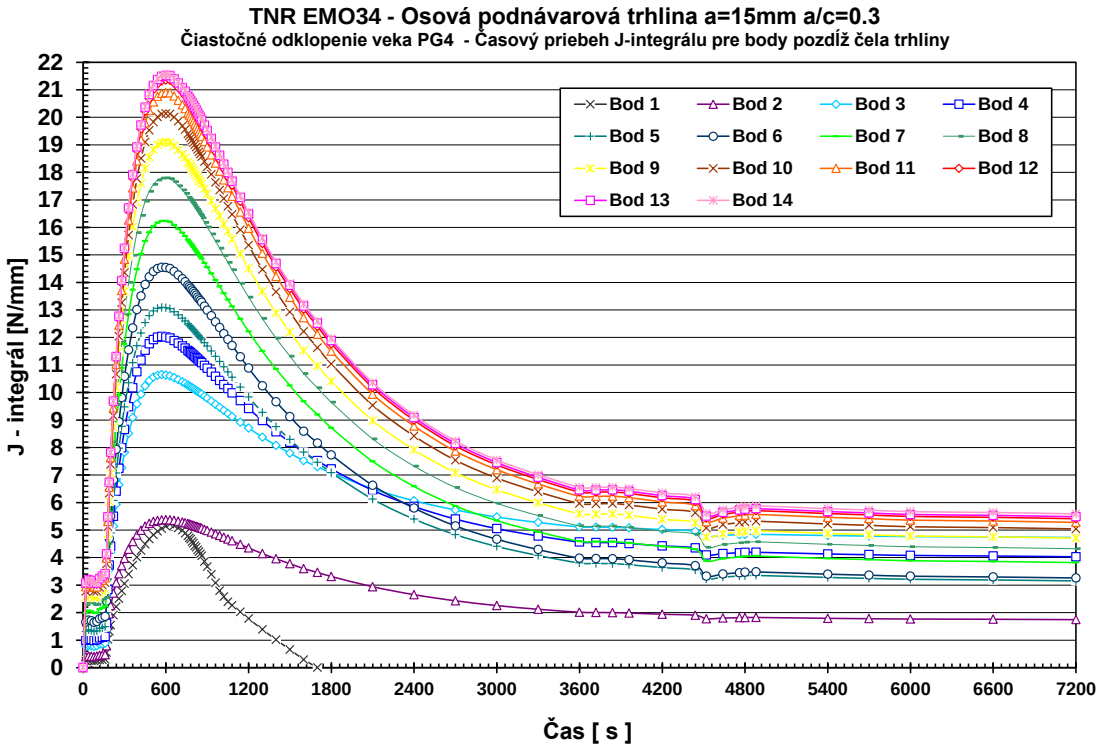
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



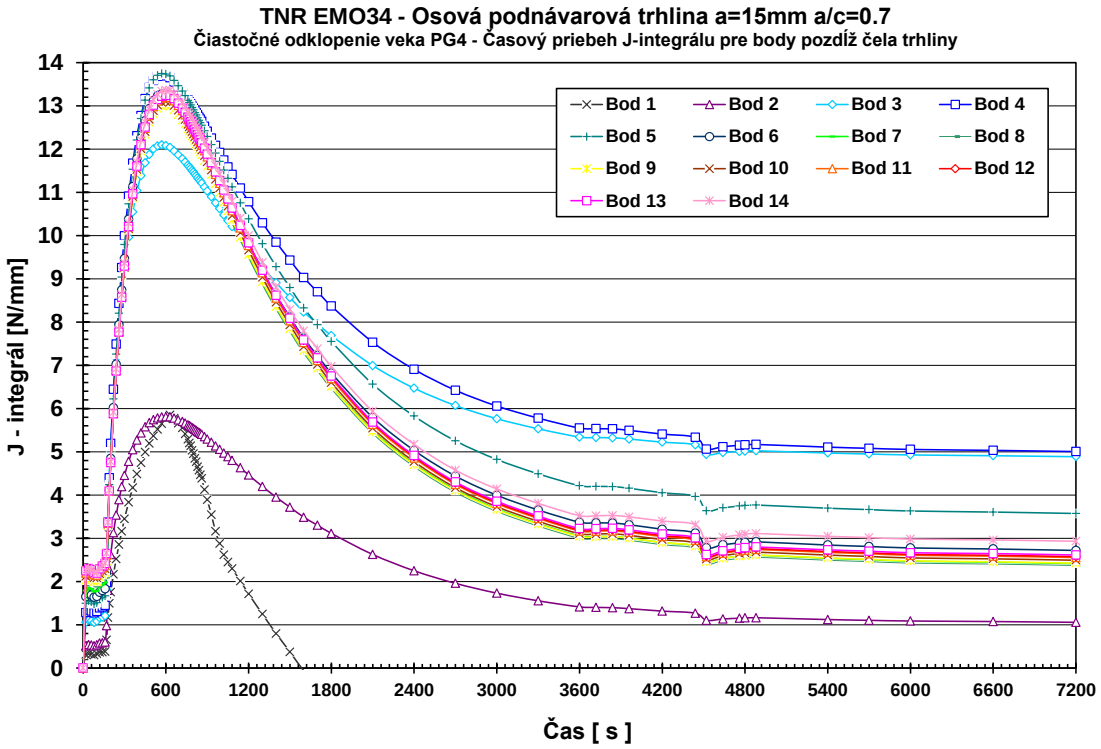
Obr. 7.2.1.10.3-A-25: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



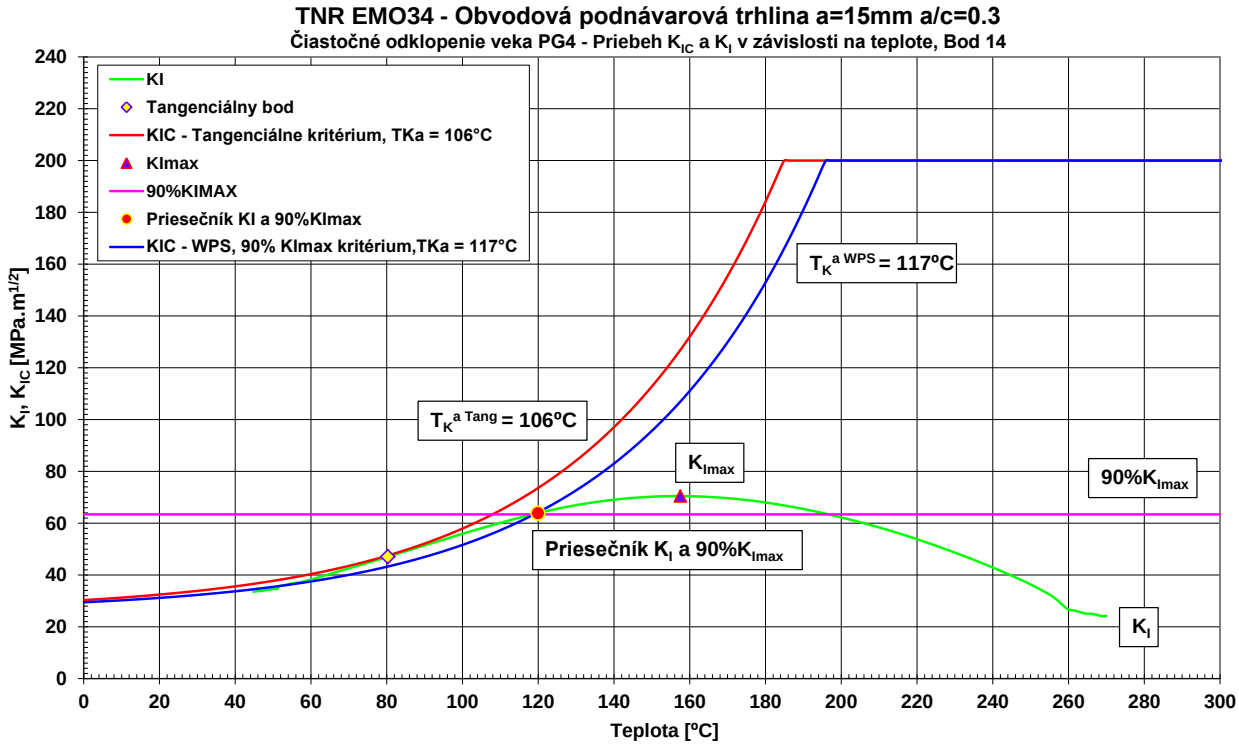
Obr. 7.2.1.10.3-A-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



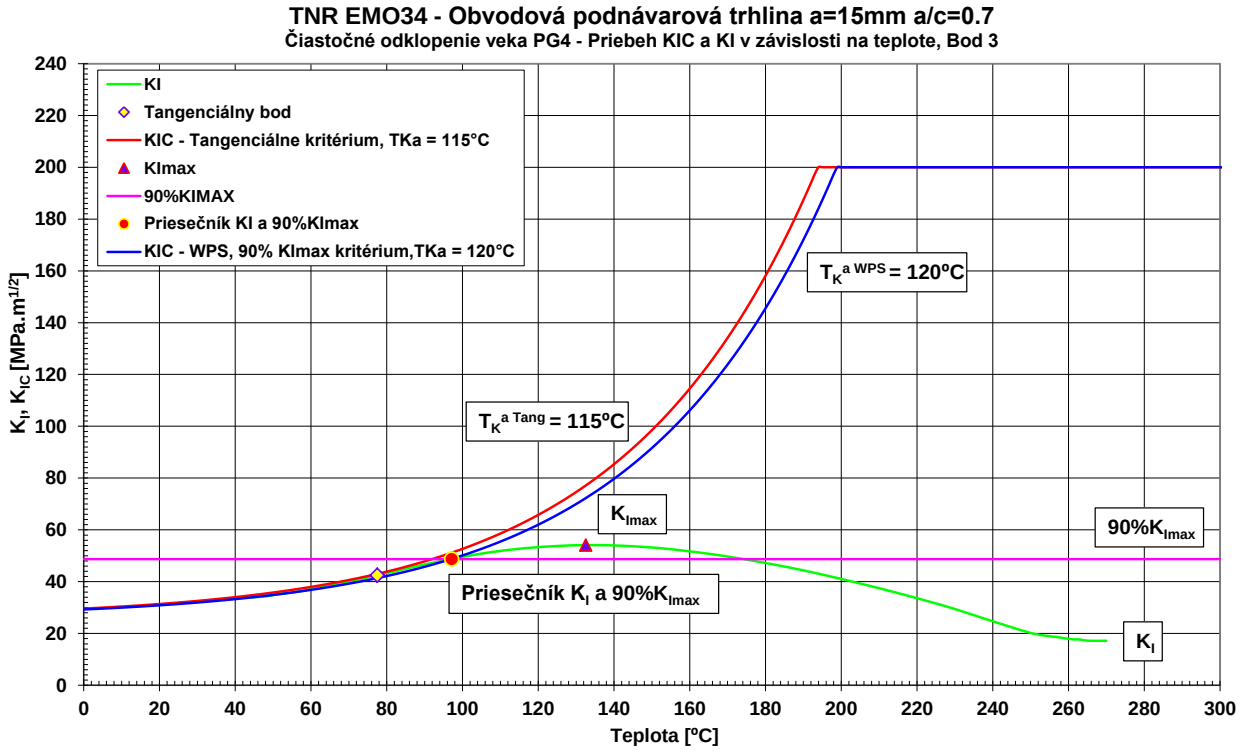
Obr. 7.2.1.10.3-A-27: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



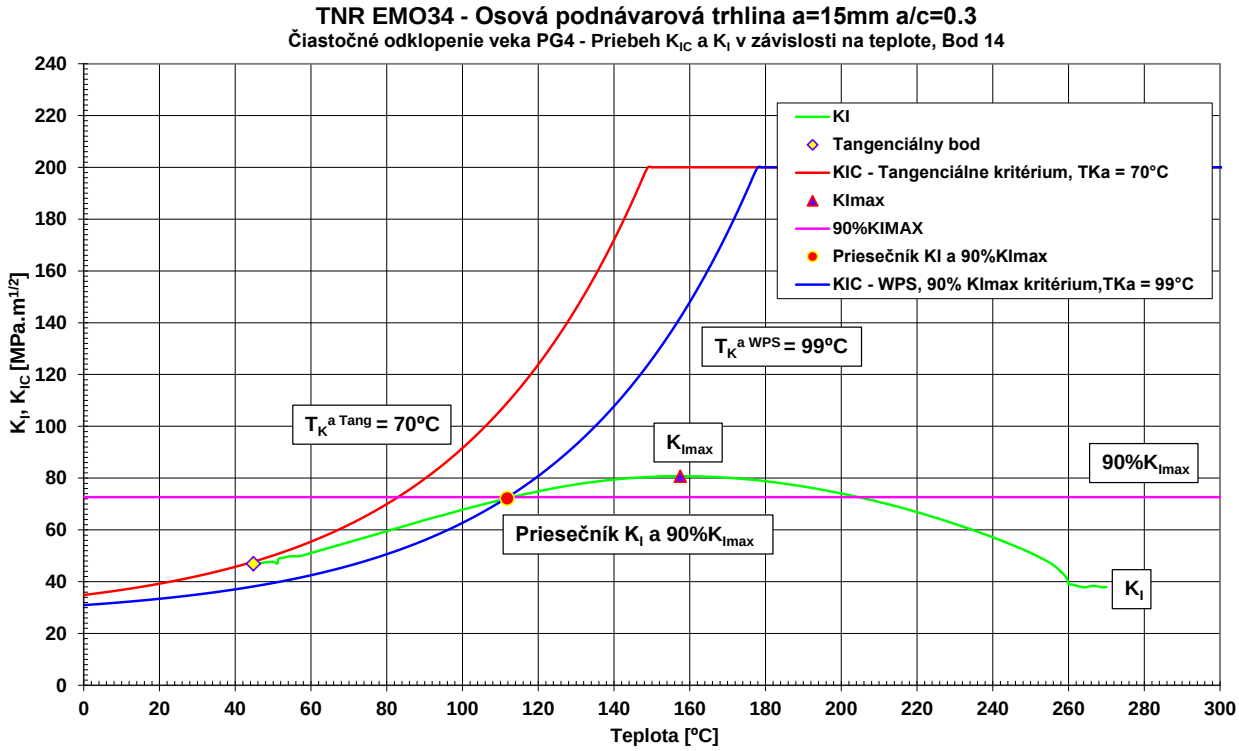
Obr. 7.2.1.10.3-A-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



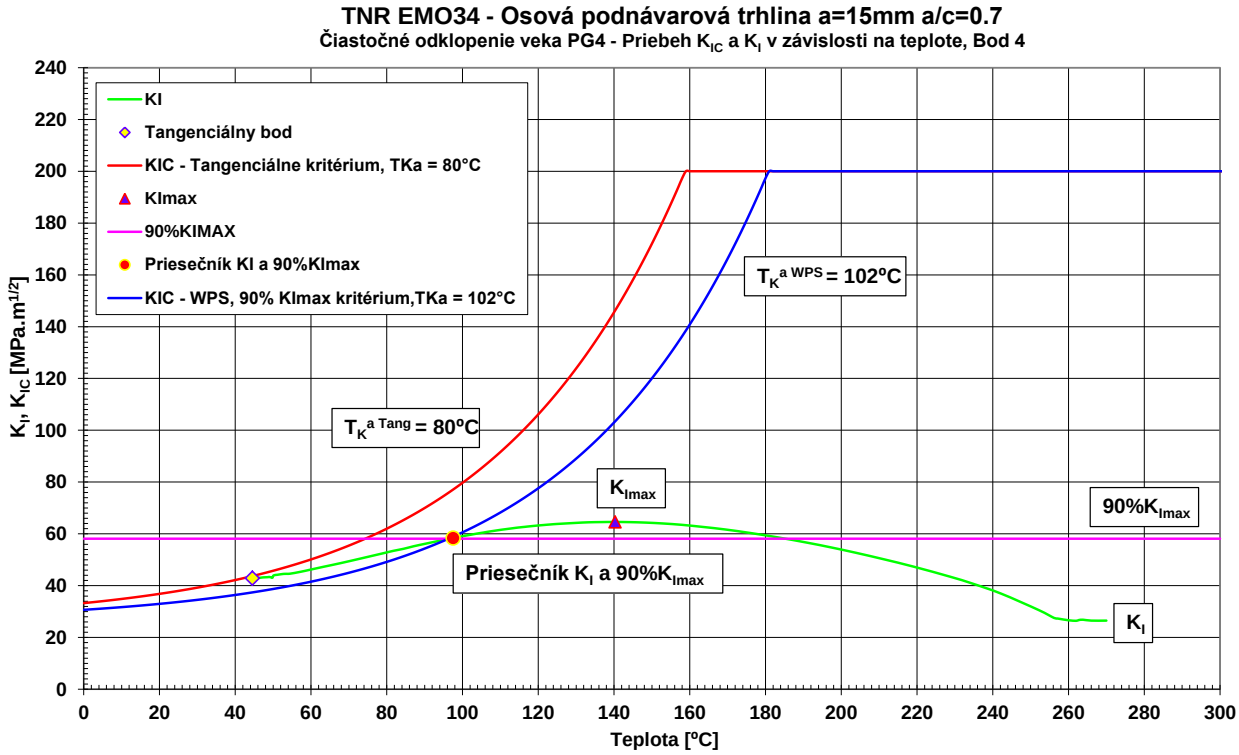
Obr. 7.2.1.10.3-A-29: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.3-A-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

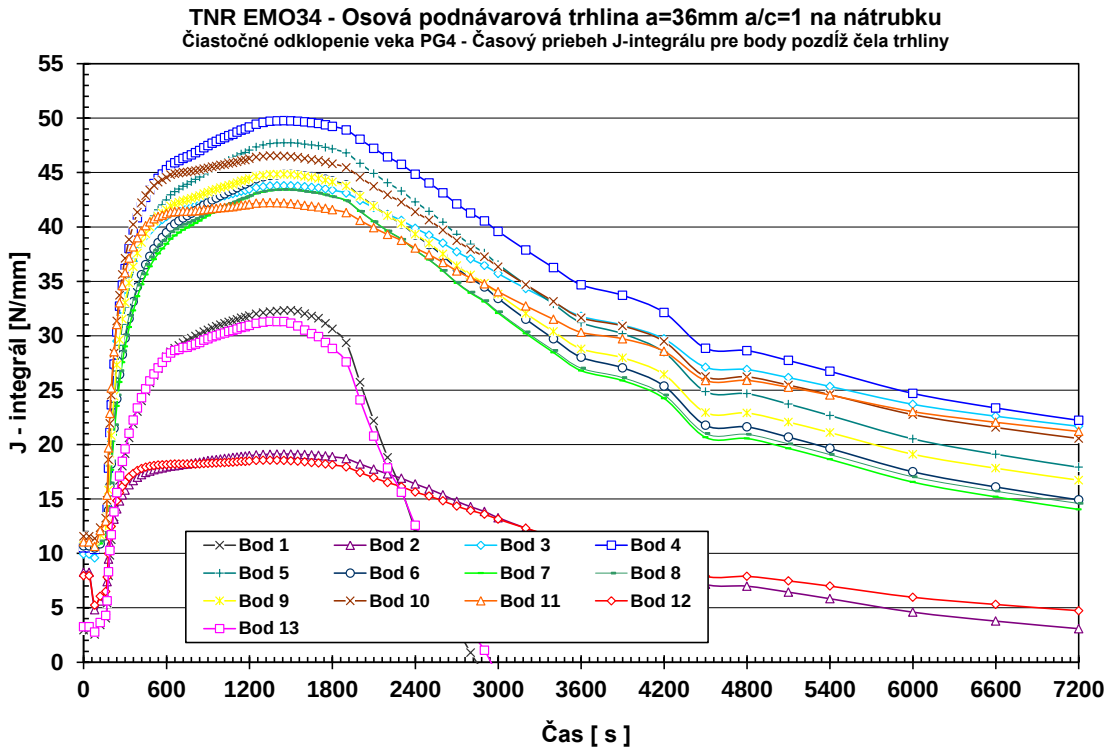


Obr. 7.2.1.10.3-A-31: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

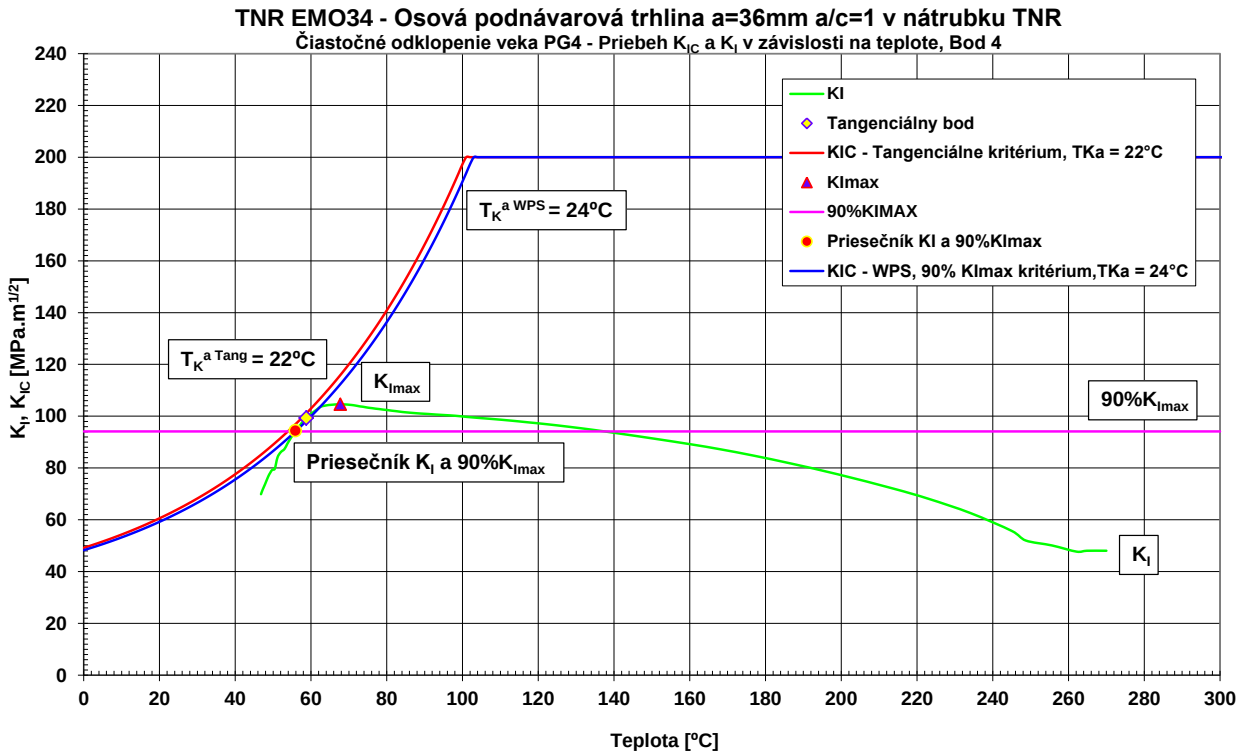


Obr. 7.2.1.10.3-A-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.3-A-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.3-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

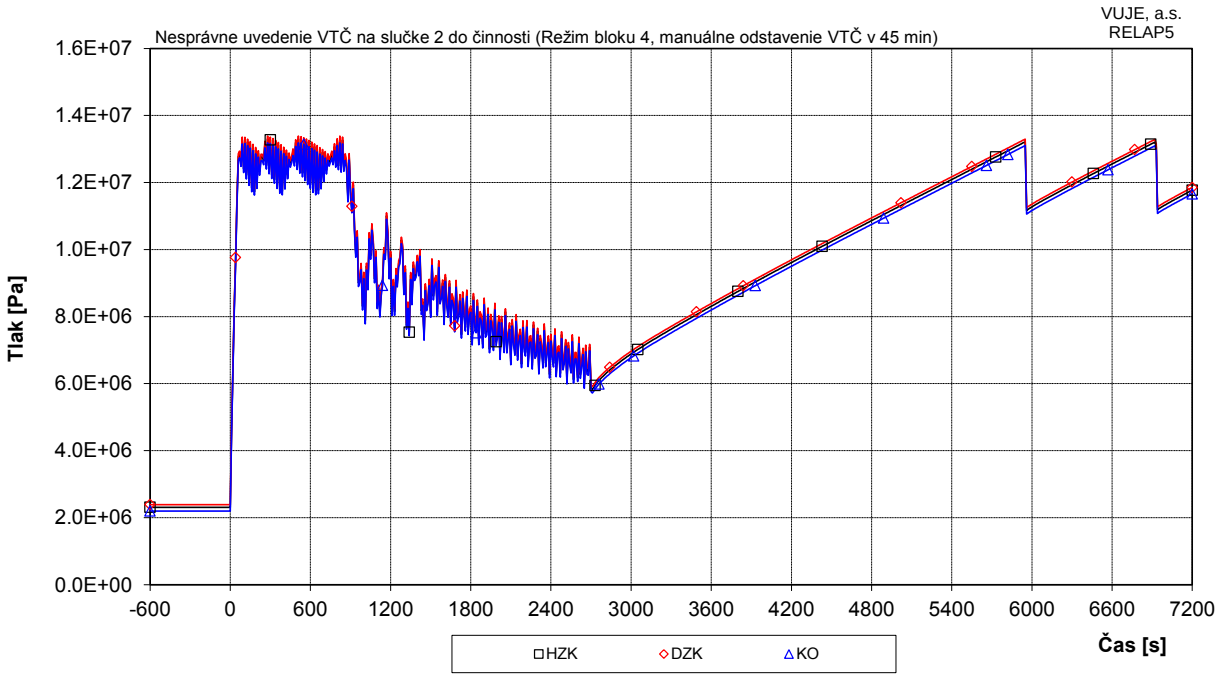
Príloha č. 13

7.2.1.10.4 Chybné zapracovanie VT systému HSCHZ

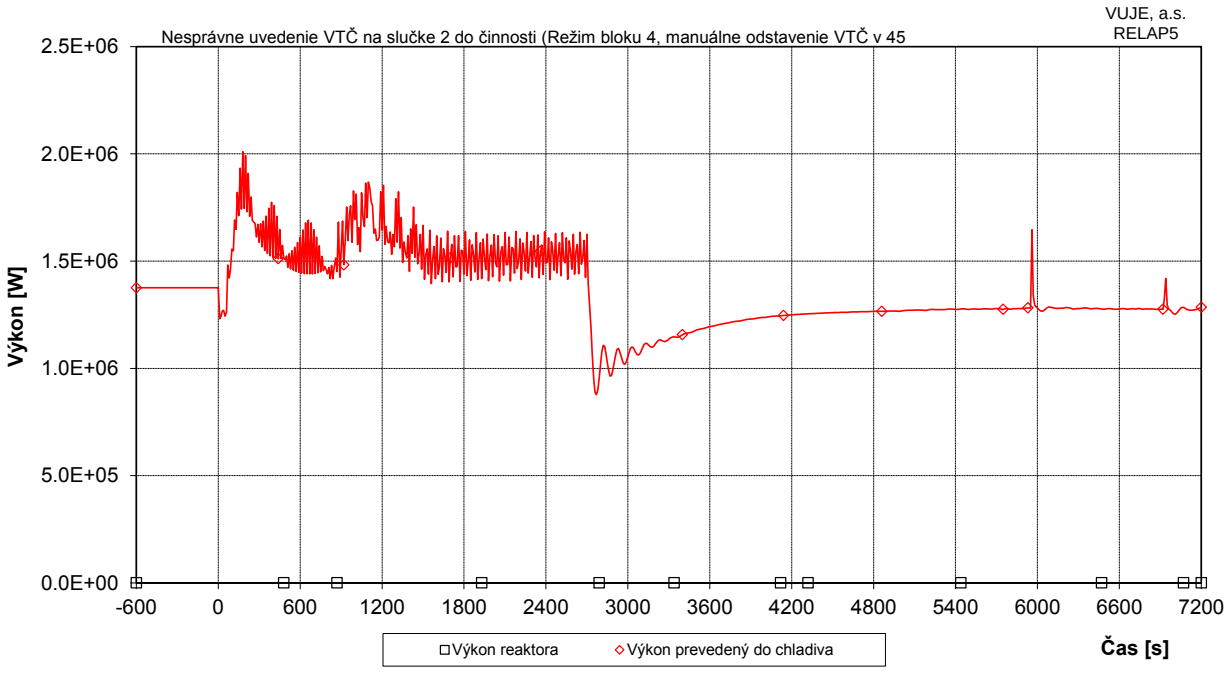
Scenár A Nesprávne uvedenie VTČ na slučke 2 do činnosti

ZOZNAM OBRÁZKOV

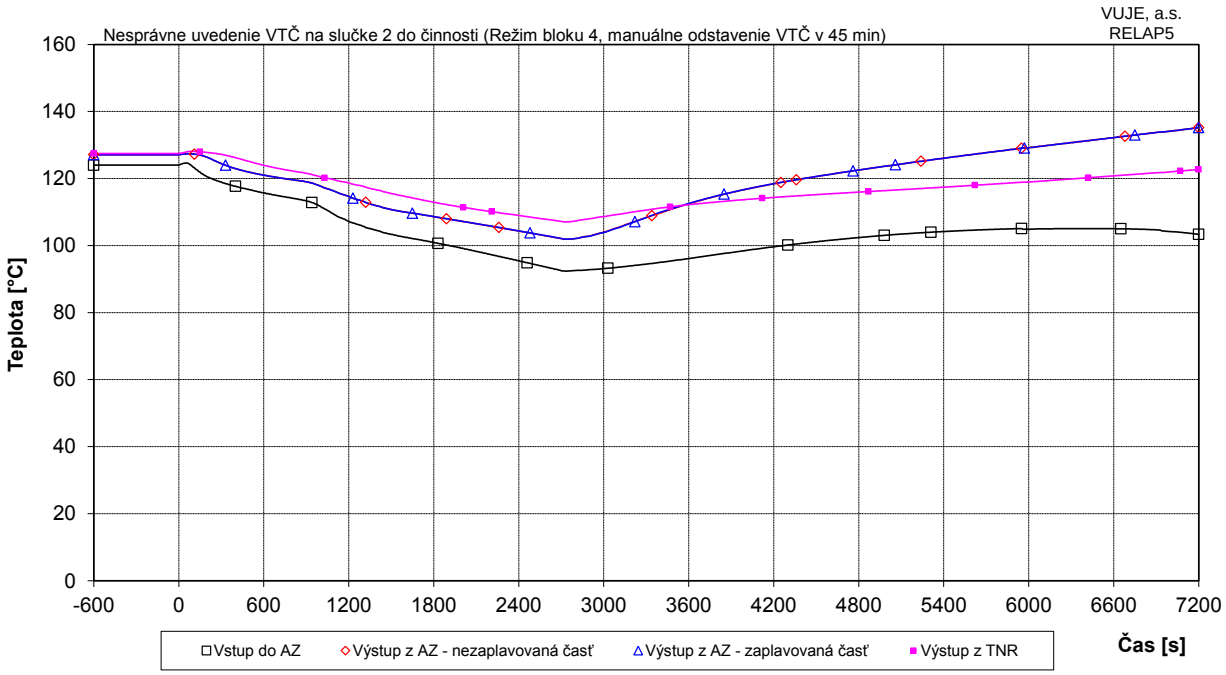
Obr. 7.2.1.10.4-A-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.4-A-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.4-A-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.4-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.4-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.4-A-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.4-A-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.4-A-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.4-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.4-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.4-A-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.4-A-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.4-A-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.4-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.4-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.4-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.4-A-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.4-A-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.4-A-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.4-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.4-A-21: Integrál prietoku chladiva cez poistné ventily KO ... 12
Obr. 7.2.1.10.4-A-22: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 ... 12
Obr. 7.2.1.10.4-A-23: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.4-A-24: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3 ... 13
Obr. 7.2.1.10.4-A-25: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7 ... 14
Obr. 7.2.1.10.4-A-26: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3 ... 14
Obr. 7.2.1.10.4-A-27: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7 ... 15
Obr. 7.2.1.10.4-A-28: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 15
Obr. 7.2.1.10.4-A-29: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 14 ... 16
Obr. 7.2.1.10.4-A-30: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 16
Obr. 7.2.1.10.4-A-31: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.4-A-32: J-integrál - osová podnávar. trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR ... 17
Obr. 7.2.1.10.4-A-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 11 ... 18



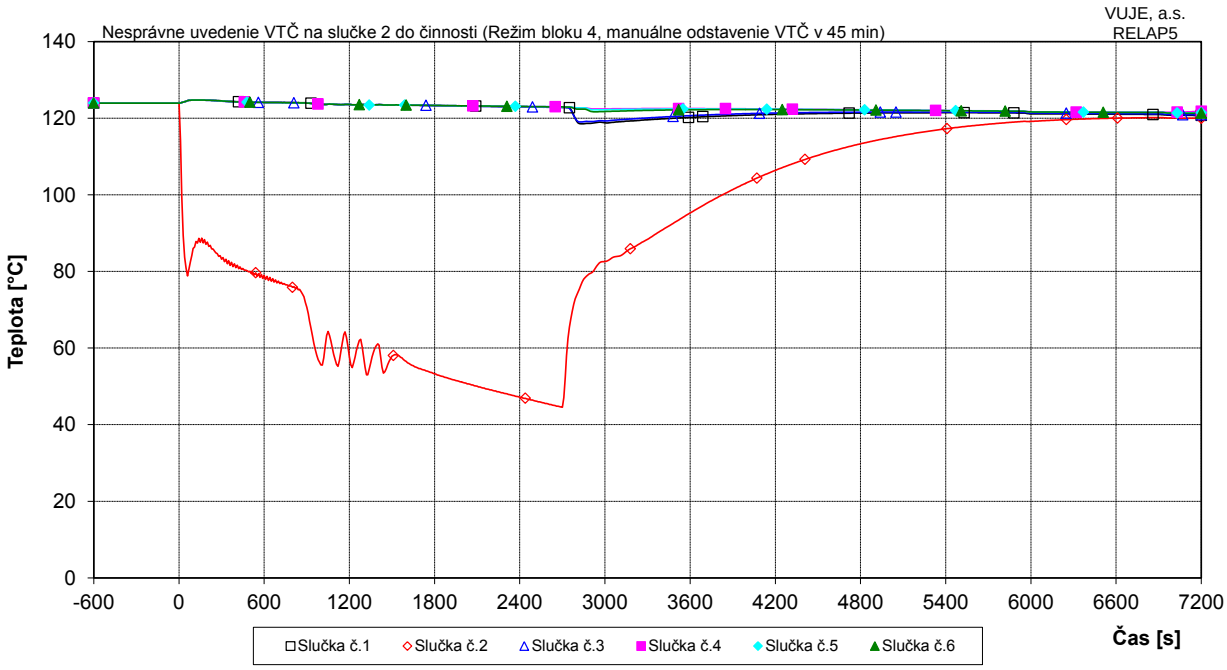
Obr. 7.2.1.10.4-A-1: Tlak v I.O.



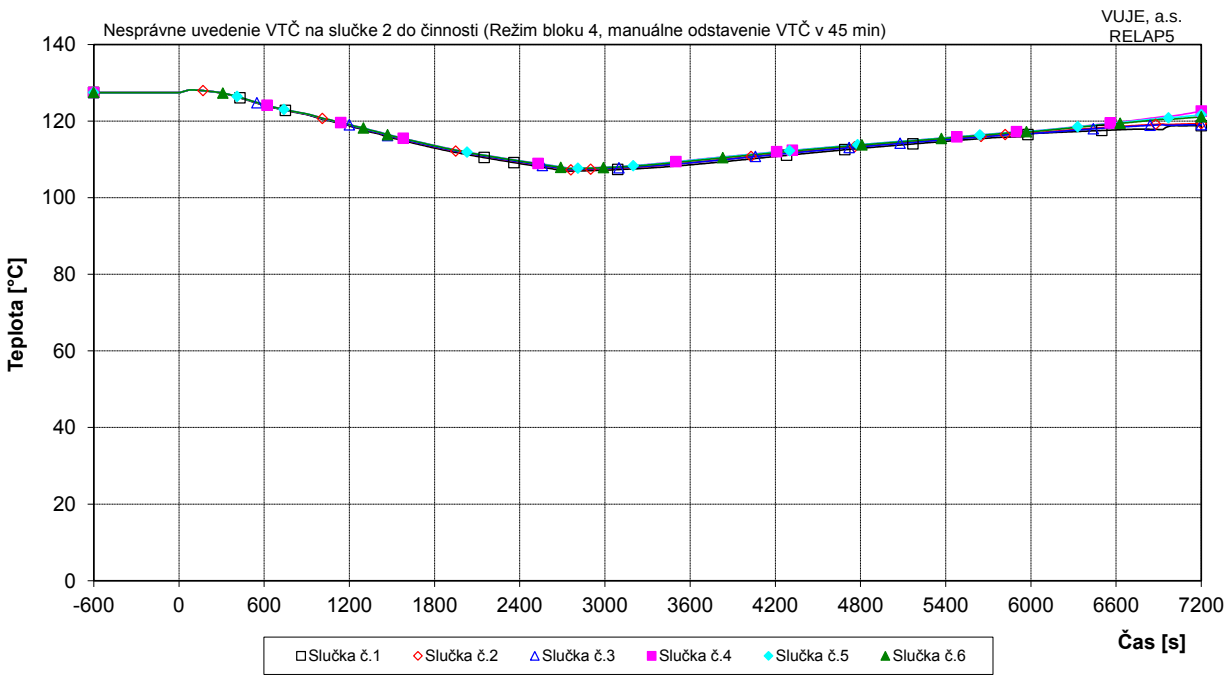
Obr. 7.2.1.10.4-A-2: Výkon reaktora



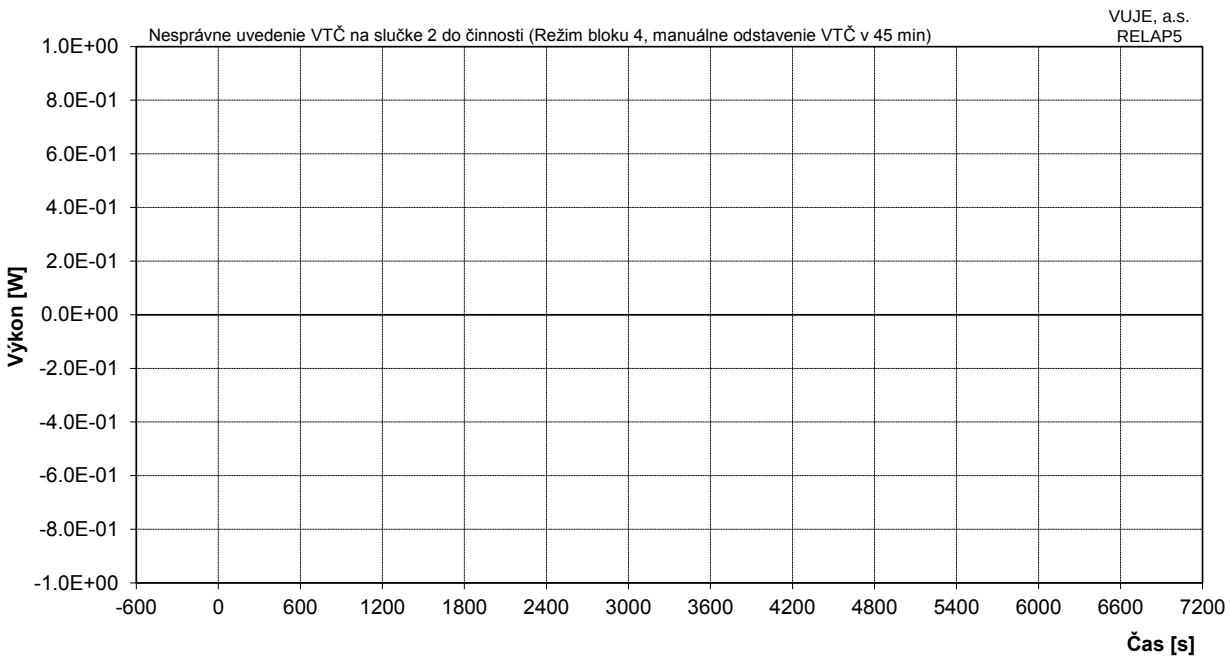
Obr. 7.2.1.10.4-A-3: Teplota chladiva v TNR



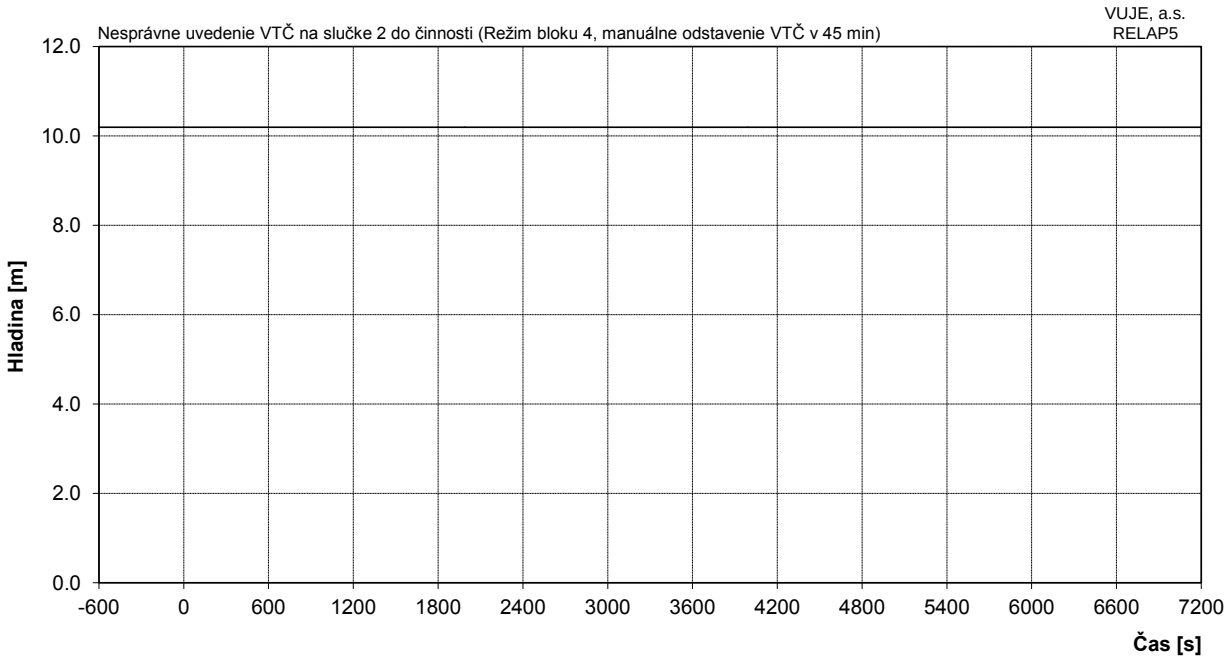
Obr. 7.2.1.10.4-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



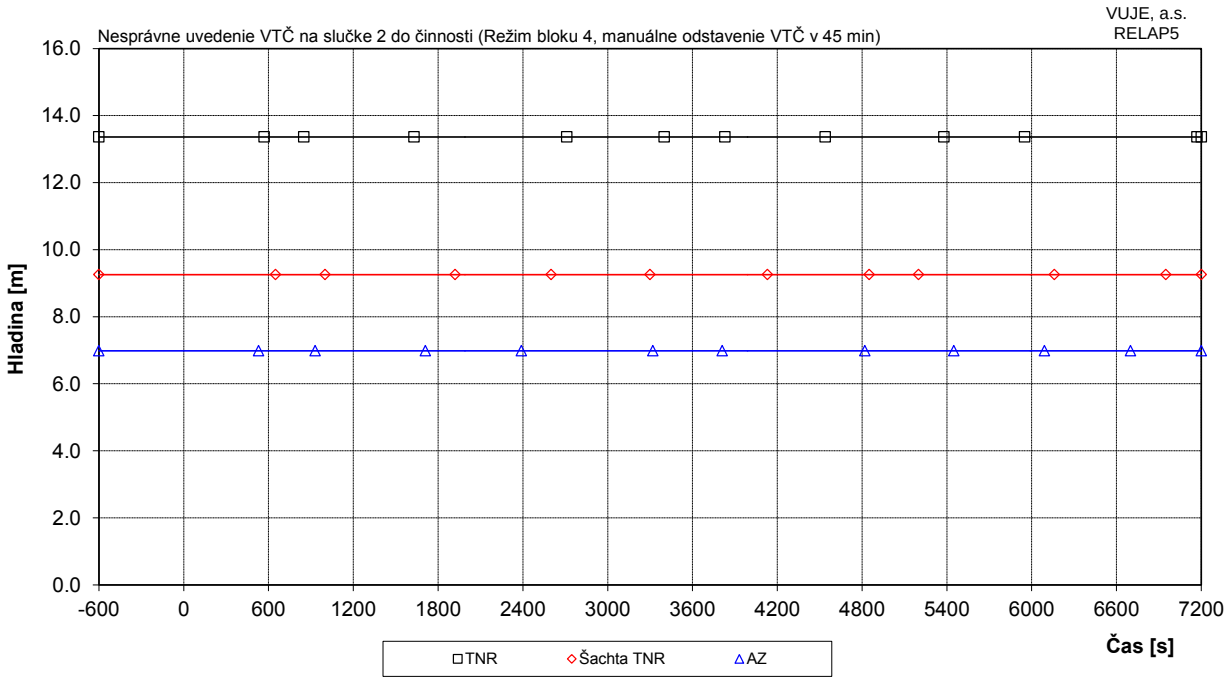
Obr. 7.2.1.10.4-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



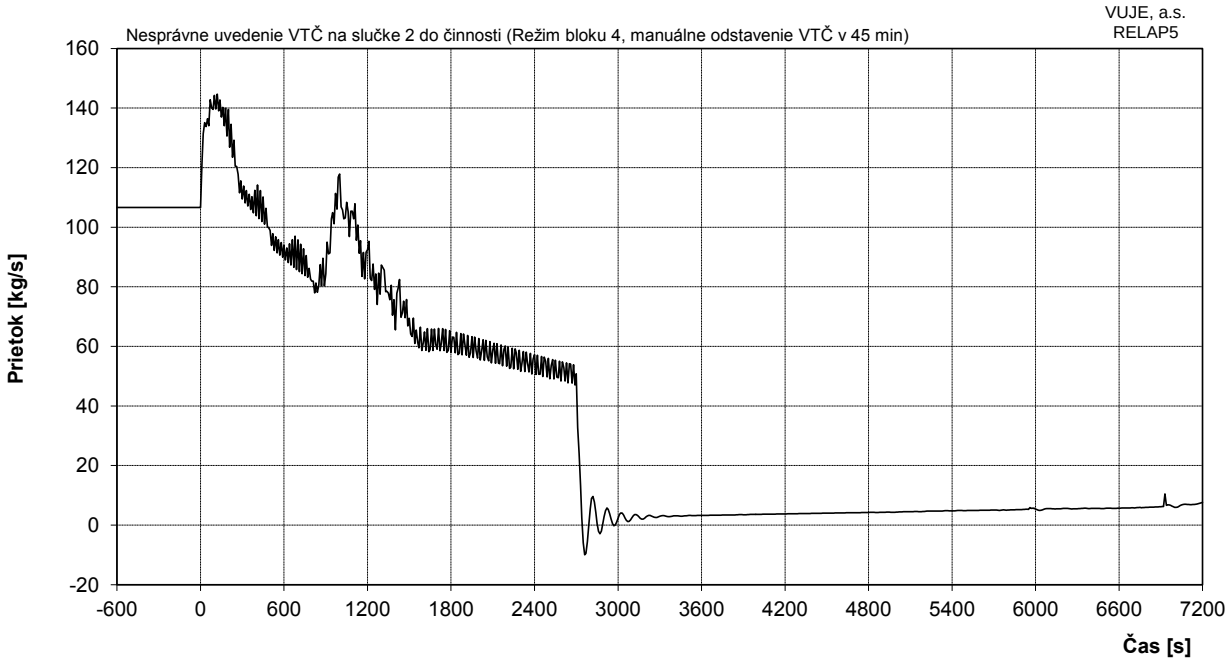
Obr. 7.2.1.10.4-A-6: Celkový výkon EOKO



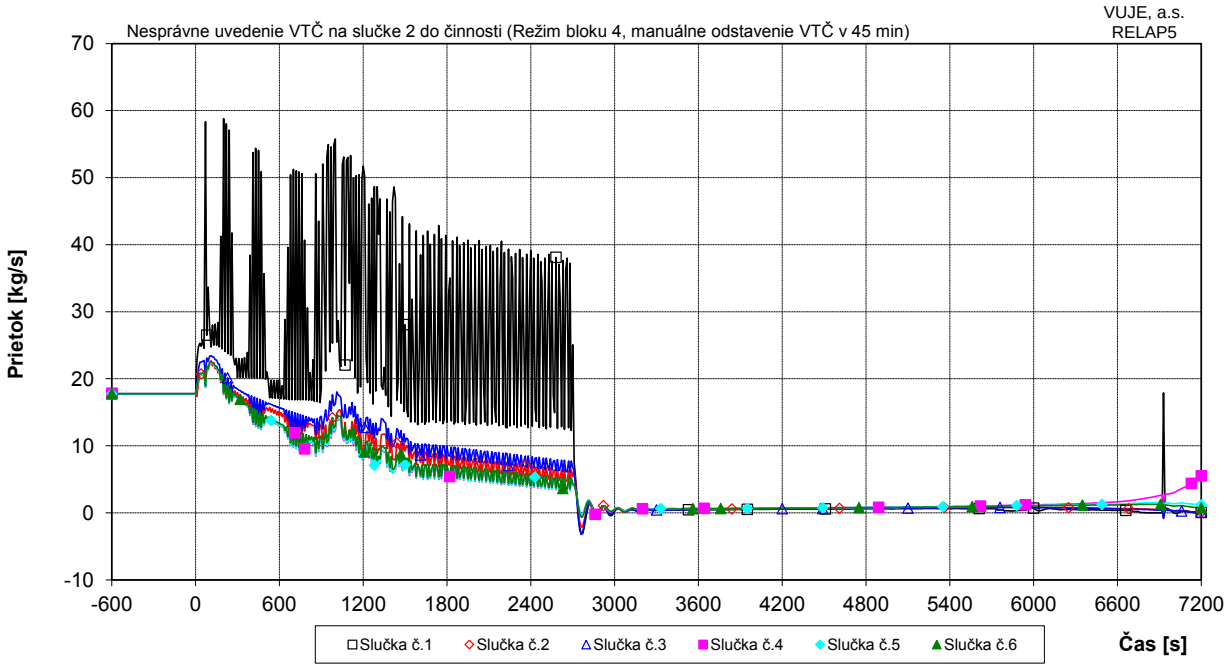
Obr. 7.2.1.10.4-A-7: Celková hladina v KO



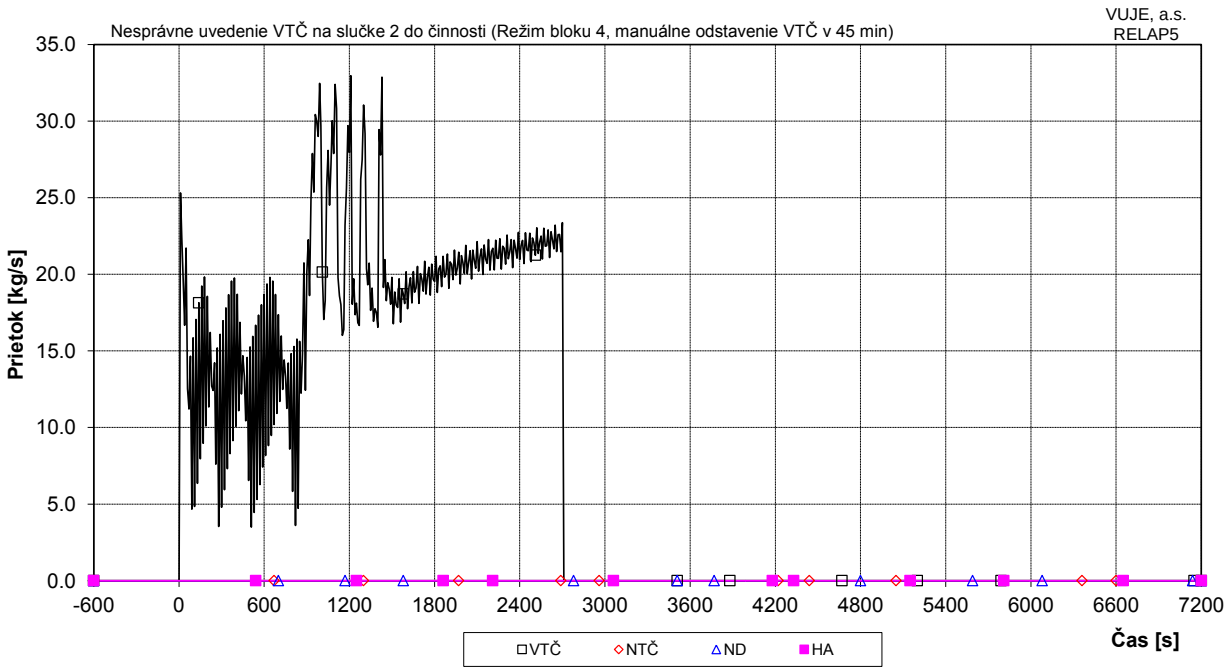
Obr. 7.2.1.10.4-A-8: Hladina chladiva v TNR



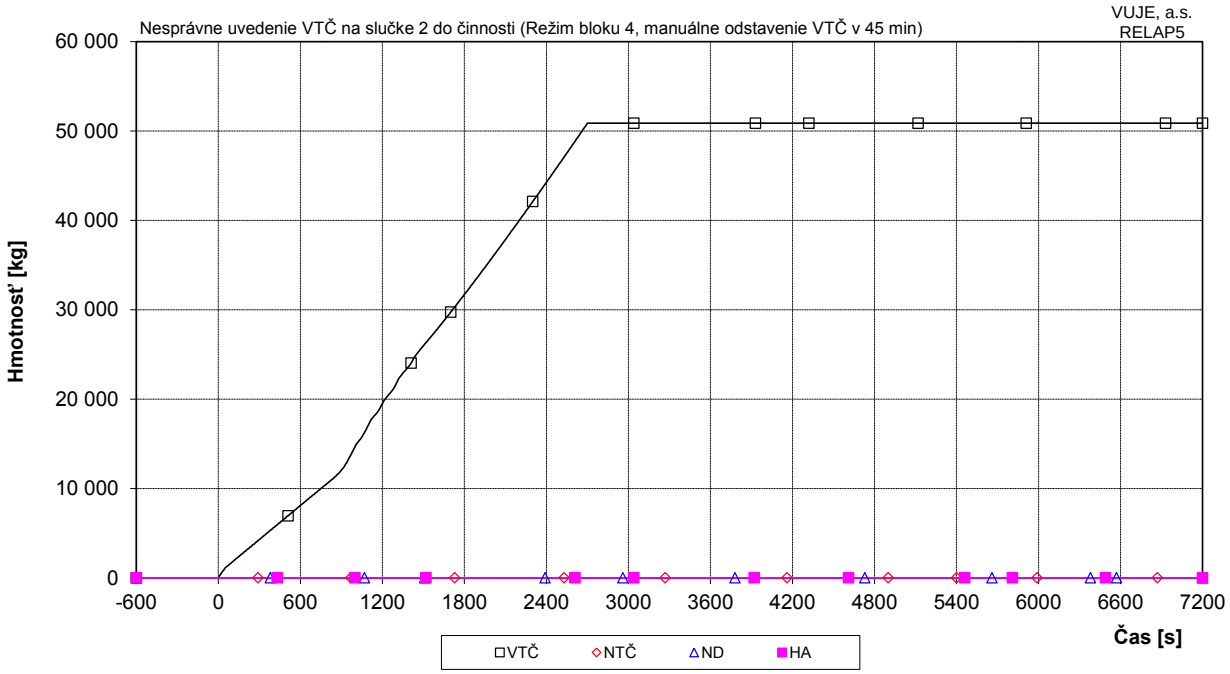
Obr. 7.2.1.10.4-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



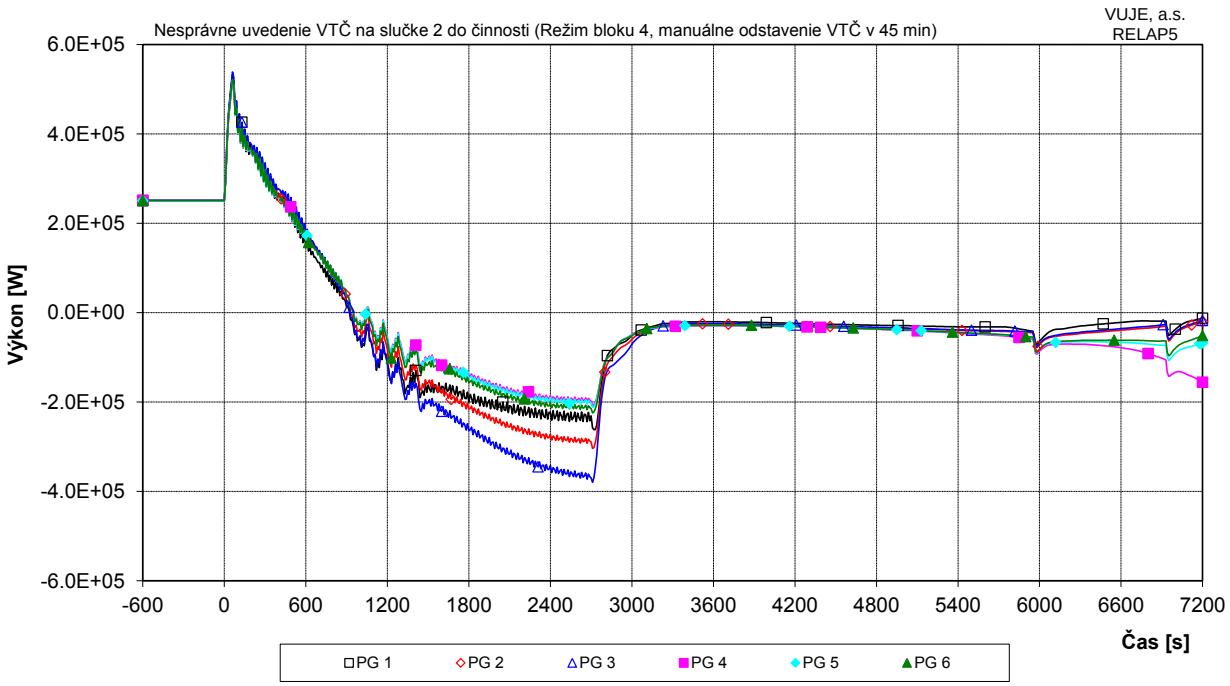
Obr. 7.2.1.10.4-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



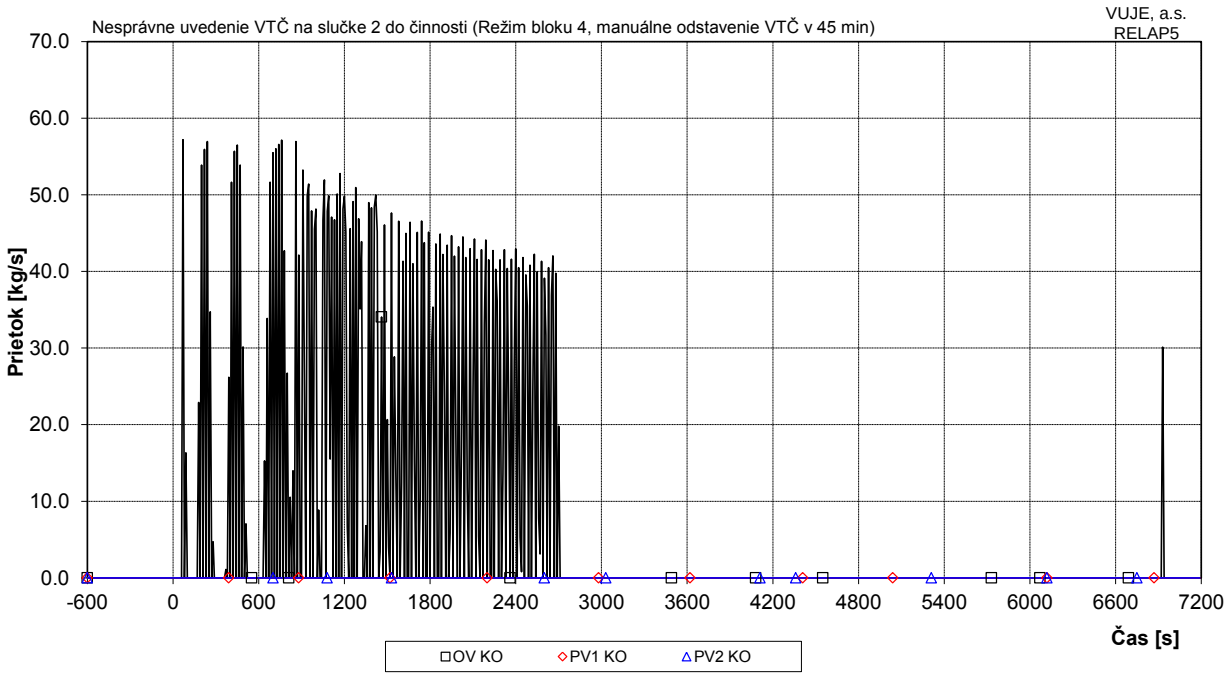
Obr. 7.2.1.10.4-A-11: Doplňovanie do I.O.



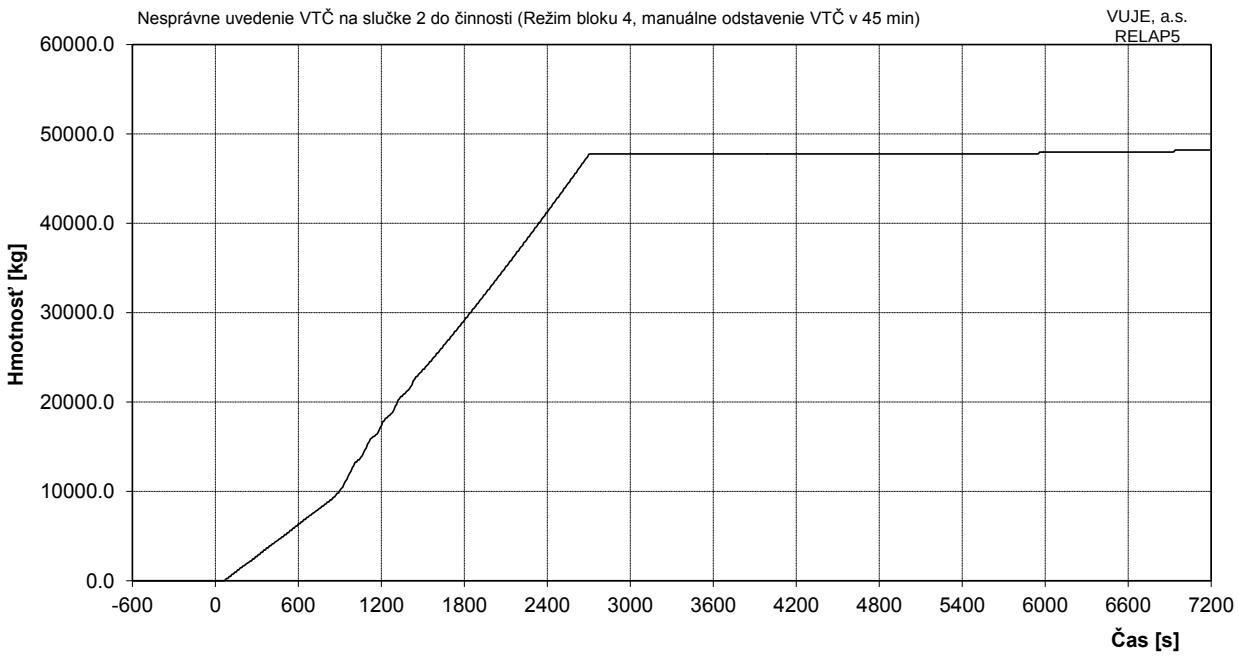
Obr. 7.2.1.10.4-A-12: Integrál doplňovania do I.O.



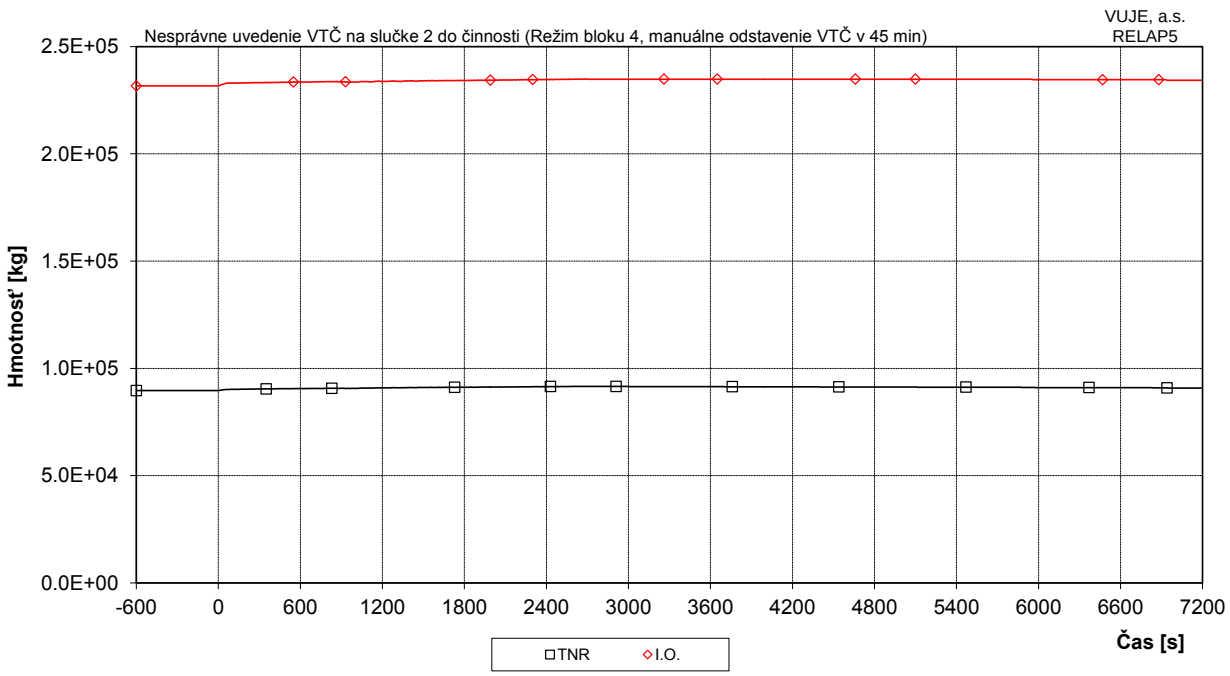
Obr. 7.2.1.10.4-A-13: Výkon PG



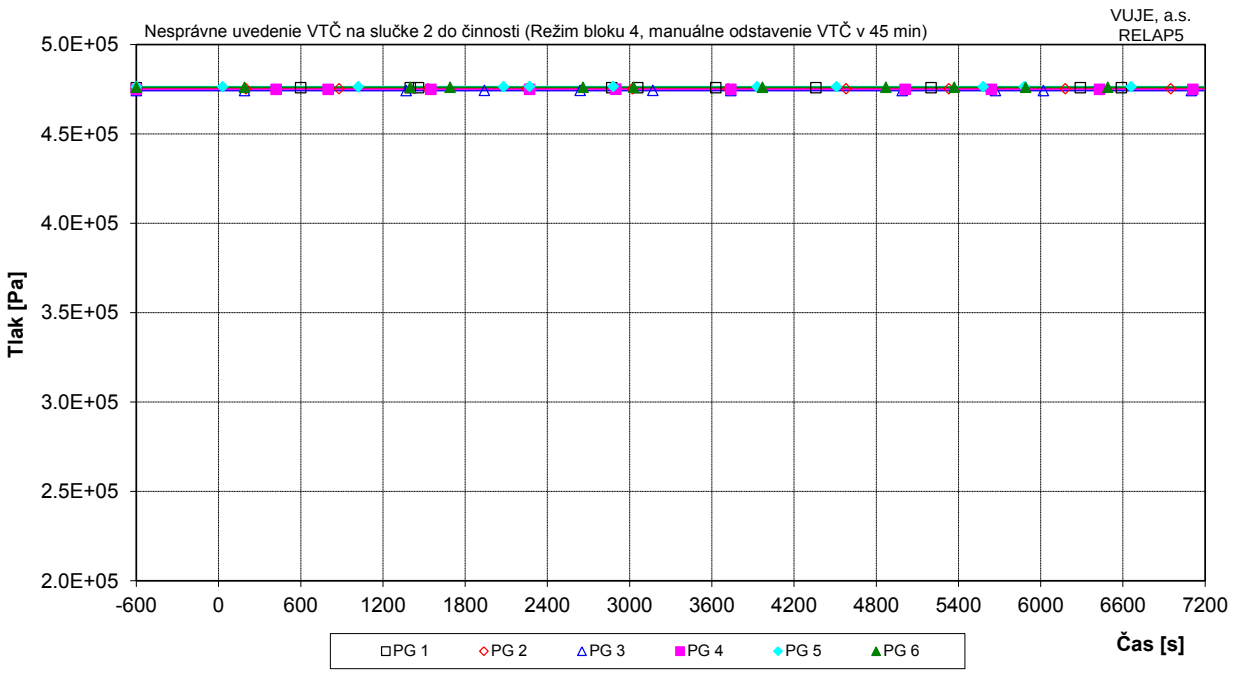
Obr. 7.2.1.10.4-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



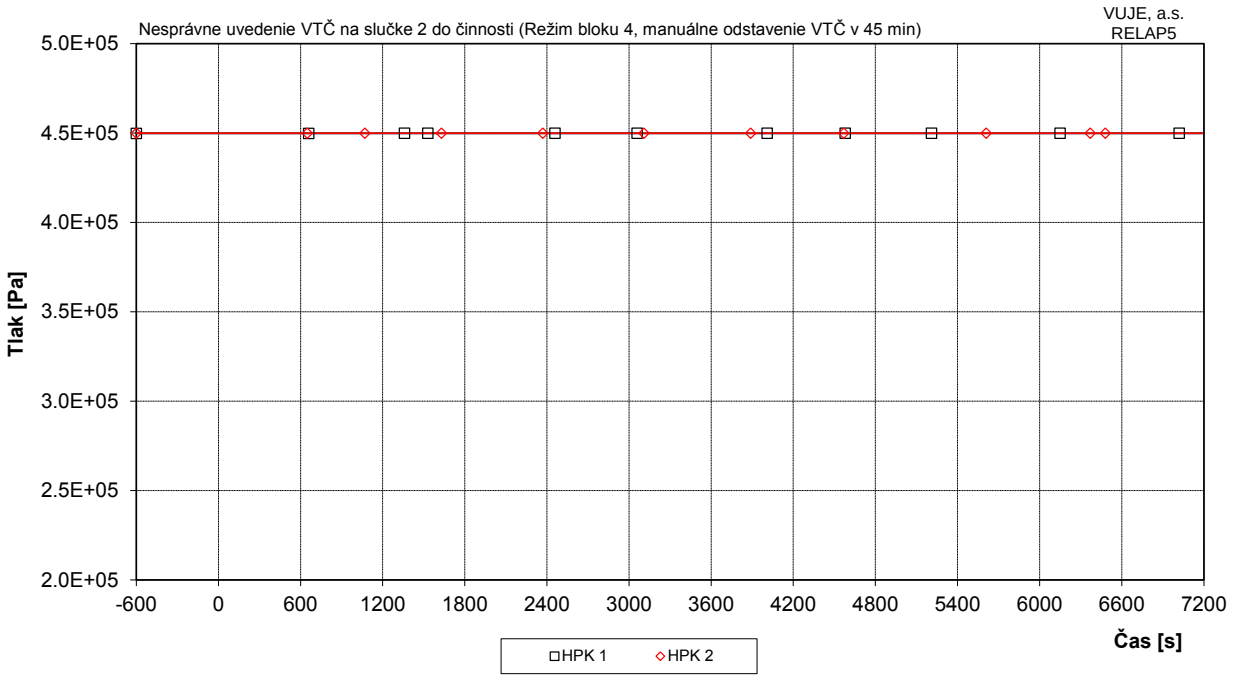
Obr. 7.2.1.10.4-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



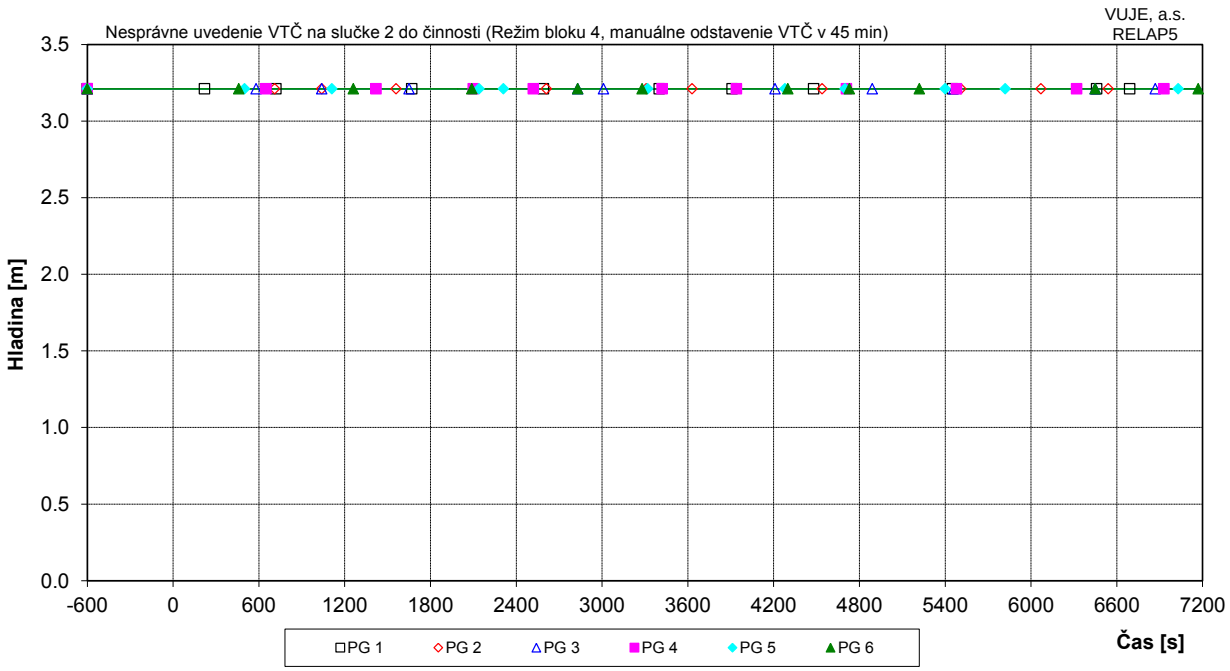
Obr. 7.2.1.10.4-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



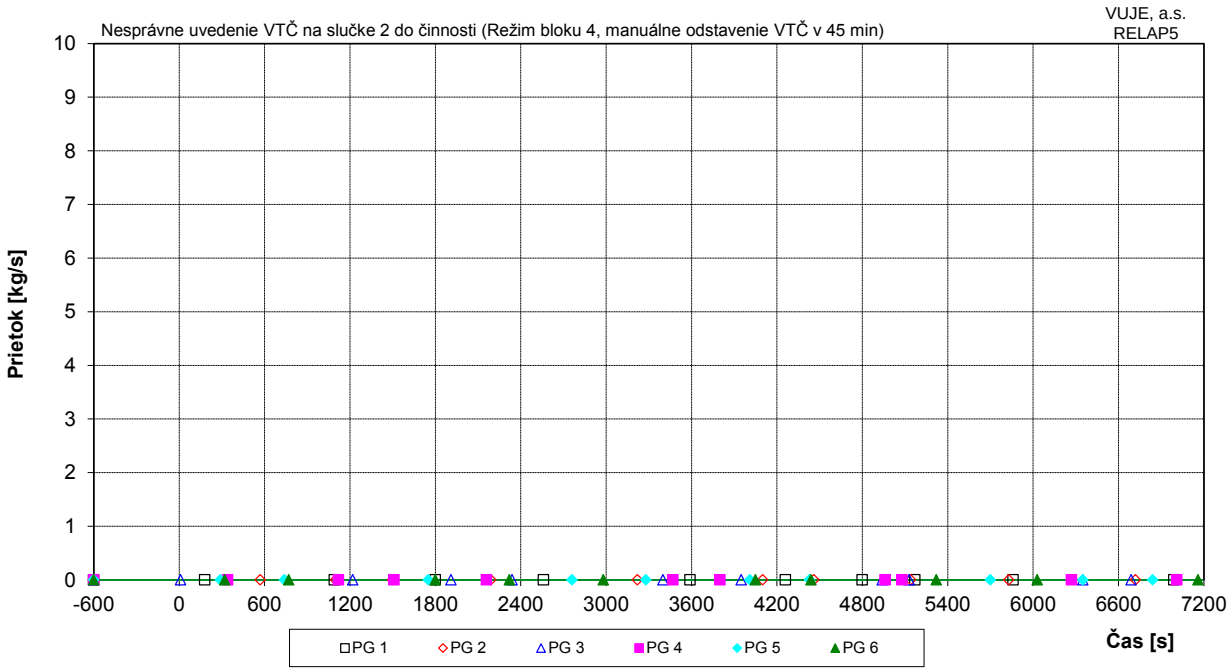
Obr. 7.2.1.10.4-A-17: Tlak na výstupe z PG



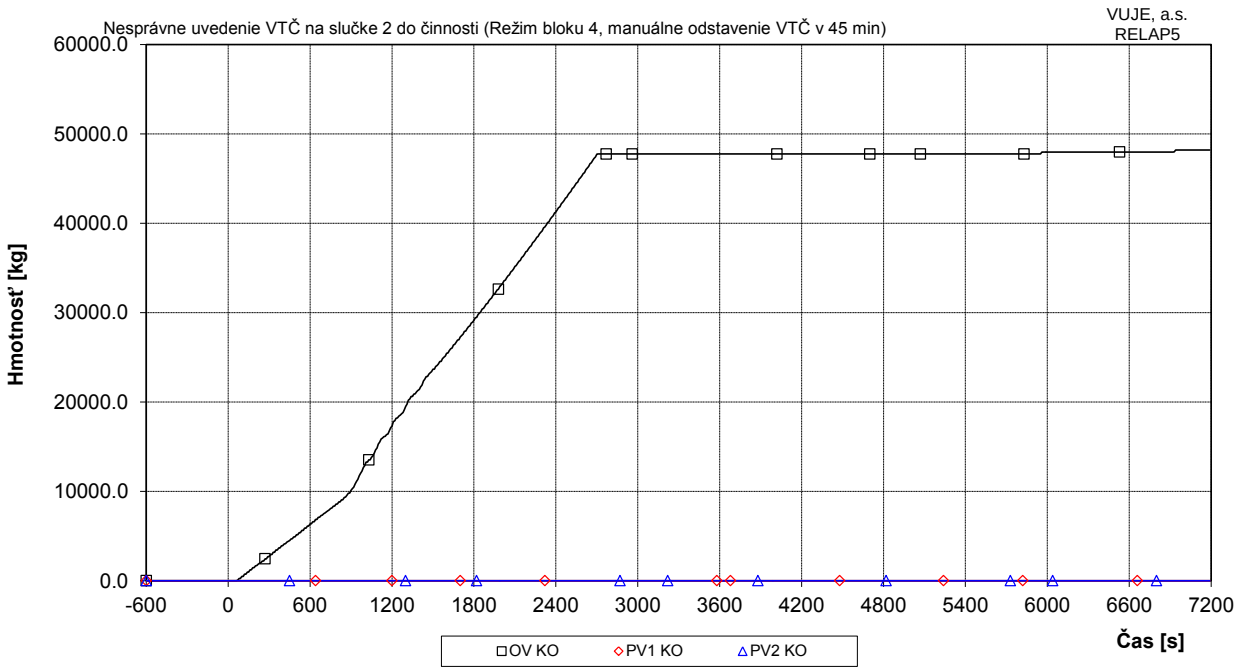
Obr. 7.2.1.10.4-A-18: Tlak v HPK



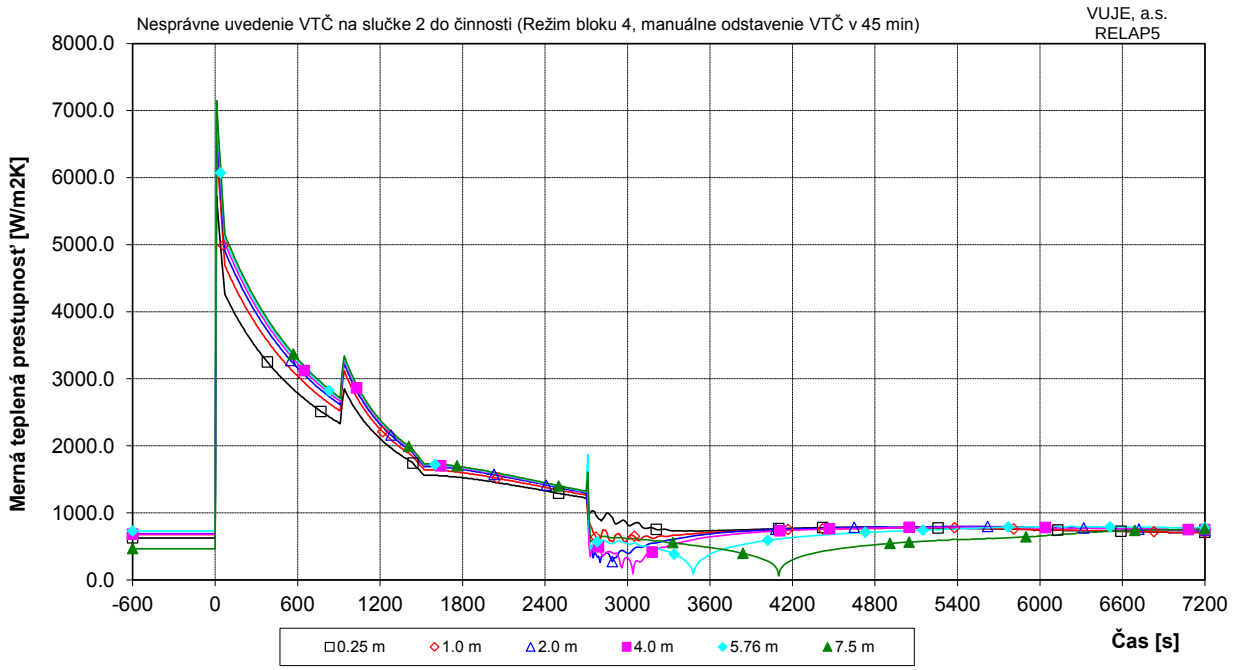
Obr. 7.2.1.10.4-A-19: Celková hladina v PG



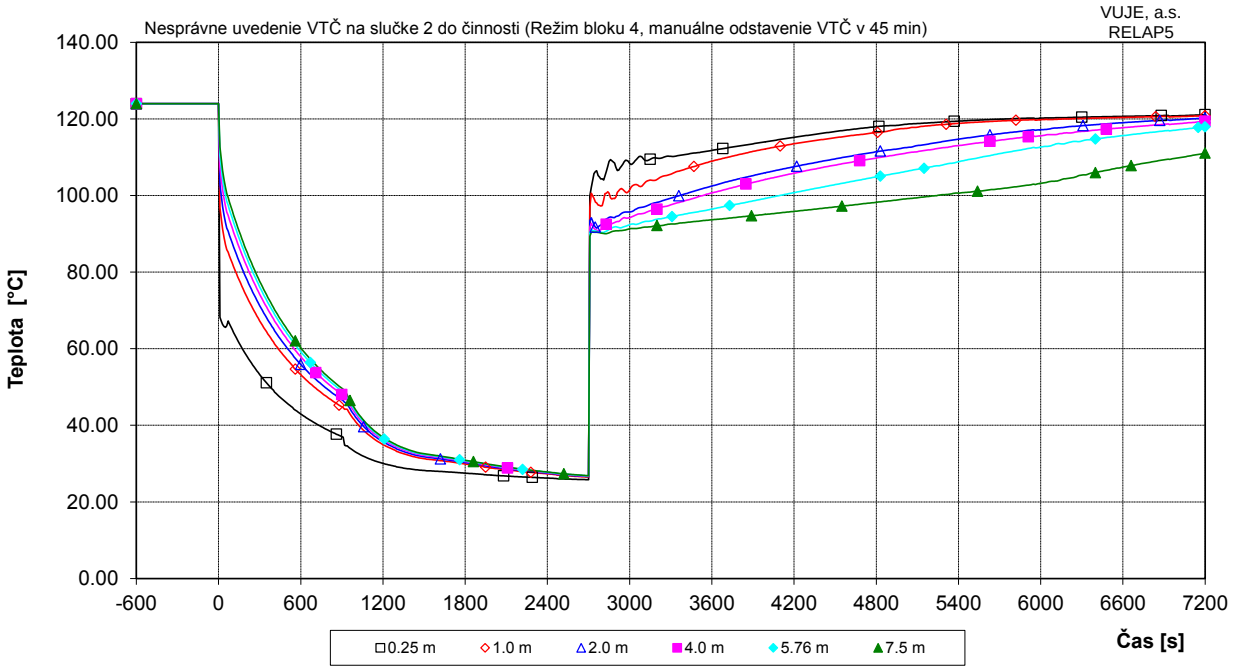
Obr. 7.2.1.10.4-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



Obr. 7.2.1.10.4-A-21: Integrál prietoku chladiva cez poistné ventily KO

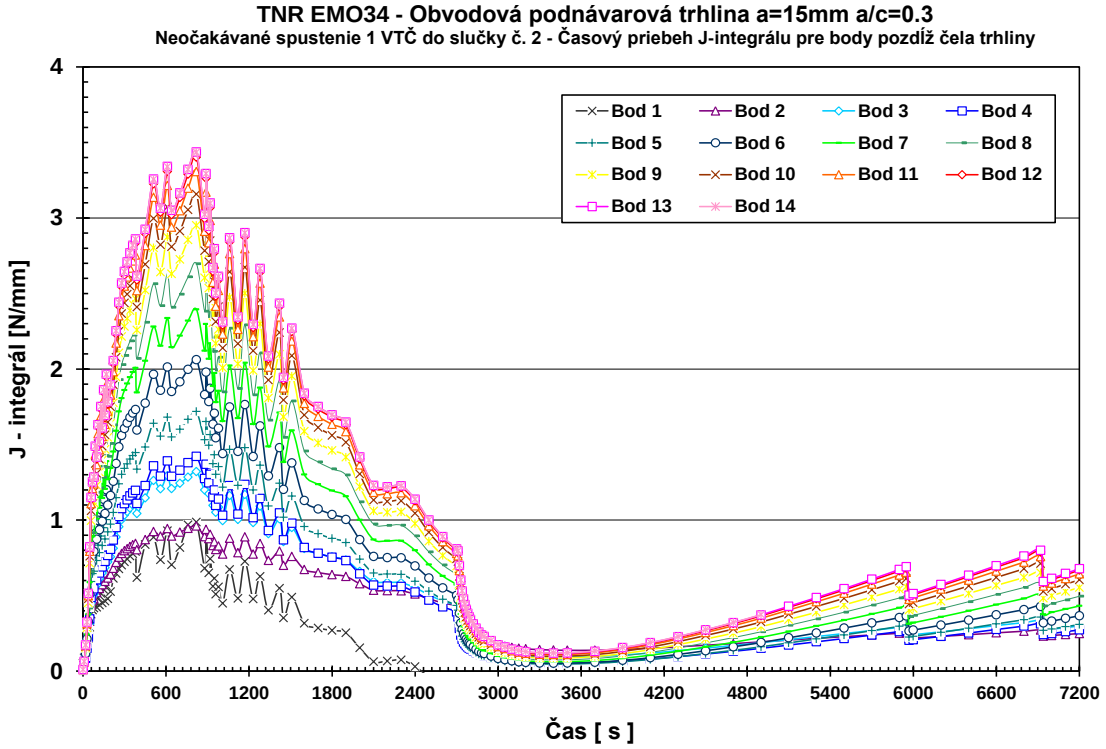


Obr. 7.2.1.10.4-A-22: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2

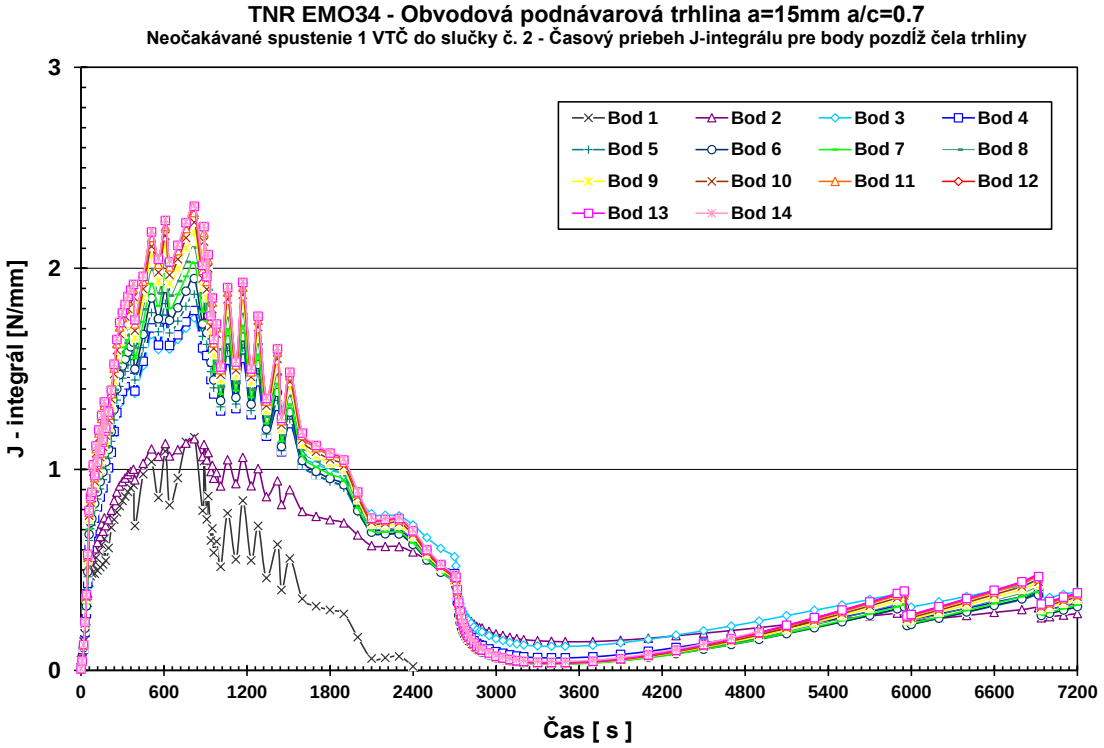


Obr. 7.2.1.10.4-A-23: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2

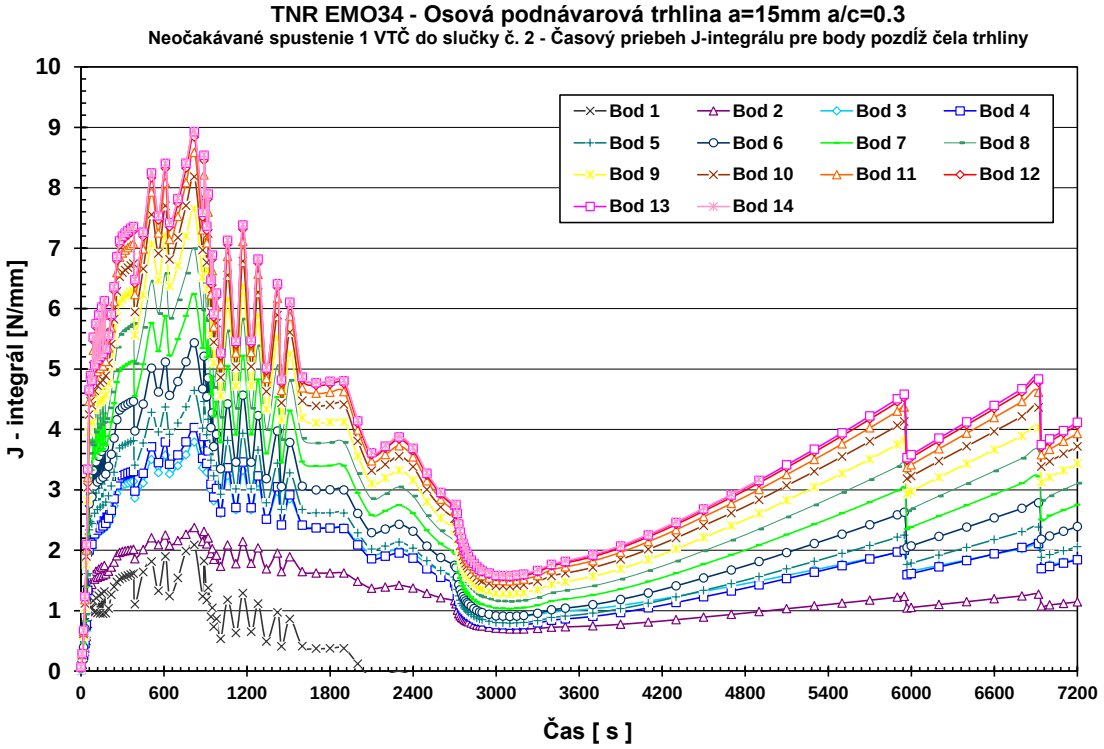
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



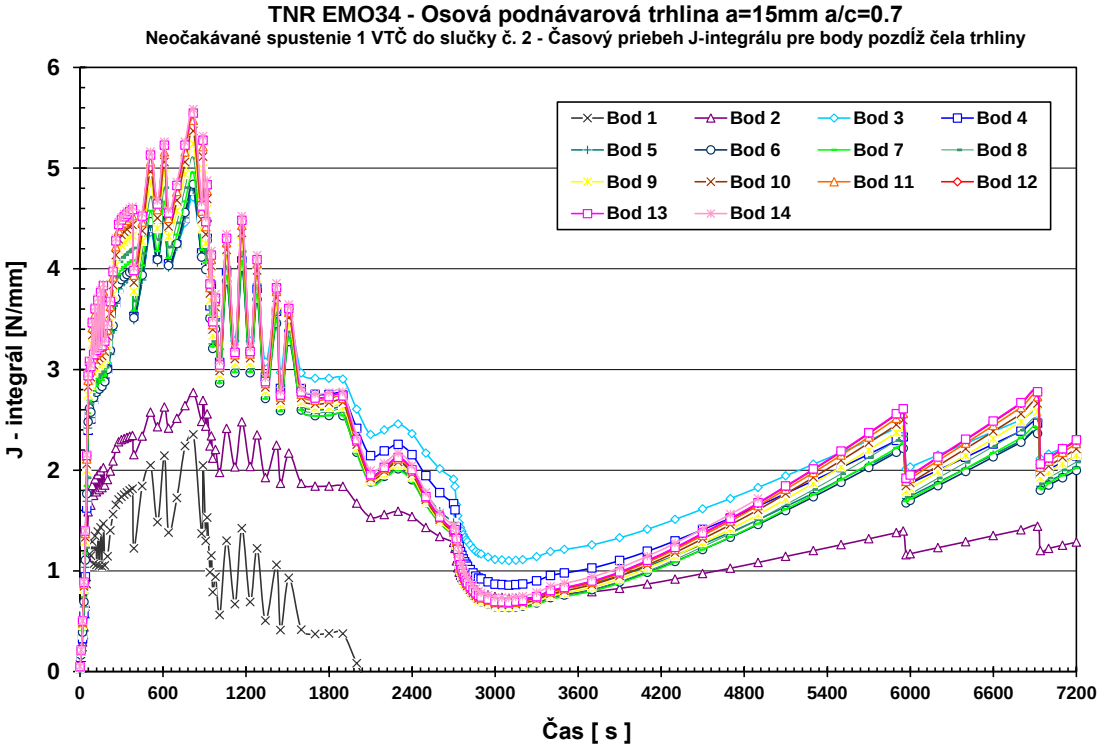
Obr. 7.2.1.10.4-A-24: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3



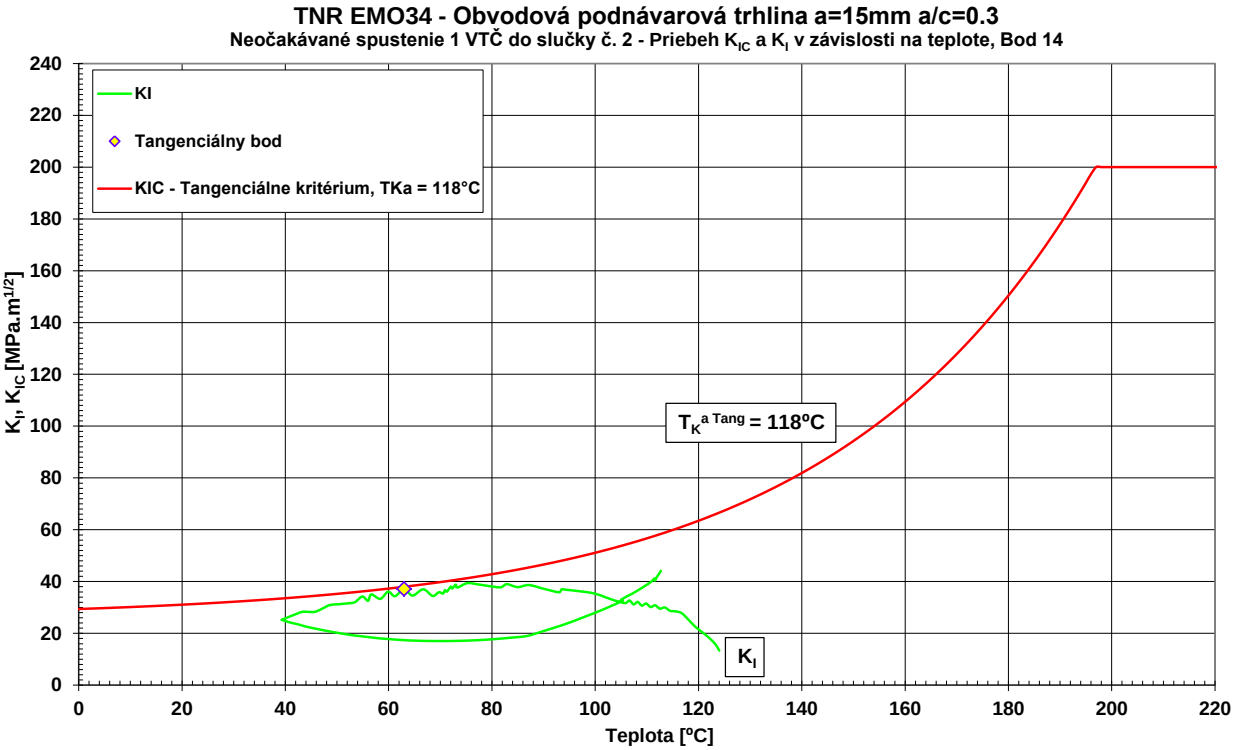
Obr. 7.2.1.10.4-A-25: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7



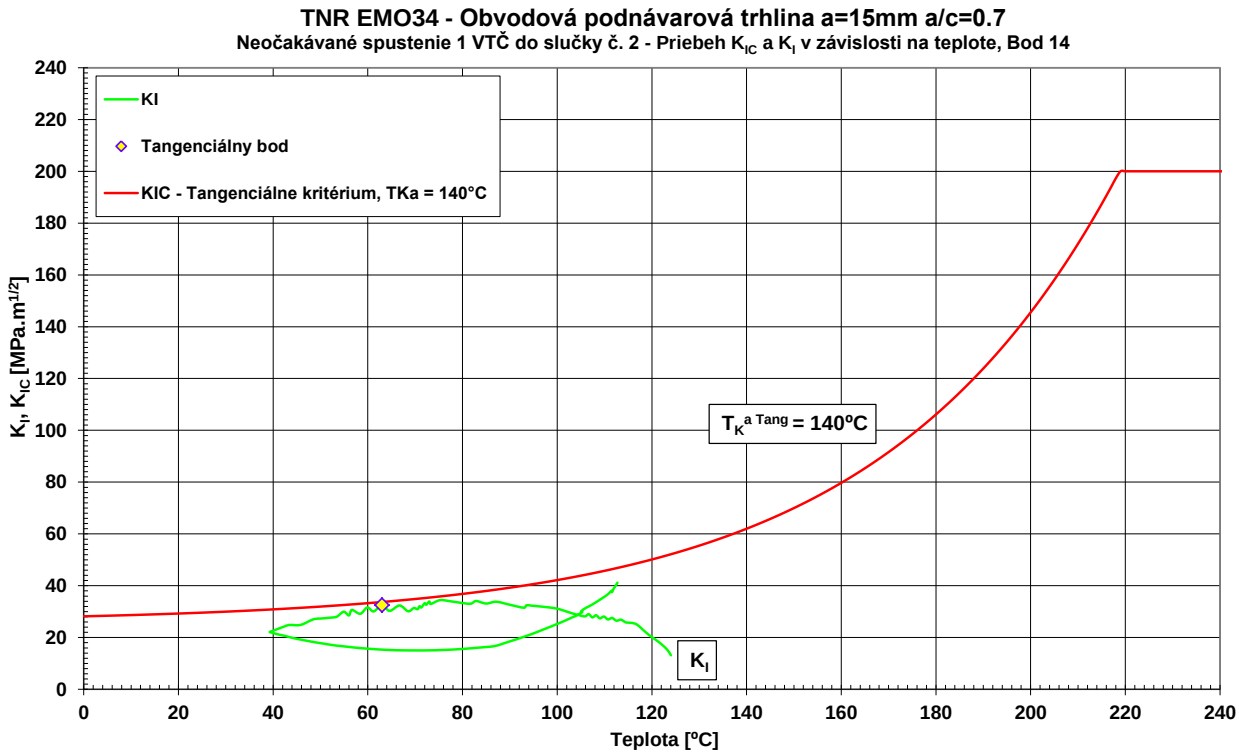
Obr. 7.2.1.10.4-A-26: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3



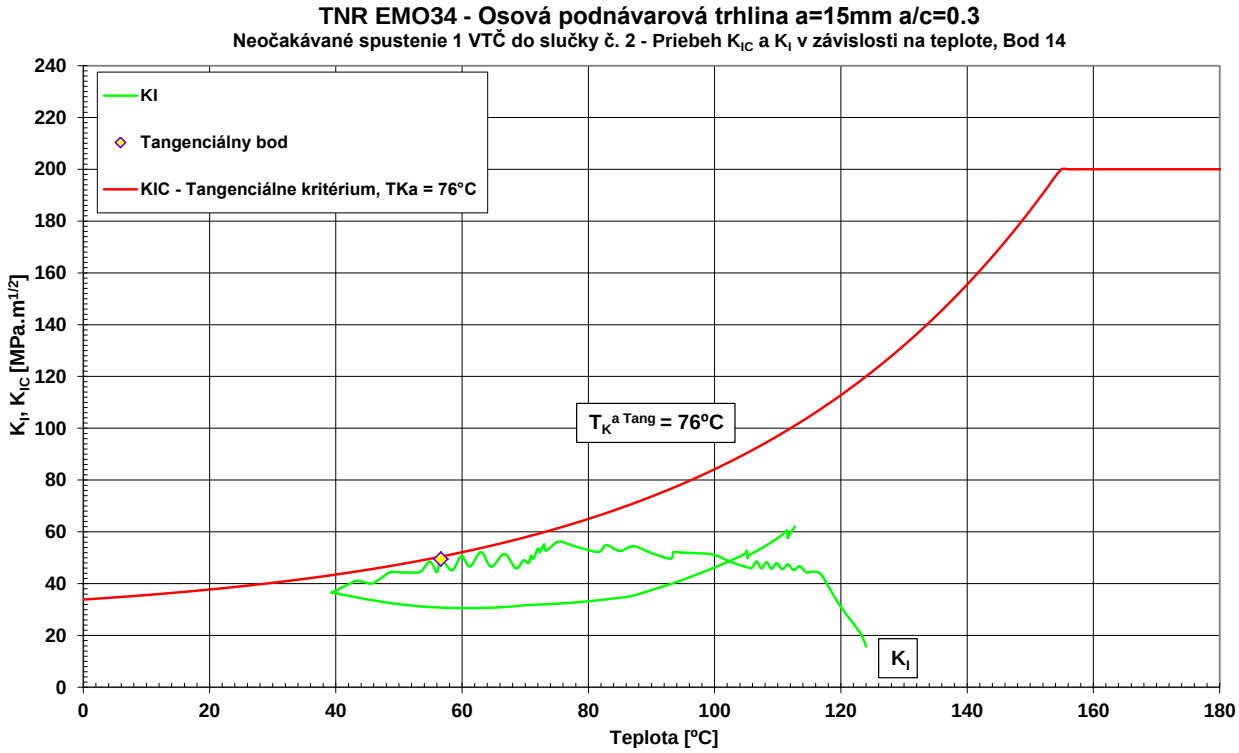
Obr. 7.2.1.10.4-A-27: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7



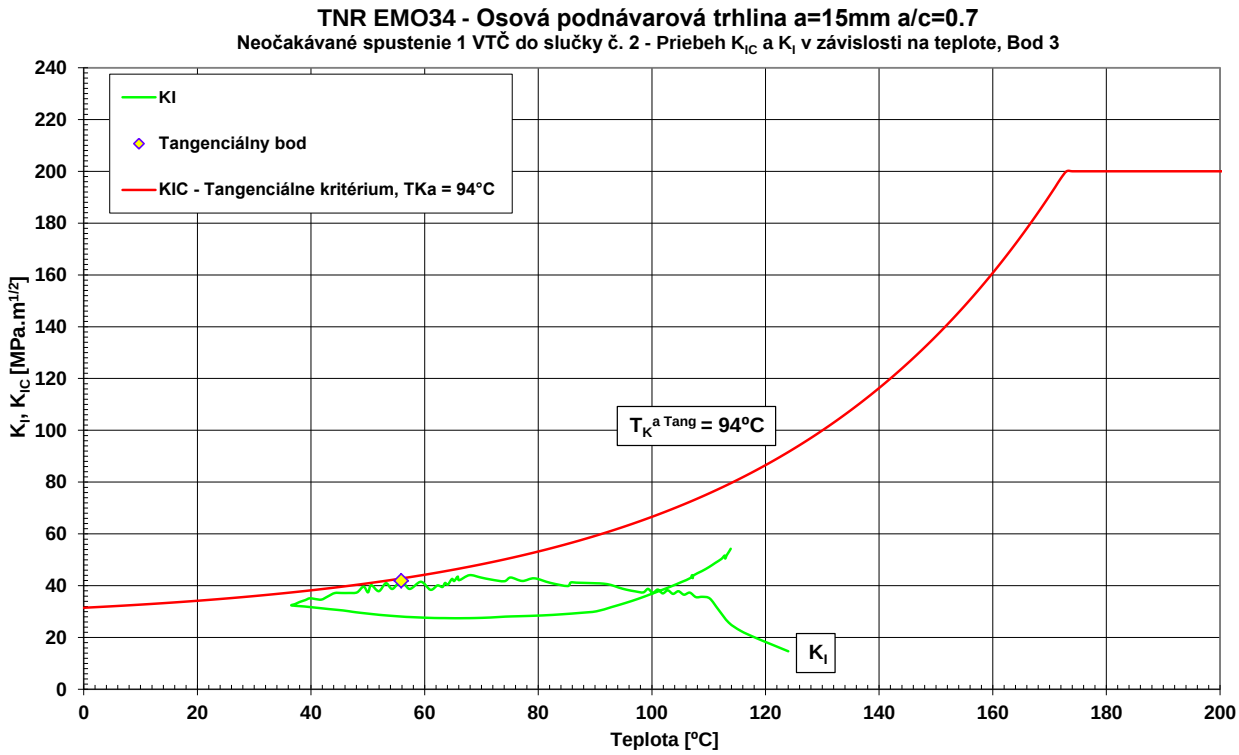
Obr. 7.2.1.10.4-A-28: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.4-A-29: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 14

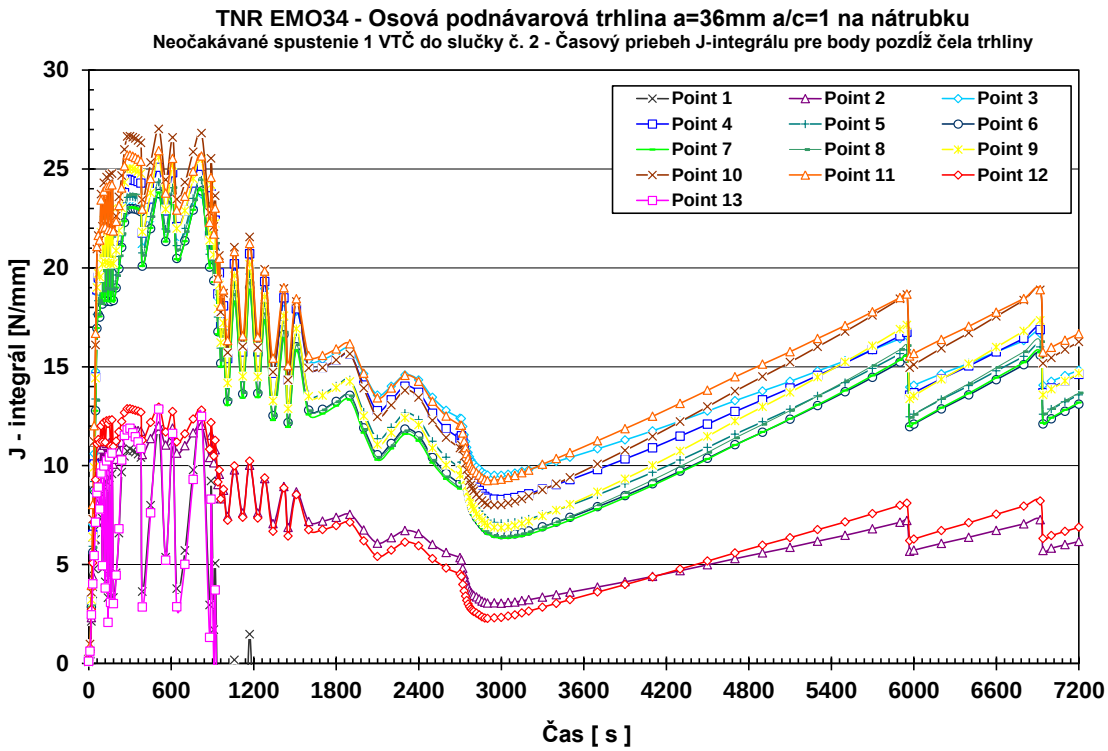


Obr. 7.2.1.10.4-A-30: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

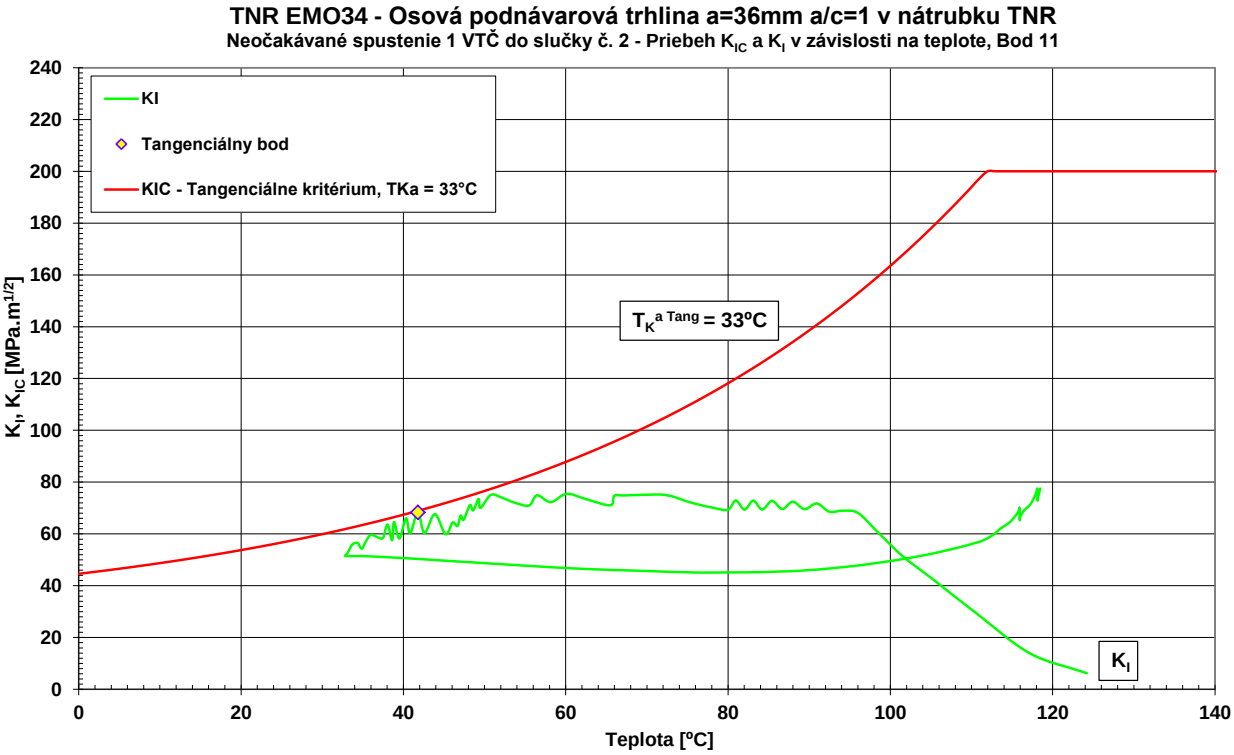


Obr. 7.2.1.10.4-A-31: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.4-A-32: J-integrál - osová podnávar. trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.4-A-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 11

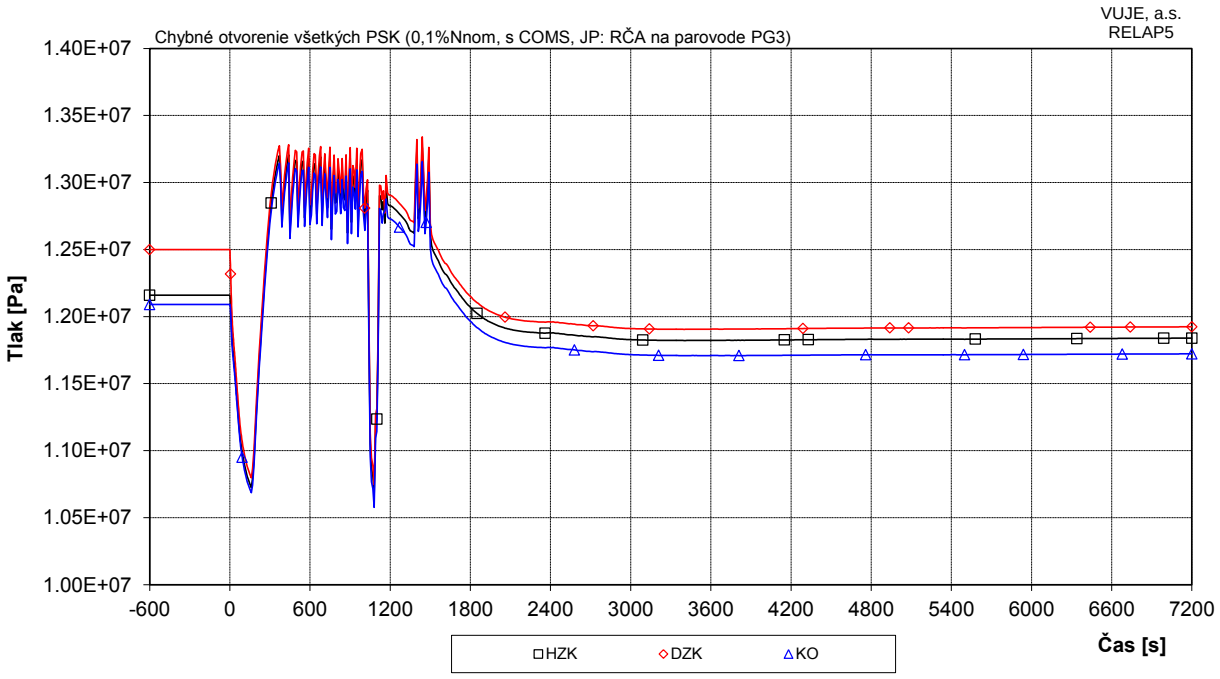
Príloha č. 14

7.2.1.10.7 Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK

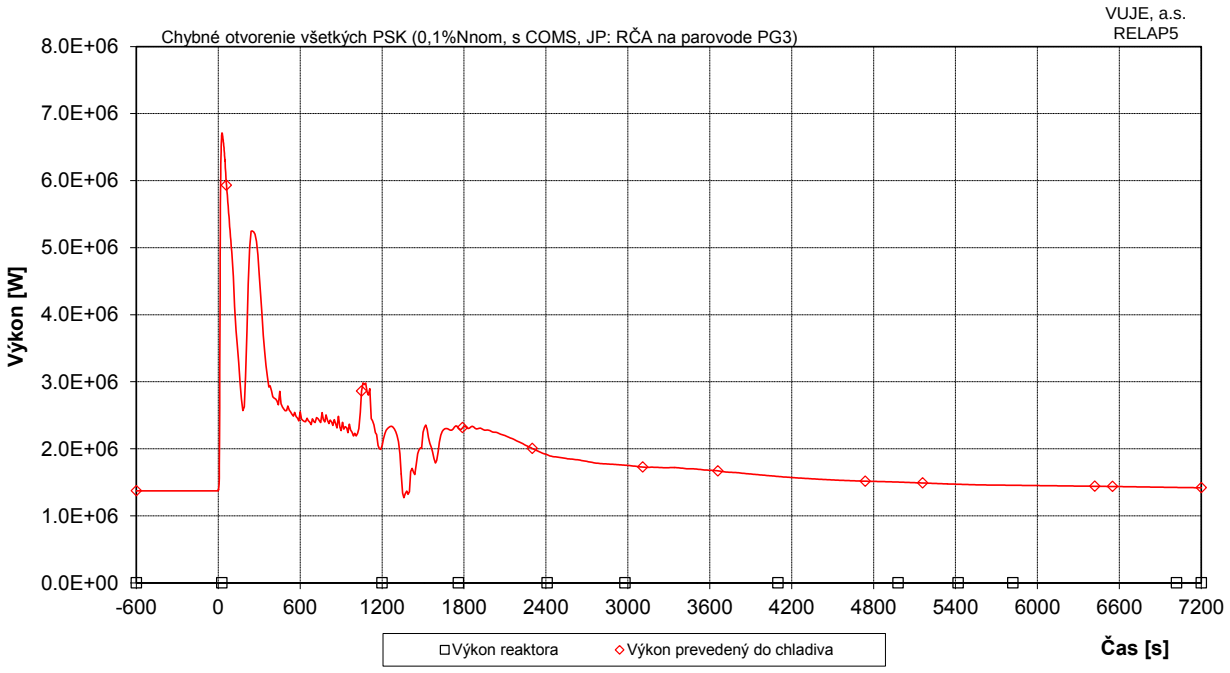
Scenár A Chybné otvorenie všetkých PSK

ZOZNAM OBRÁZKOV

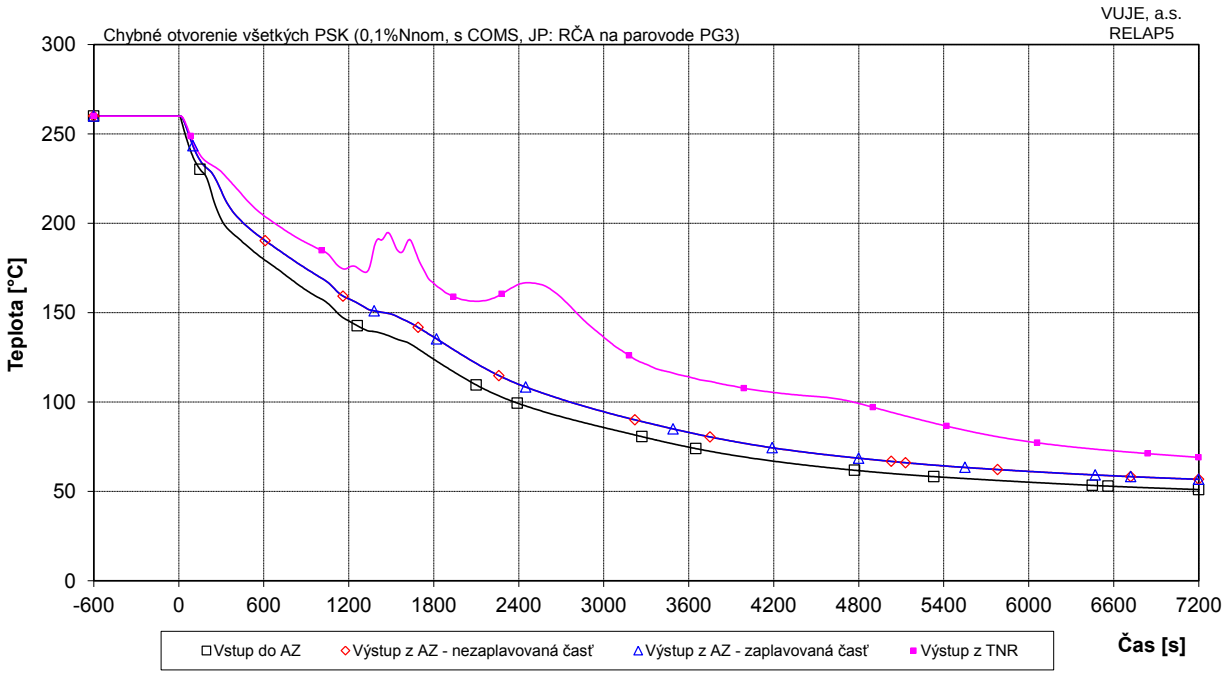
Obr. 7.2.1.10.7-A-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.7-A-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.7-A-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.7-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.7-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.7-A-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.7-A-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.7-A-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.7-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.7-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.7-A-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.7-A-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.7-A-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.7-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.7-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.7-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.7-A-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.7-A-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.7-A-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.7-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.7-A-21: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.7-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.7-A-23: Prietok pary cez PSK ... 13
Obr. 7.2.1.10.7-A-24: Prietok pary do TG ... 13
Obr. 7.2.1.10.7-A-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.7-A-26: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.7-A-27: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.7-A-28: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7 ... 15
Obr. 7.2.1.10.7-A-29: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.7-A-30: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.7-A-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.7-A-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.7-A-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.7-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 18
Obr. 7.2.1.10.7-A-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR ... 19
Obr. 7.2.1.10.7-A-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 ... 19



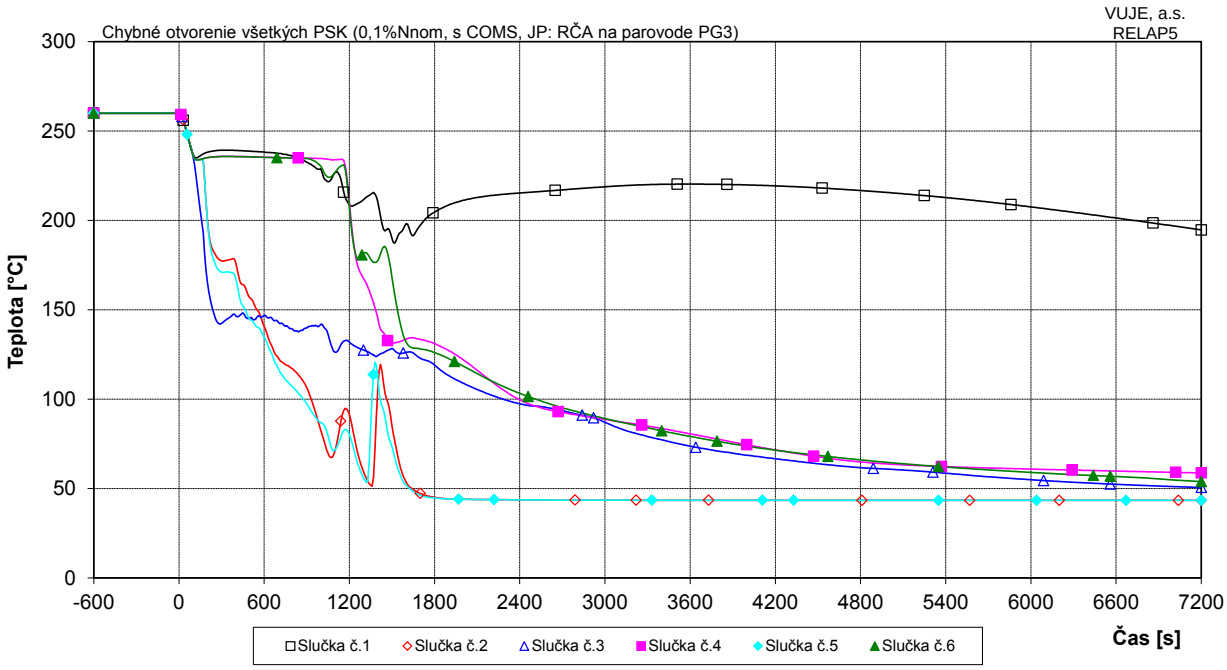
Obr. 7.2.1.10.7-A-1: Tlak v I.O.



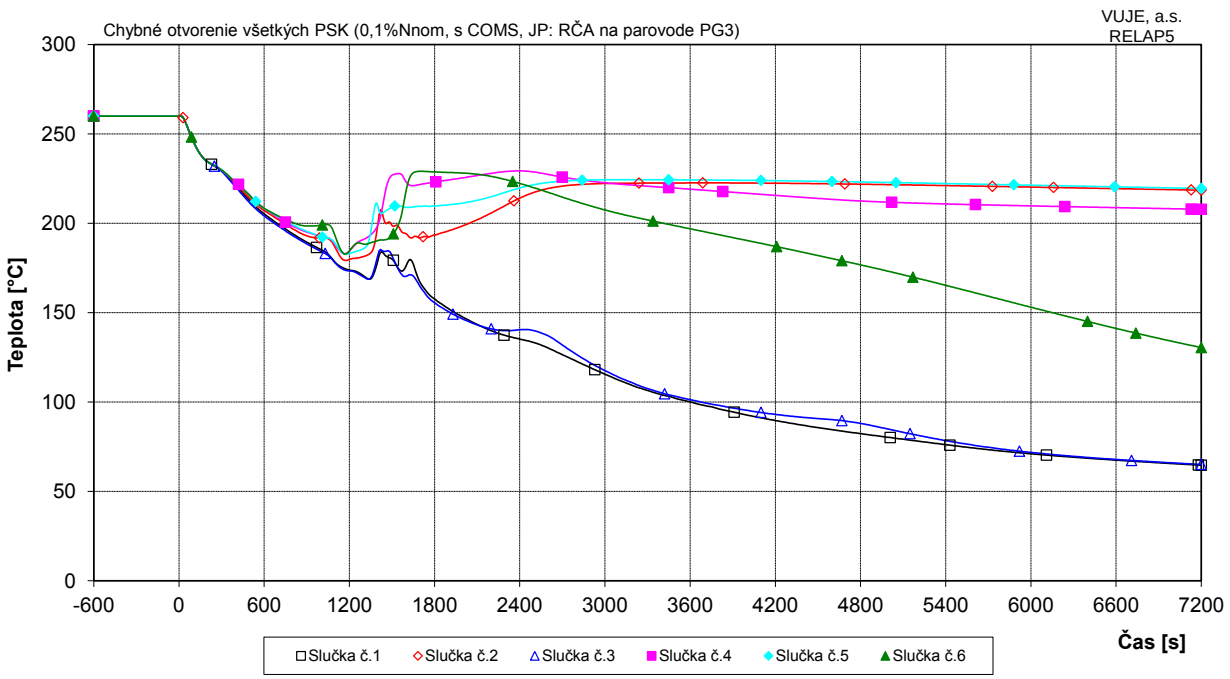
Obr. 7.2.1.10.7-A-2: Výkon reaktora



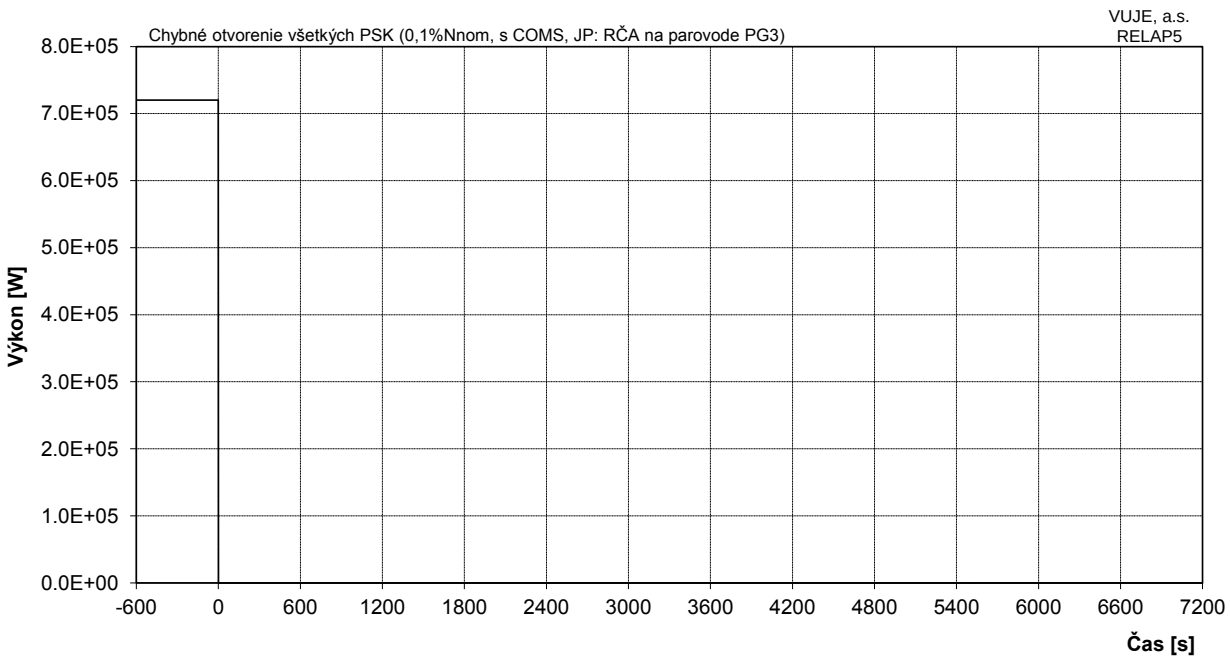
Obr. 7.2.1.10.7-A-3: Teplota chladiva v TNR



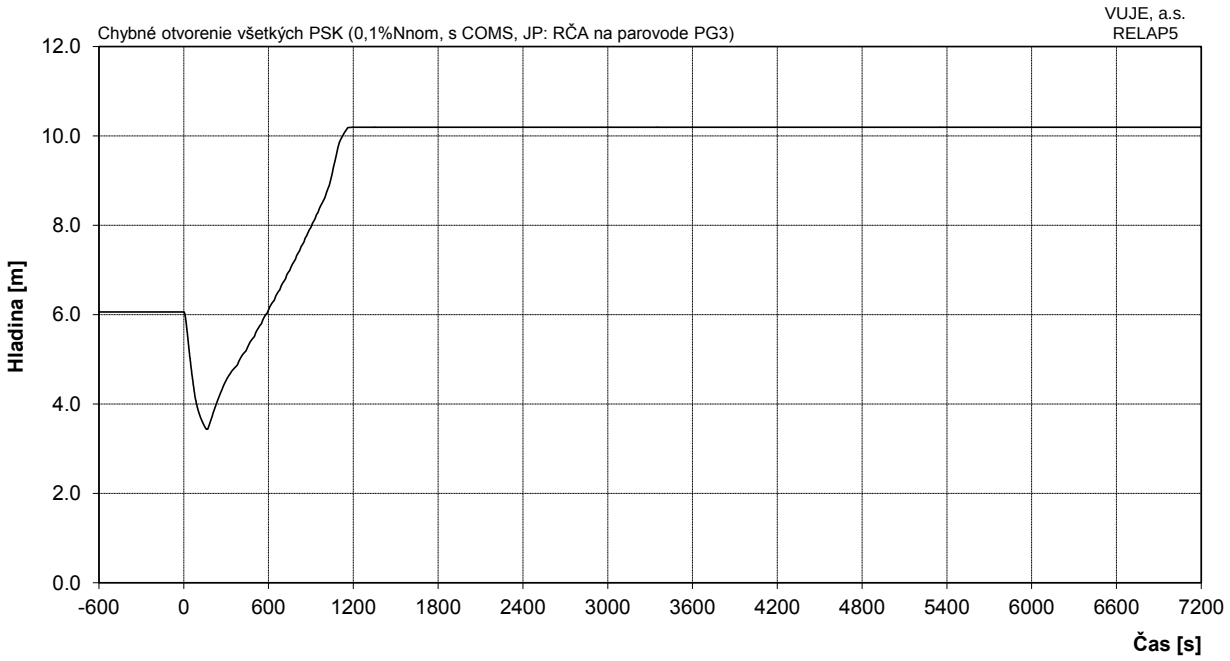
Obr. 7.2.1.10.7-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



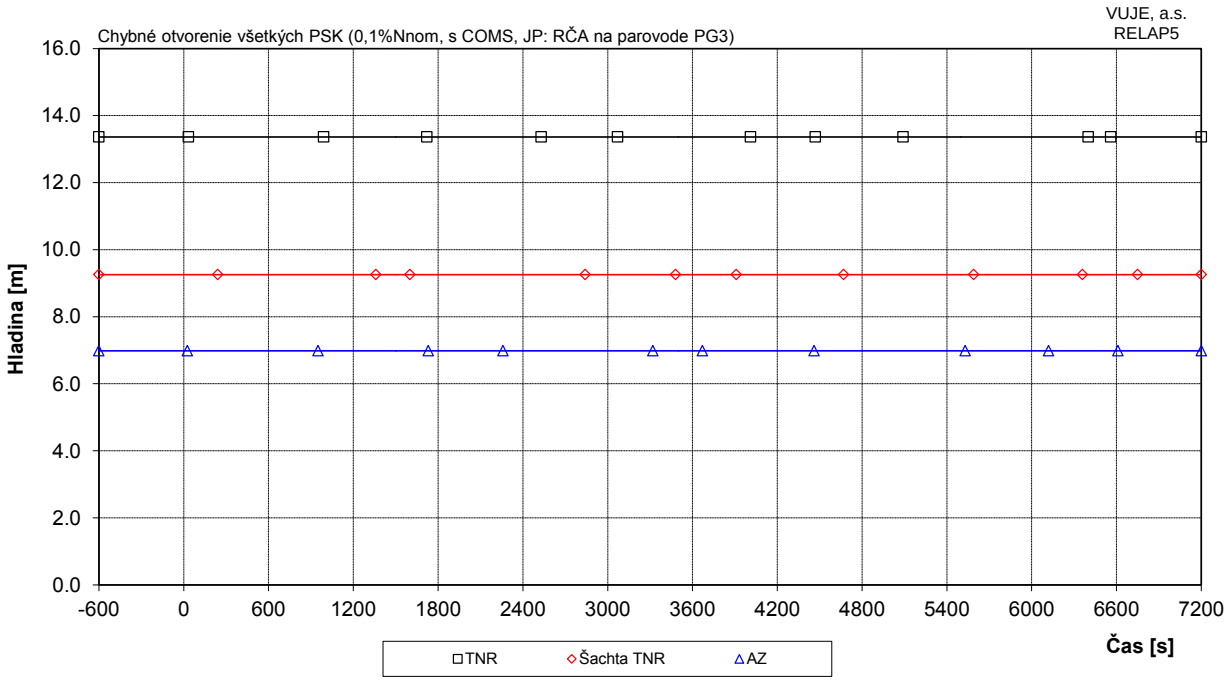
Obr. 7.2.1.10.7-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



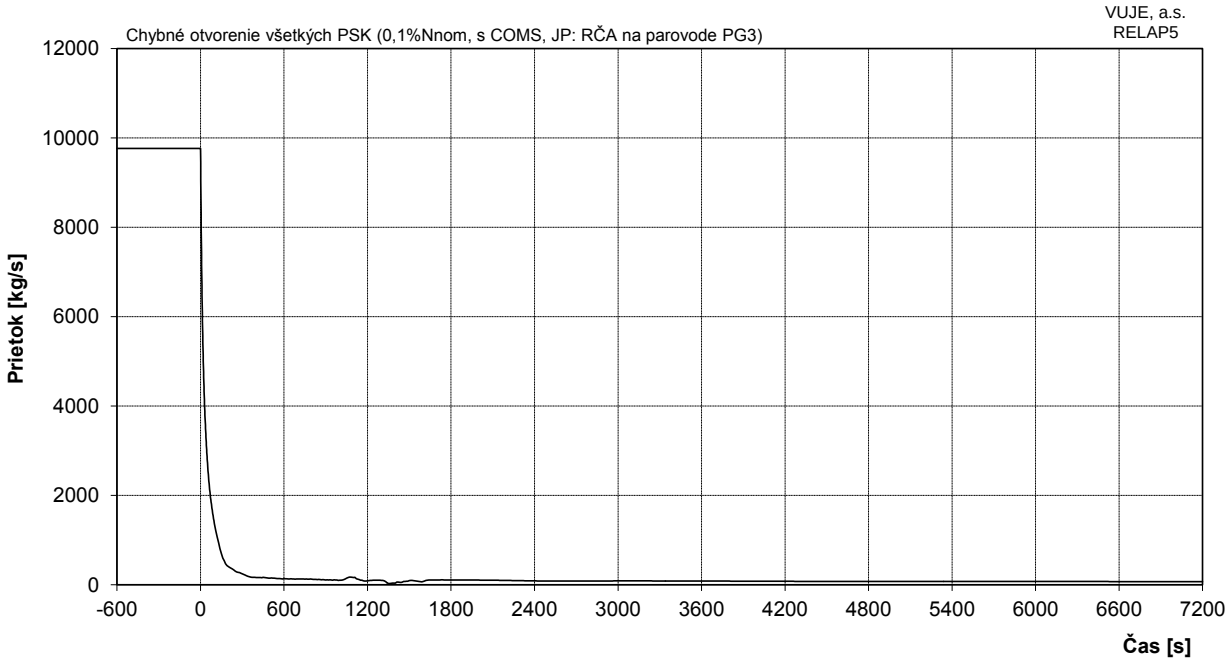
Obr. 7.2.1.10.7-A-6: Celkový výkon EOKO



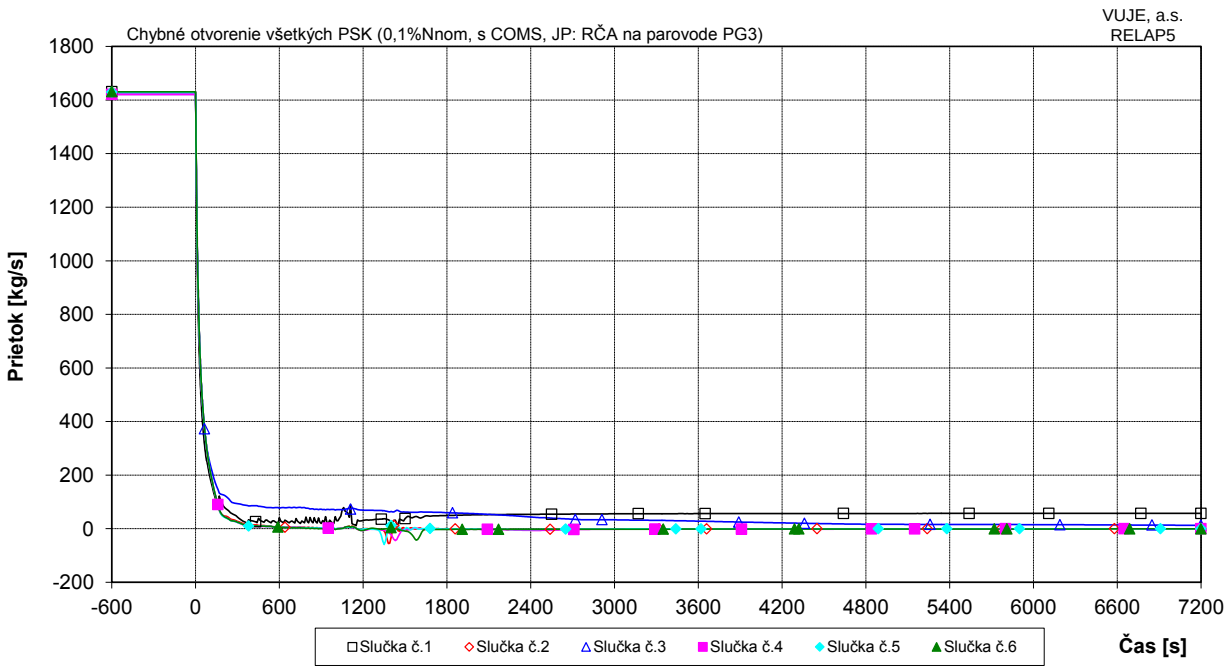
Obr. 7.2.1.10.7-A-7: Celková hladina v KO



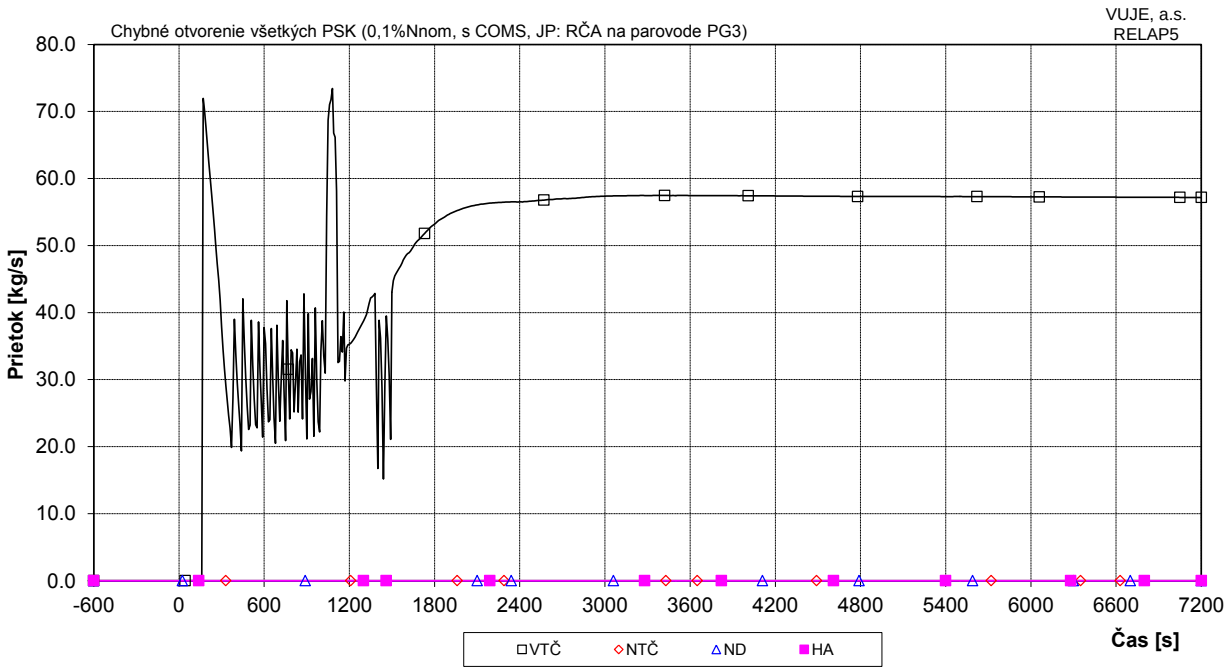
Obr. 7.2.1.10.7-A-8: Hladina chladiva v TNR



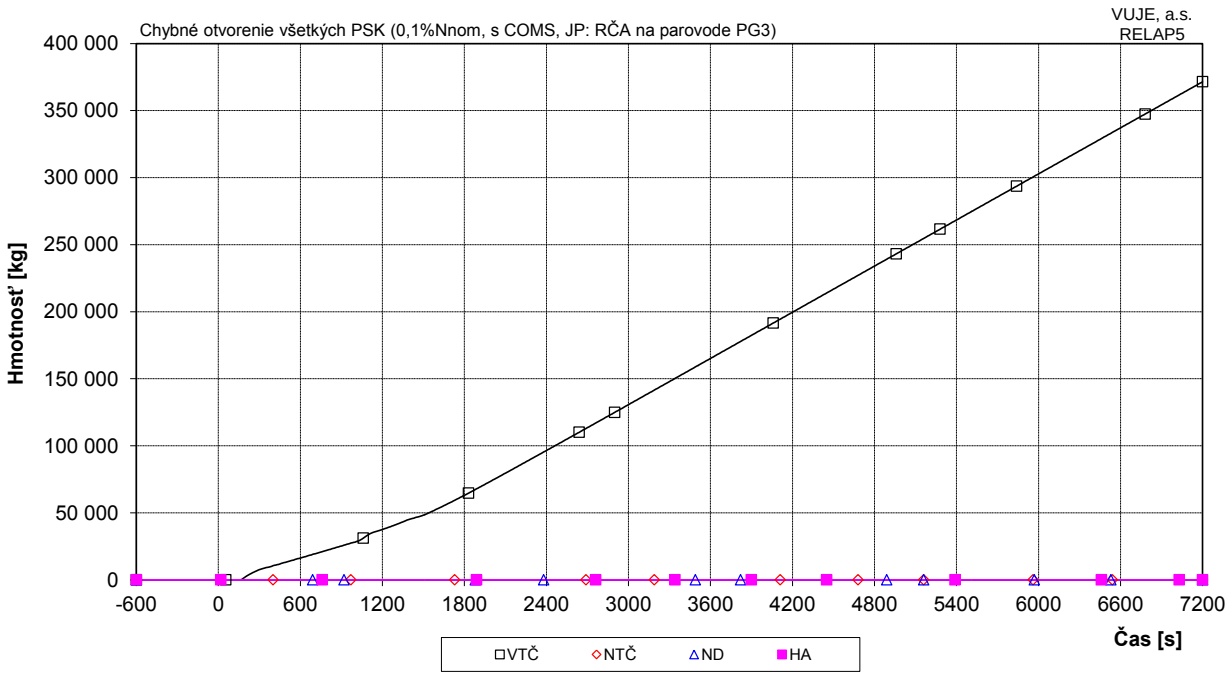
Obr. 7.2.1.10.7-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



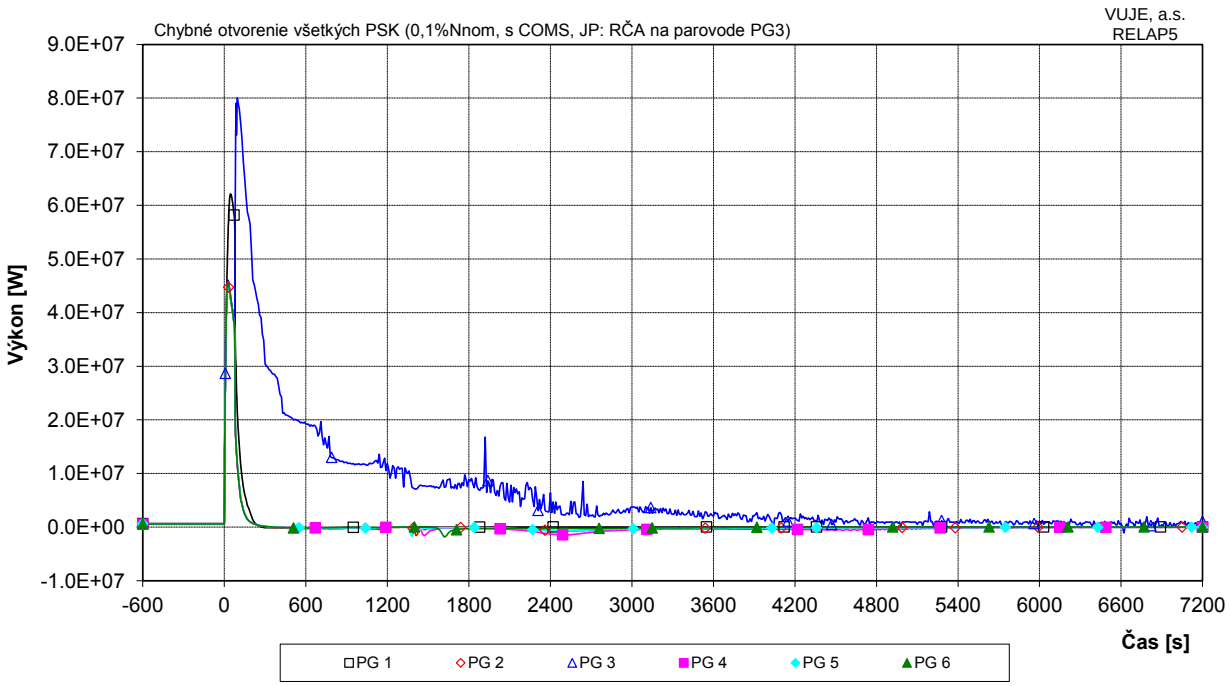
Obr. 7.2.1.10.7-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



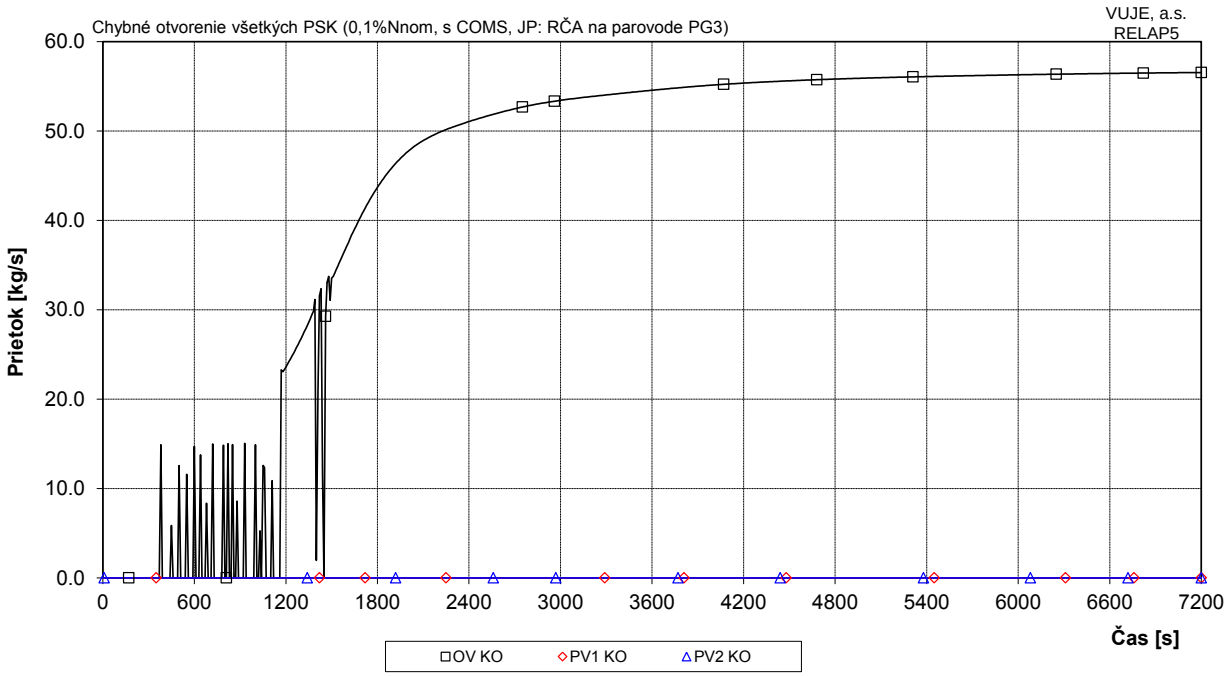
Obr. 7.2.1.10.7-A-11: Doplňovanie do I.O.



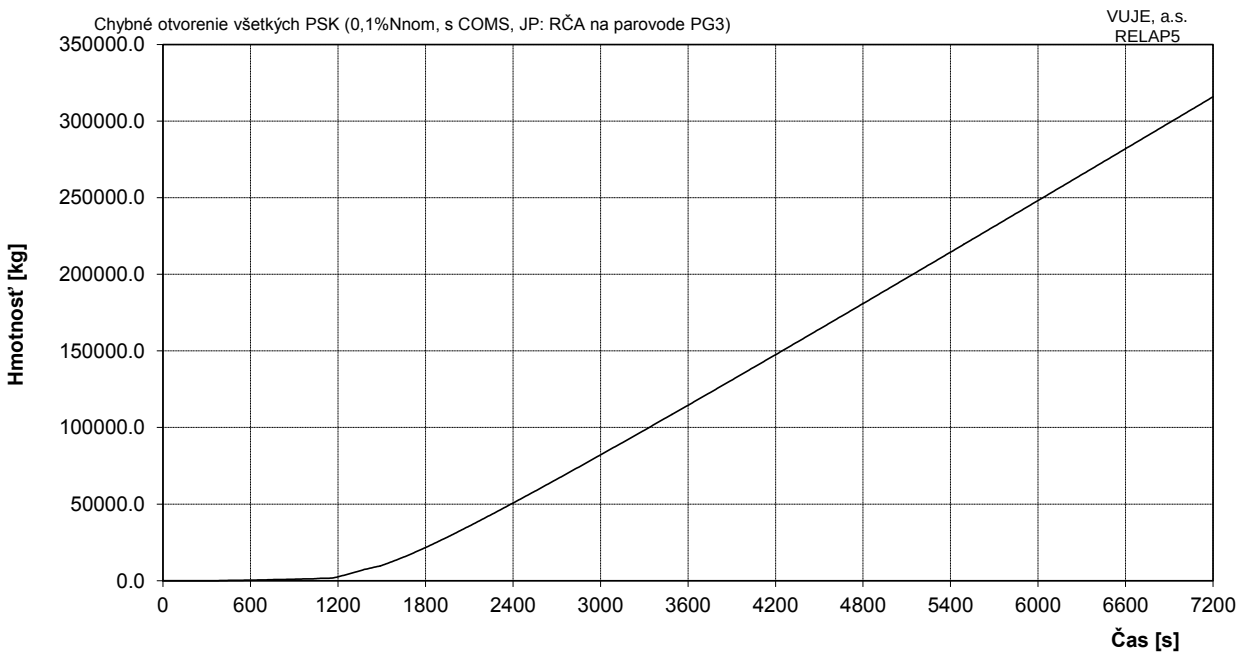
Obr. 7.2.1.10.7-A-12: Integrál doplňovania do I.O.



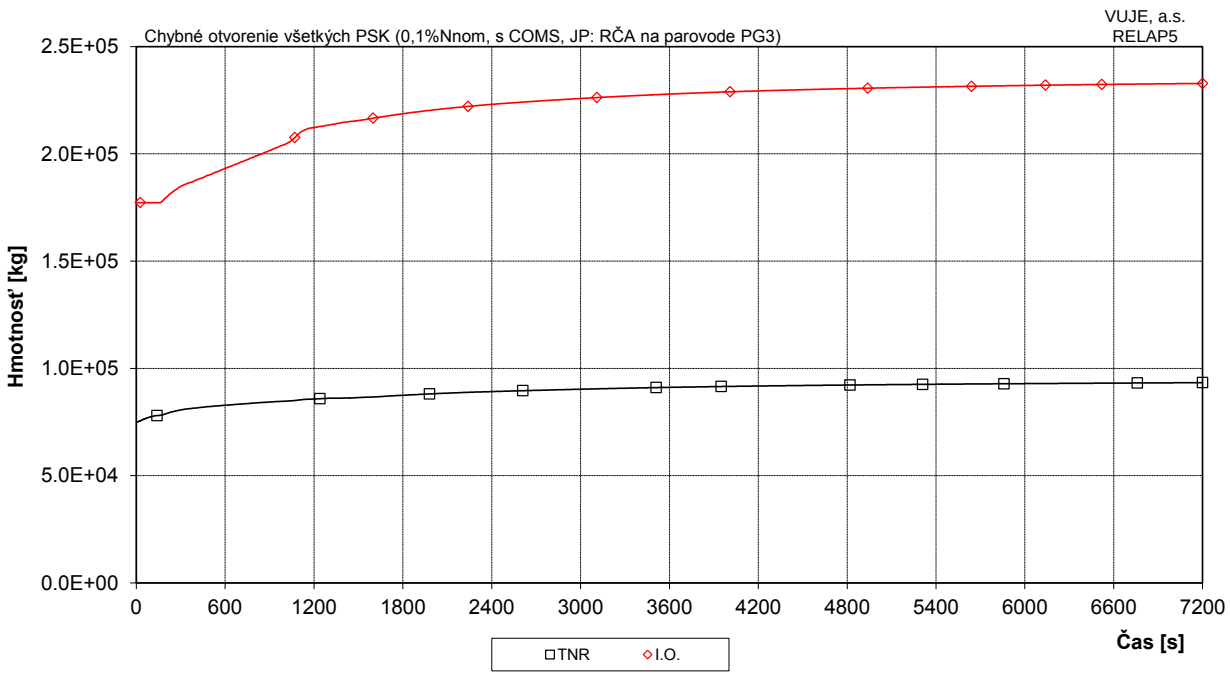
Obr. 7.2.1.10.7-A-13: Výkon PG



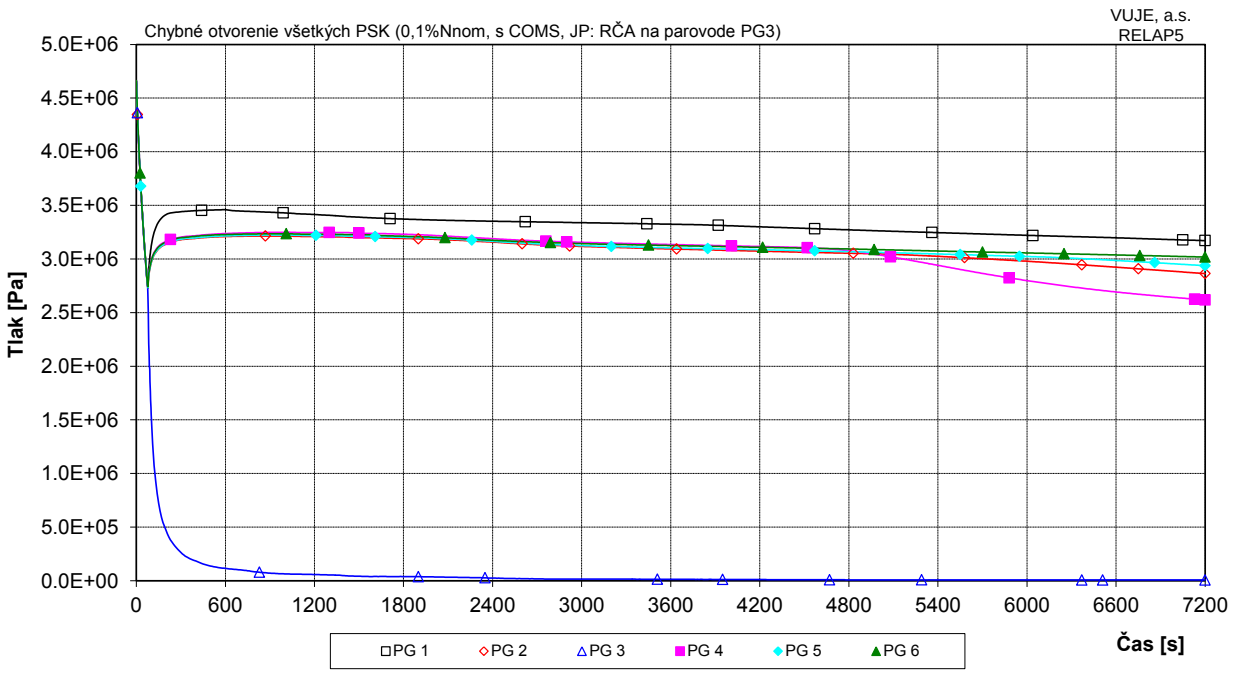
Obr. 7.2.1.10.7-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



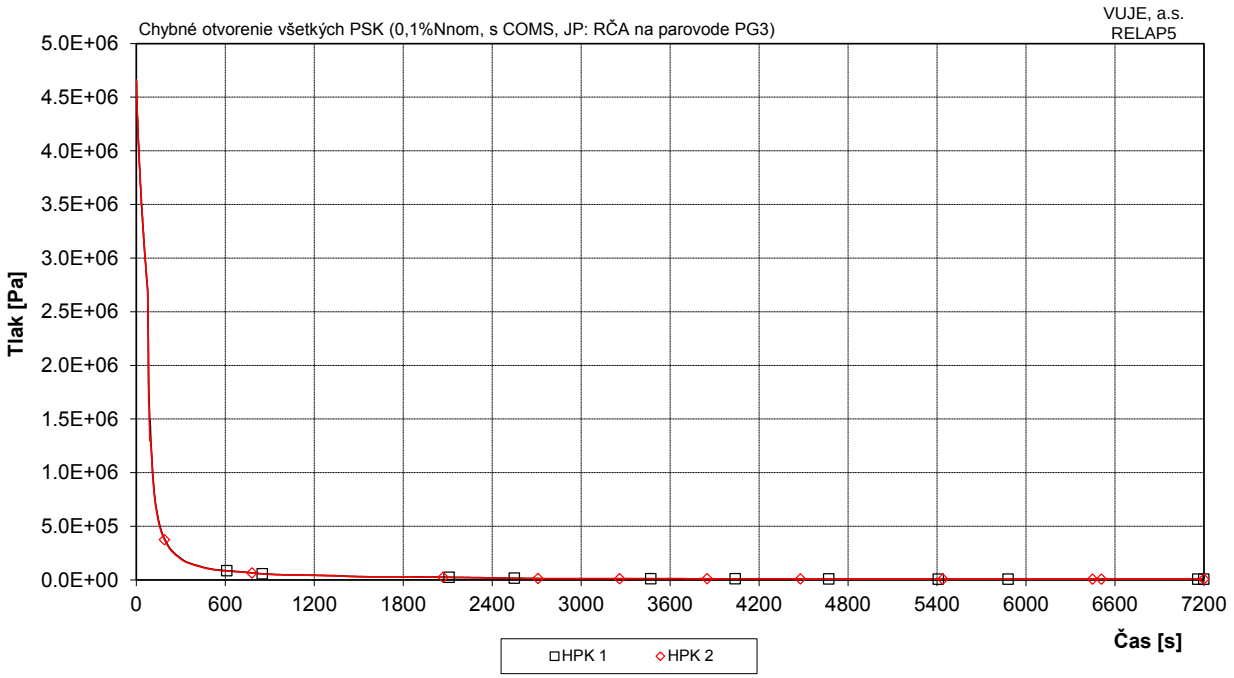
Obr. 7.2.1.10.7-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



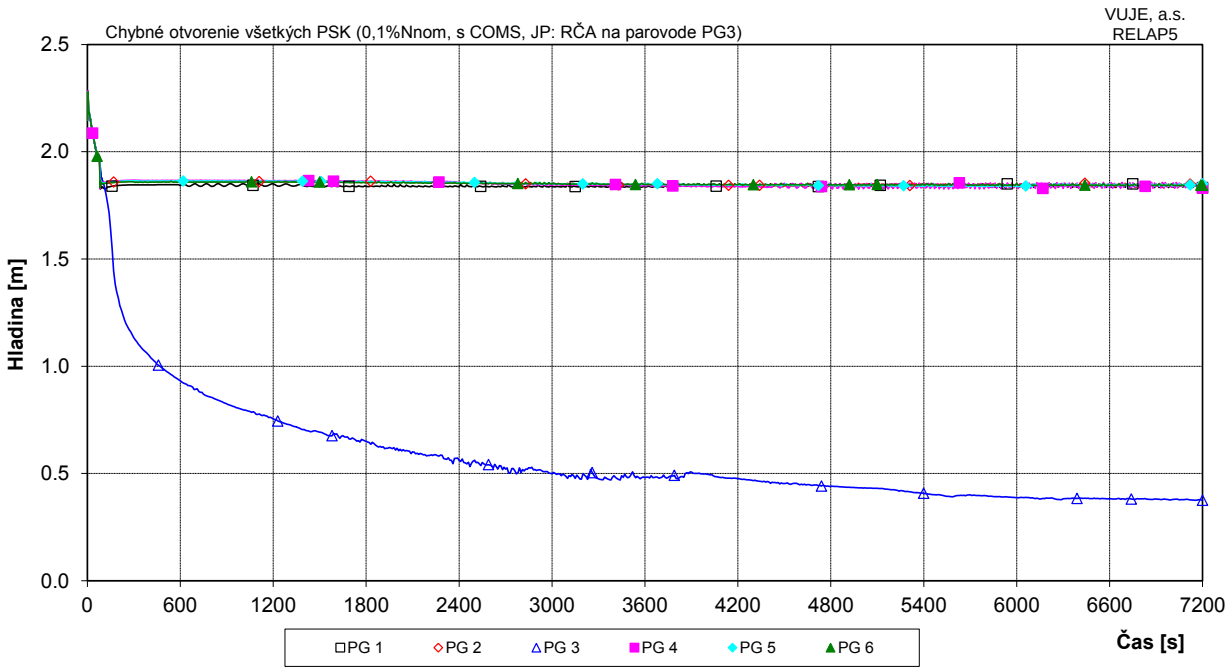
Obr. 7.2.1.10.7-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



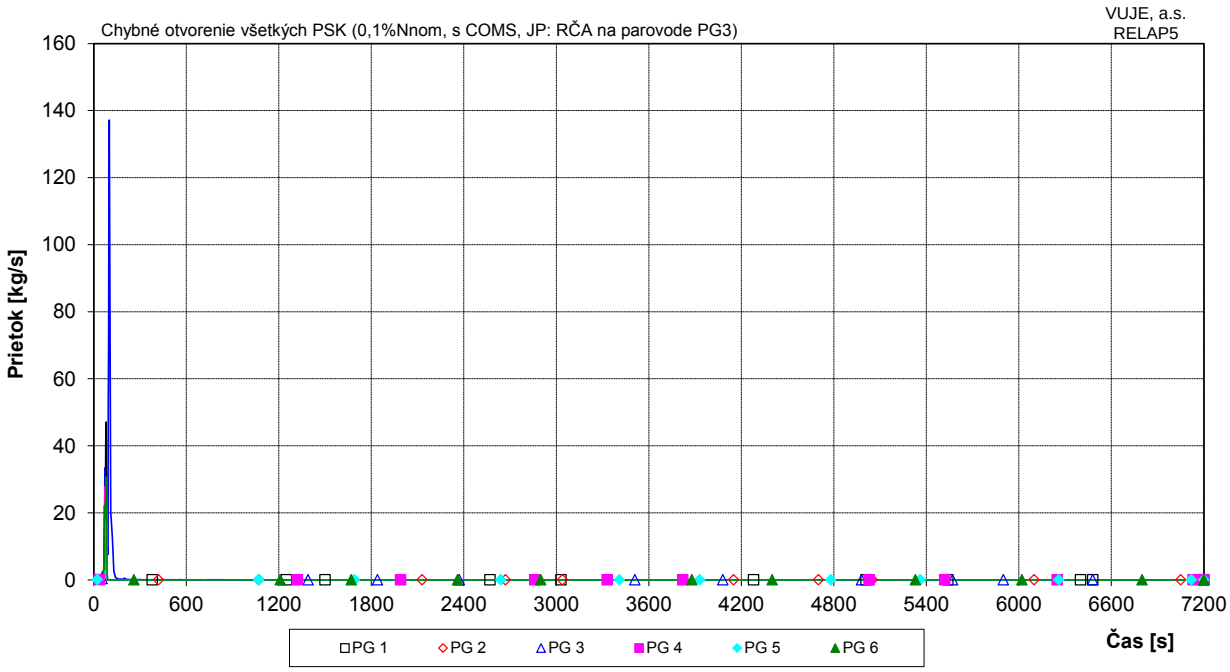
Obr. 7.2.1.10.7-A-17: Tlak na výstupe z PG



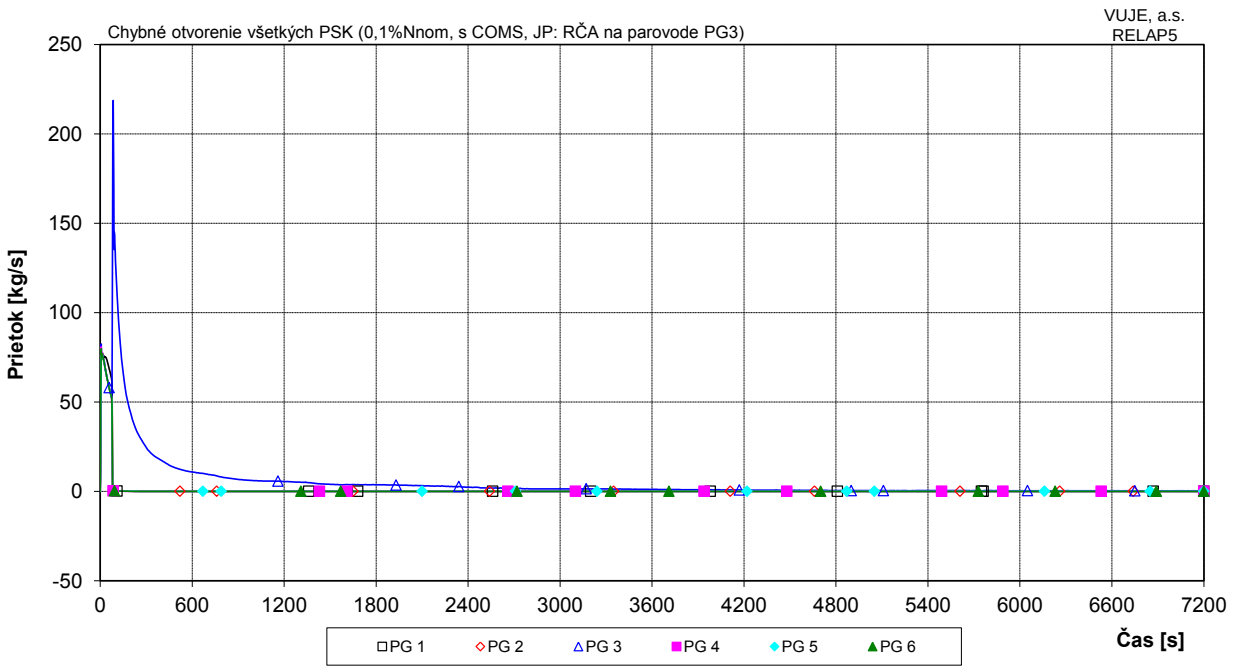
Obr. 7.2.1.10.7-A-18: Tlak v HPK



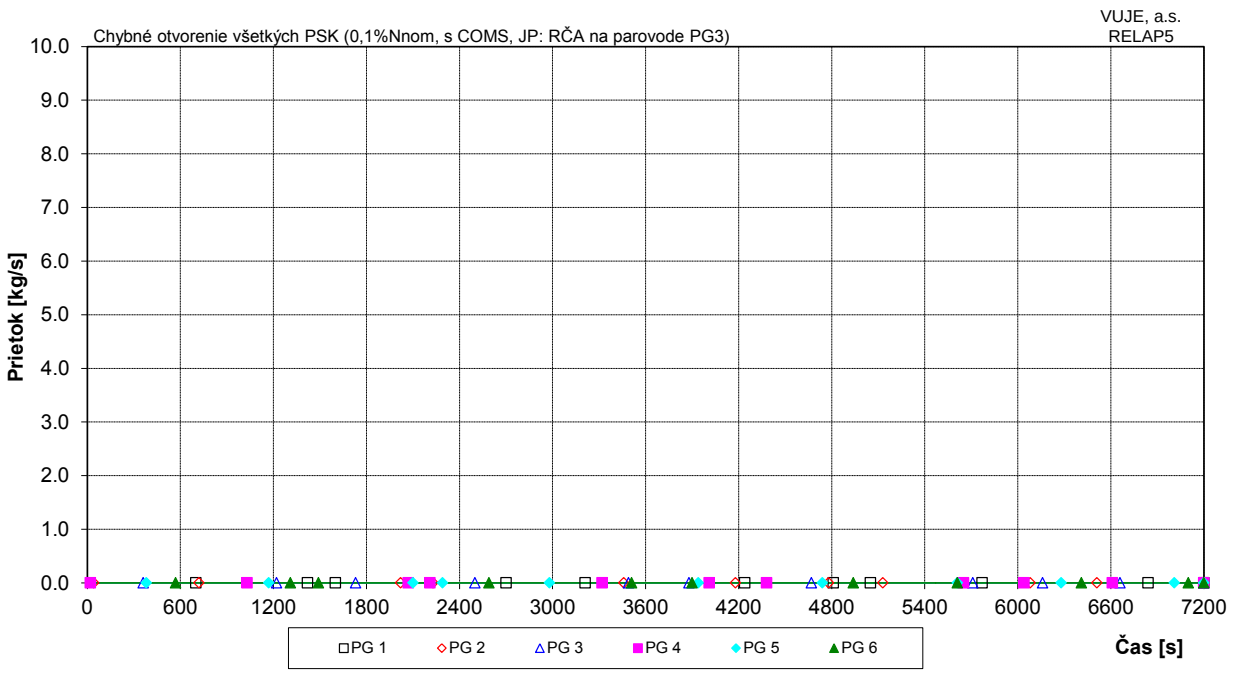
Obr. 7.2.1.10.7-A-19: Celková hladina v PG



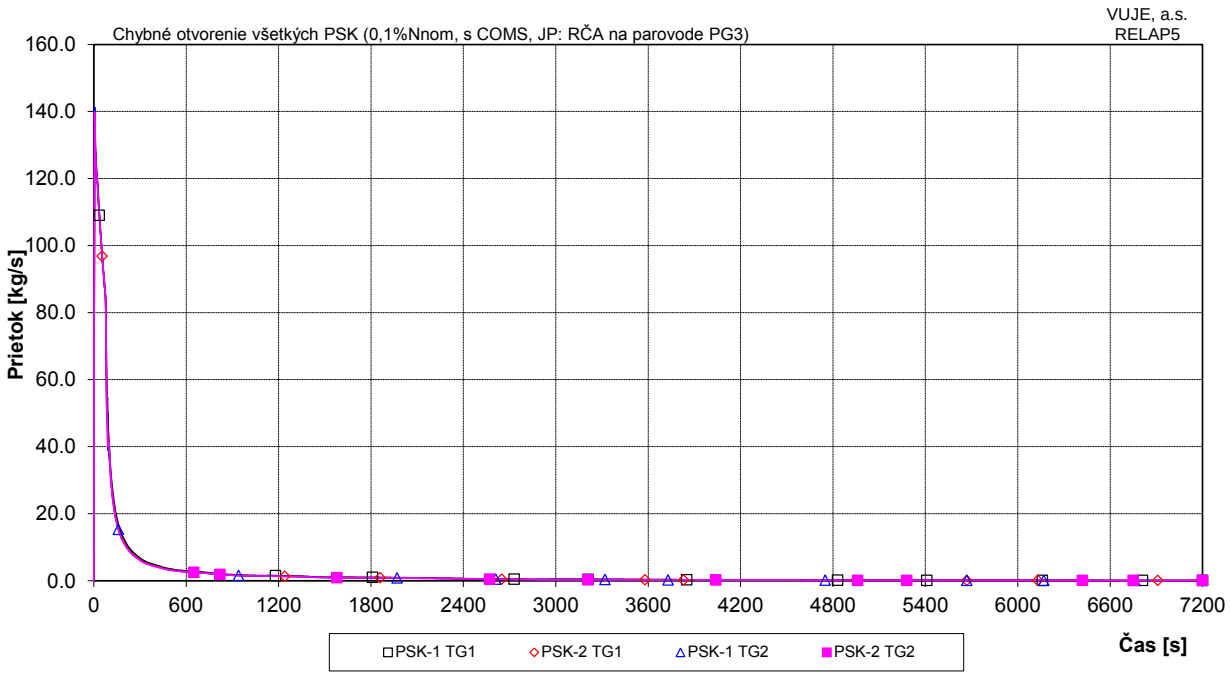
Obr. 7.2.1.10.7-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



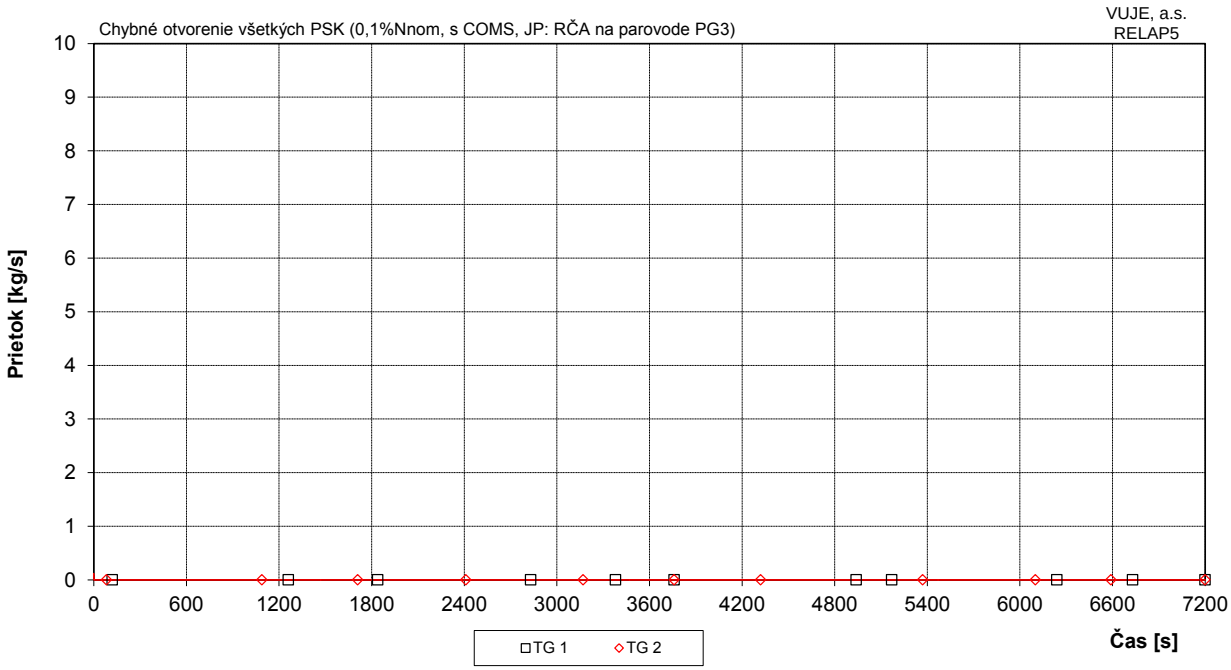
Obr. 7.2.1.10.7-A-21: Prietok pary z PG



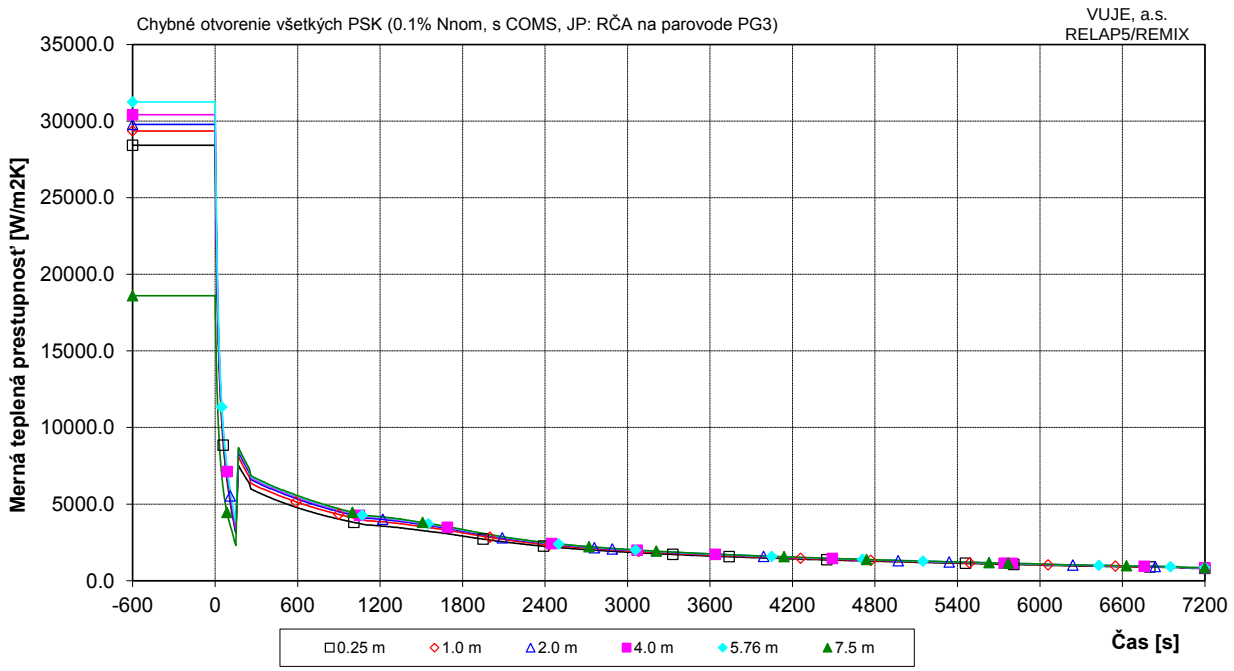
Obr. 7.2.1.10.7-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



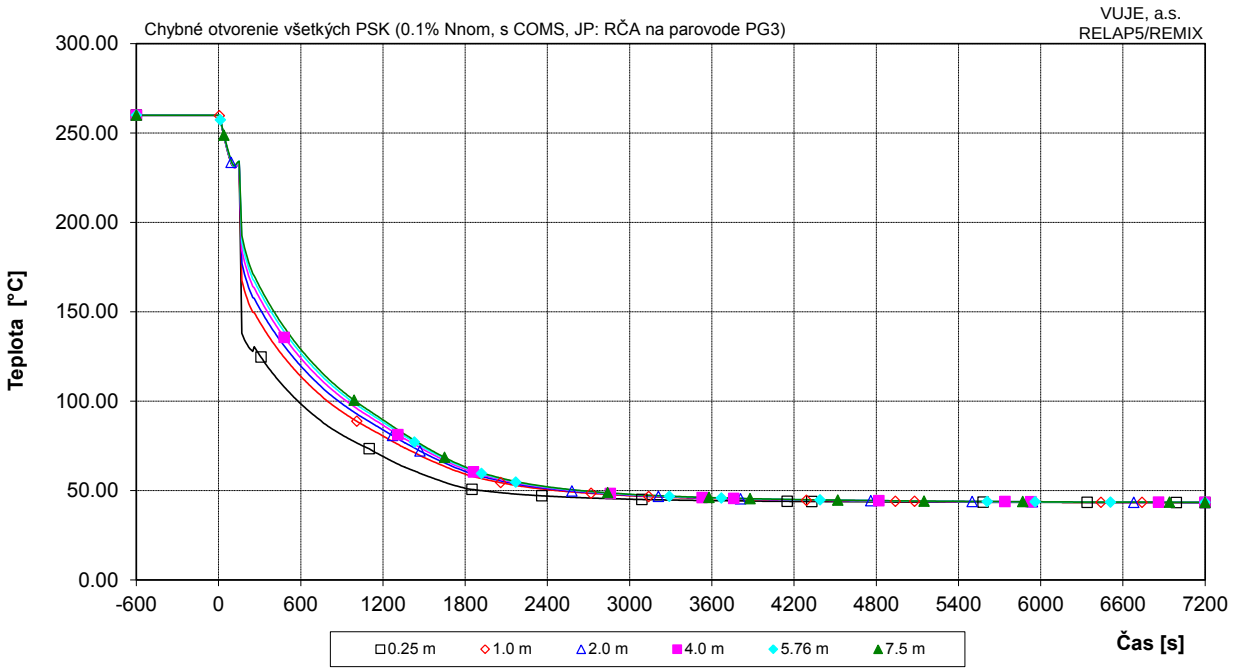
Obr. 7.2.1.10.7-A-23: Prietok pary cez PSK



Obr. 7.2.1.10.7-A-24: Prietok pary do TG

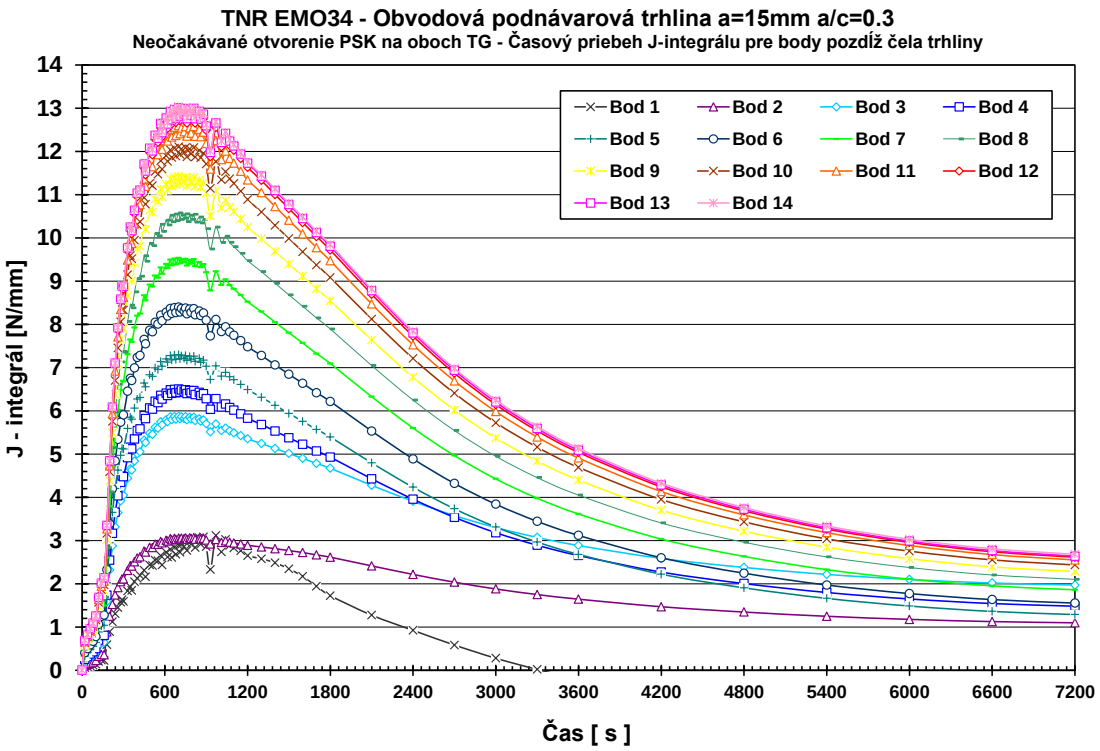


Obr. 7.2.1.10.7-A-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,5

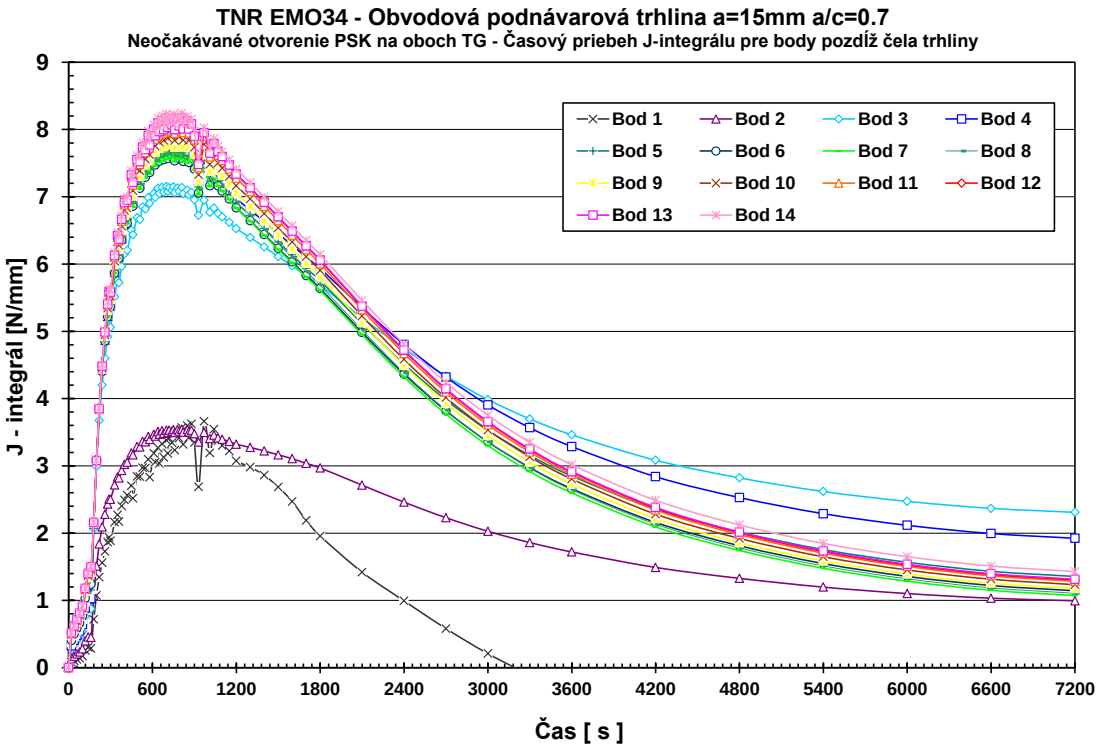


Obr. 7.2.1.10.7-A-26: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,5

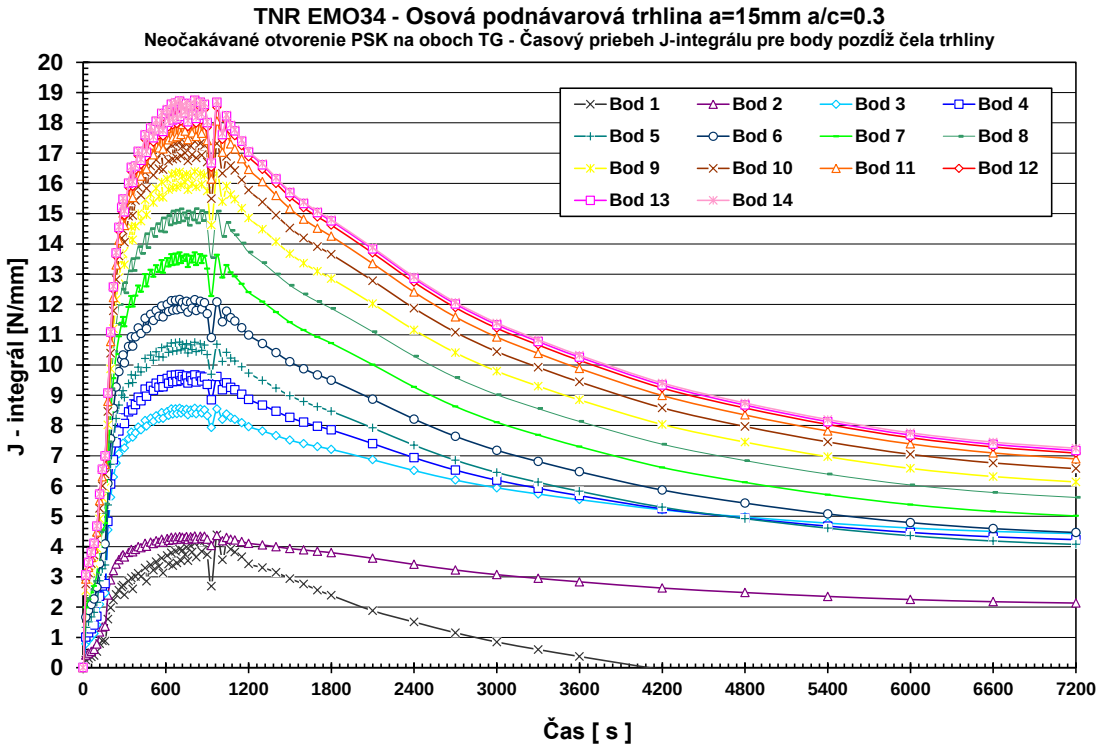
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



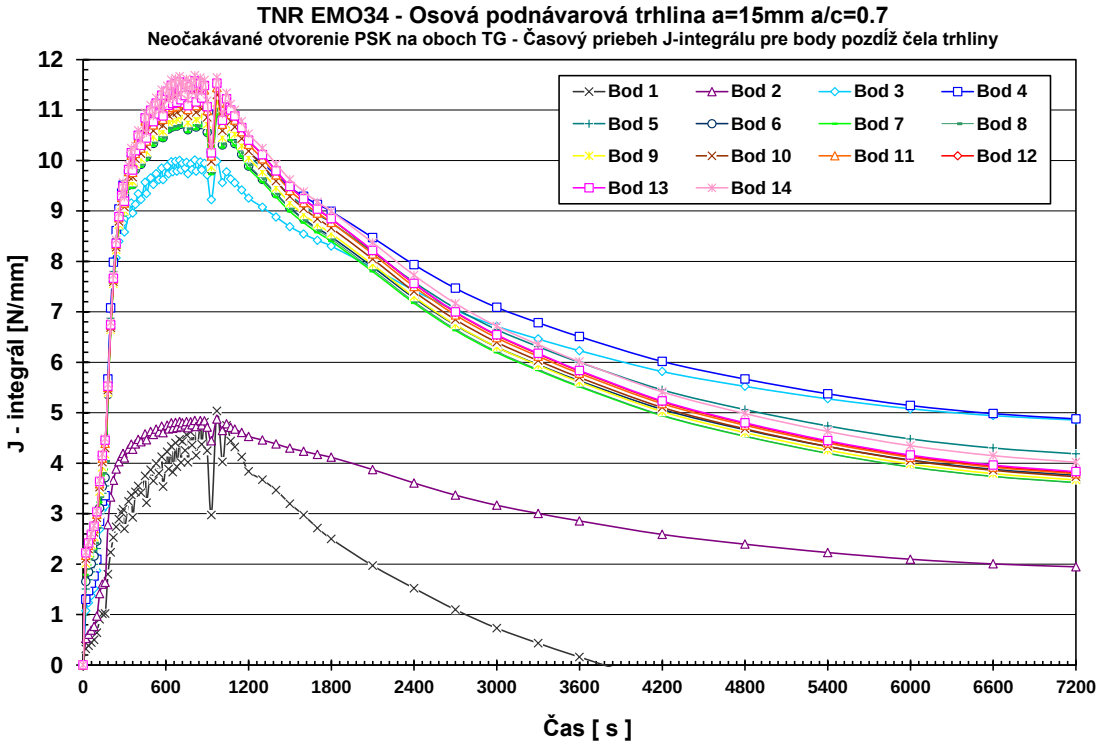
Obr. 7.2.1.10.7-A-27: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3



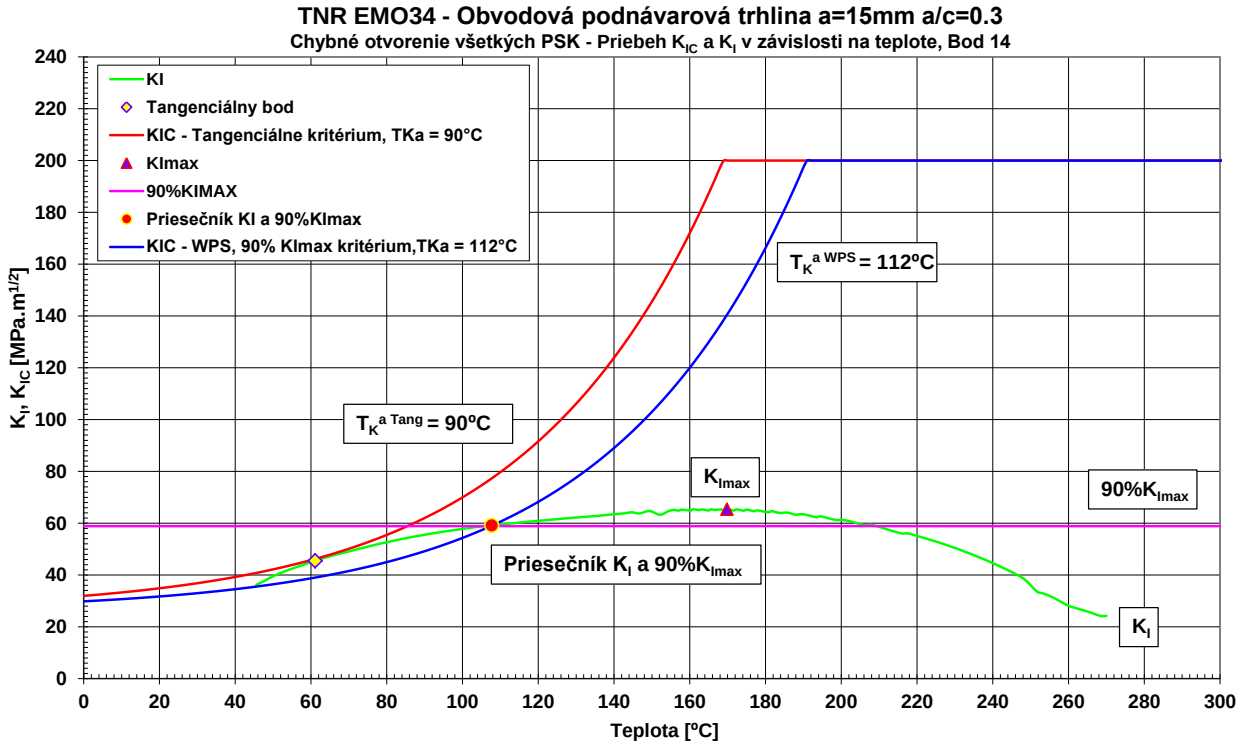
Obr. 7.2.1.10.7-A-28: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7



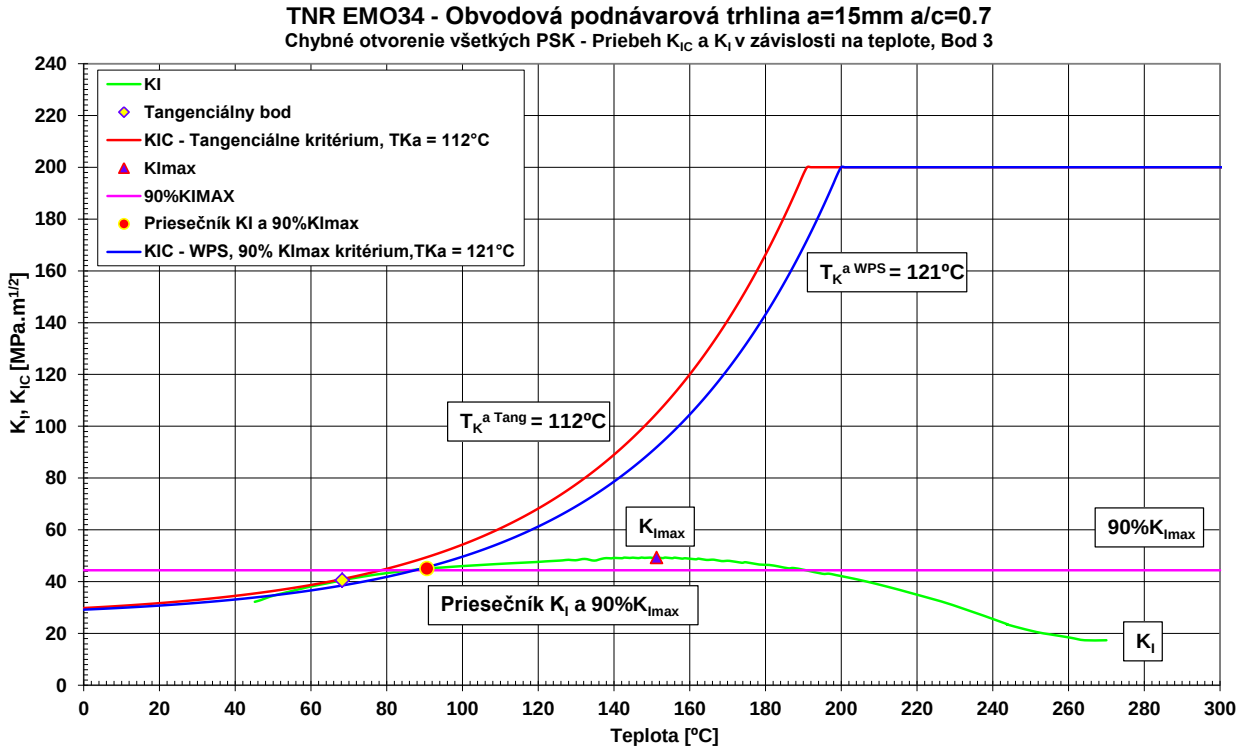
Obr. 7.2.1.10.7-A-29: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3



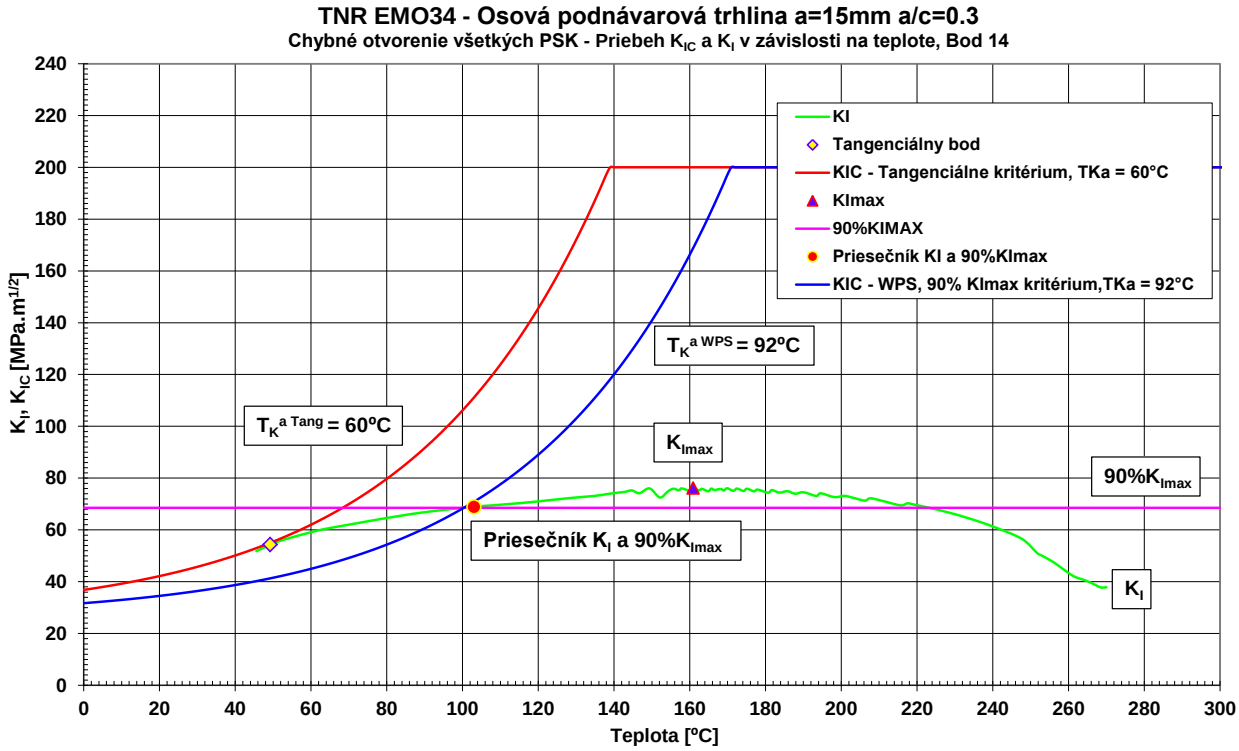
Obr. 7.2.1.10.7-A-30: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7



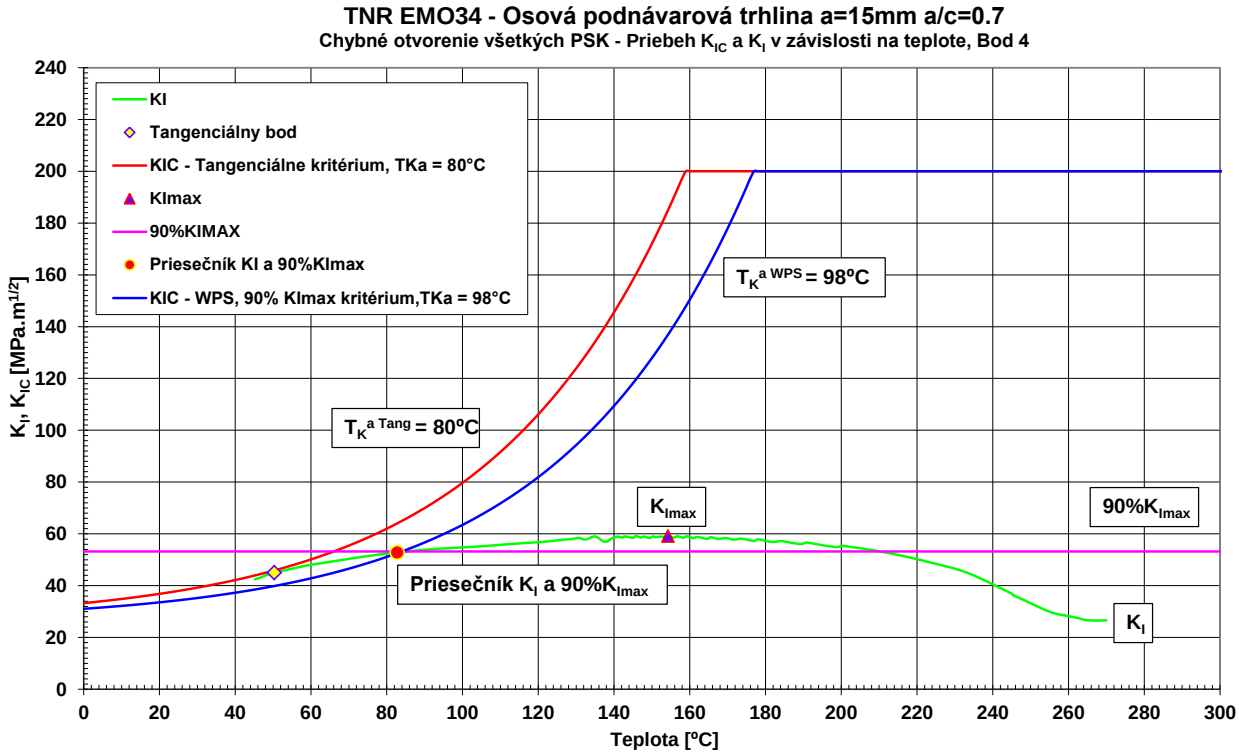
Obr. 7.2.1.10.7-A-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.7-A-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

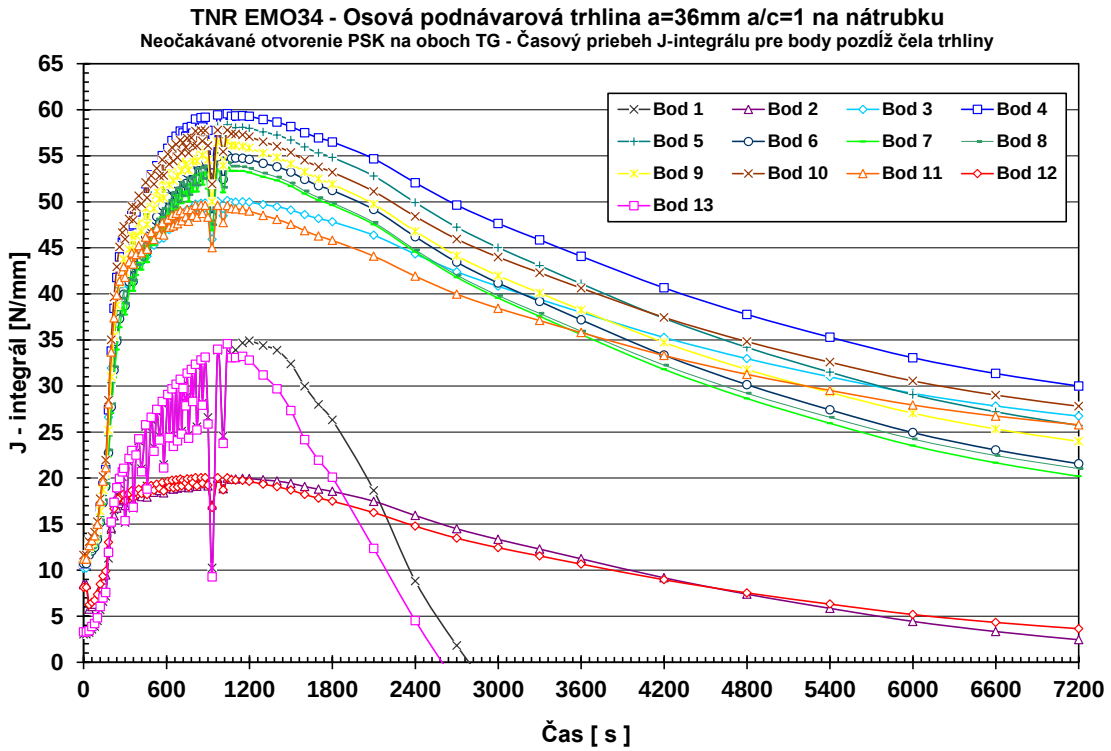


Obr. 7.2.1.10.7-A-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

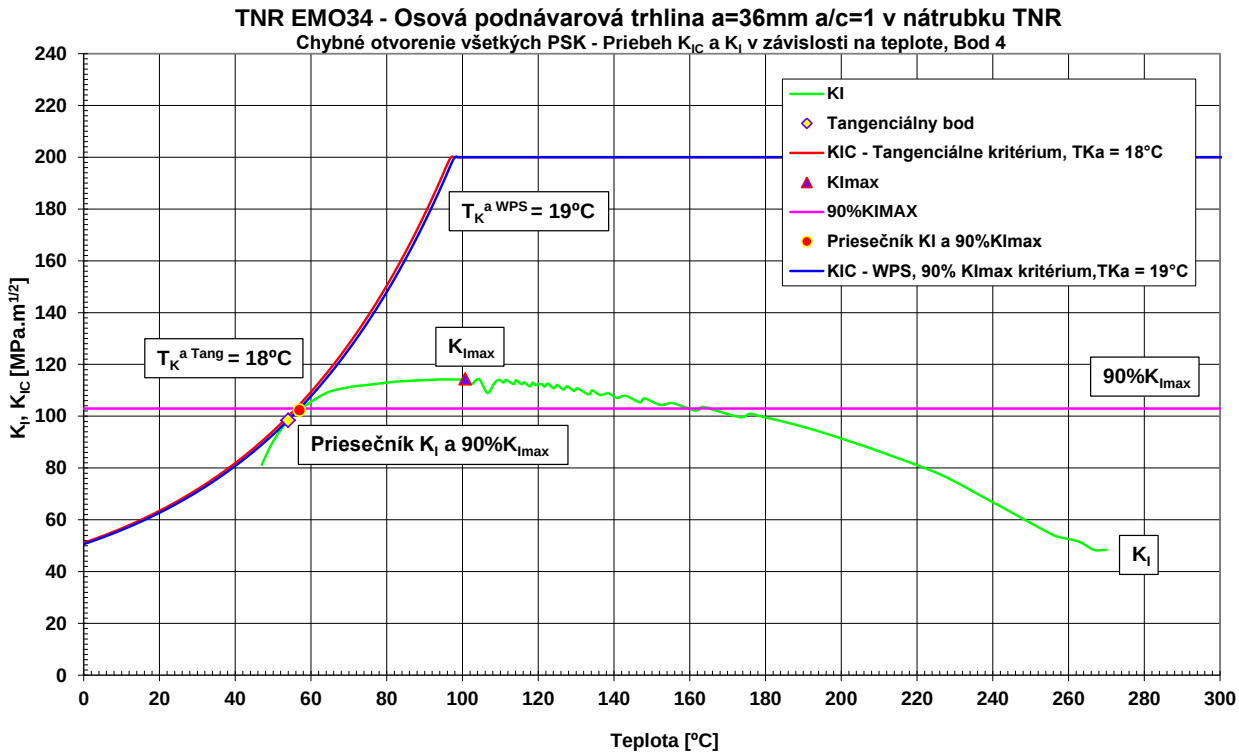


Obr. 7.2.1.10.7-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.7-A-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.7-A-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

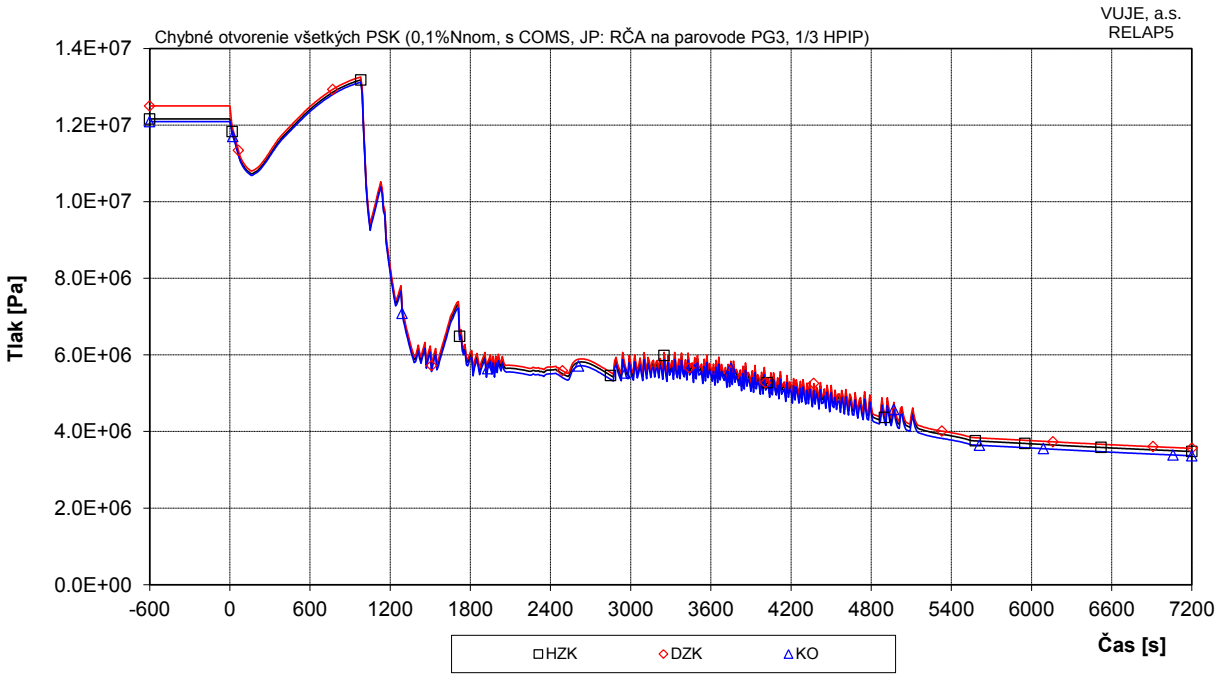
Príloha č. 15

7.2.1.10.7 Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK

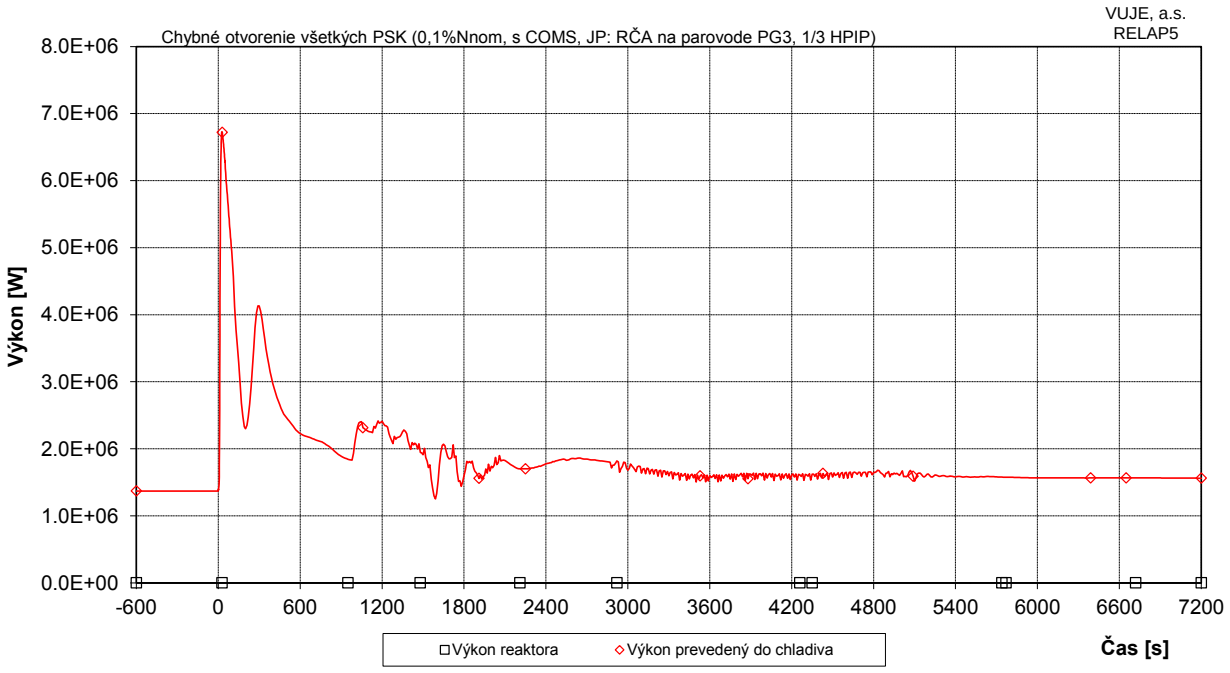
Scenár B Chybné otvorenie všetkých PSK

ZOZNAM OBRÁZKOV

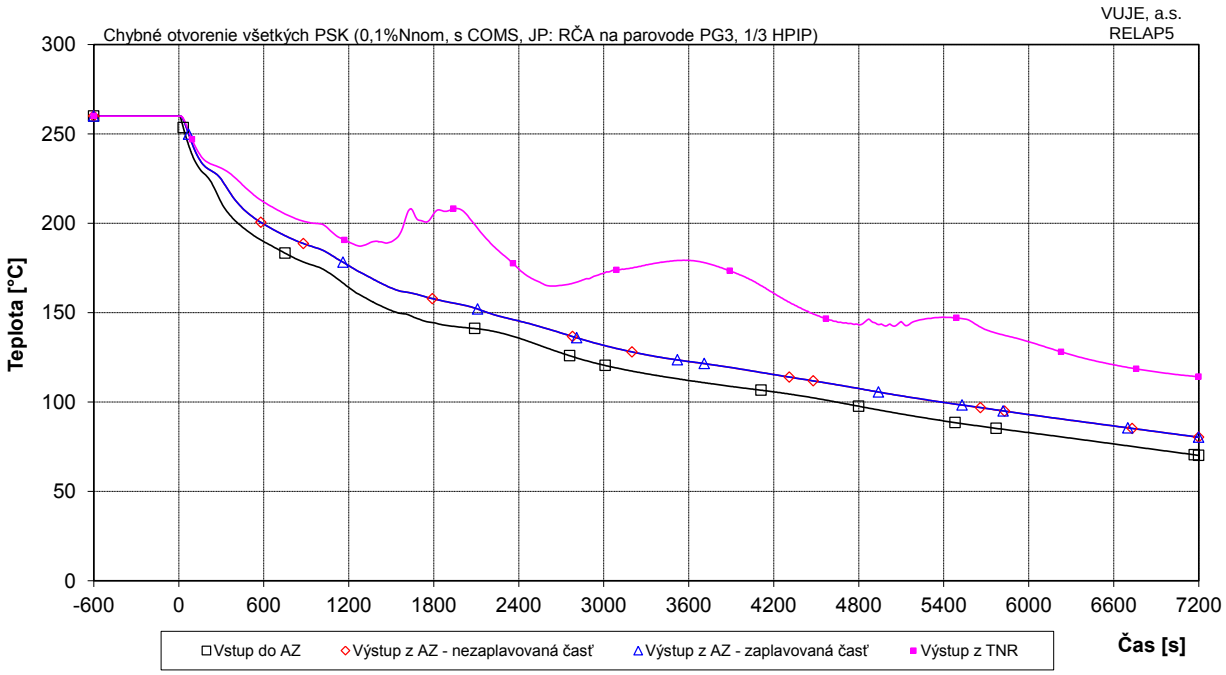
Obr. 7.2.1.10.7-B-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.7-B-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.7-B-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.7-B-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.7-B-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.7-B-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.7-B-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.7-B-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.7-B-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.7-B-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.7-B-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.7-B-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.7-B-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.7-B-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.7-B-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.7-B-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.7-B-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.7-B-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.7-B-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.7-B-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.7-B-21: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.7-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.7-B-23: Prietok pary cez PSK ... 13
Obr. 7.2.1.10.7-B-24: Prietok pary do TG ... 13
Obr. 7.2.1.10.7-B-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS 2 ... 14
Obr. 7.2.1.10.7-B-26: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS 2 ... 14
Obr. 7.2.1.10.7-B-27: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.7-B-28: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7 ... 15
Obr. 7.2.1.10.7-B-29: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.7-B-30: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.7-B-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.7-B-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 17
Obr. 7.2.1.10.7-B-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.7-B-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 18
Obr. 7.2.1.10.7-B-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR ... 19
Obr. 7.2.1.10.7-B-36: Určenie T_{Ka} , osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1 v nátrubku TNR, bod trhliny 4 ... 19



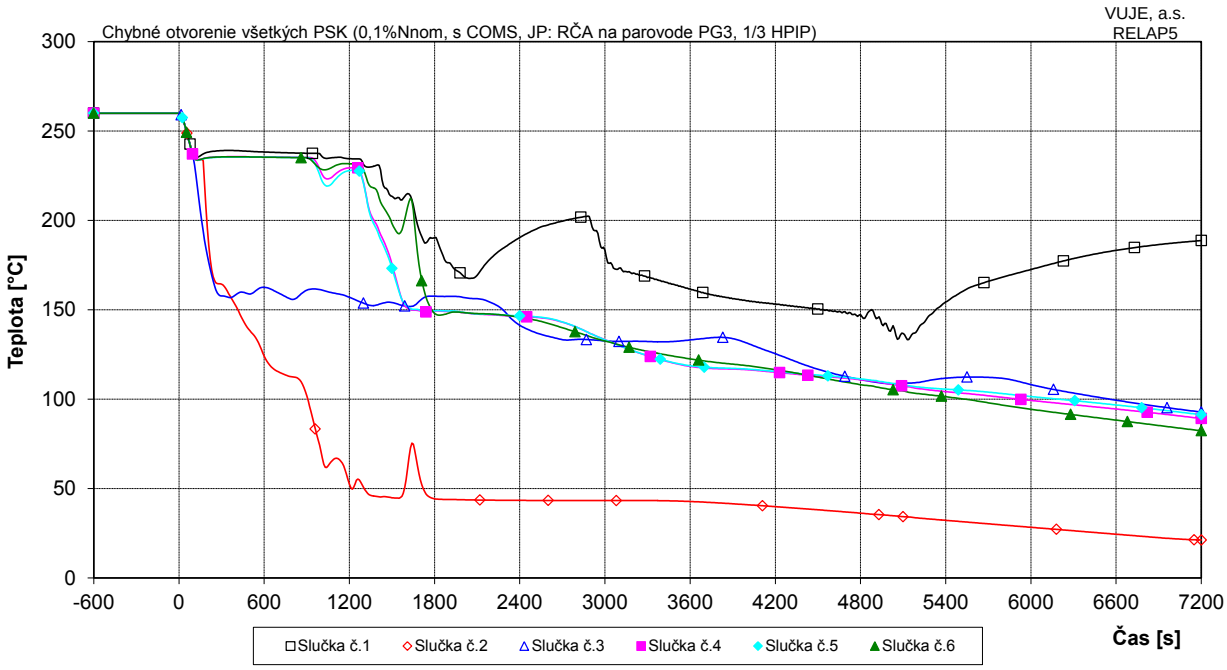
Obr. 7.2.1.10.7-B-1: Tlak v I.O.



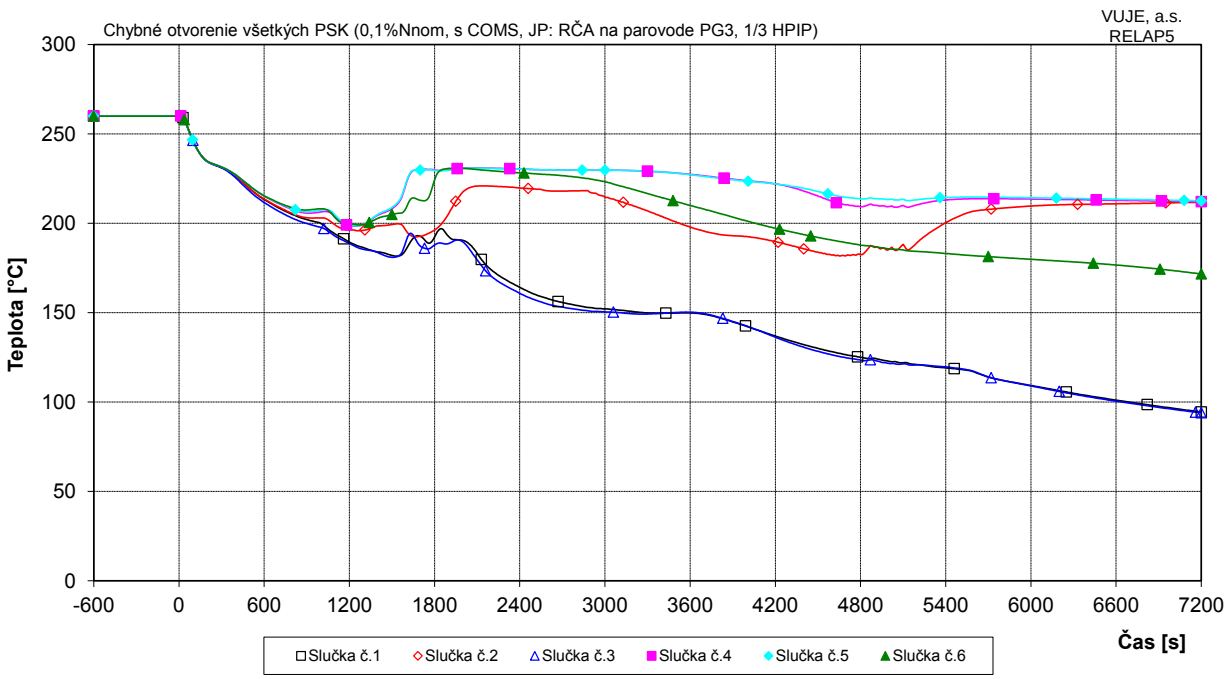
Obr. 7.2.1.10.7-B-2: Výkon reaktora



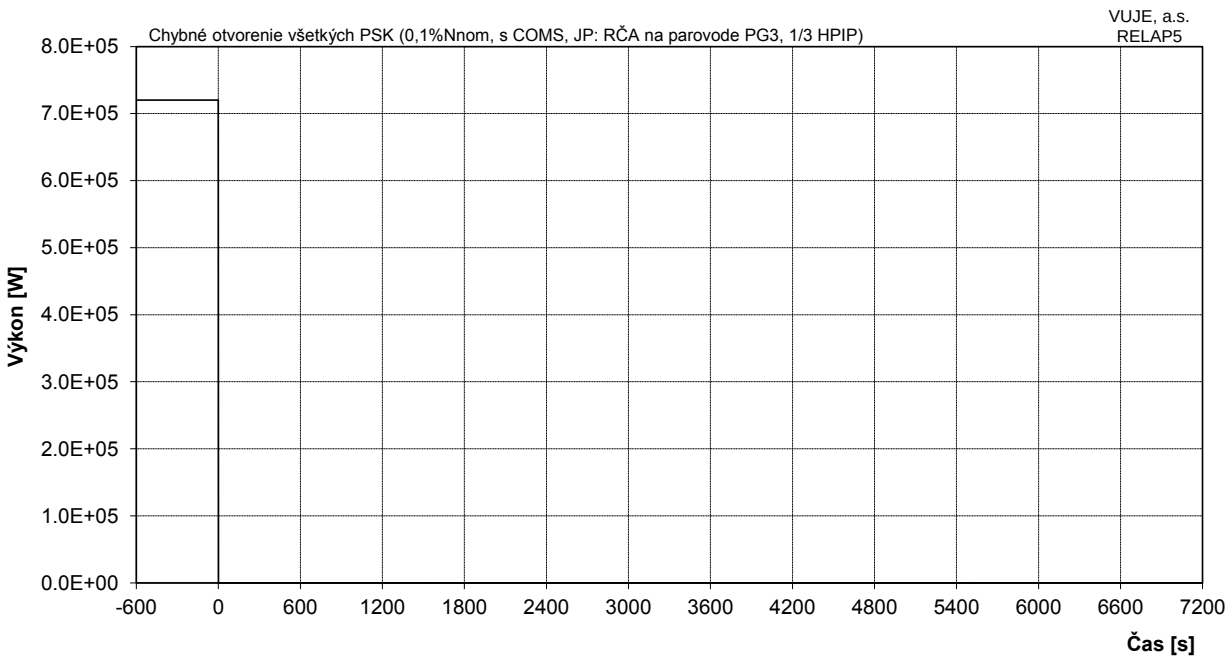
Obr. 7.2.1.10.7-B-3: Teplota chladiva v TNR



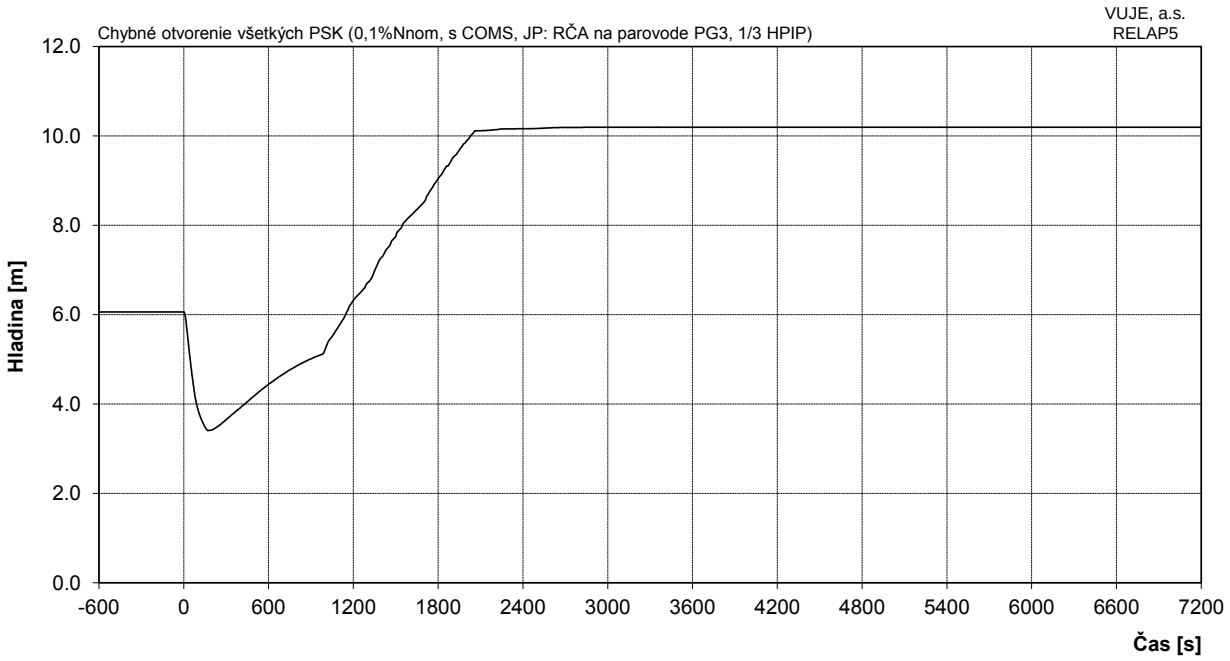
Obr. 7.2.1.10.7-B-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



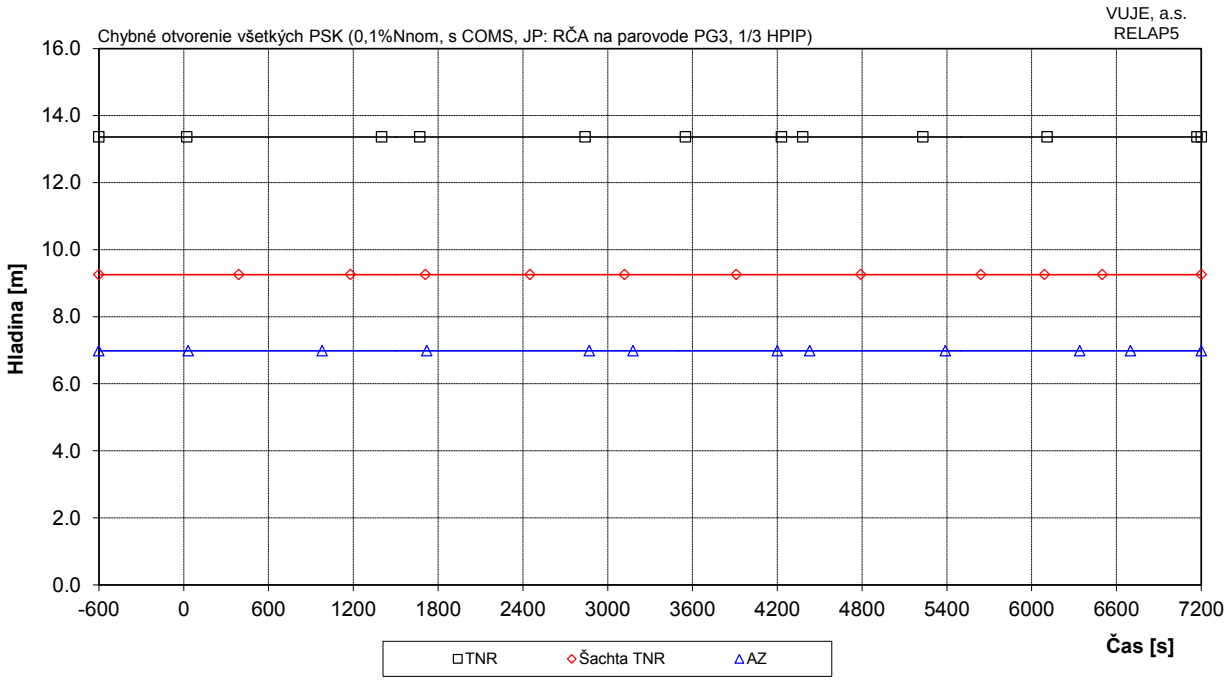
Obr. 7.2.1.10.7-B-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



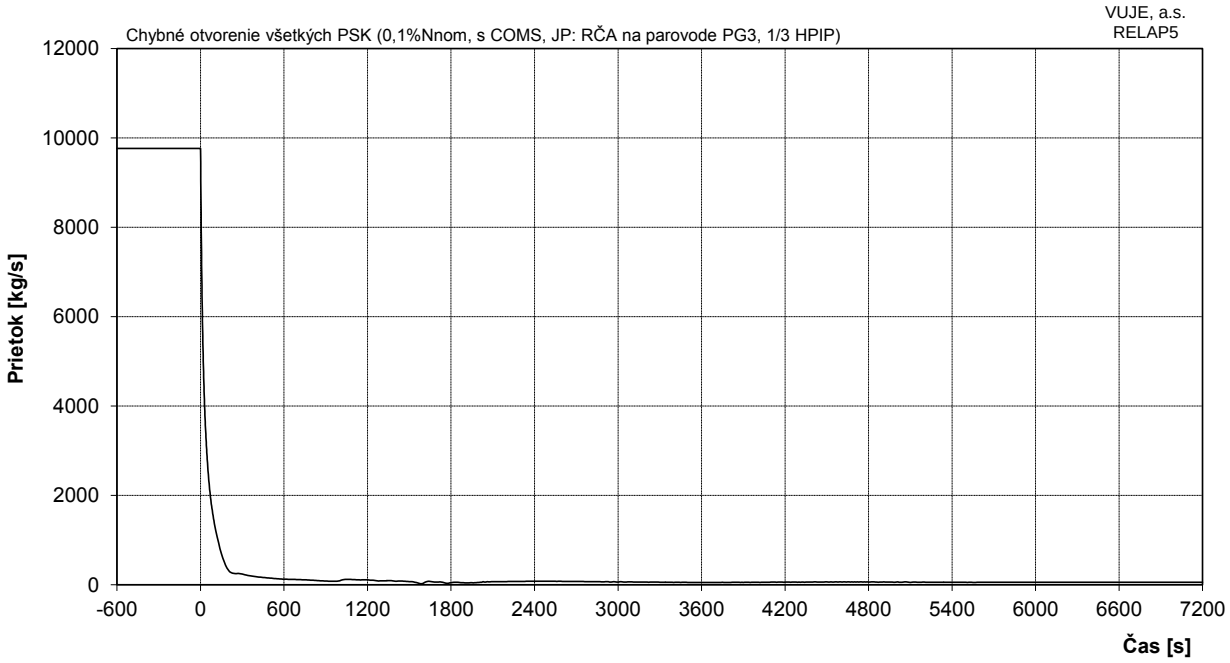
Obr. 7.2.1.10.7-B-6: Celkový výkon EOKO



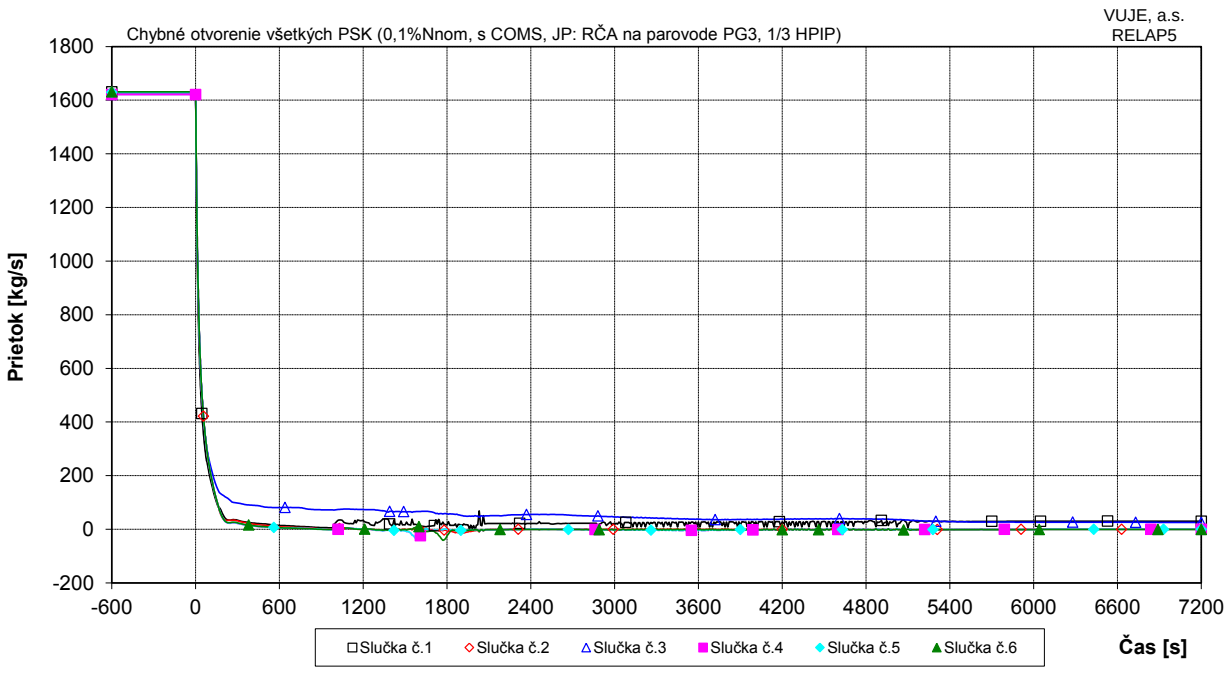
Obr. 7.2.1.10.7-B-7: Celková hladina v KO



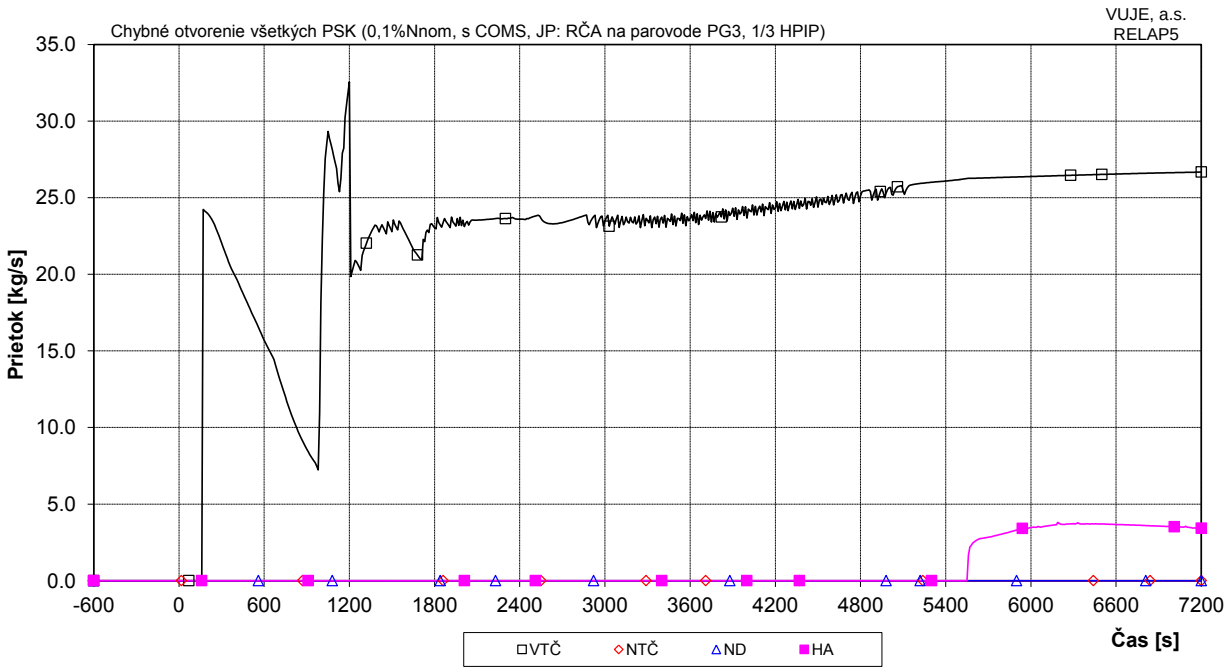
Obr. 7.2.1.10.7-B-8: Hladina chladiva v TNR



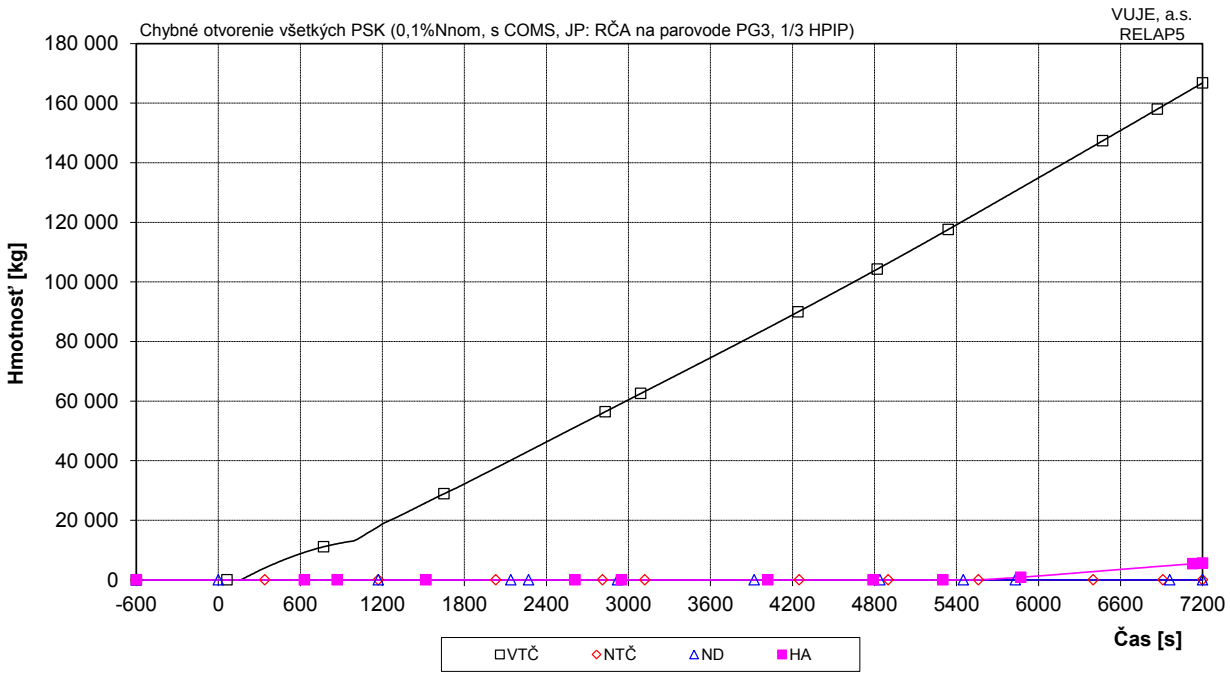
Obr. 7.2.1.10.7-B-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



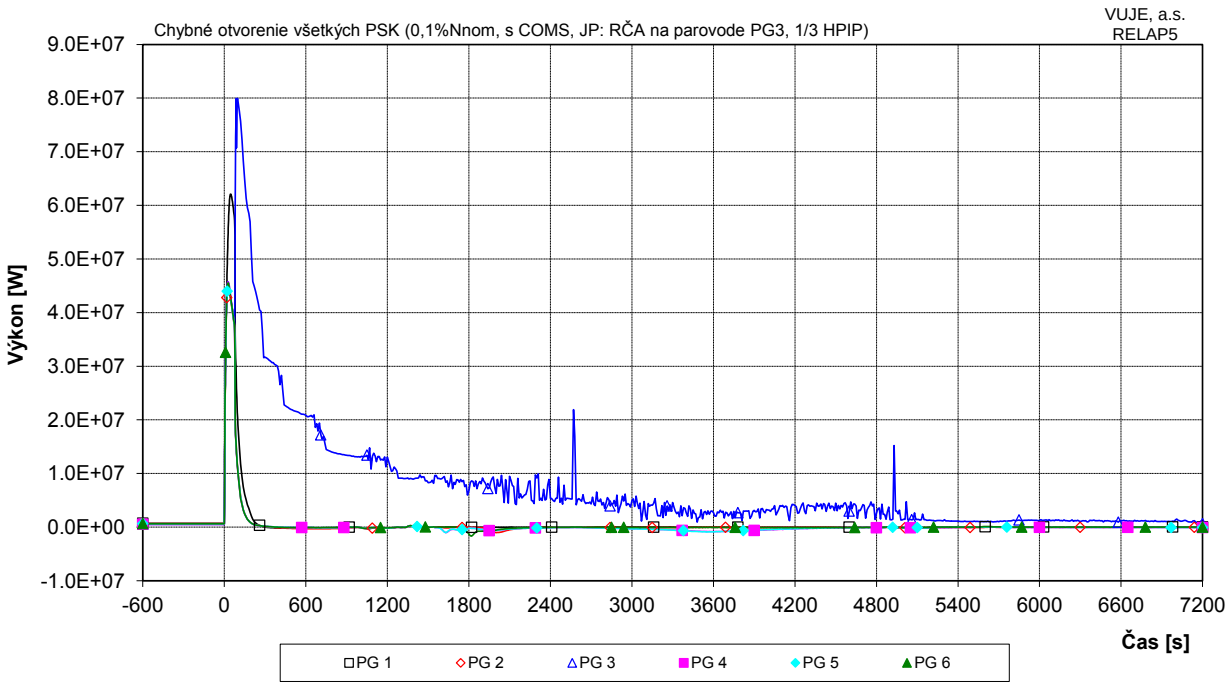
Obr. 7.2.1.10.7-B-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



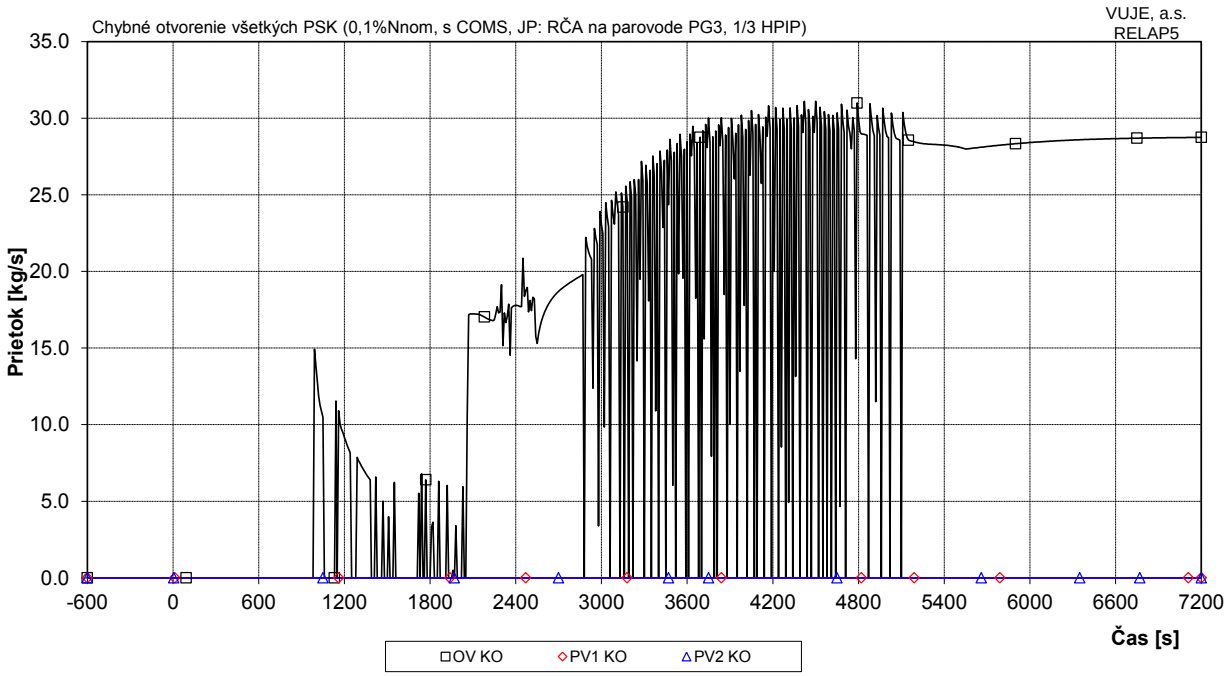
Obr. 7.2.1.10.7-B-11: Doplňovanie do I.O.



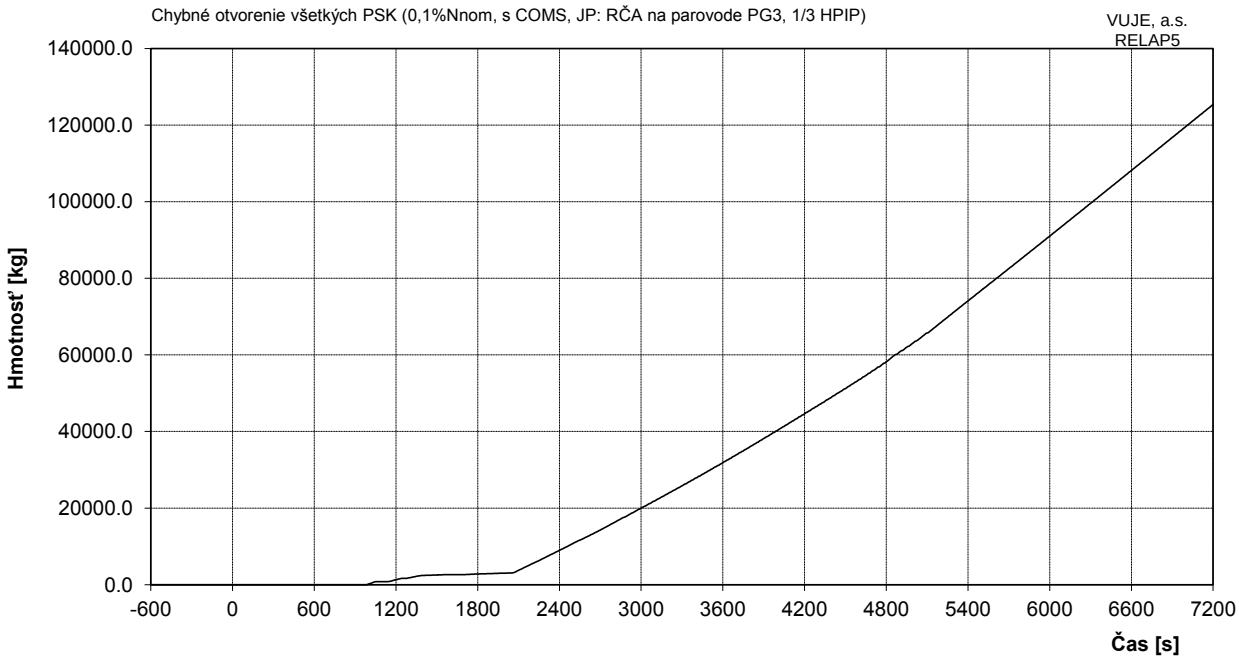
Obr. 7.2.1.10.7-B-12: Integrál doplňovania do I.O.



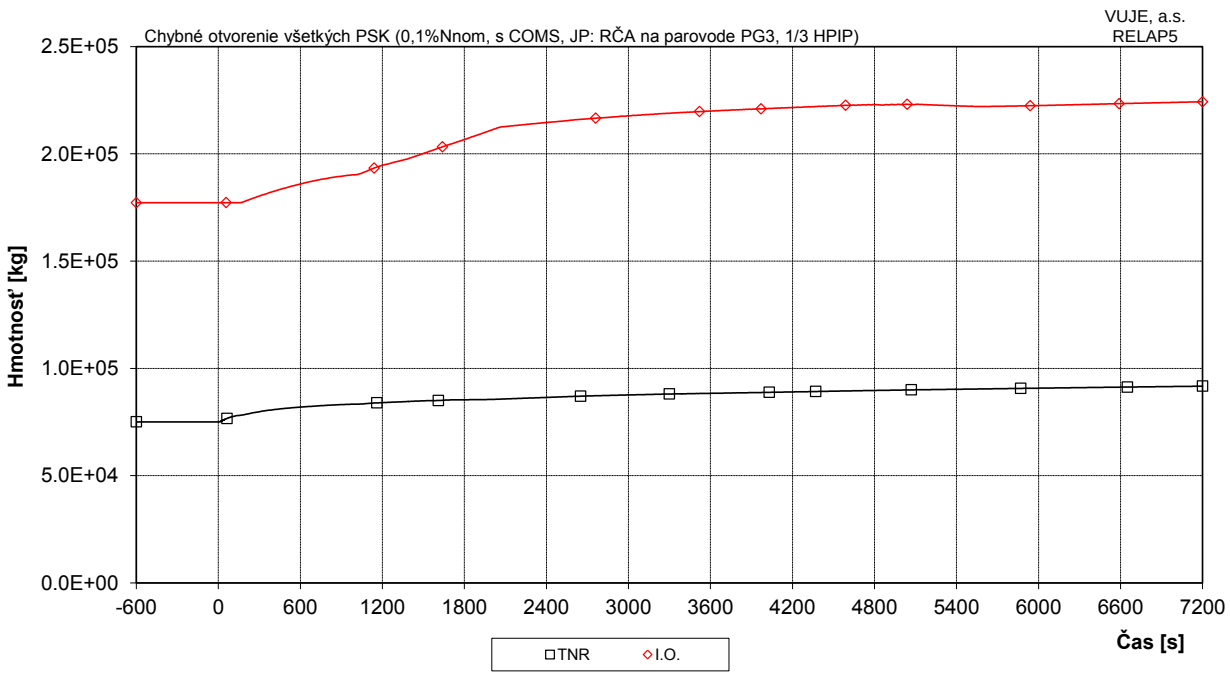
Obr. 7.2.1.10.7-B-13: Výkon PG



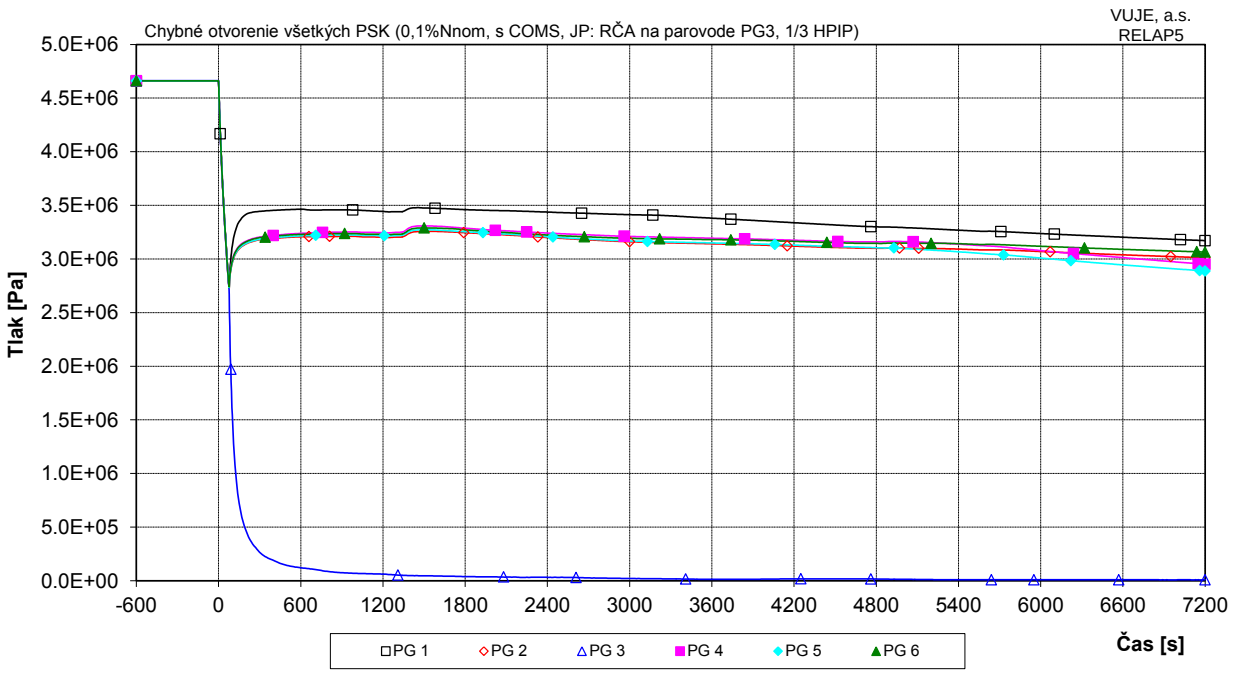
Obr. 7.2.1.10.7-B-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



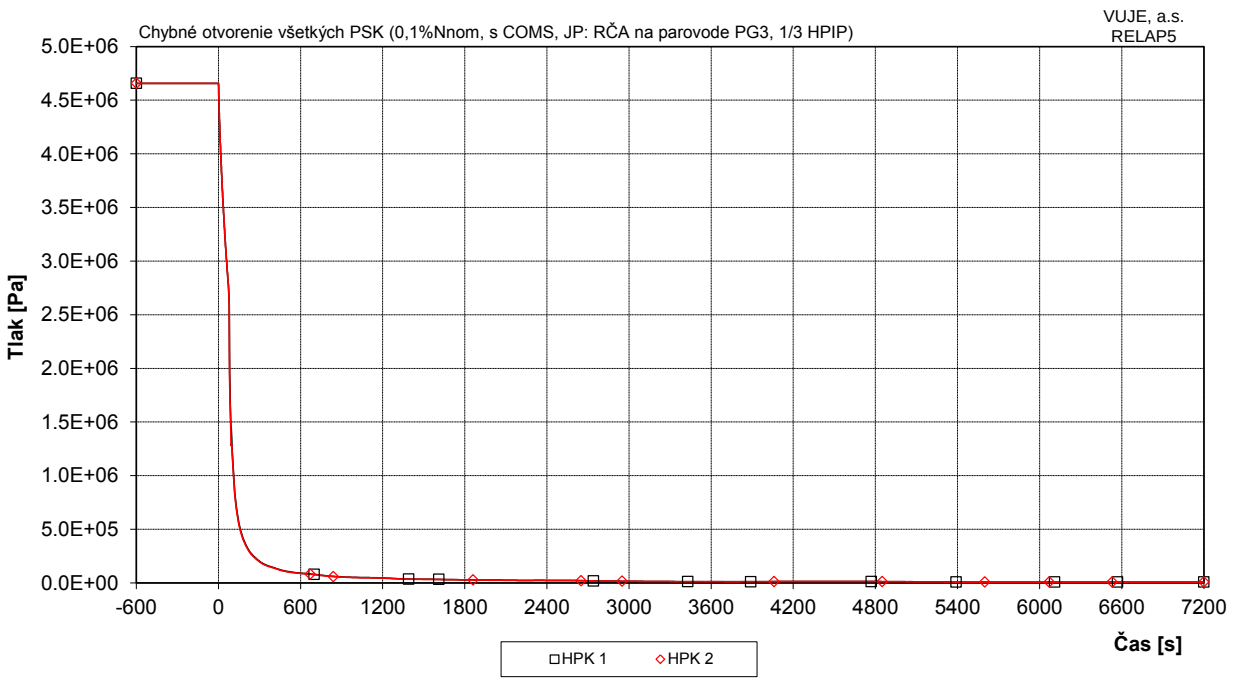
Obr. 7.2.1.10.7-B-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



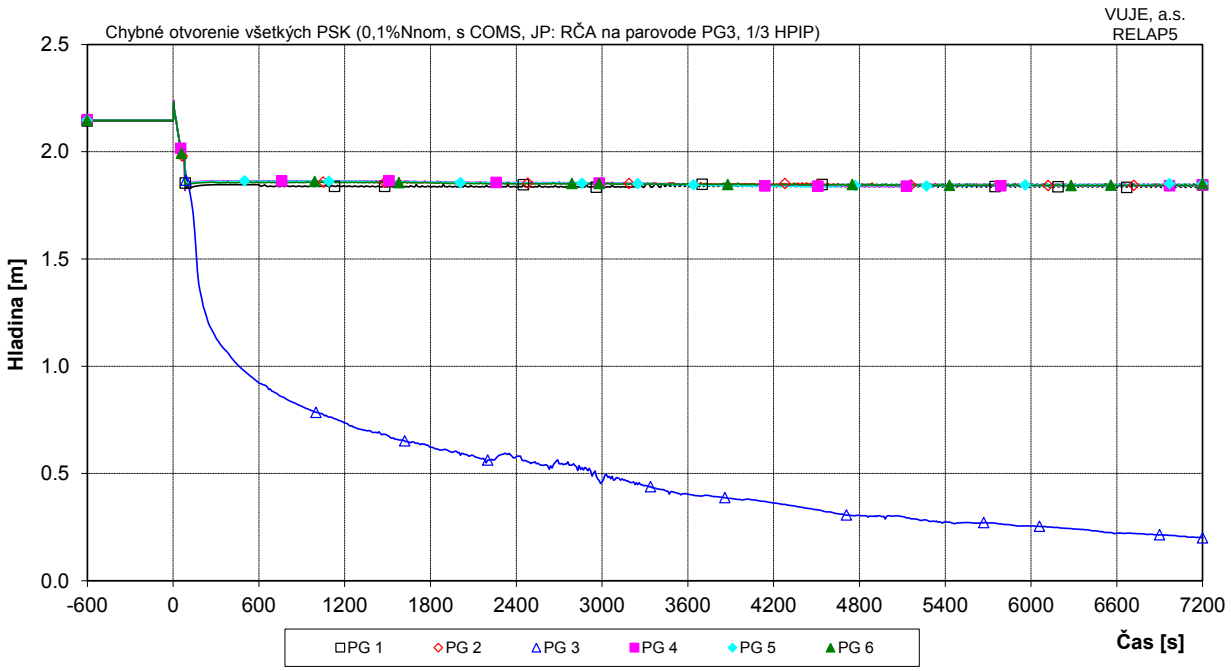
Obr. 7.2.1.10.7-B-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



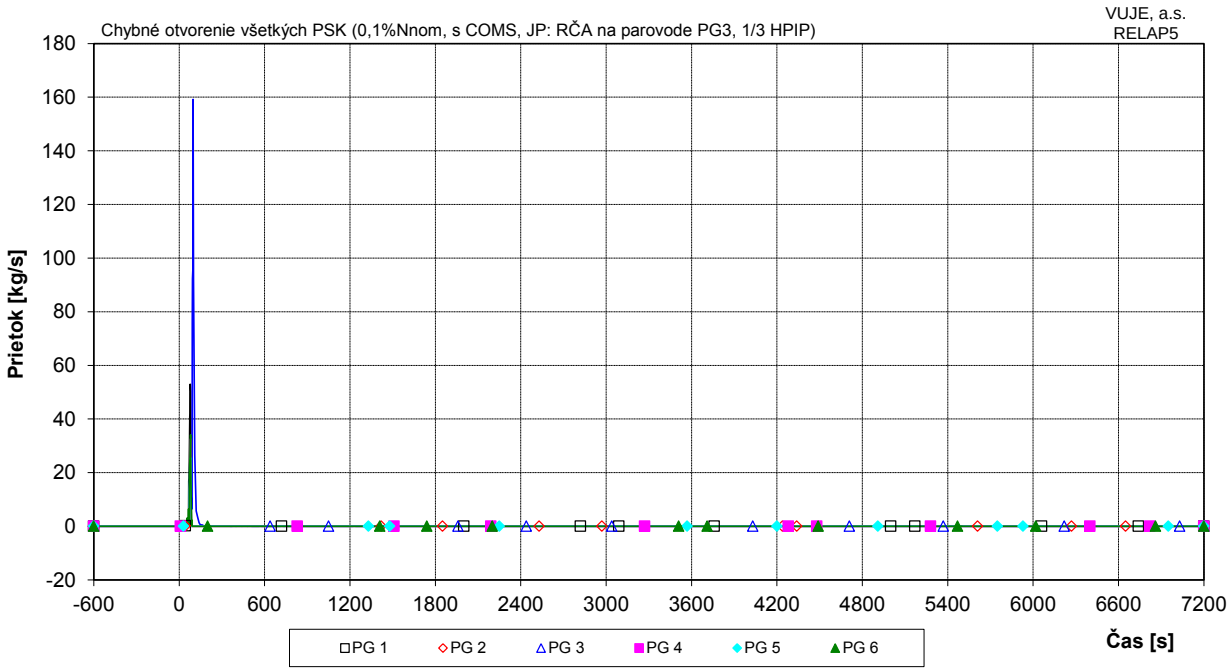
Obr. 7.2.1.10.7-B-17: Tlak na výstupe z PG



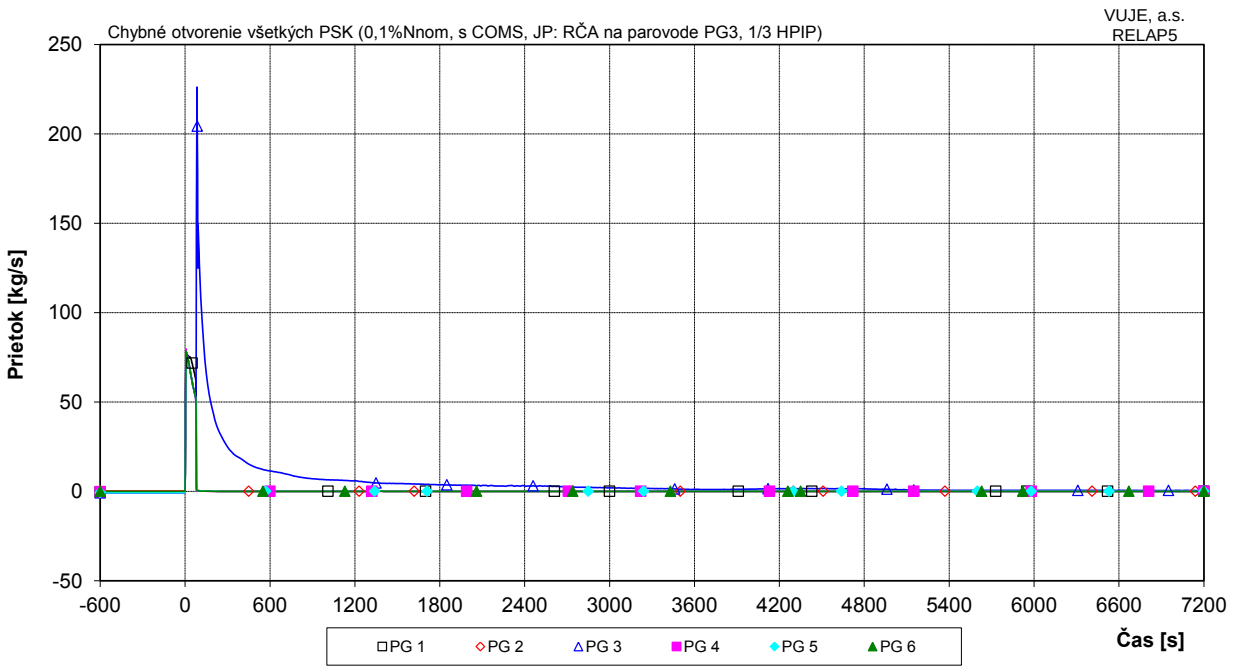
Obr. 7.2.1.10.7-B-18: Tlak v HPK



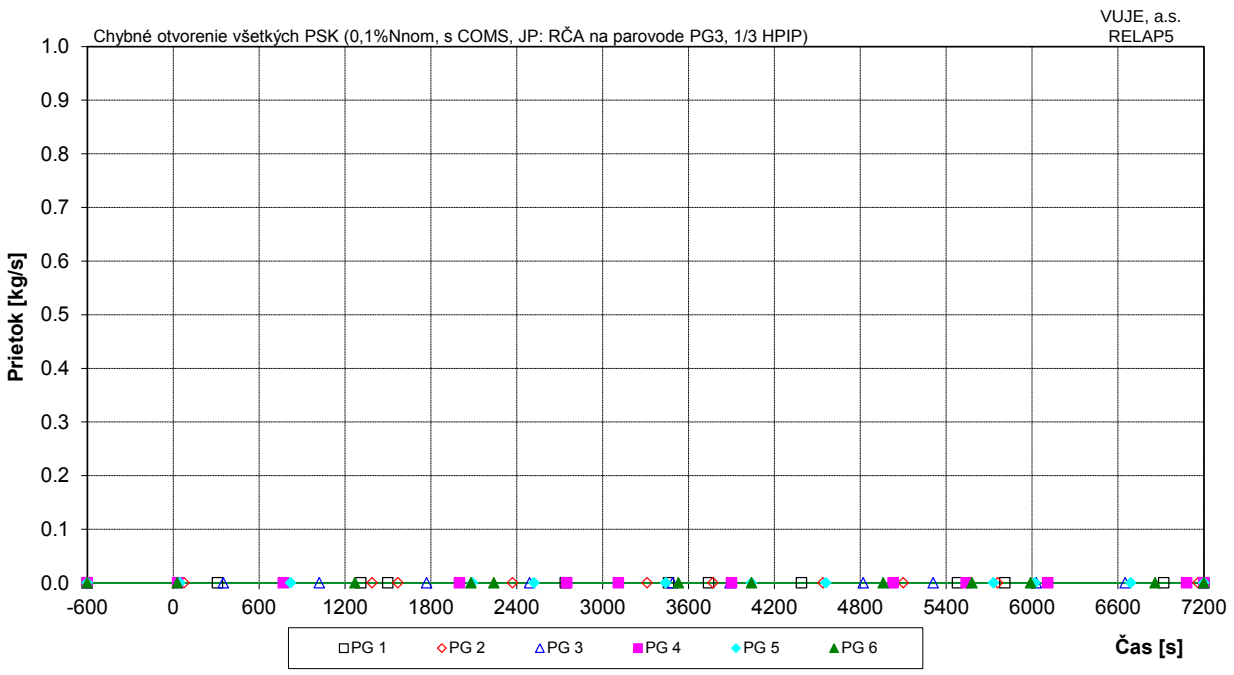
Obr. 7.2.1.10.7-B-19: Celková hladina v PG



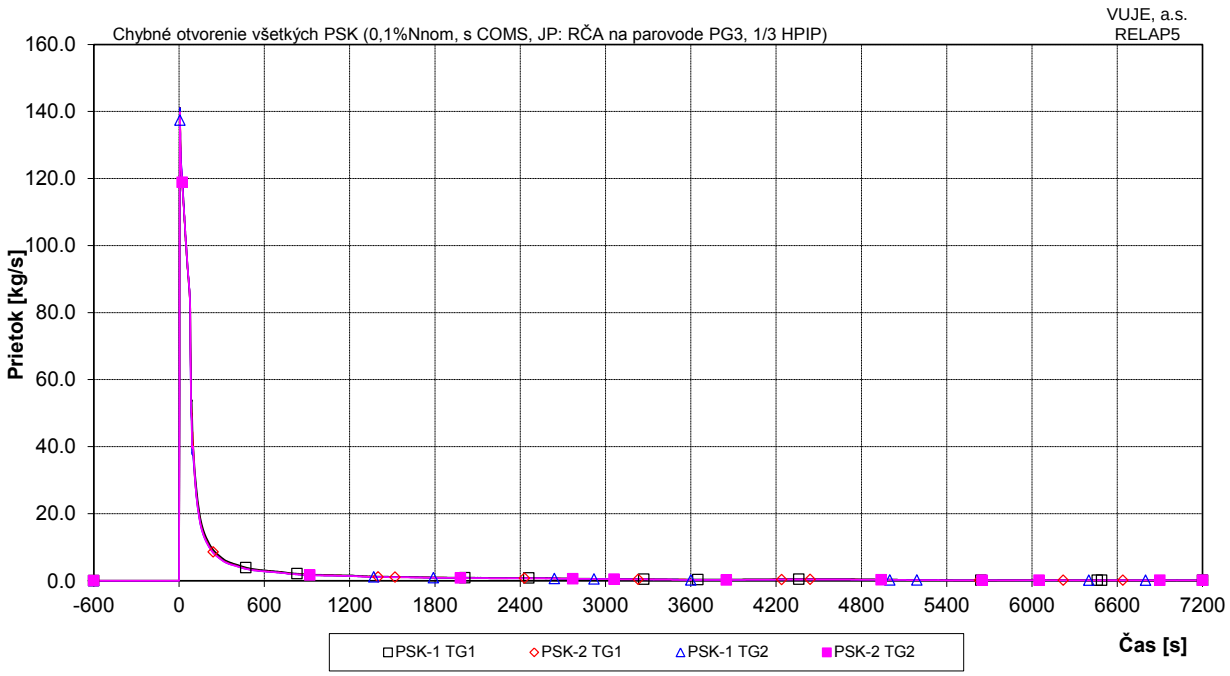
Obr. 7.2.1.10.7-B-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



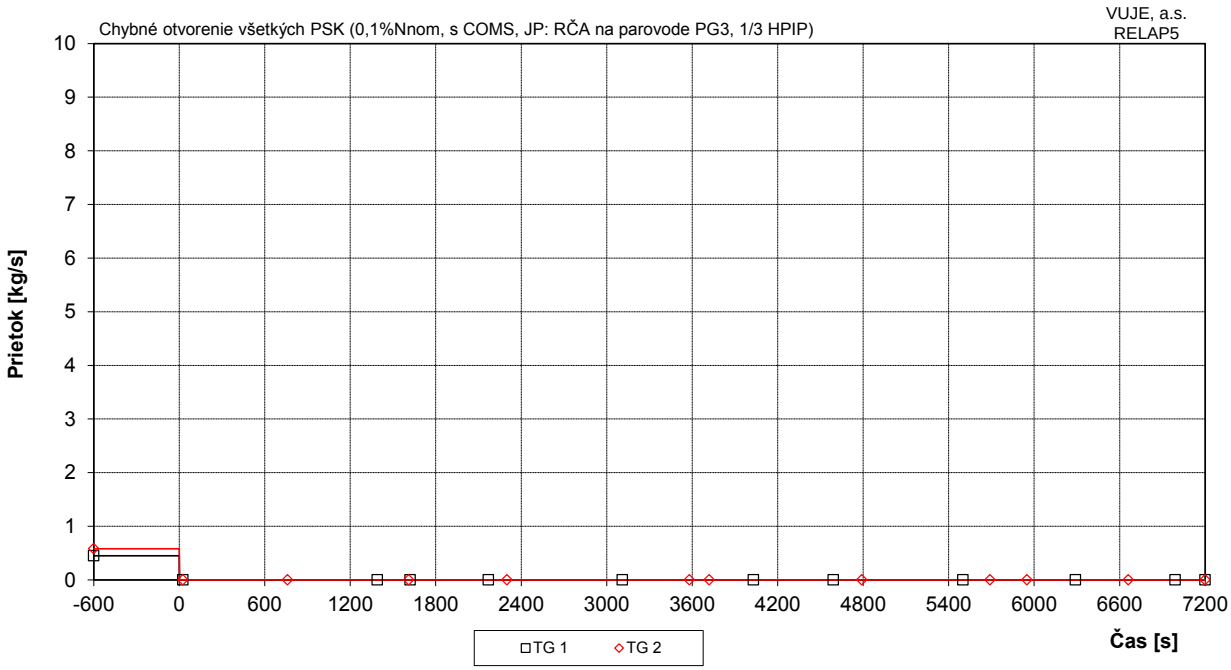
Obr. 7.2.1.10.7-B-21: Prietok pary z PG



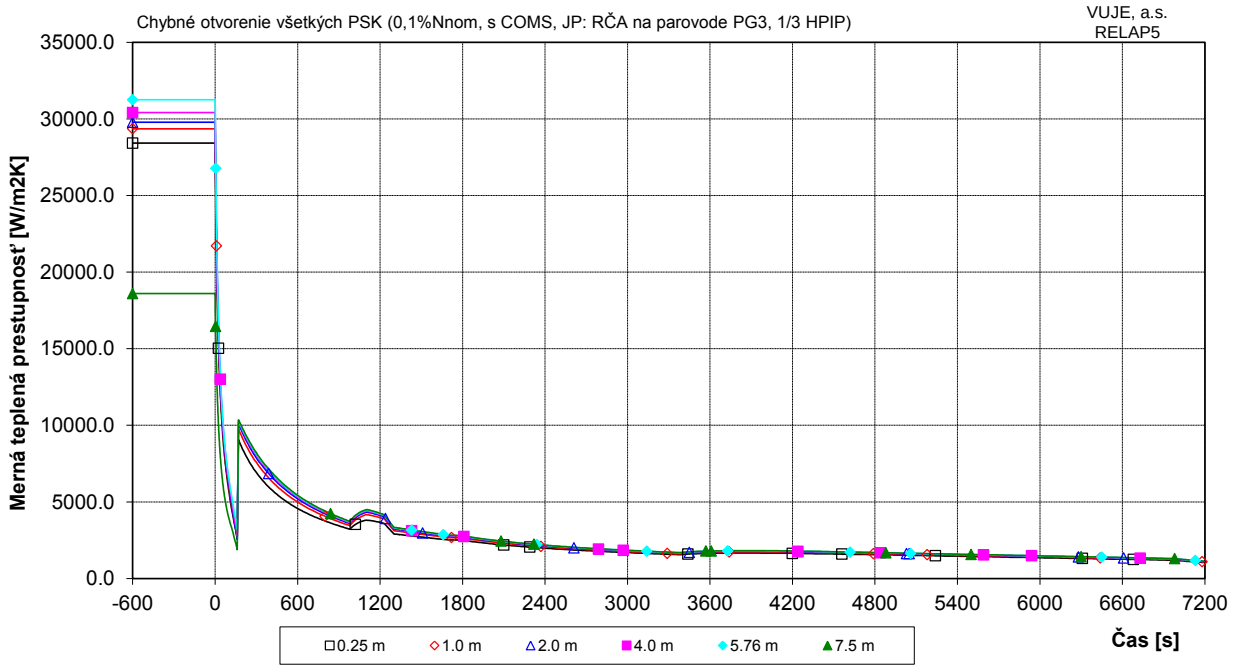
Obr. 7.2.1.10.7-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



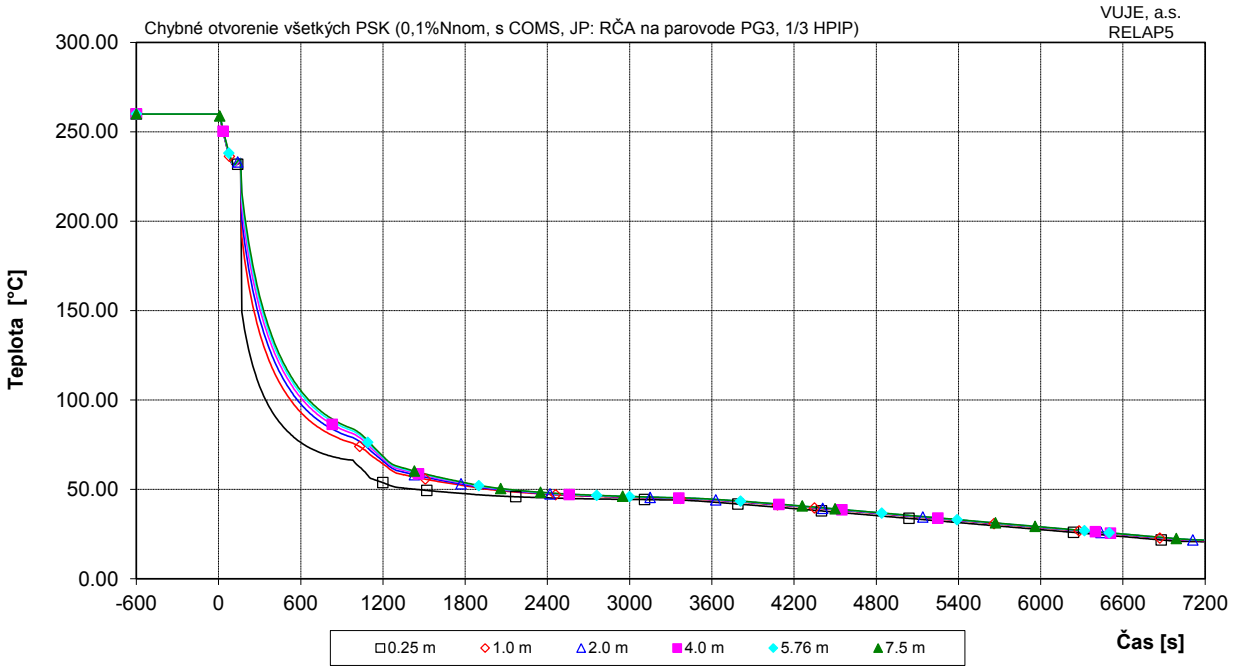
Obr. 7.2.1.10.7-B-23: Prietok pary cez PSK



Obr. 7.2.1.10.7-B-24: Prietok pary do TG

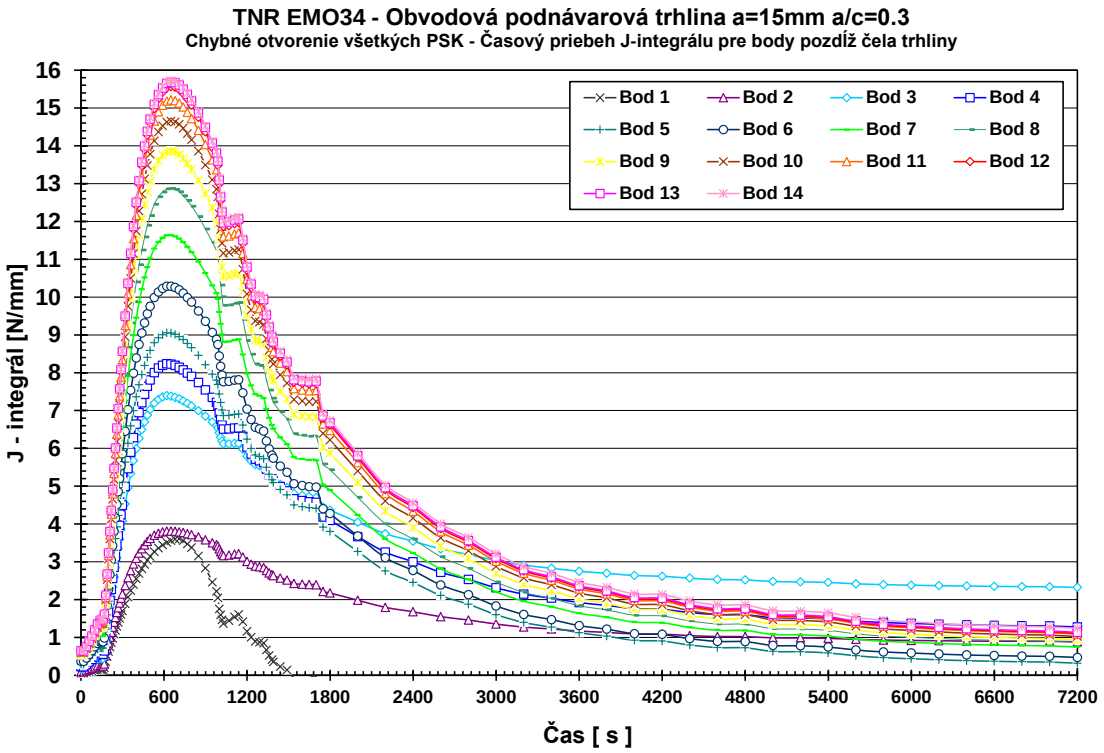


Obr. 7.2.1.10.7-B-25: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS 2

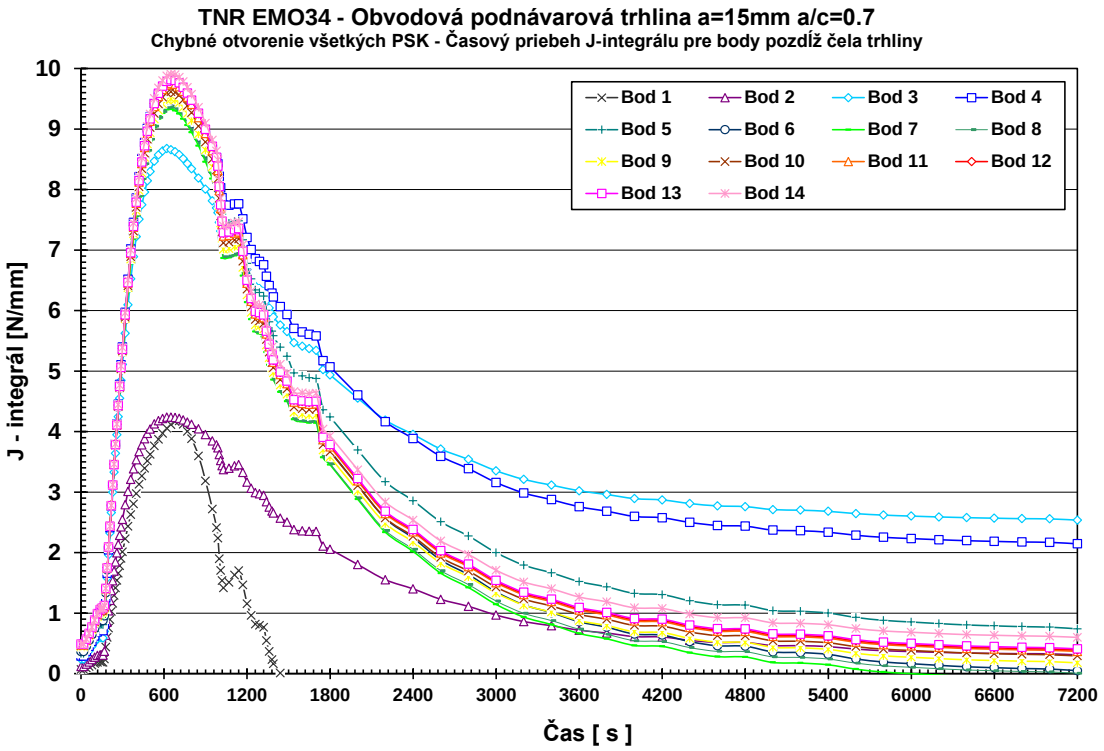


Obr. 7.2.1.10.7-B-26: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS 2

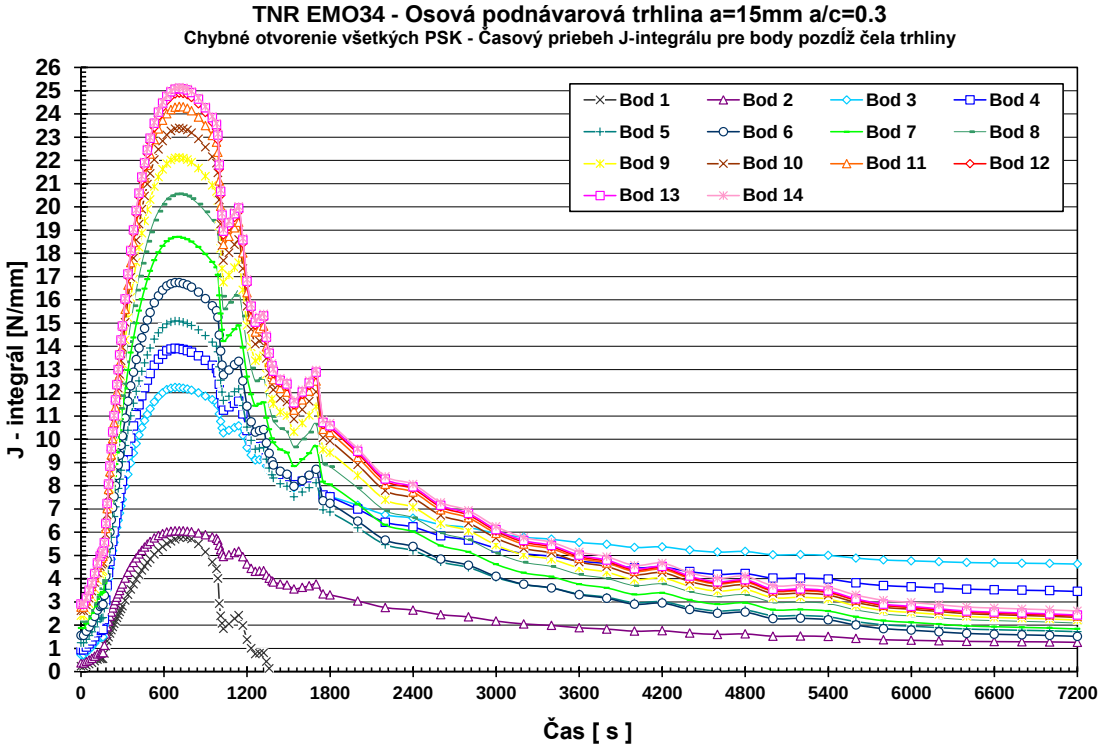
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



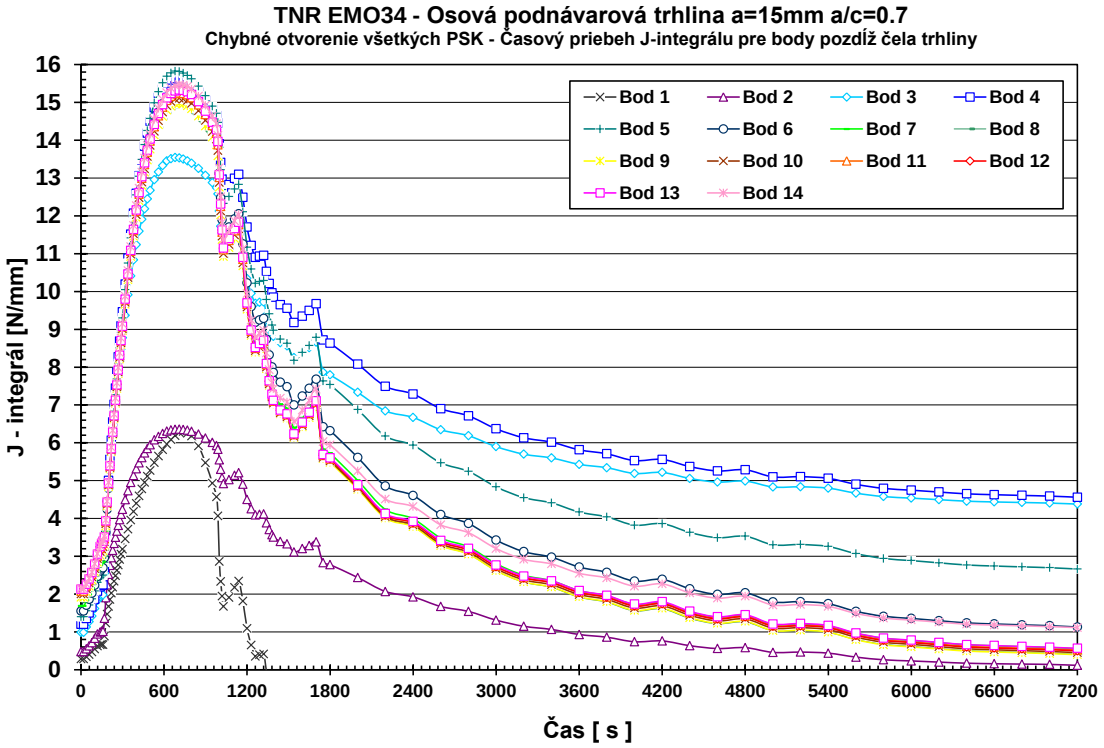
Obr. 7.2.1.10.7-B-27: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3



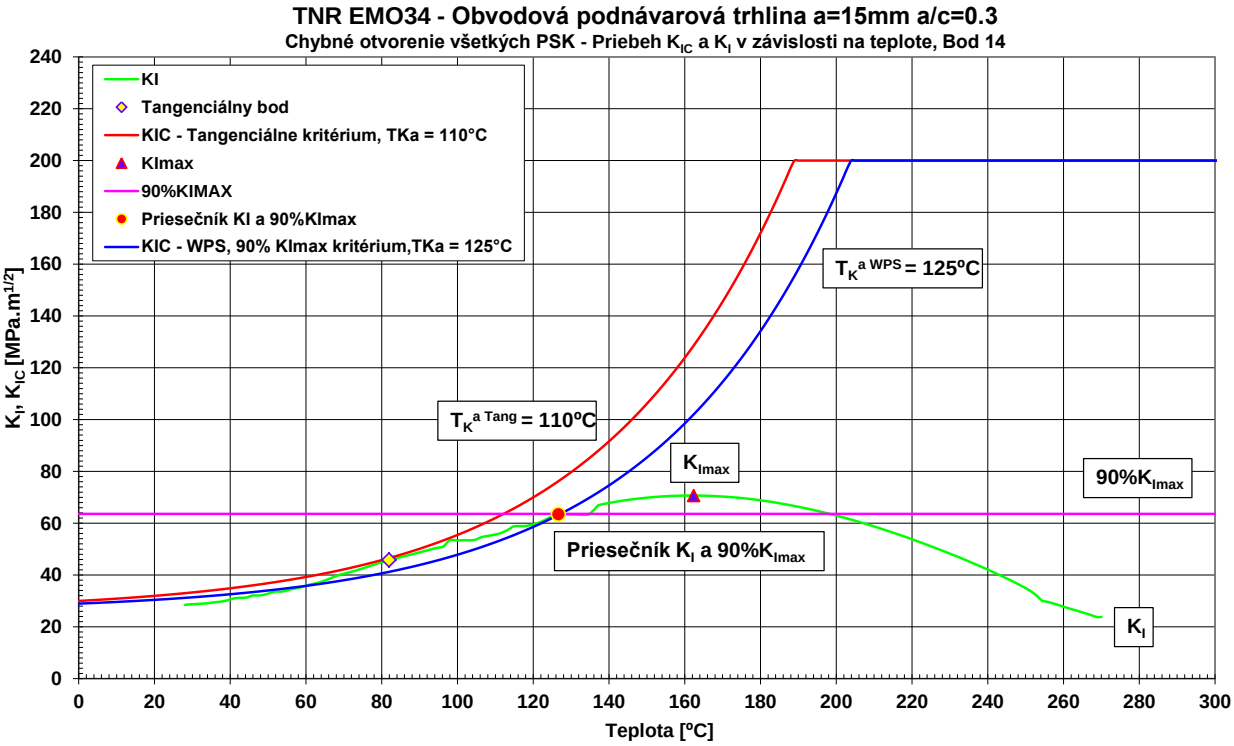
Obr. 7.2.1.10.7-B-28: J-integral – obvodová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7



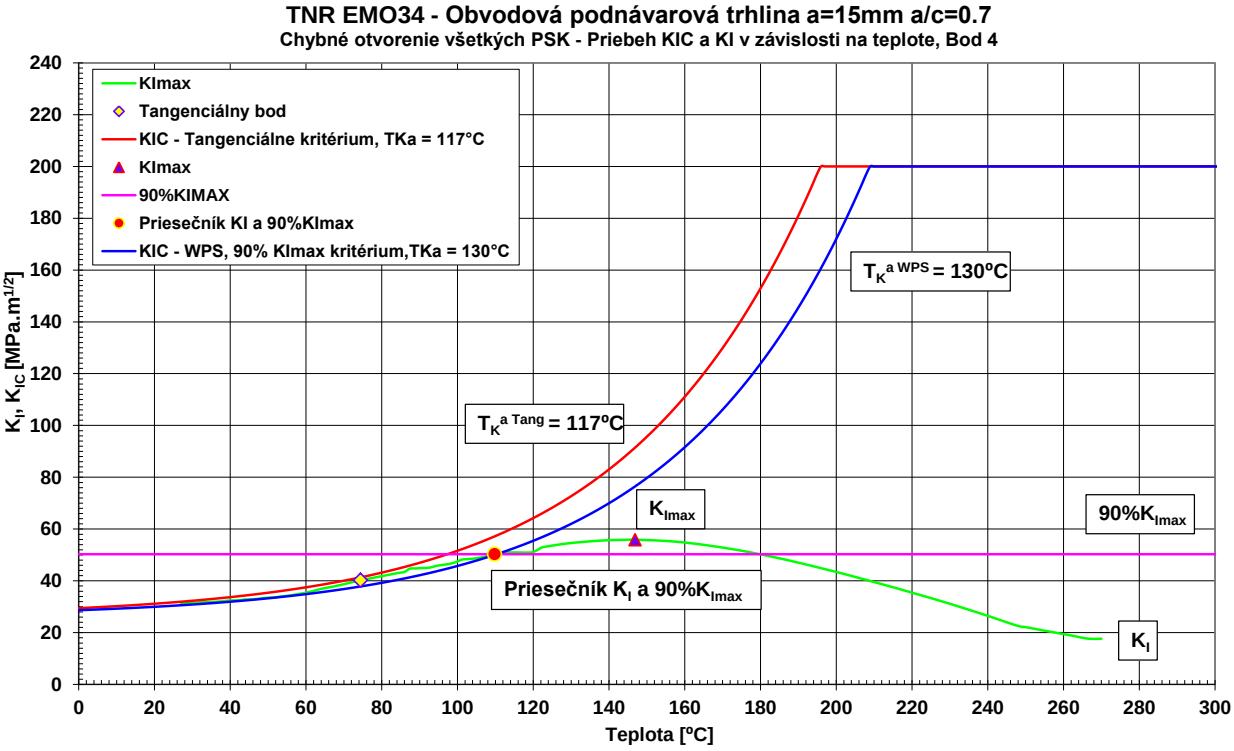
Obr. 7.2.1.10.7-B-29: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.3



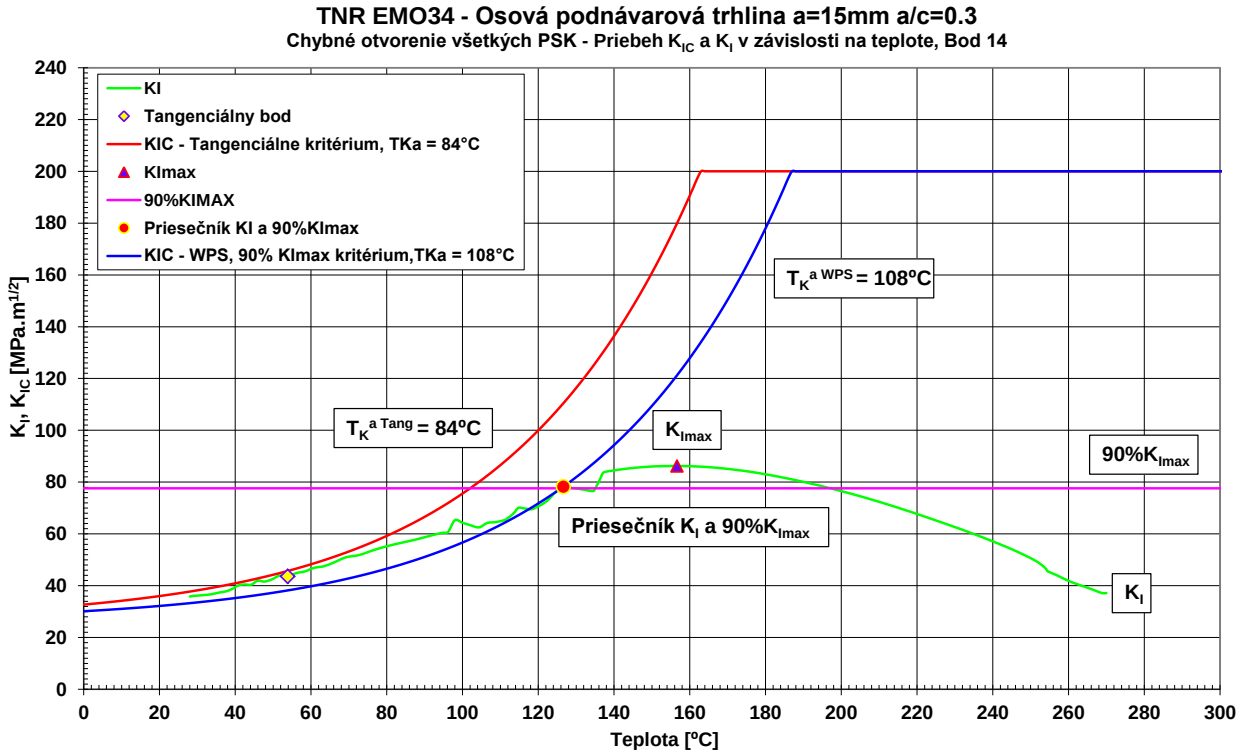
Obr. 7.2.1.10.7-B-30: J-integral – osová podnávarová trhlina a=15 a/c=0.7



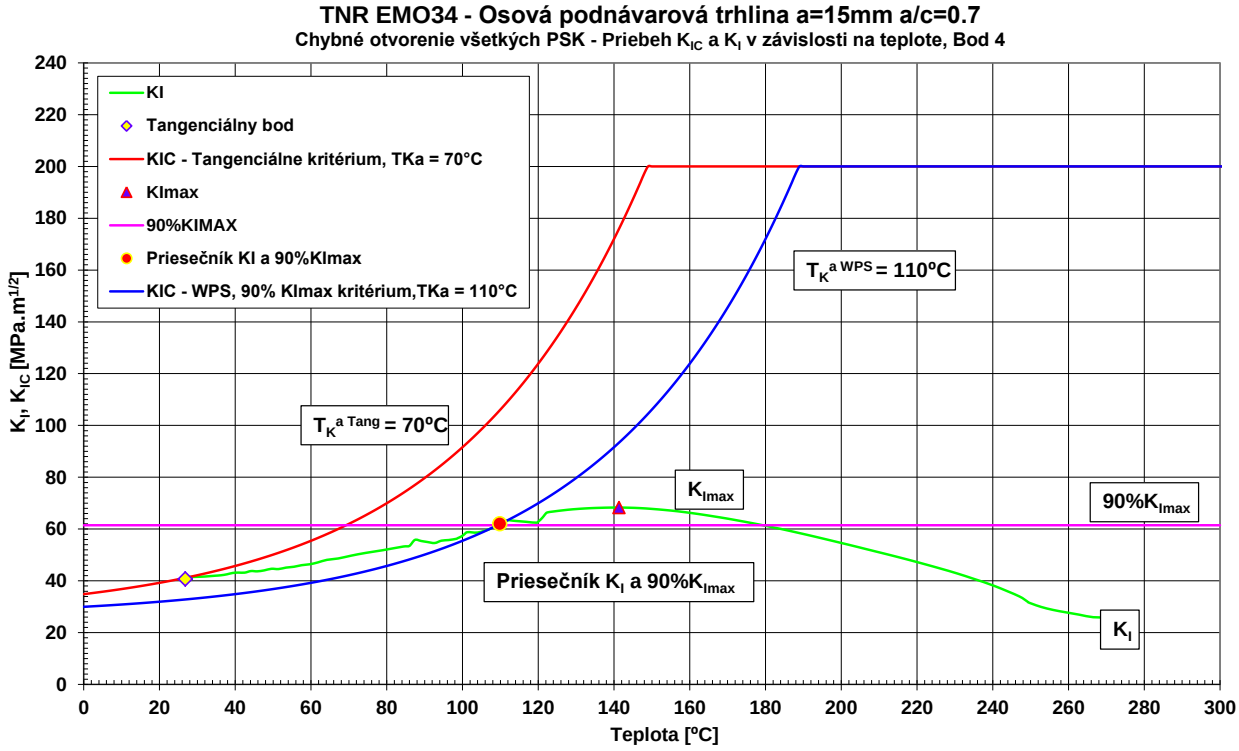
Obr. 7.2.1.10.7-B-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.7-B-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

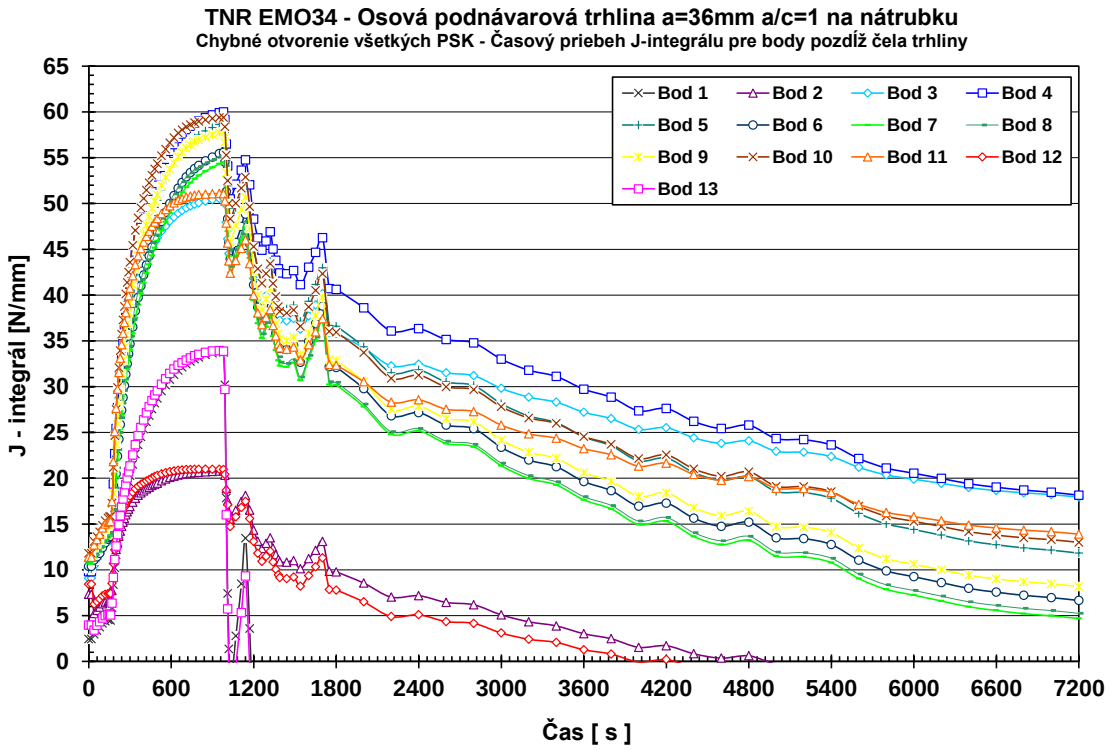


Obr. 7.2.1.10.7-B-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

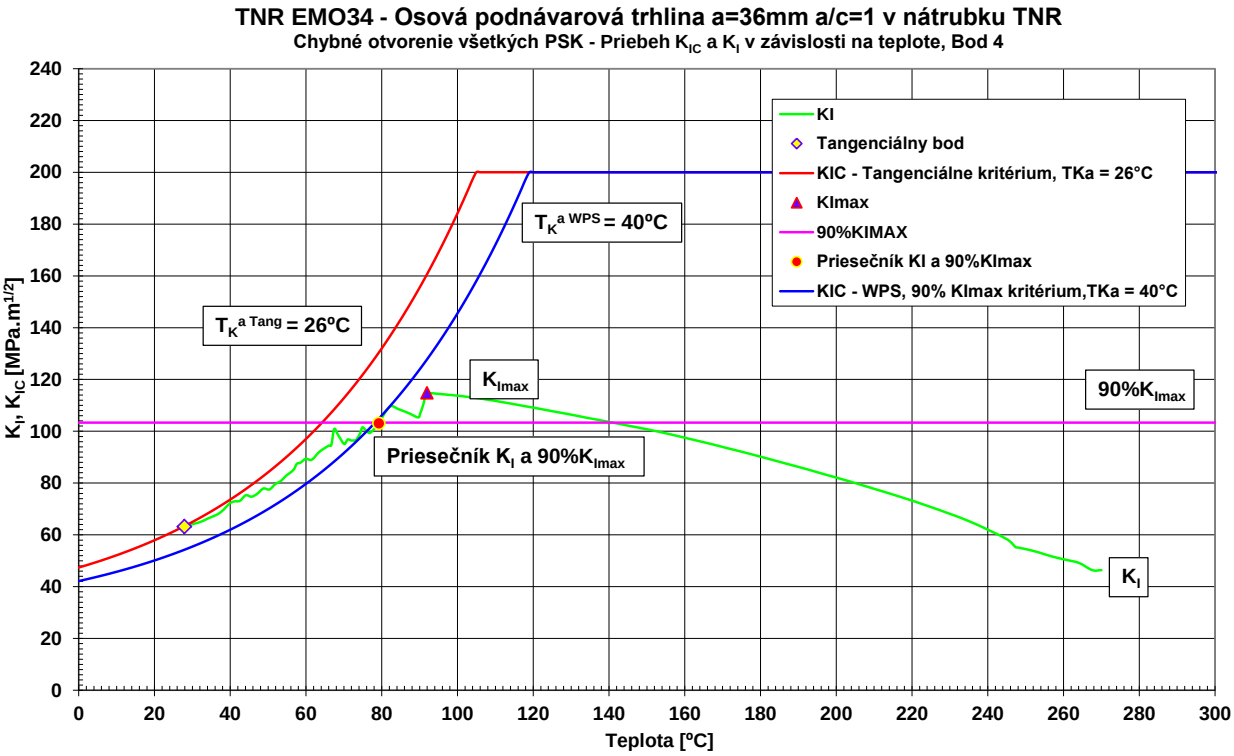


Obr. 7.2.1.10.7-B-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.7-B-35: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.7-B-36: Určenie T_{Ka} , osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1 v nátrubku TNR, bod trhliny 4

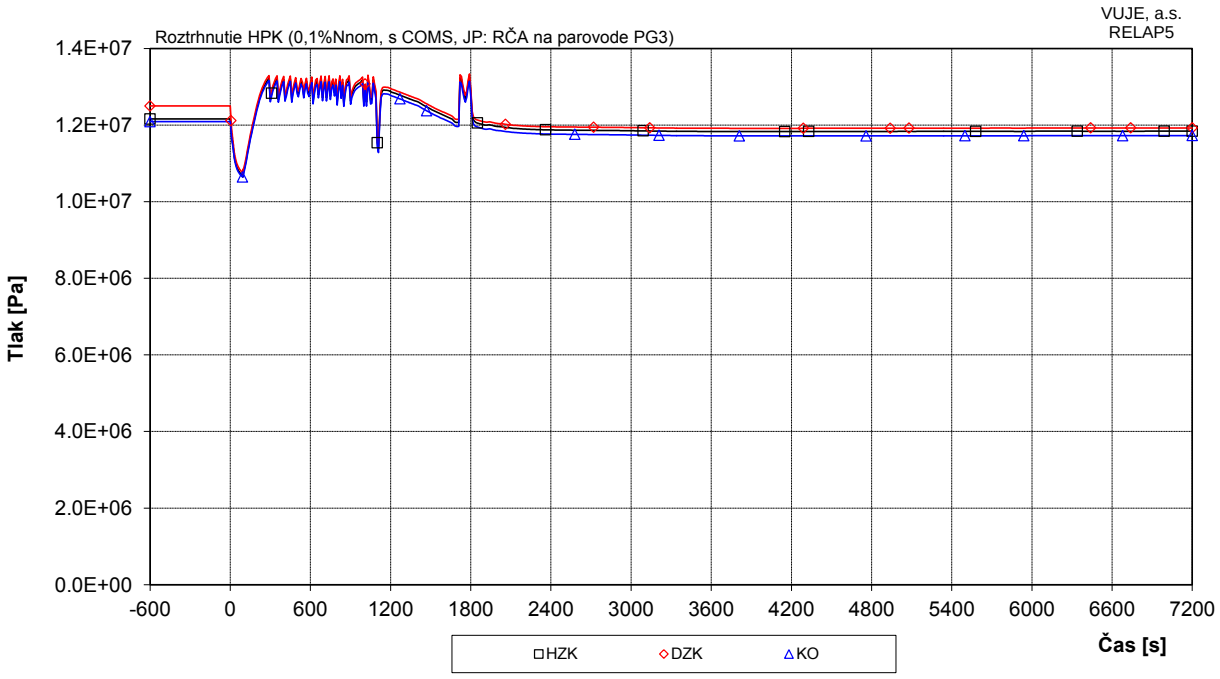
Príloha č. 16

7.2.1.10.8 Roztrhnutie parného potrubia

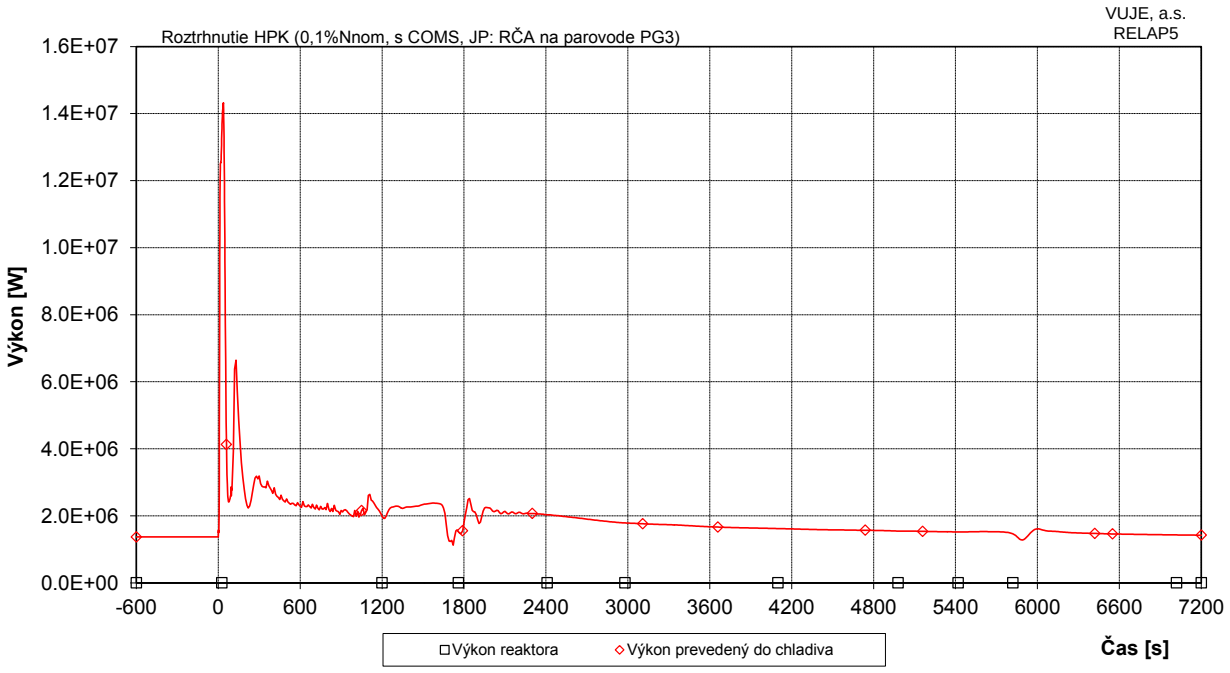
Scenár A Roztrhnutie HPK

ZOZNAM OBRÁZKOV

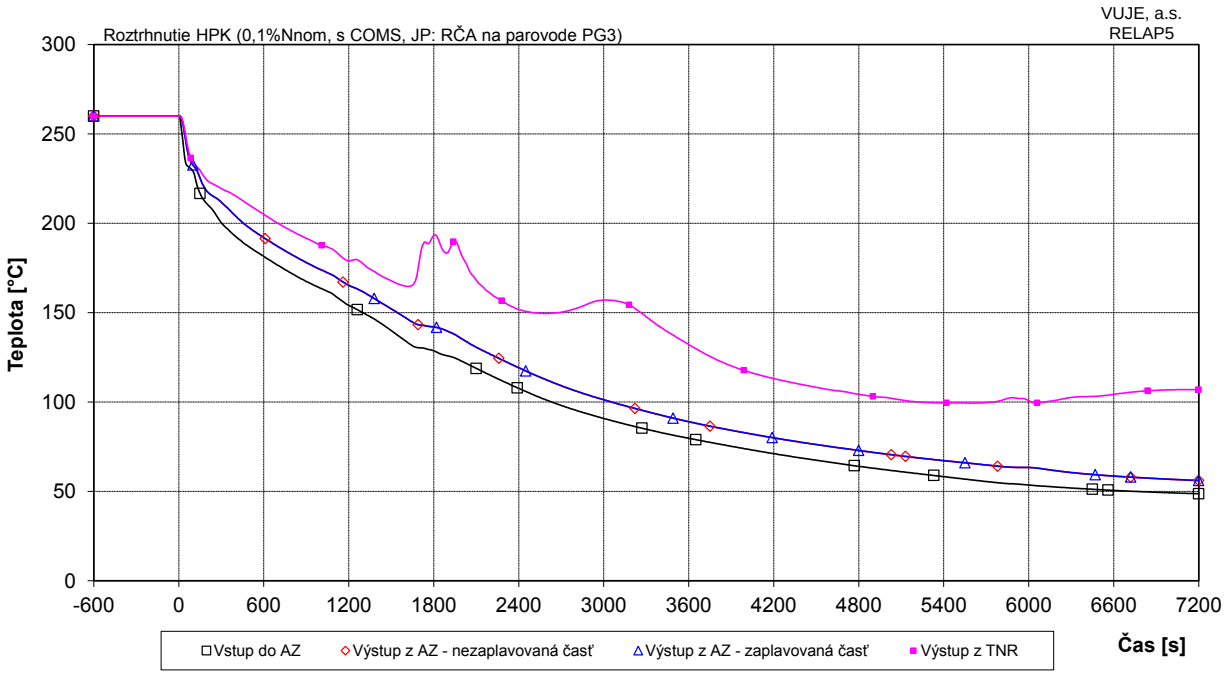
Obr. 7.2.1.10.8-A-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.8-A-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.8-A-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.8-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.8-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.8-A-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.8-A-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.8-A-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.8-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.8-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.8-A-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.8-A-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.8-A-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.8-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.8-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.8-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.8-A-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.8-A-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.8-A-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.8-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.8-A-21: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.8-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.8-A-23: Prietok pary do TG ... 13
Obr. 7.2.1.10.8-A-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,5 ... 13
Obr. 7.2.1.10.8-A-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.8-A-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 14
Obr. 7.2.1.10.8-A-27: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 15
Obr. 7.2.1.10.8-A-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.8-A-29: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.8-A-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 16
Obr. 7.2.1.10.8-A-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.8-A-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.8-A-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 18
Obr. 7.2.1.10.8-A-34: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku ... 18
Obr. 7.2.1.10.8-A-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 ... 19



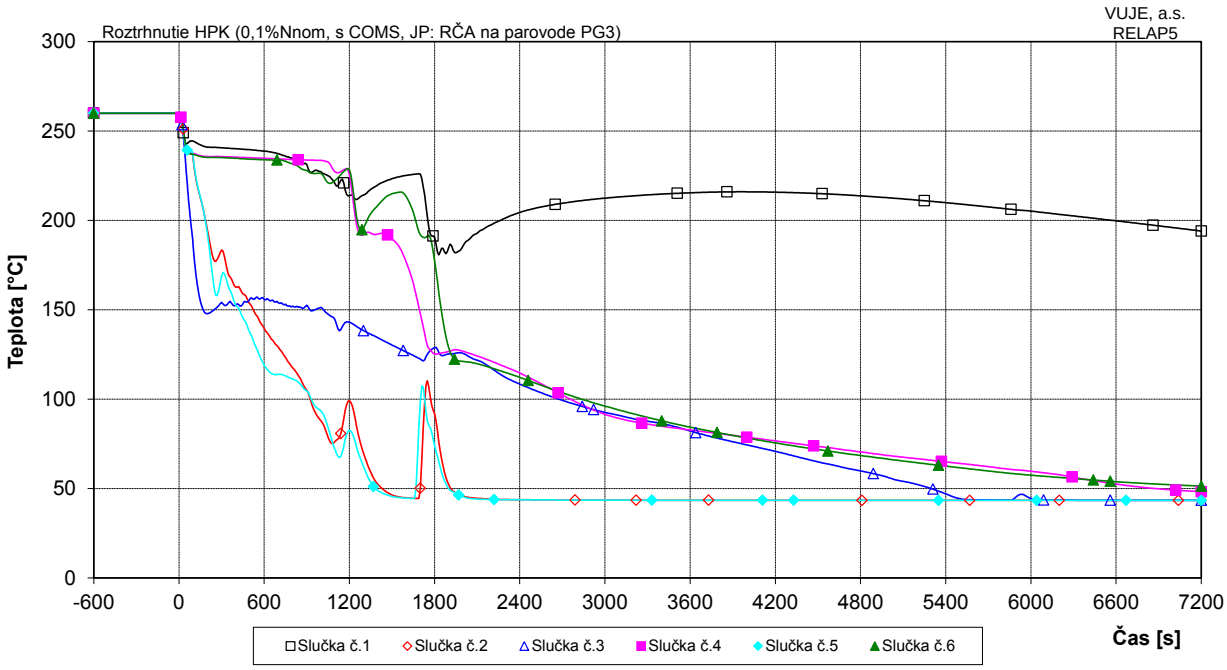
Obr. 7.2.1.10.8-A-1: Tlak v I.O.



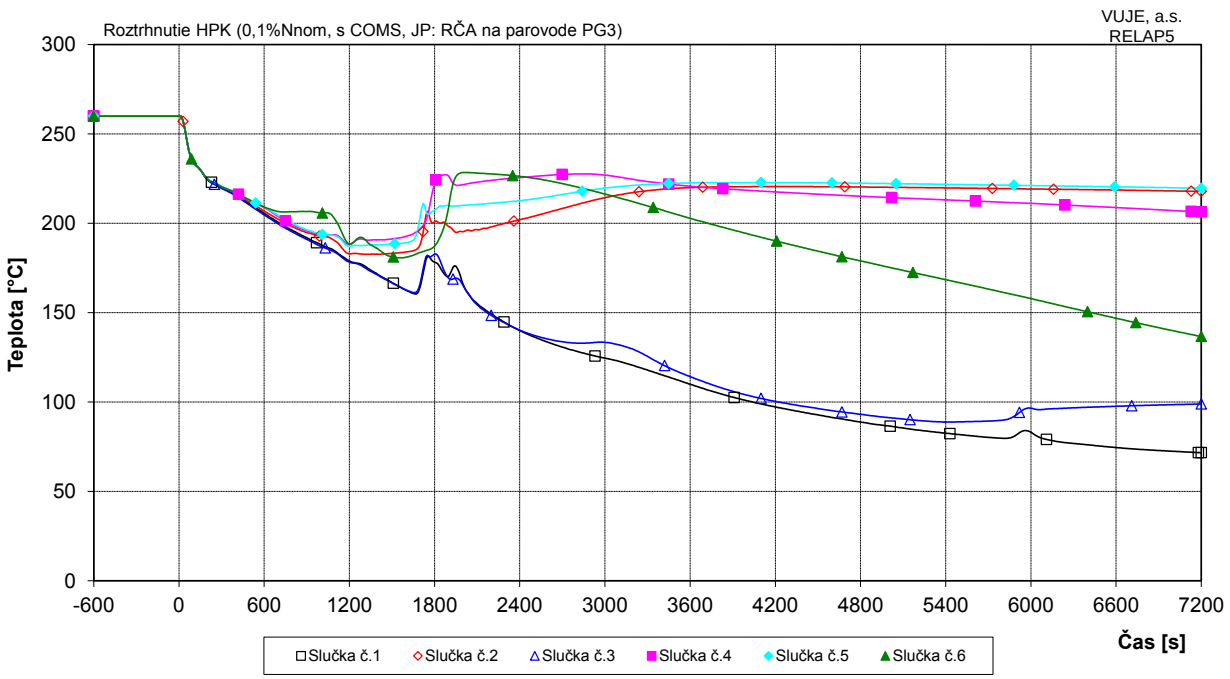
Obr. 7.2.1.10.8-A-2: Výkon reaktora



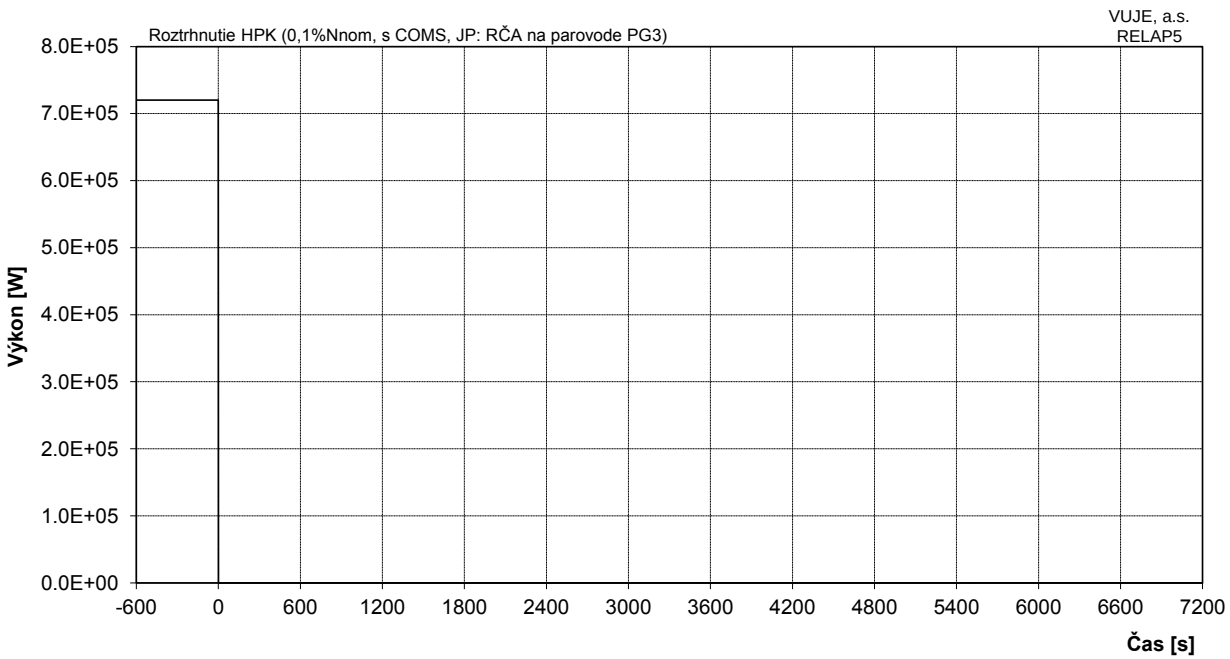
Obr. 7.2.1.10.8-A-3: Teplota chladiva v TNR



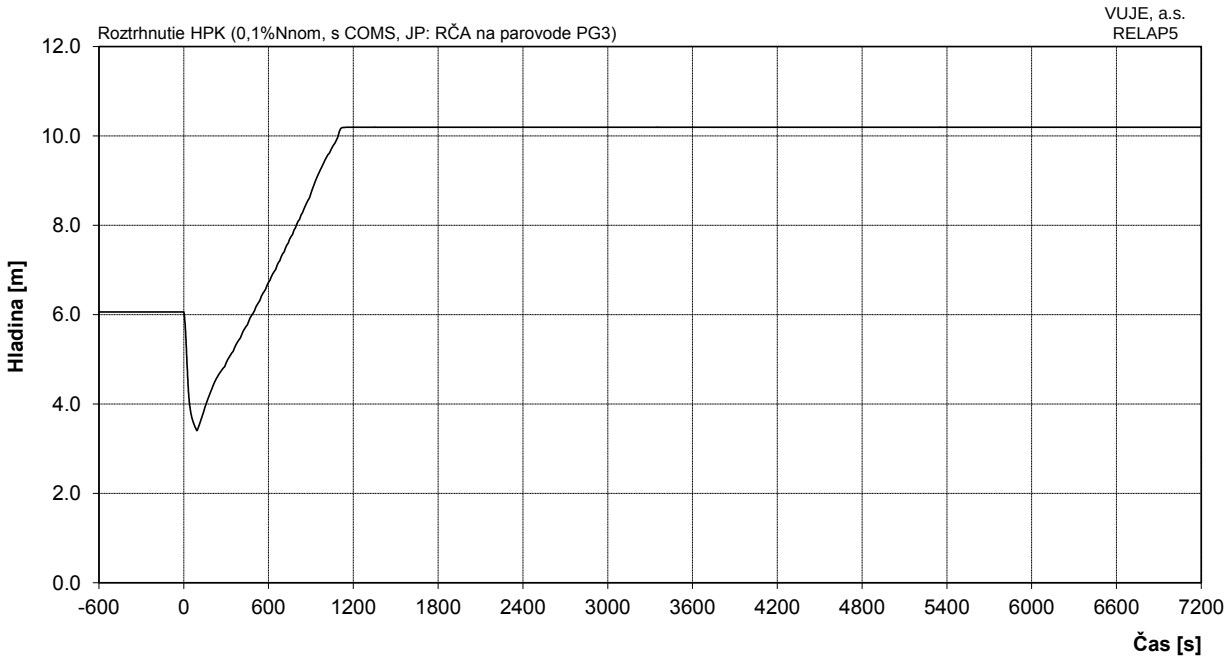
Obr. 7.2.1.10.8-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



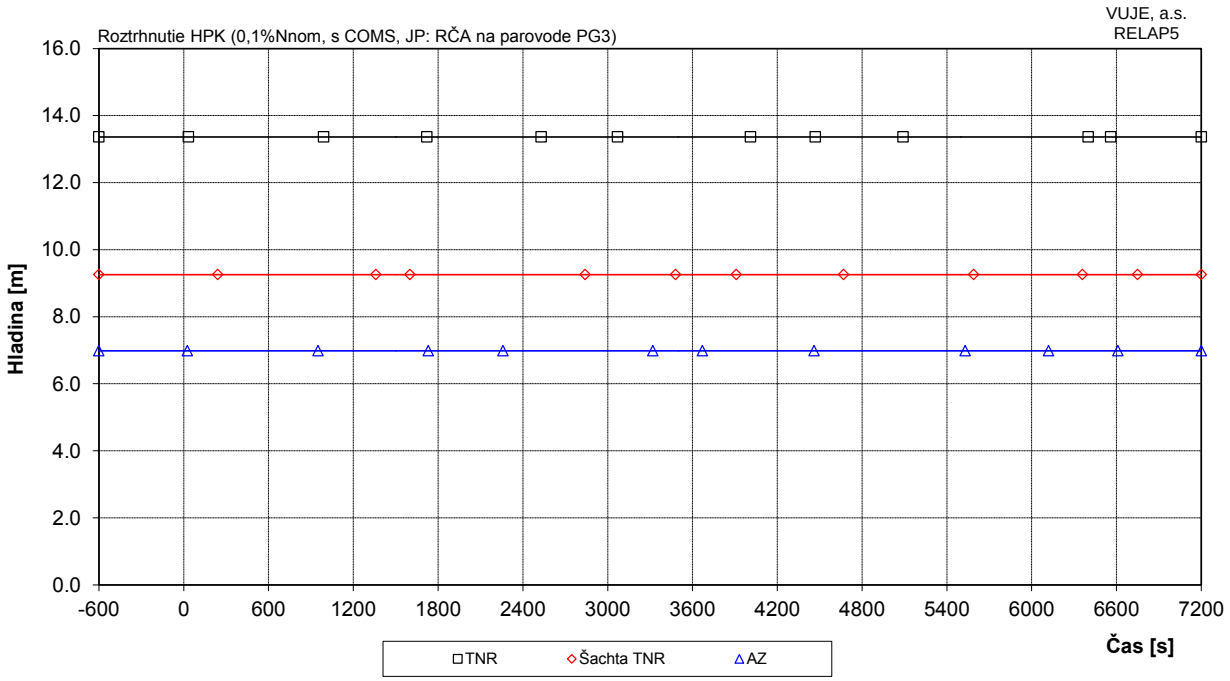
Obr. 7.2.1.10.8-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



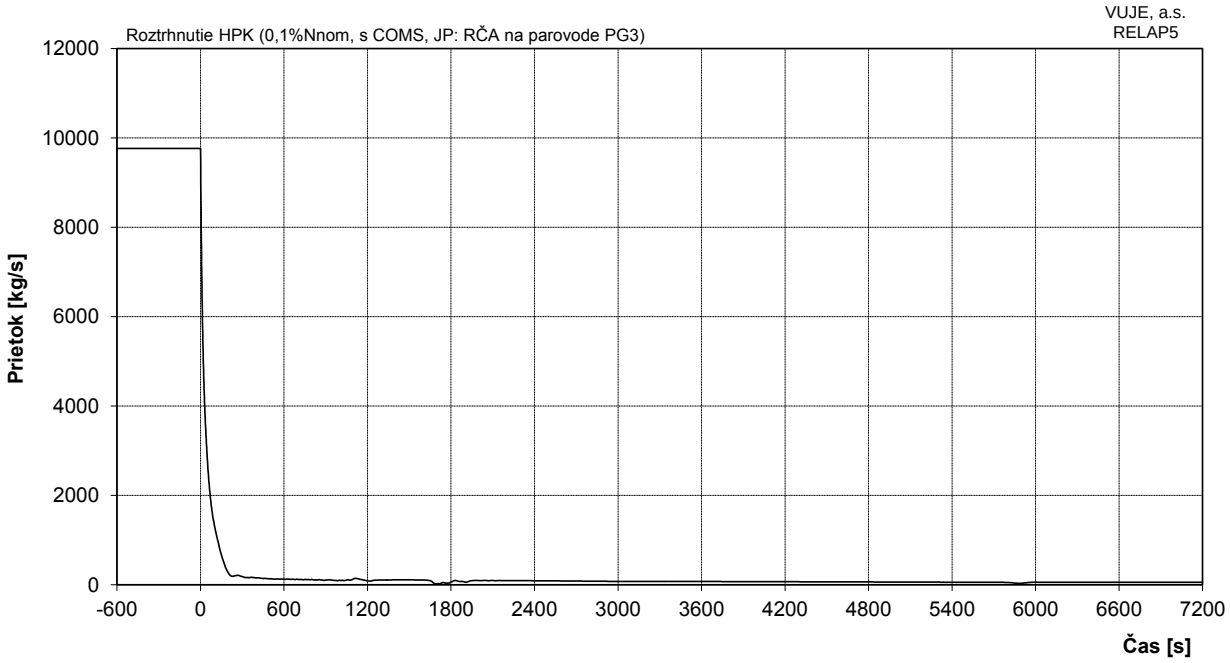
Obr. 7.2.1.10.8-A-6: Celkový výkon EOKO



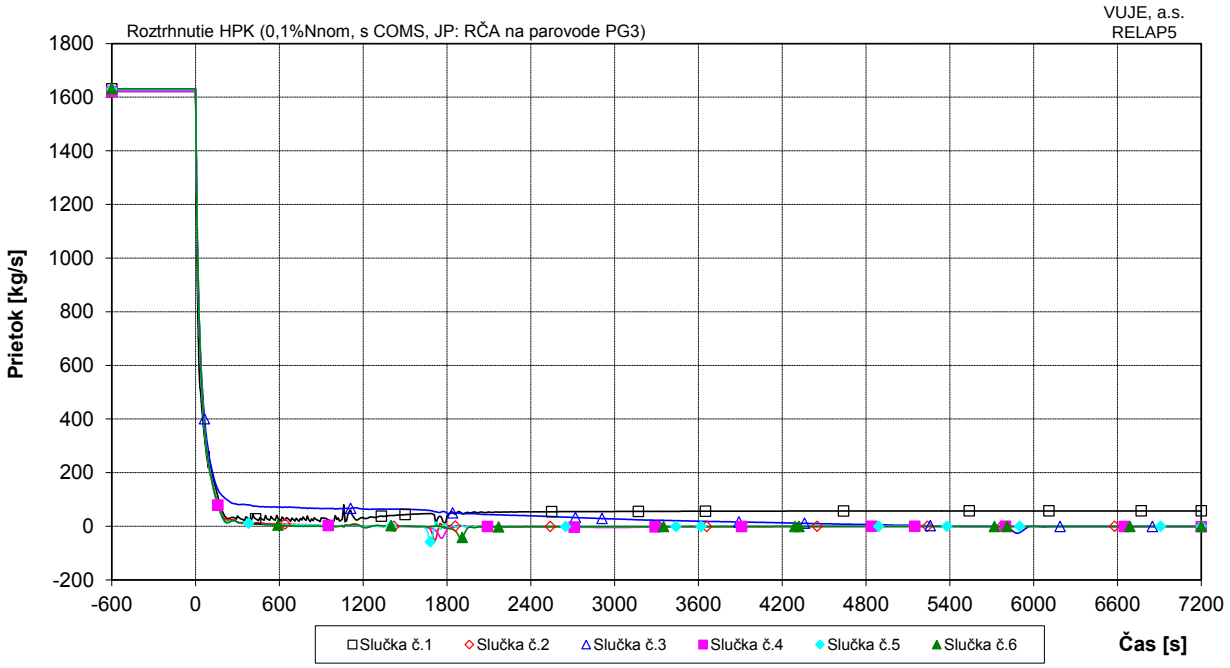
Obr. 7.2.1.10.8-A-7: Celková hladina v KO



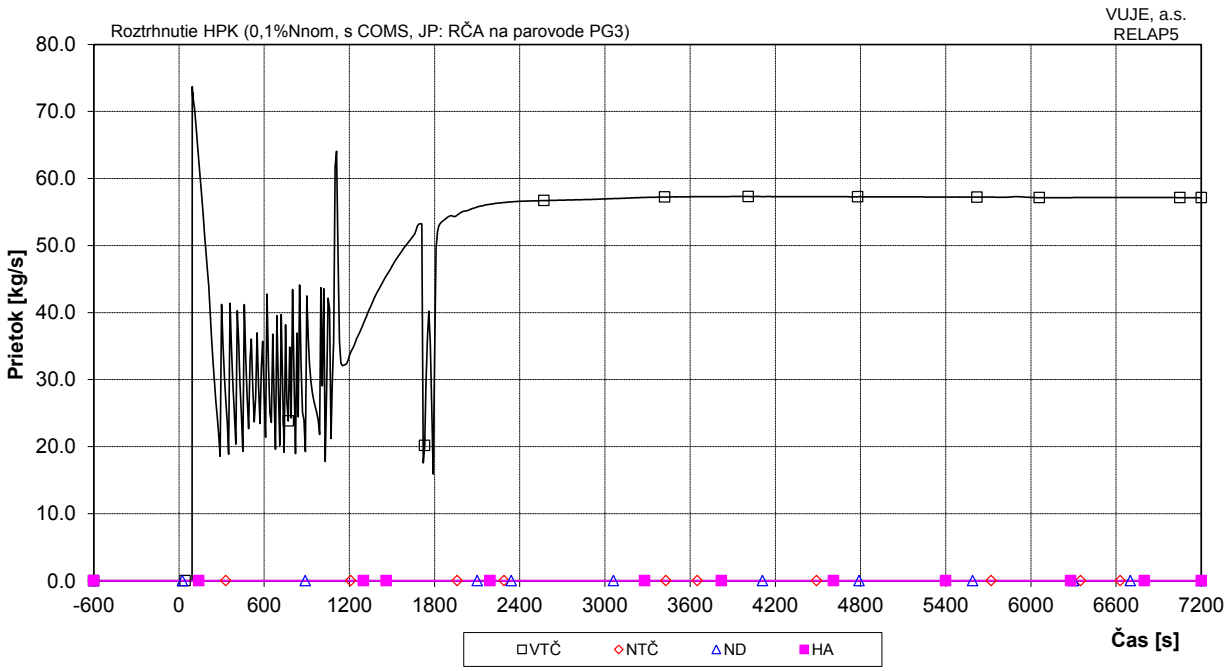
Obr. 7.2.1.10.8-A-8: Hladina chladiva v TNR



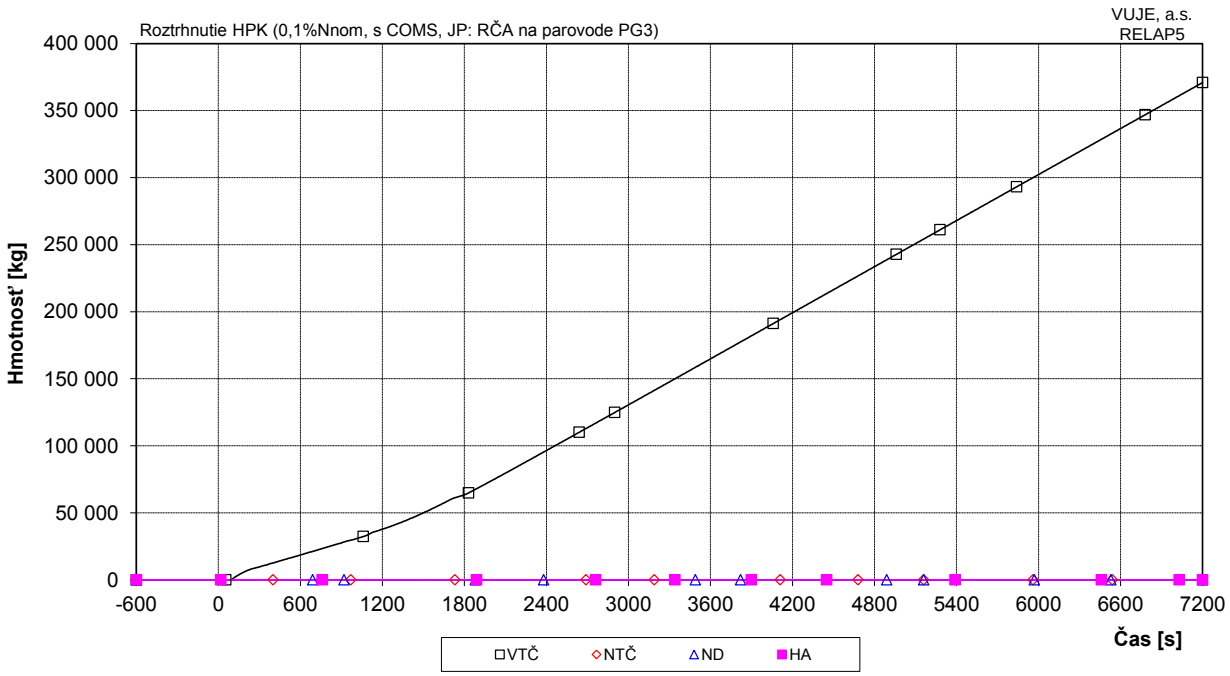
Obr. 7.2.1.10.8-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



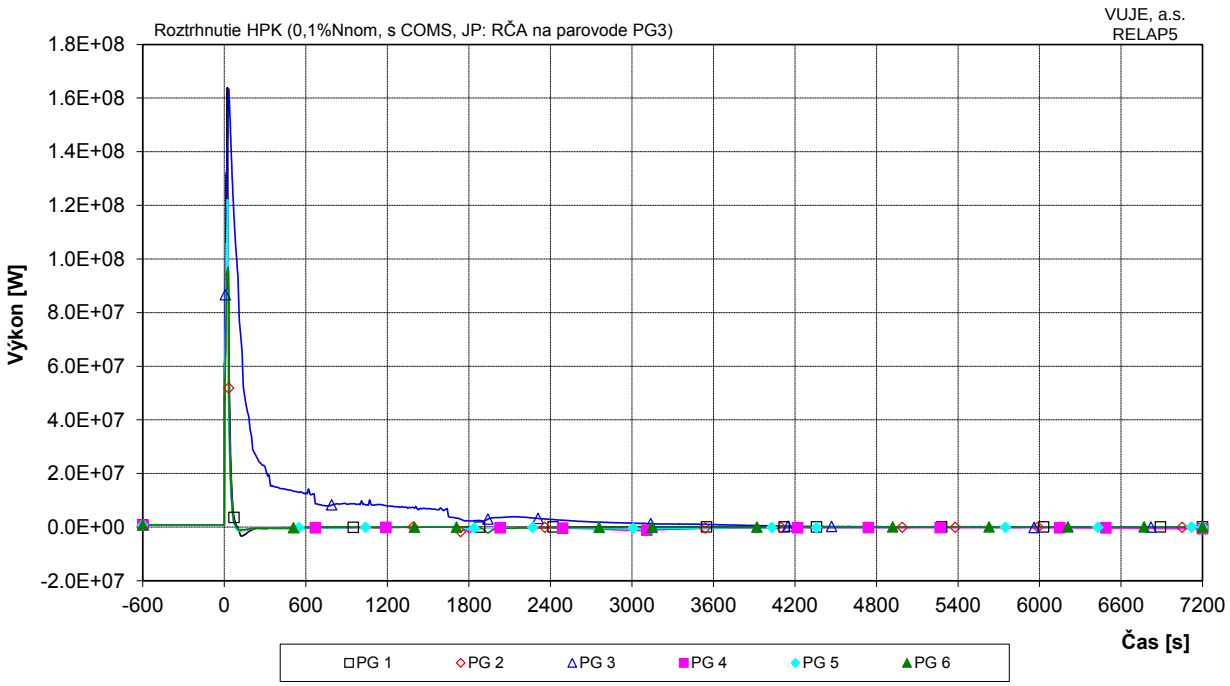
Obr. 7.2.1.10.8-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



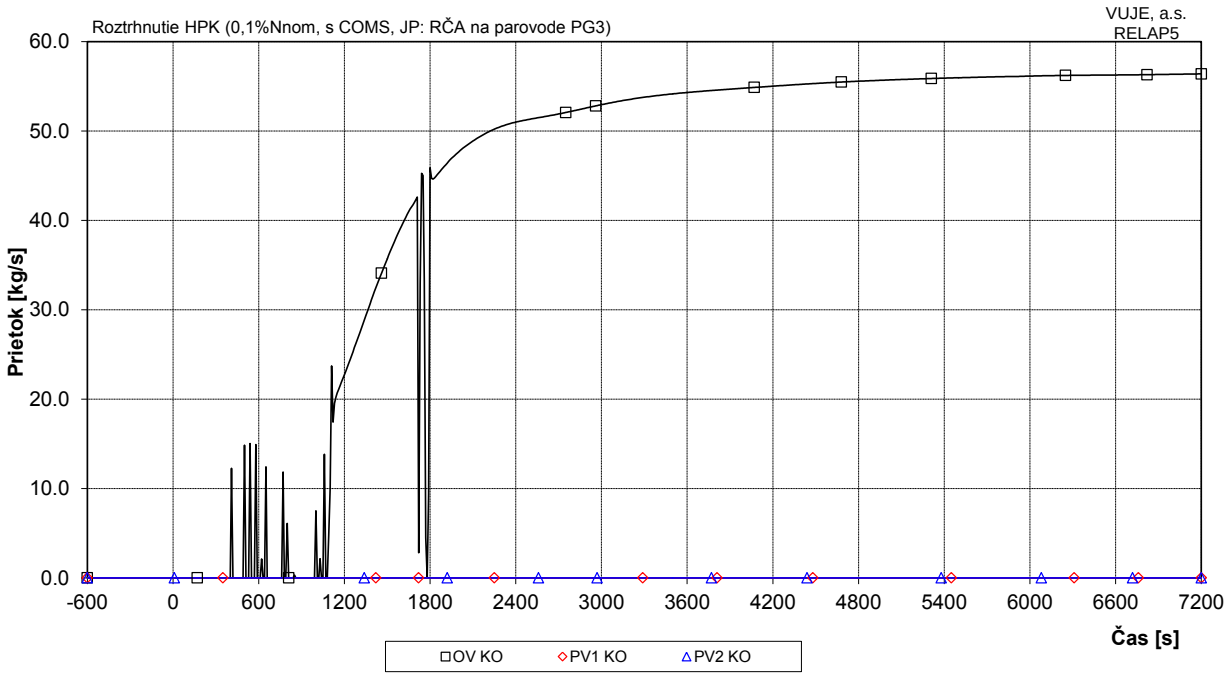
Obr. 7.2.1.10.8-A-11: Doplňovanie do I.O.



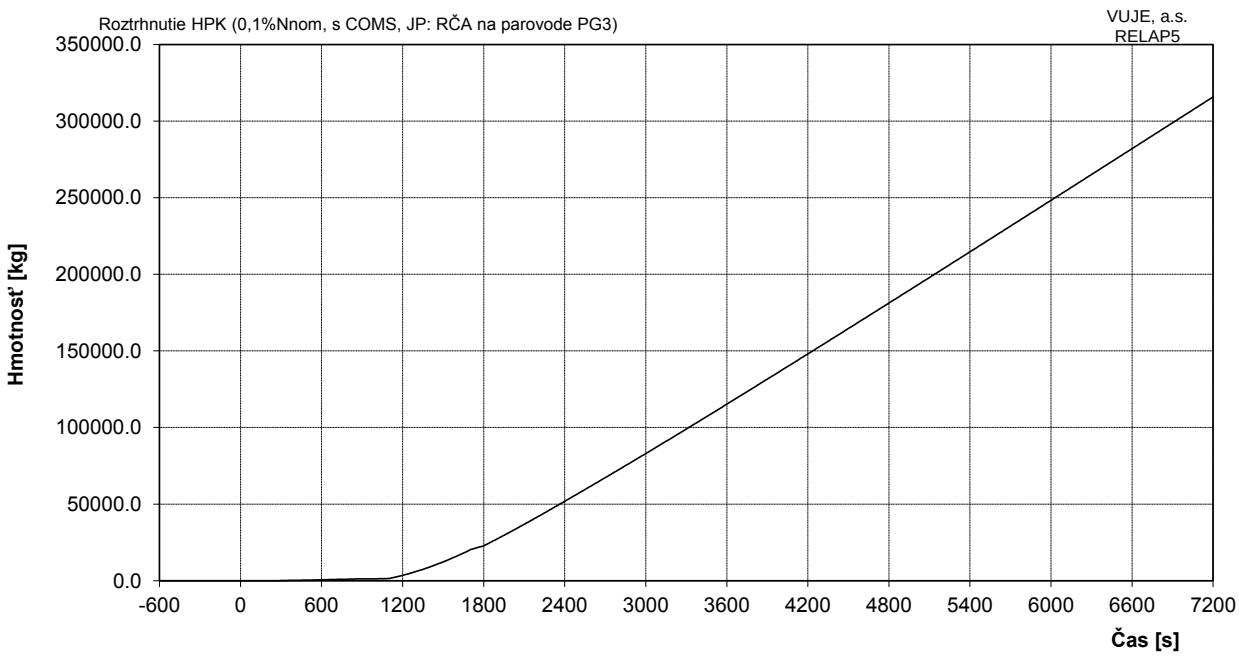
Obr. 7.2.1.10.8-A-12: Integrál doplňovania do I.O.



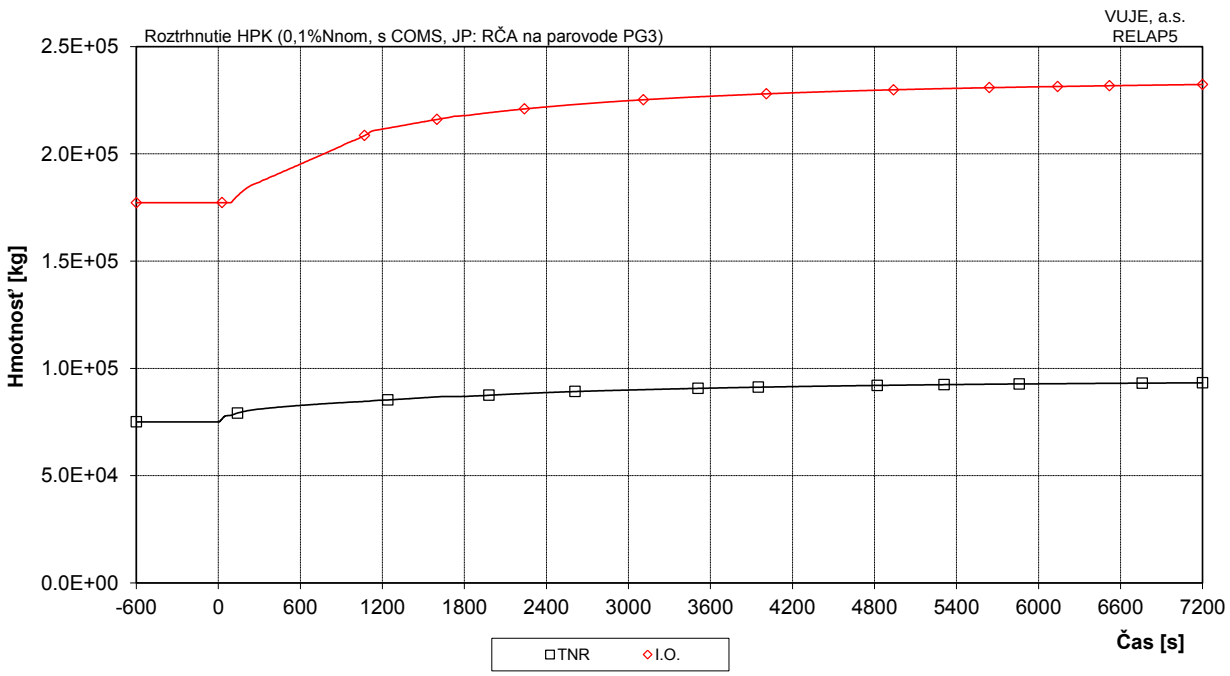
Obr. 7.2.1.10.8-A-13: Výkon PG



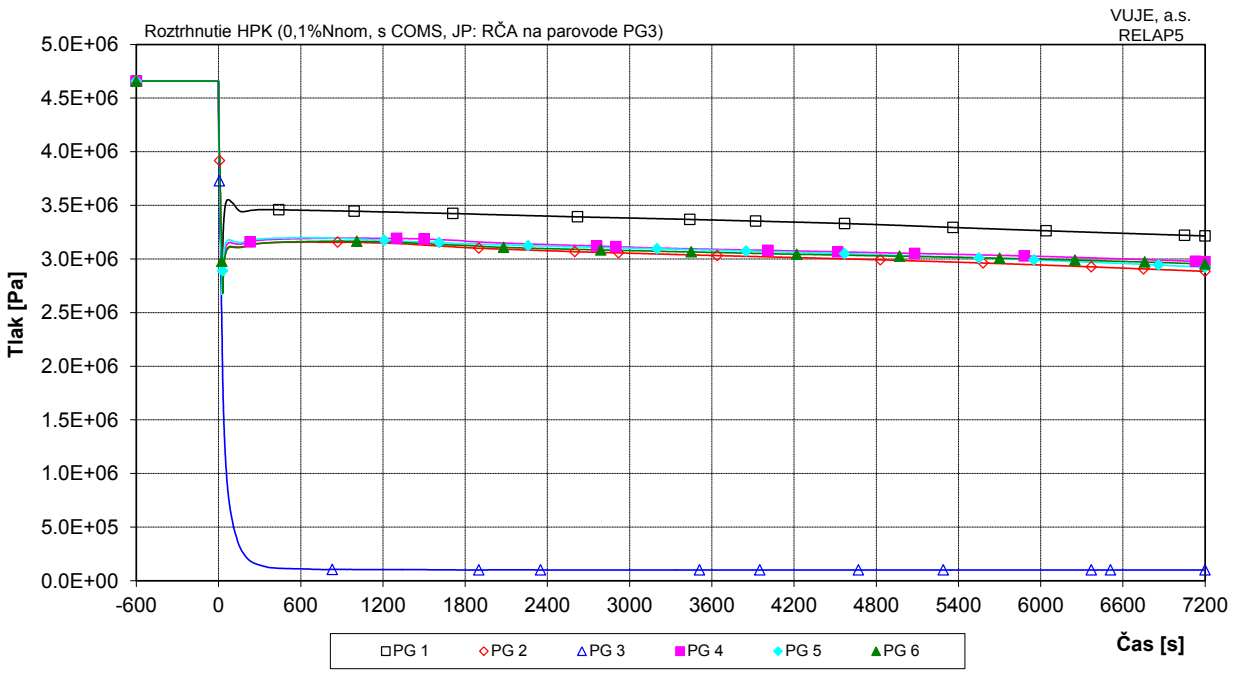
Obr. 7.2.1.10.8-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



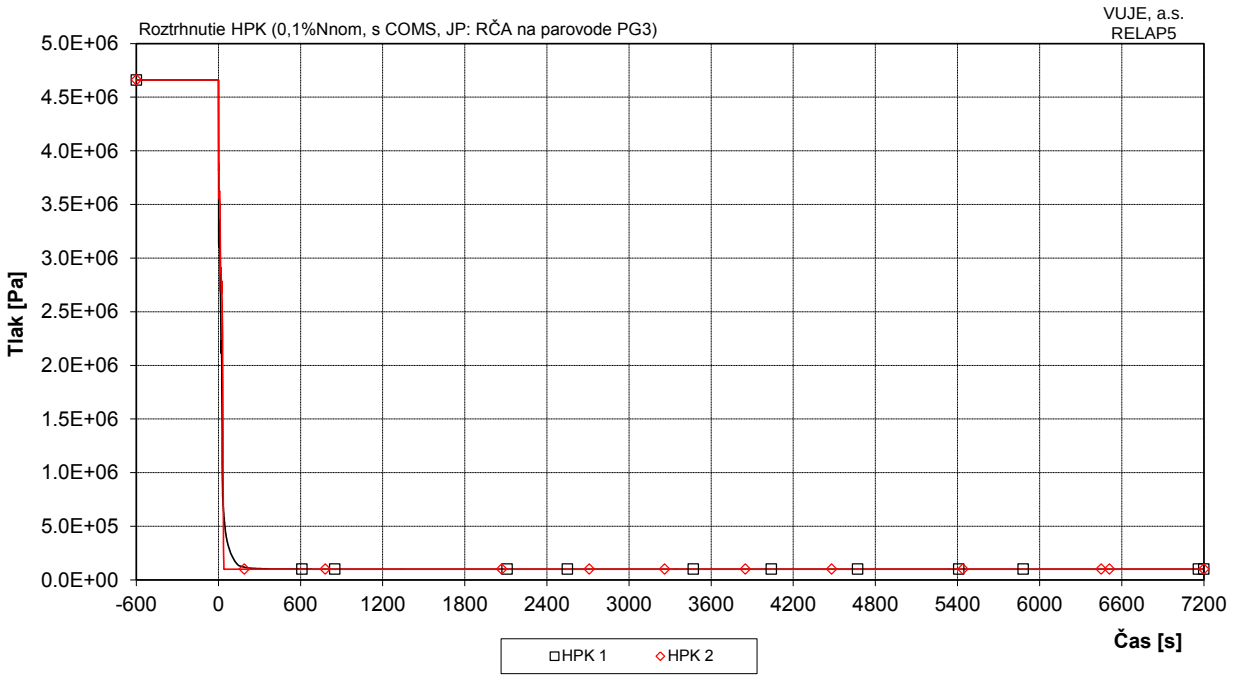
Obr. 7.2.1.10.8-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



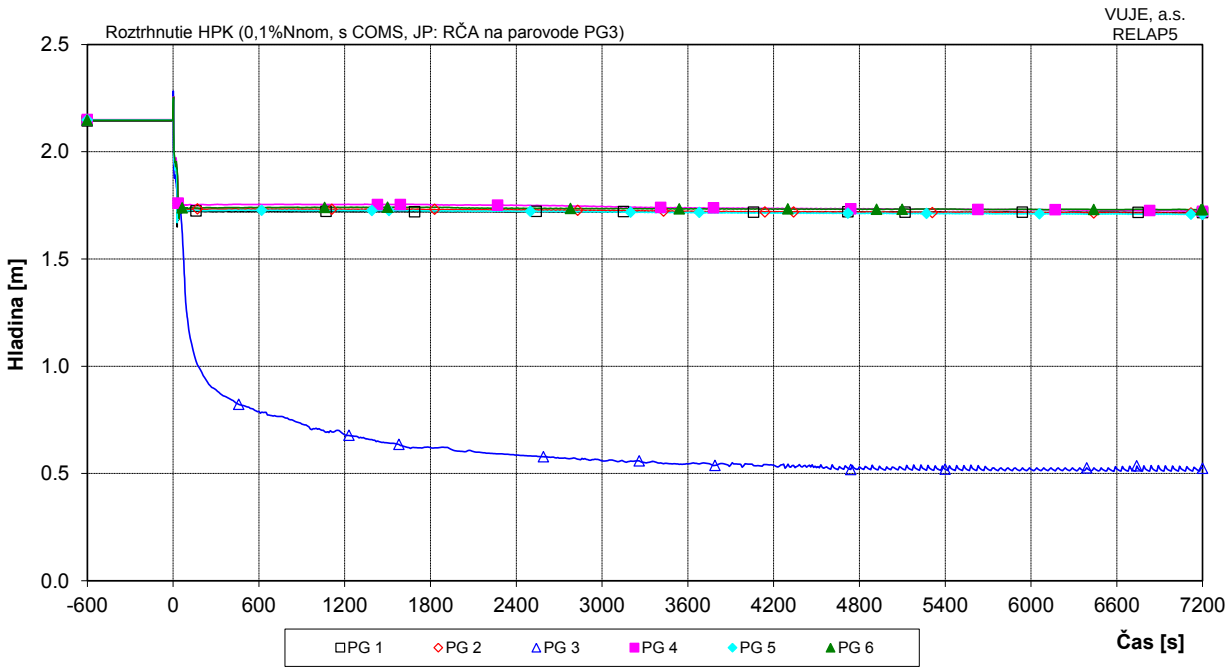
Obr. 7.2.1.10.8-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



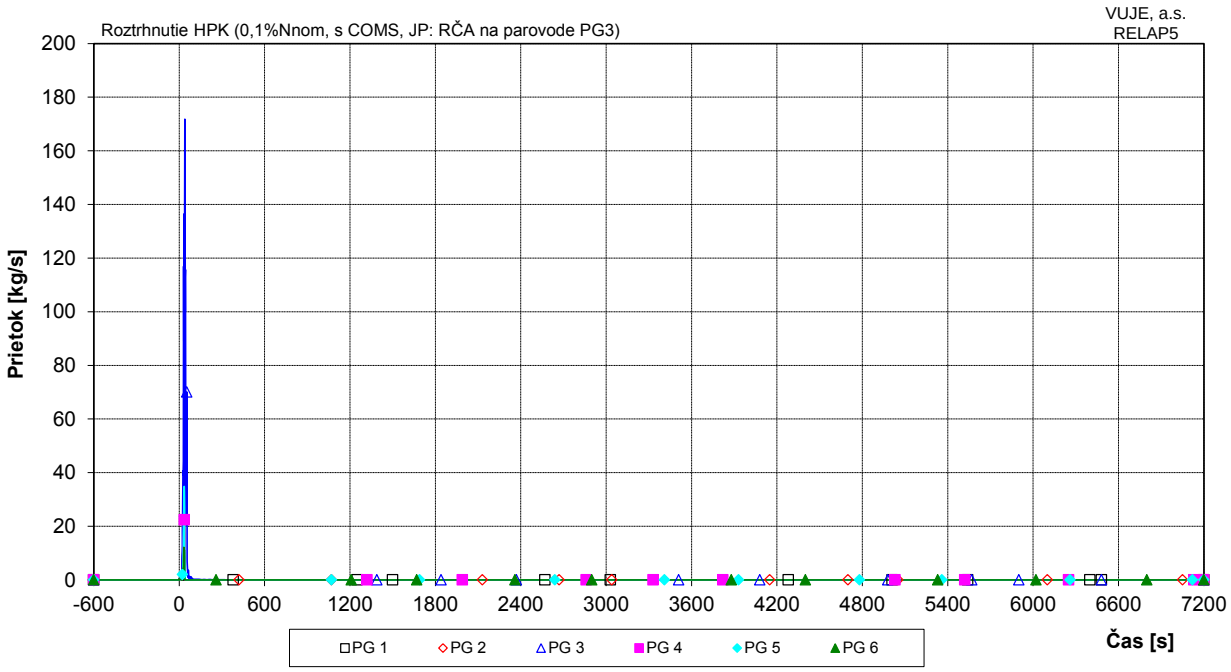
Obr. 7.2.1.10.8-A-17: Tlak na výstupe z PG



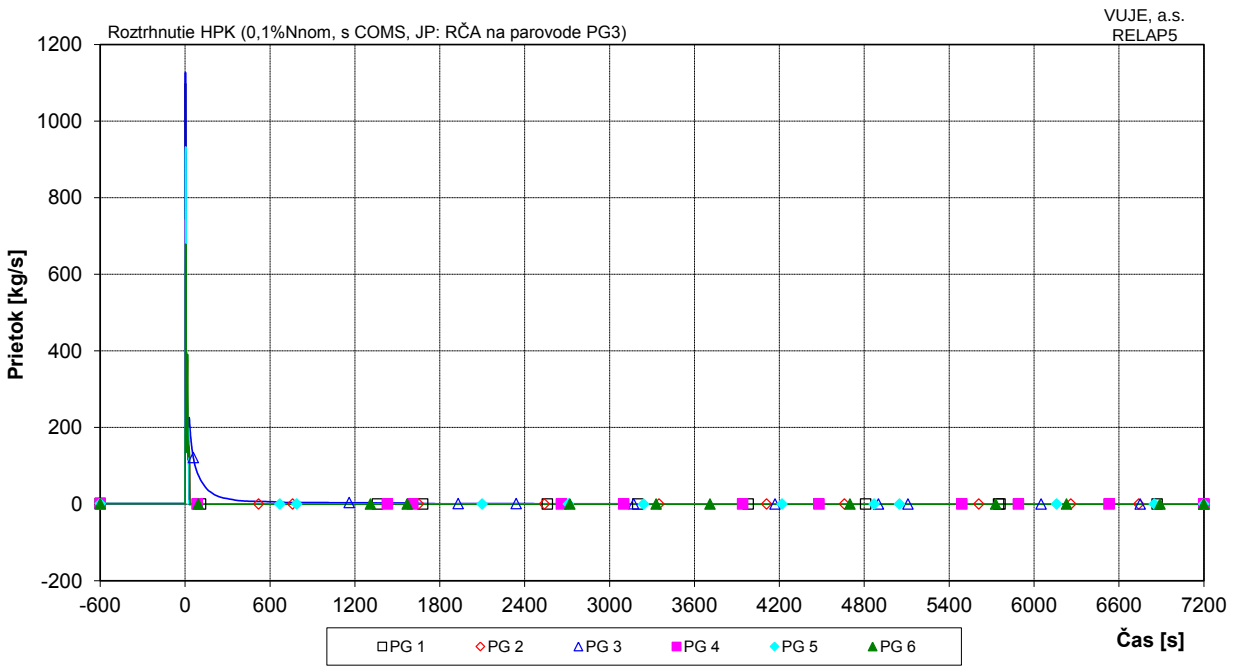
Obr. 7.2.1.10.8-A-18: Tlak v HPK



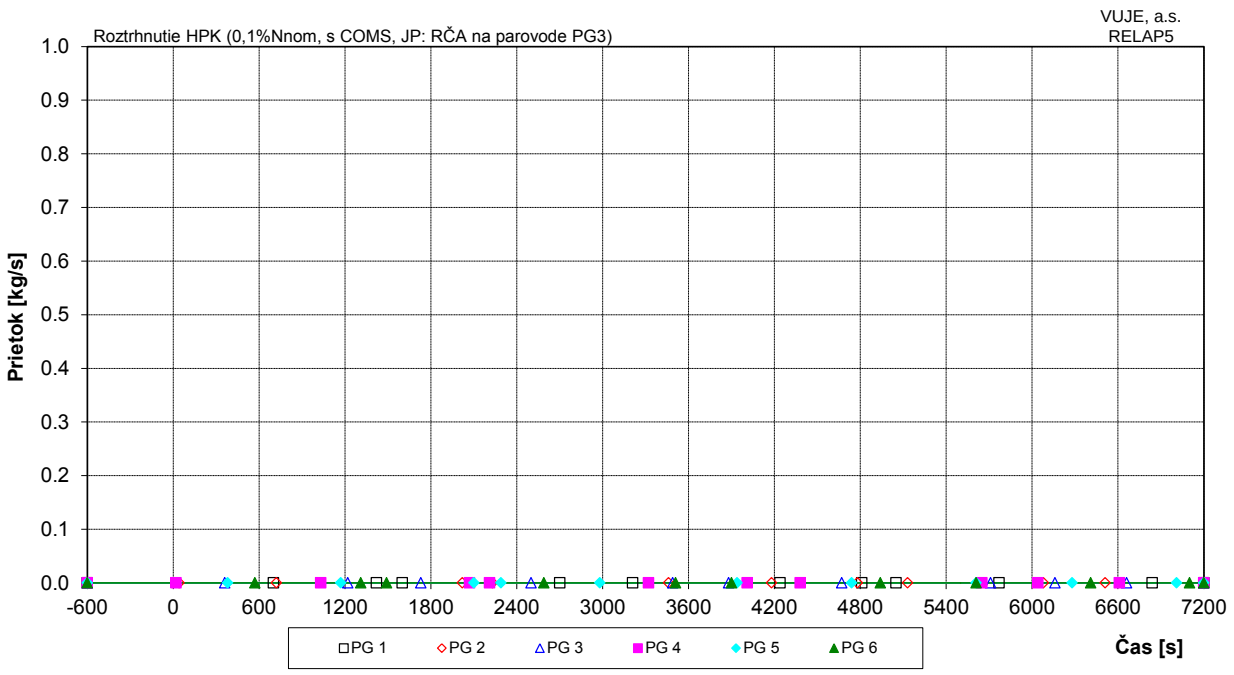
Obr. 7.2.1.10.8-A-19: Celková hladina v PG



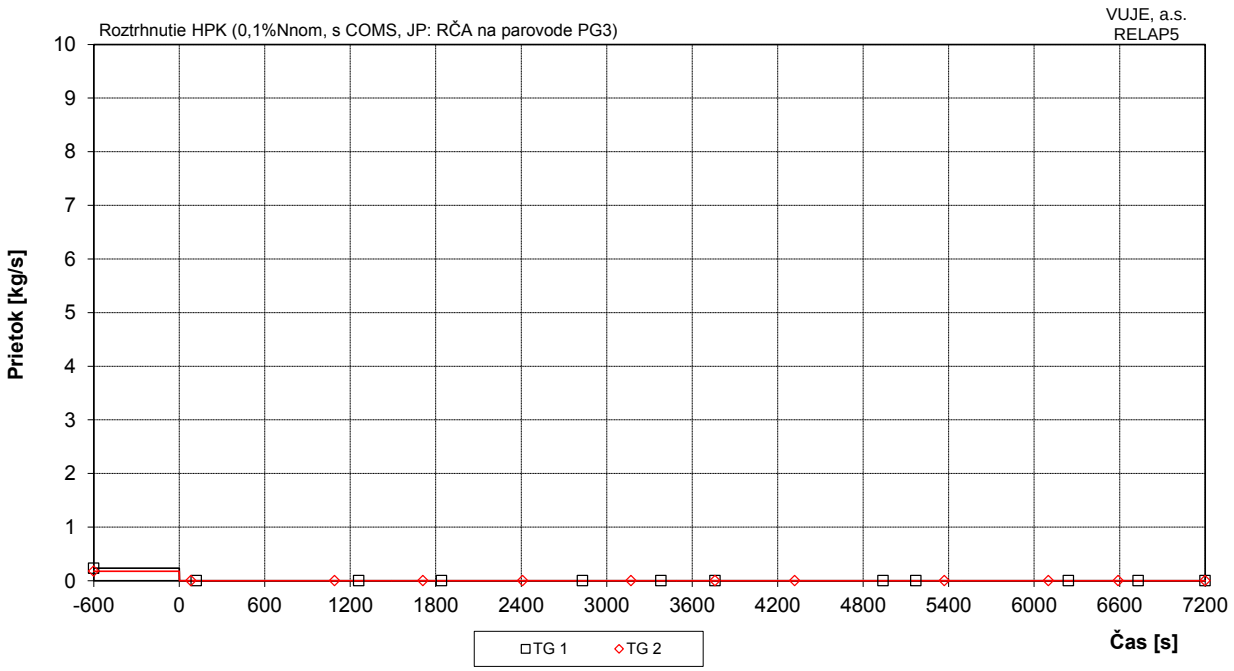
Obr. 7.2.1.10.8-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



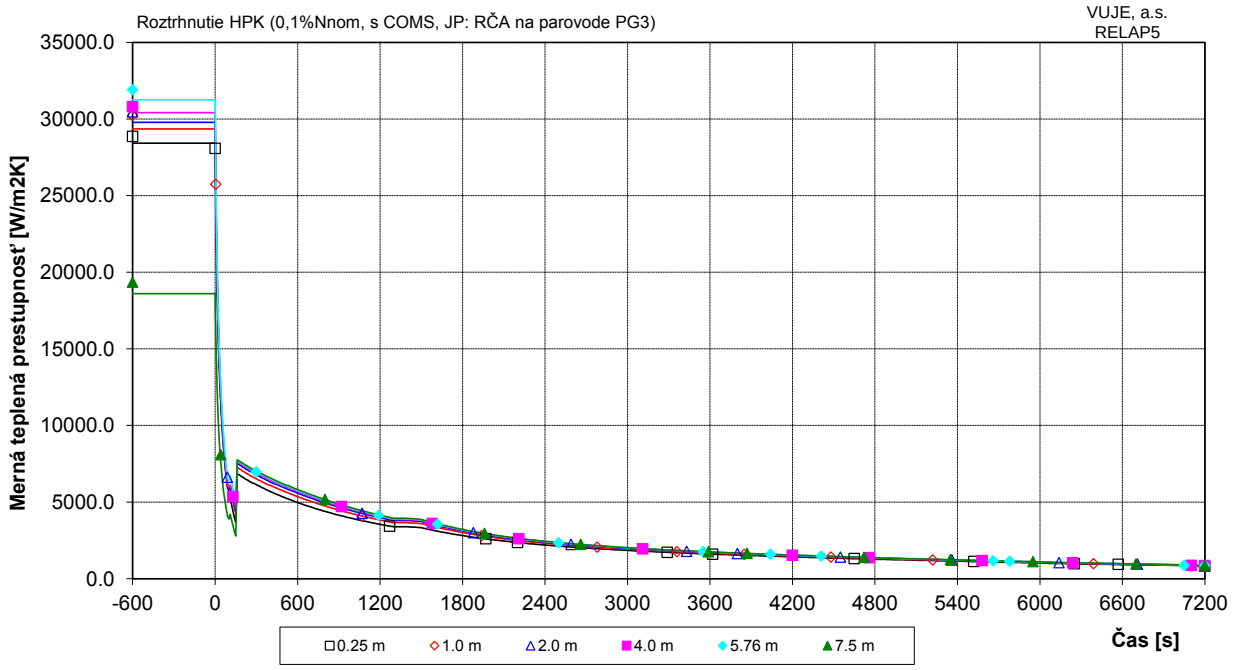
Obr. 7.2.1.10.8-A-21: Prietok pary z PG



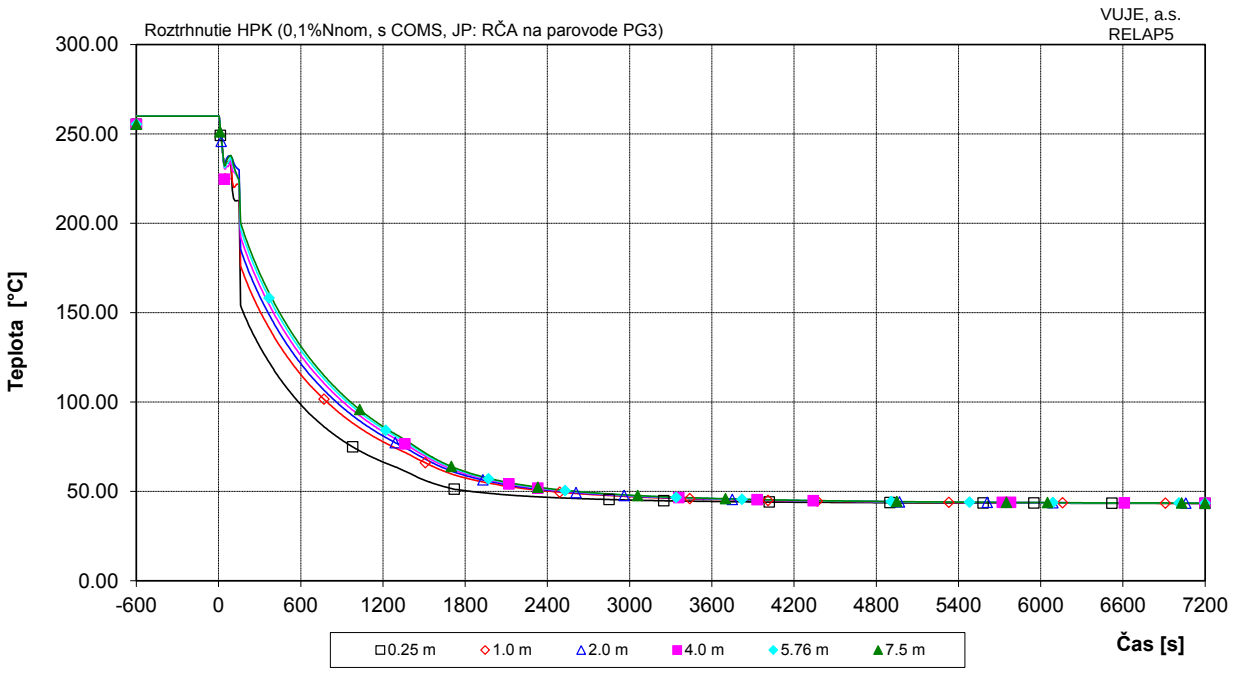
Obr. 7.2.1.10.8-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.10.8-A-23: Prietok pary do TG

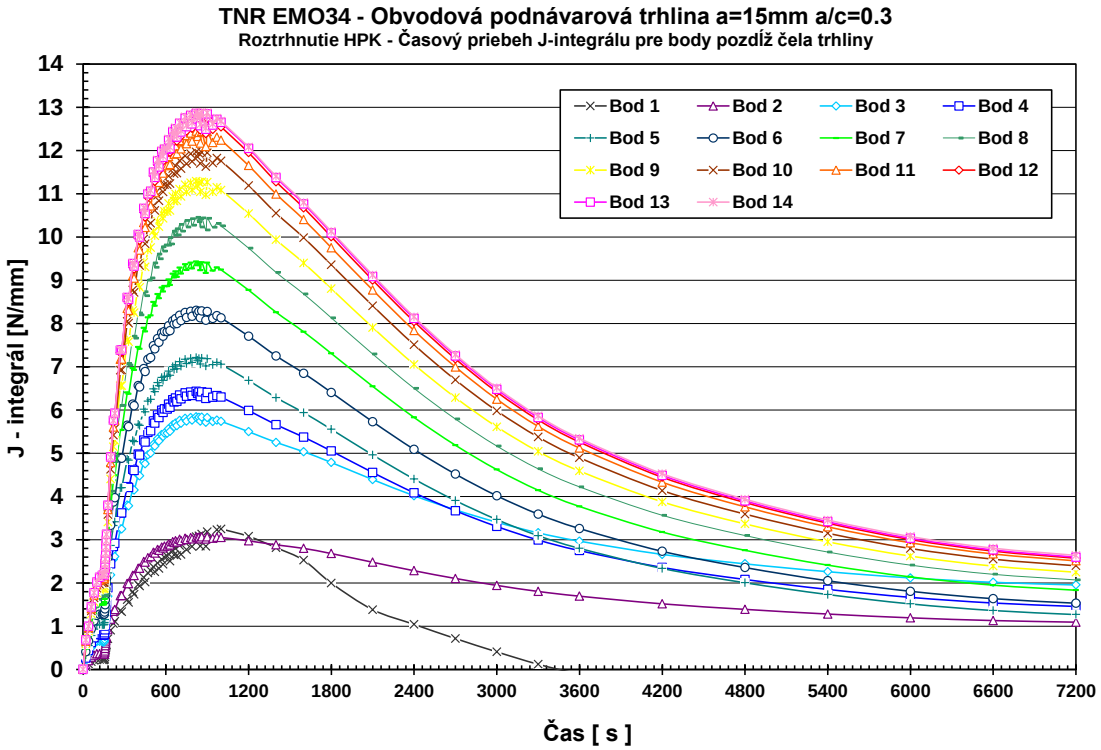


Obr. 7.2.1.10.8-A-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,5

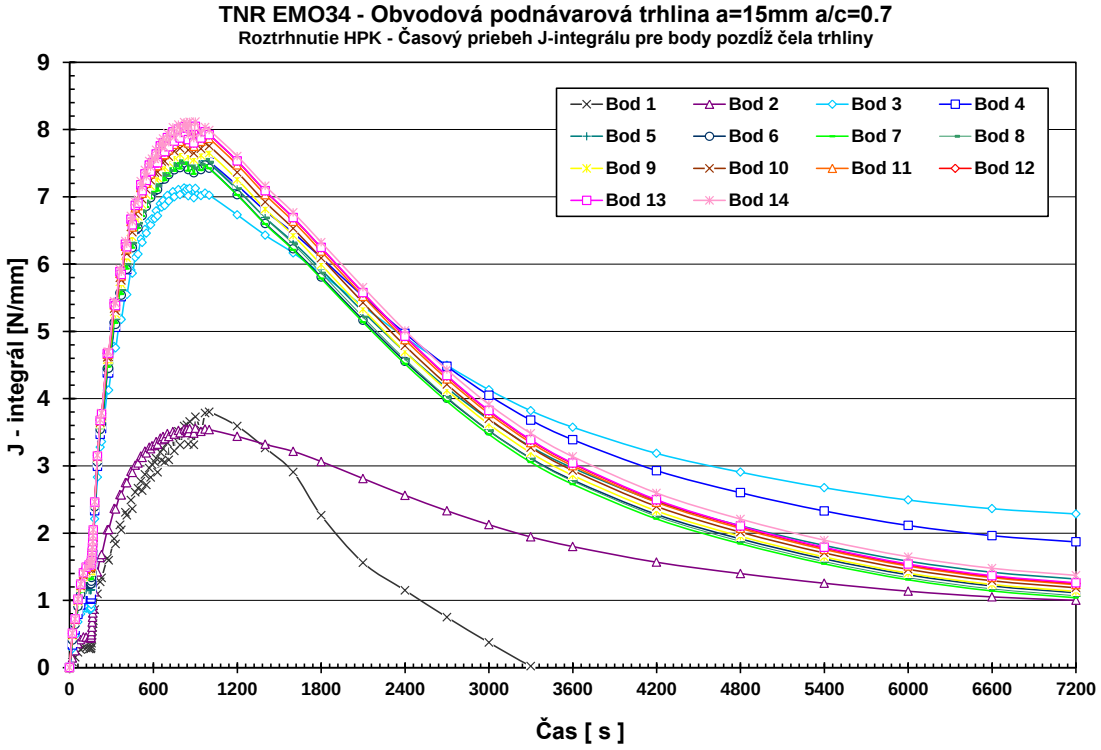


Obr. 7.2.1.10.8-A-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,5

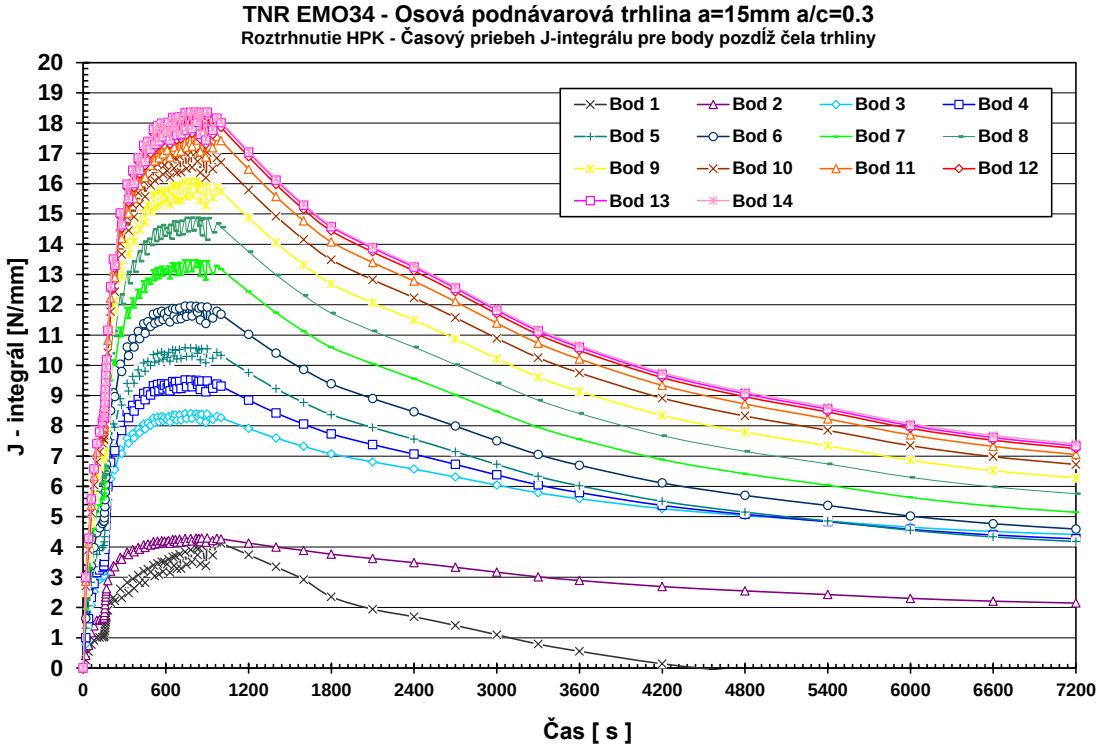
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



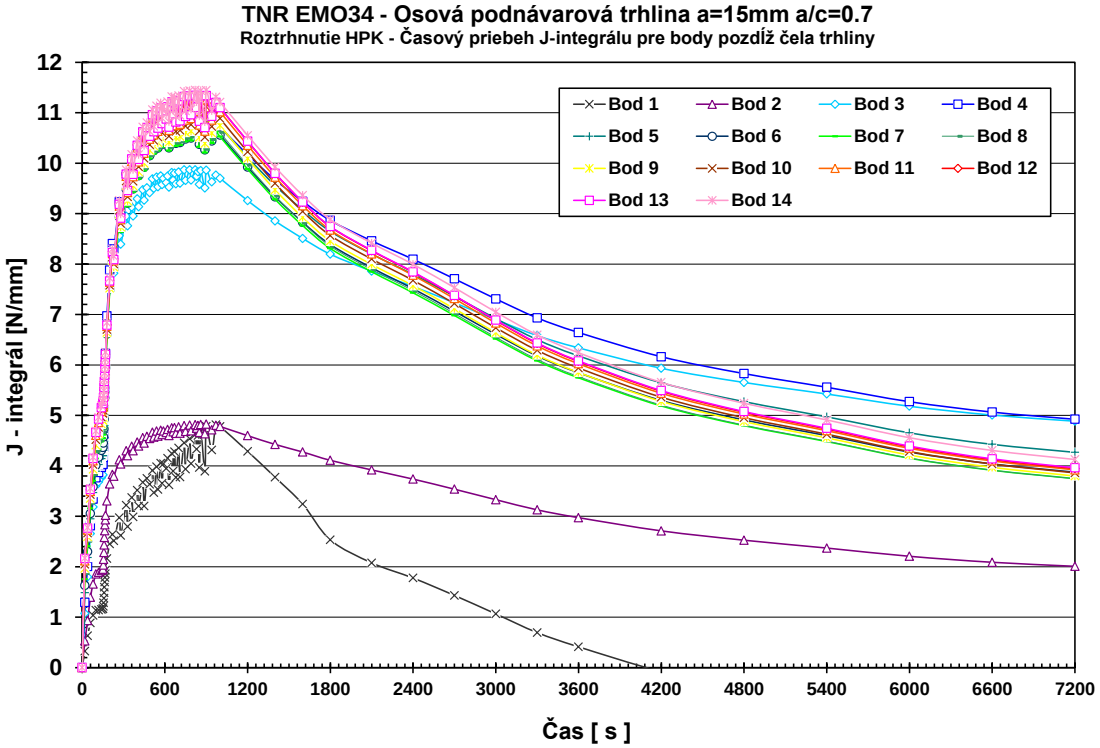
Obr. 7.2.1.10.8-A-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



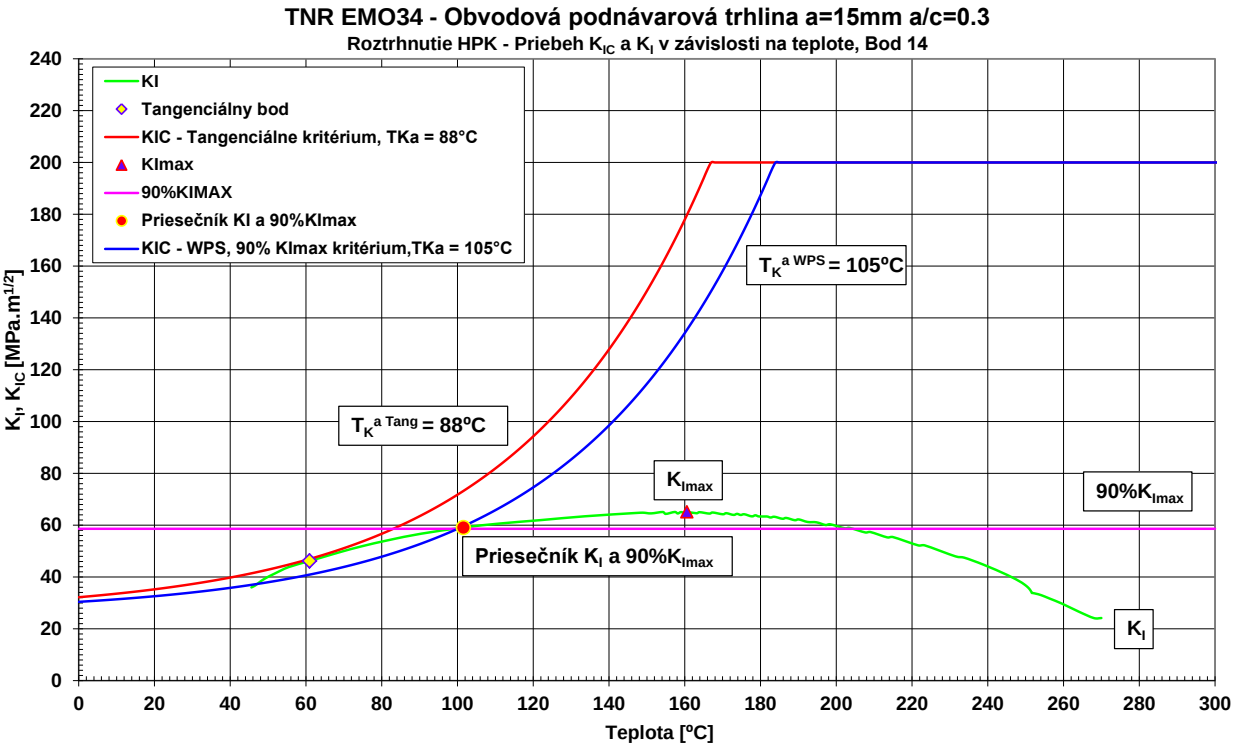
Obr. 7.2.1.10.8-A-27: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



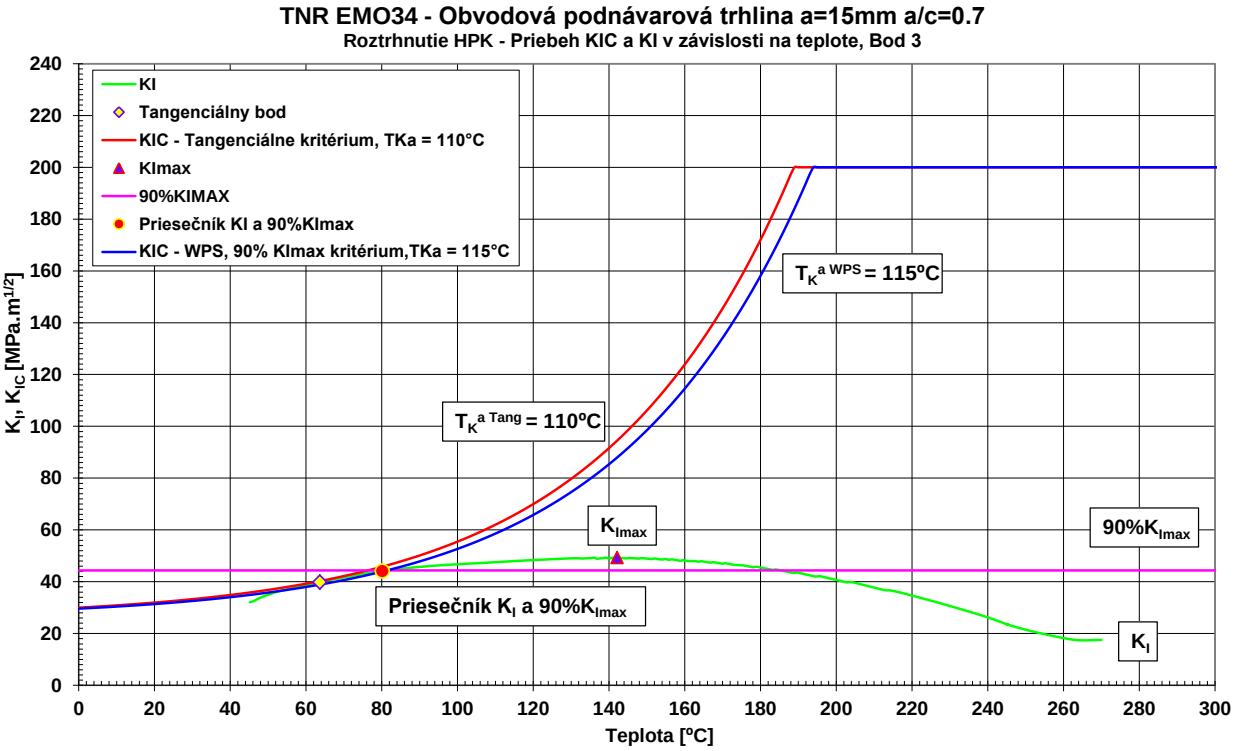
Obr. 7.2.1.10.8-A-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



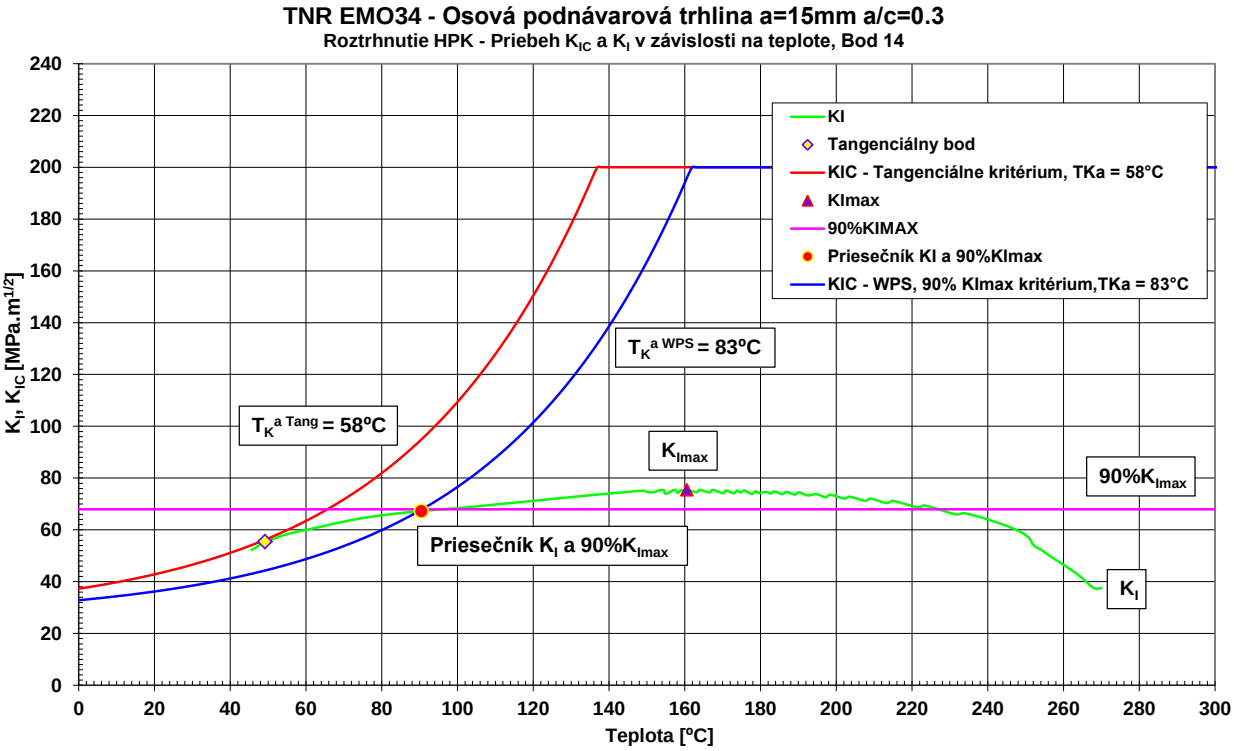
Obr. 7.2.1.10.8-A-29: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



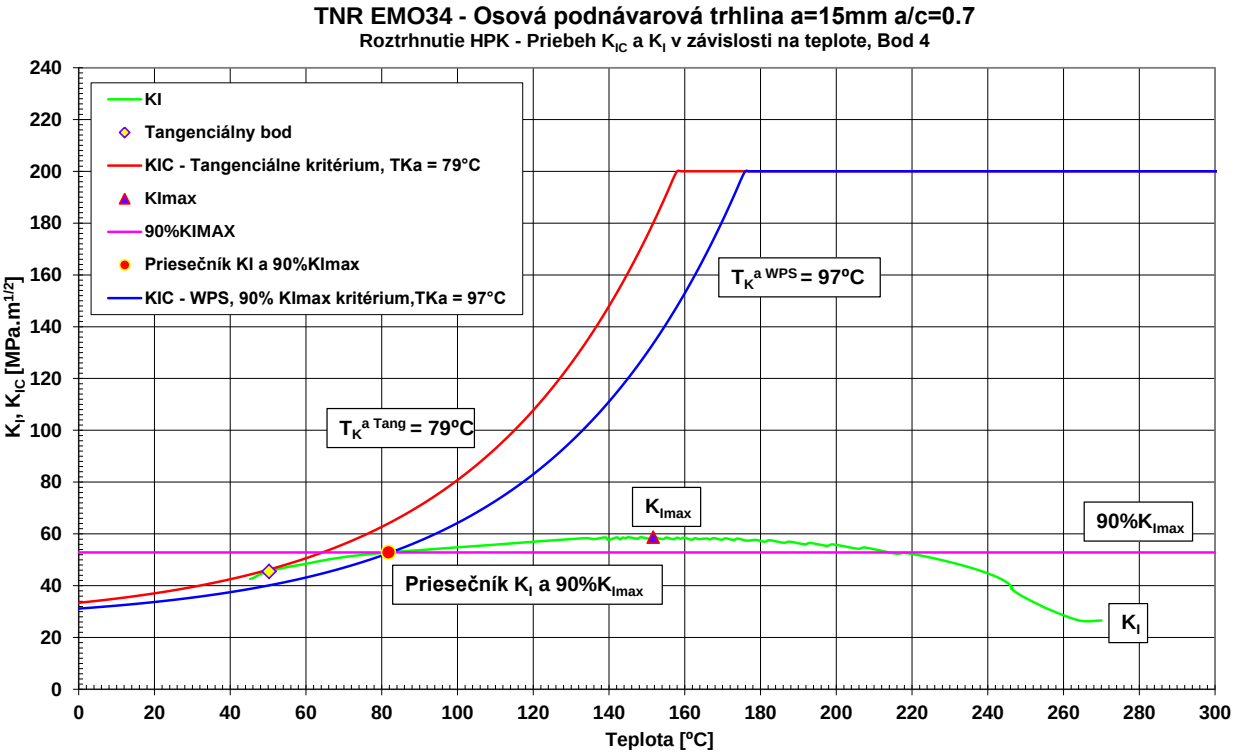
Obr. 7.2.1.10.8-A-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.8-A-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

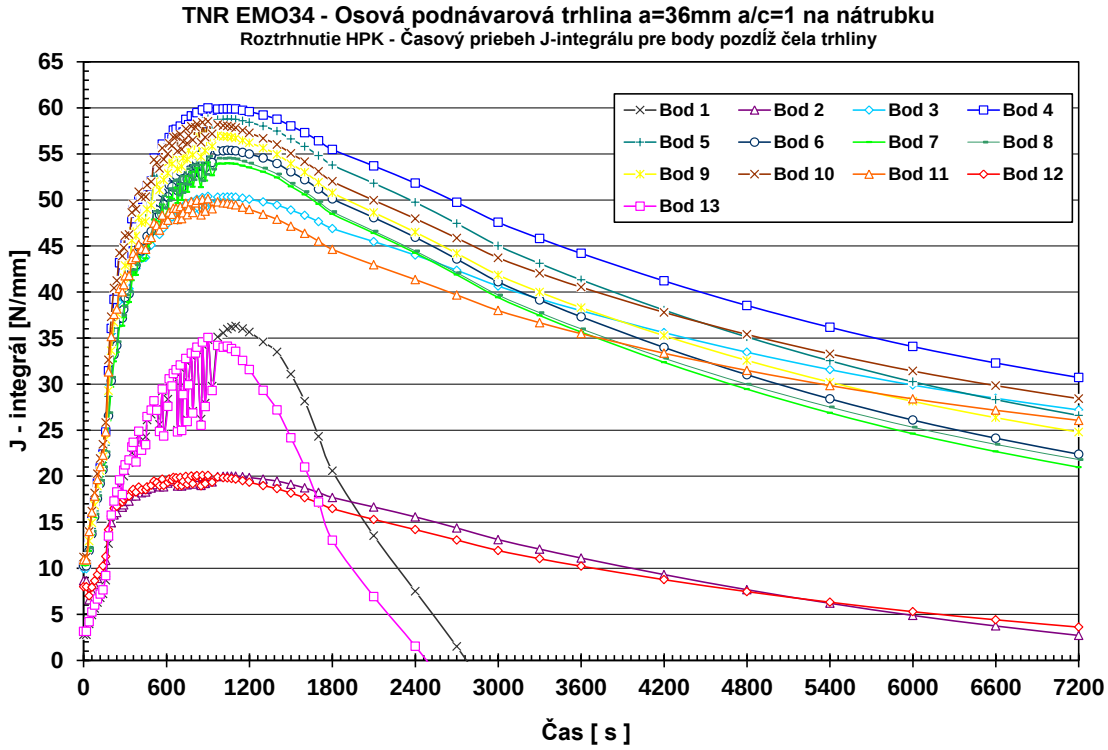


Obr. 7.2.1.10.8-A-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

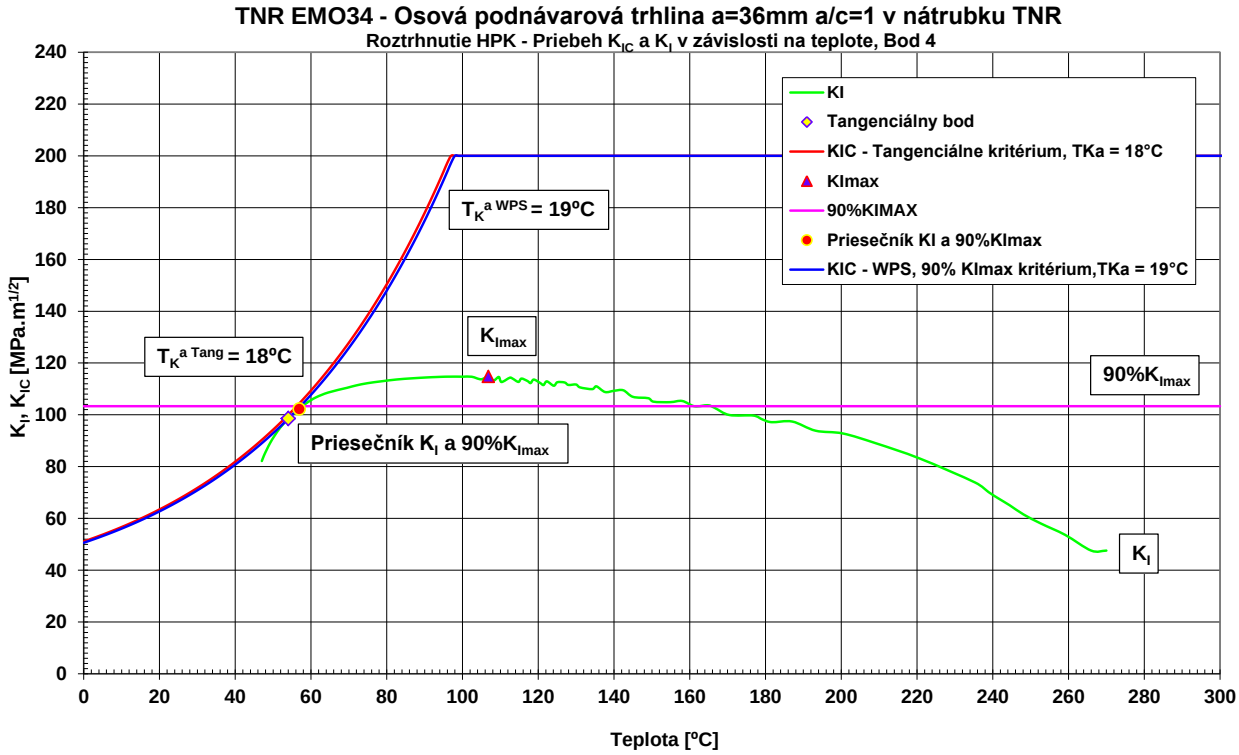


Obr. 7.2.1.10.8-A-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.8-A-34: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku



Obr. 7.2.1.10.8-A-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

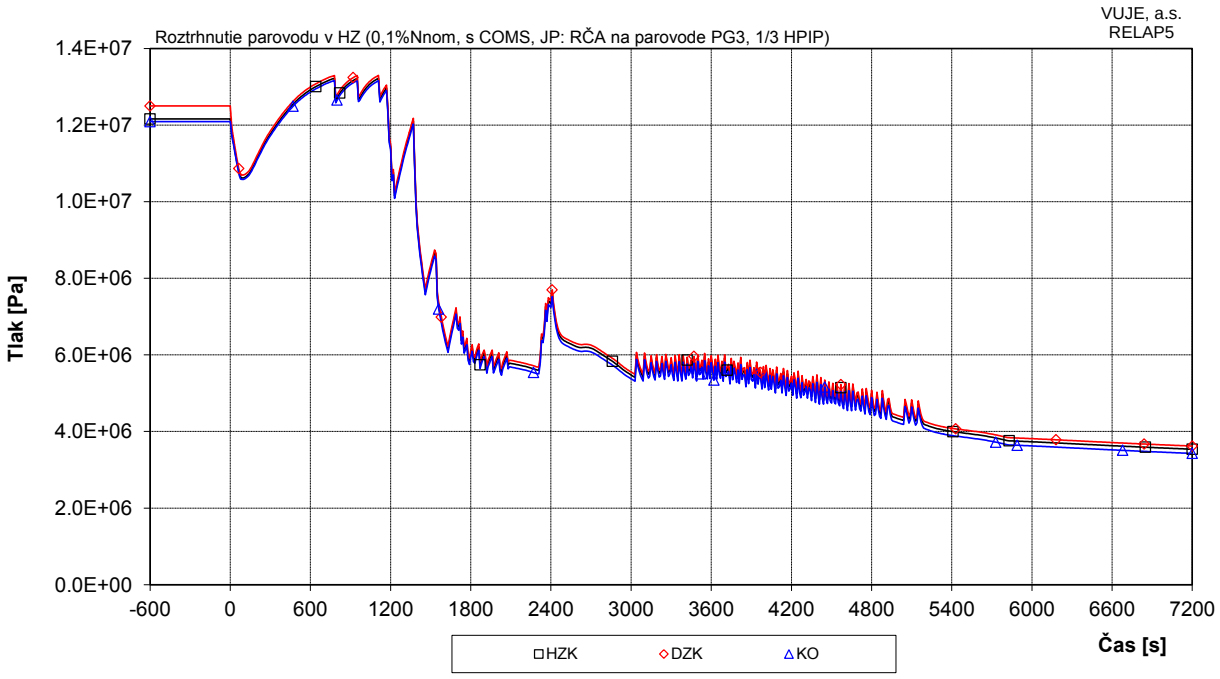
Príloha č. 17

7.2.1.10.8 Roztrhnutie parného potrubia

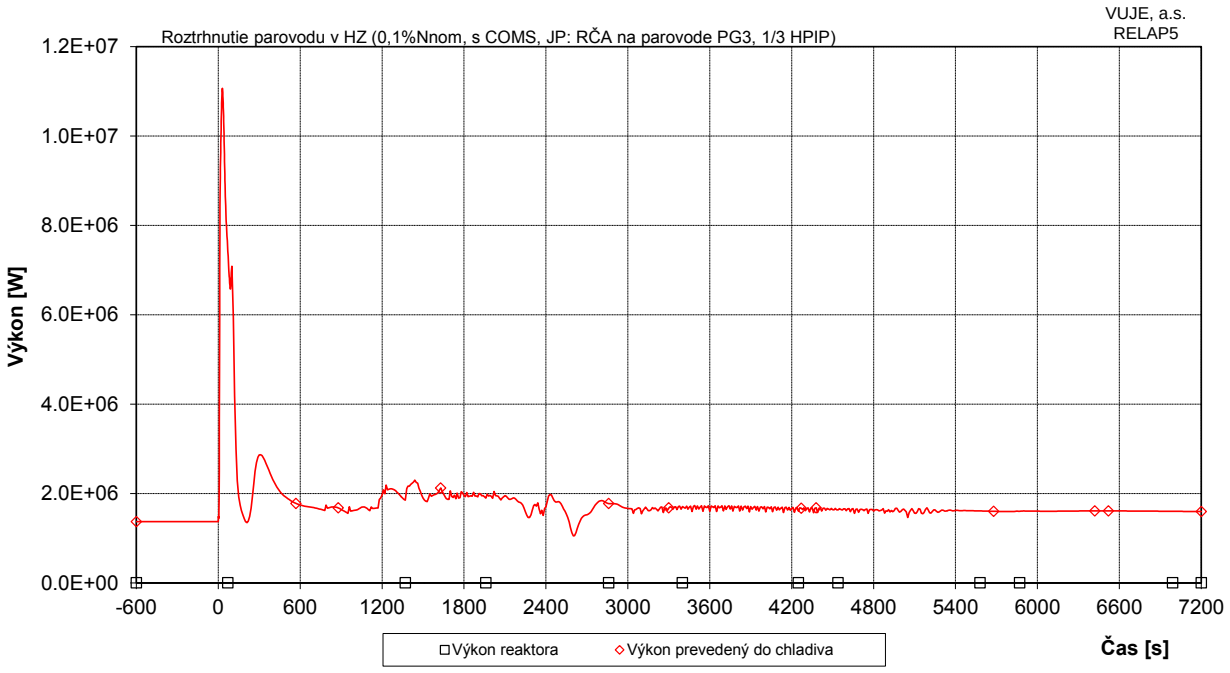
Scenár B Roztrhnutie parovodu v HZ

ZOZNAM OBRÁZKOV

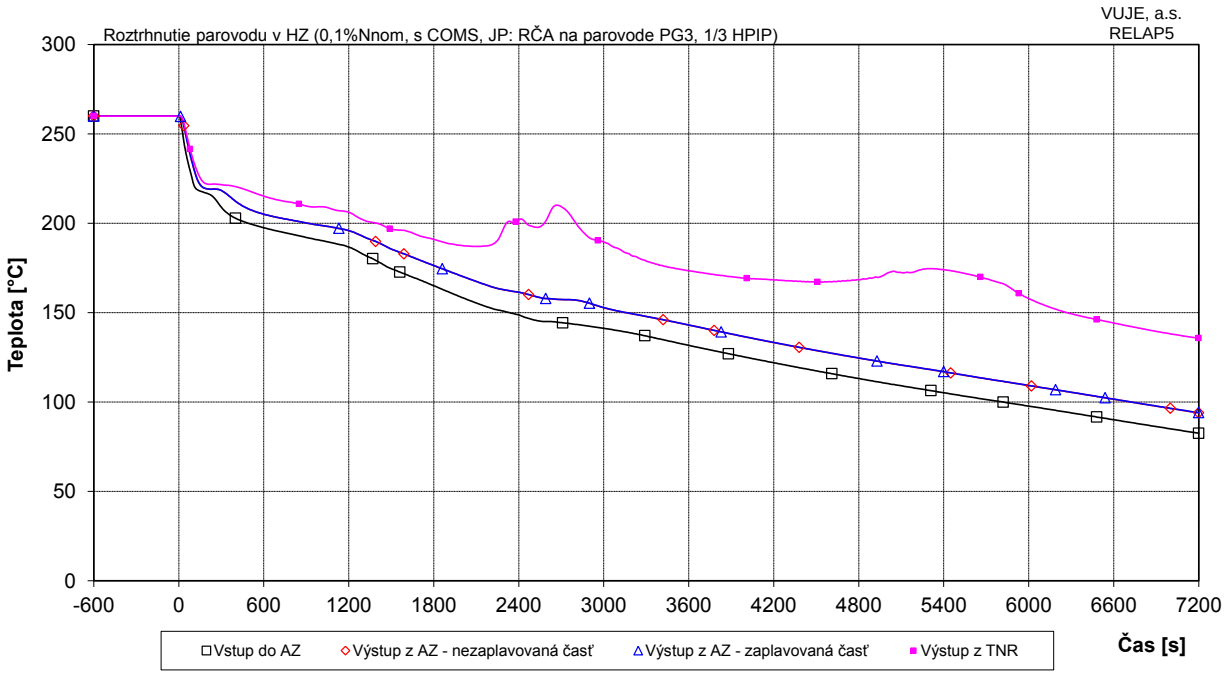
Obr. 7.2.1.10.8-B-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.8-B-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.8-B-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.8-B-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.8-B-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.8-B-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.8-B-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.8-B-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.8-B-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.8-B-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.8-B-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.8-B-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.8-B-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.8-B-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.8-B-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.8-B-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.8-B-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.8-B-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.8-B-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.8-B-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.8-B-21: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.8-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.8-B-23: Prietok pary do TG ... 13
Obr. 7.2.1.10.8-B-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2 ... 13
Obr. 7.2.1.10.8-B-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS 2 ... 14
Obr. 7.2.1.10.8-B-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 14
Obr. 7.2.1.10.8-B-27: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 15
Obr. 7.2.1.10.8-B-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.8-B-29: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.8-B-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 16
Obr. 7.2.1.10.8-B-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 17
Obr. 7.2.1.10.8-B-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 4 ... 17
Obr. 7.2.1.10.8-B-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4 ... 18
Obr. 7.2.1.10.8-B-34: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR ... 18
Obr. 7.2.1.10.8-B-35: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 ... 19



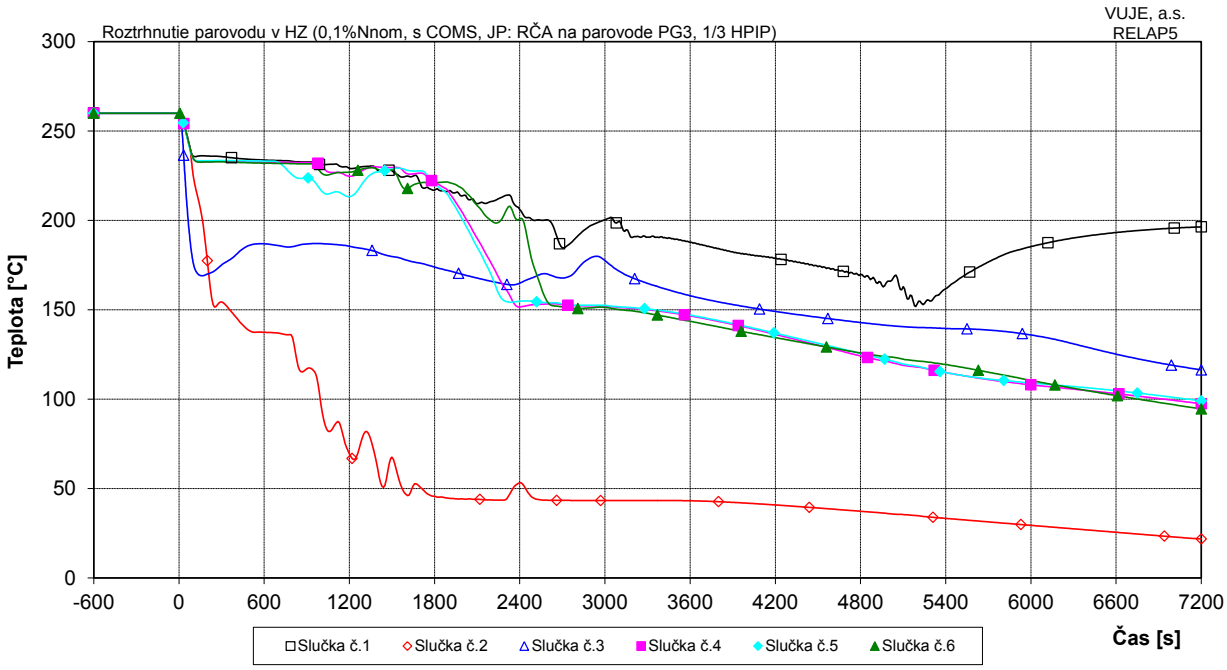
Obr. 7.2.1.10.8-B-1: Tlak v I.O.



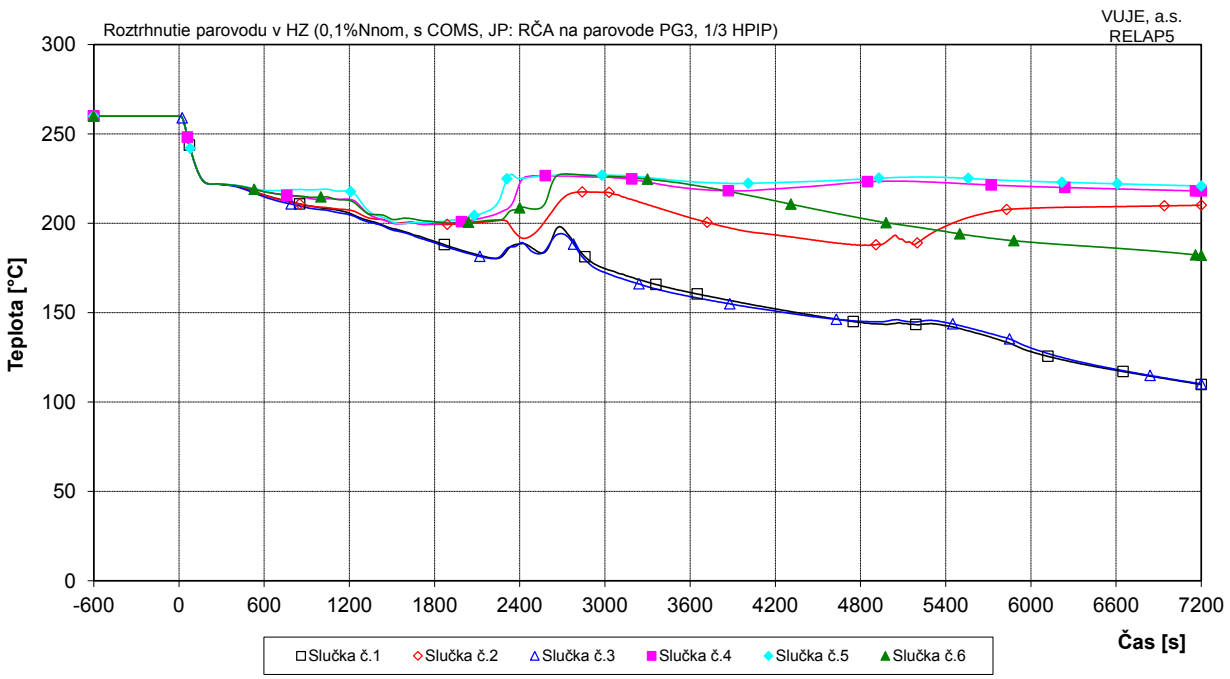
Obr. 7.2.1.10.8-B-2: Výkon reaktora



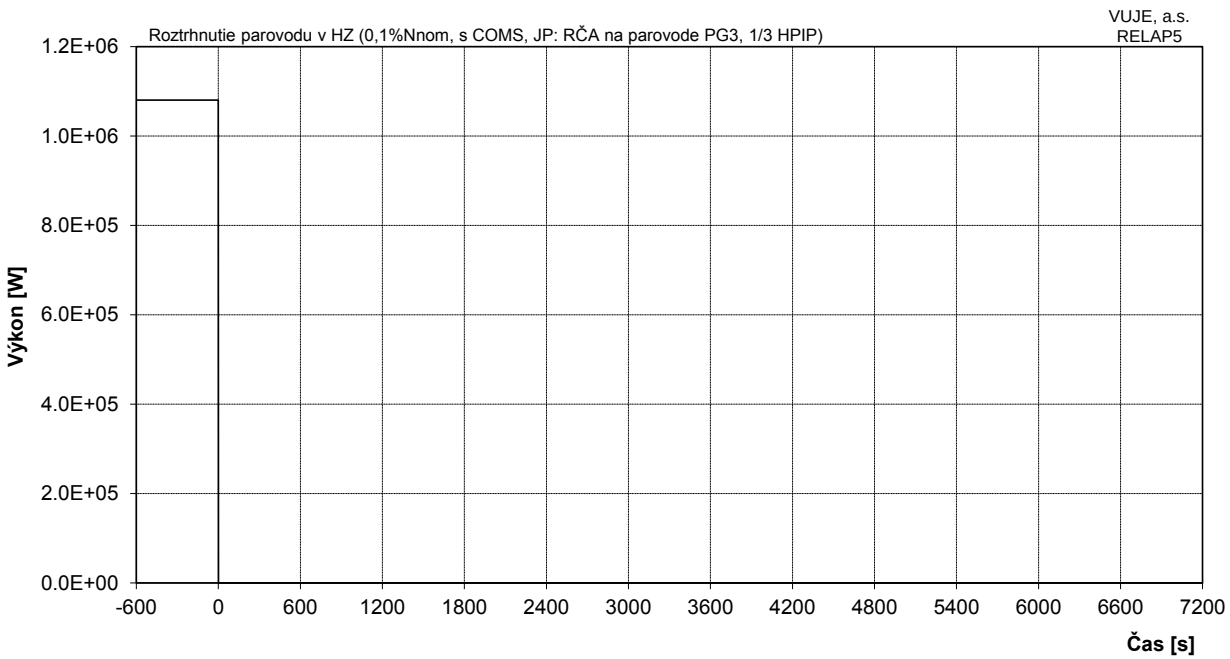
Obr. 7.2.1.10.8-B-3: Teplota chladiva v TNR



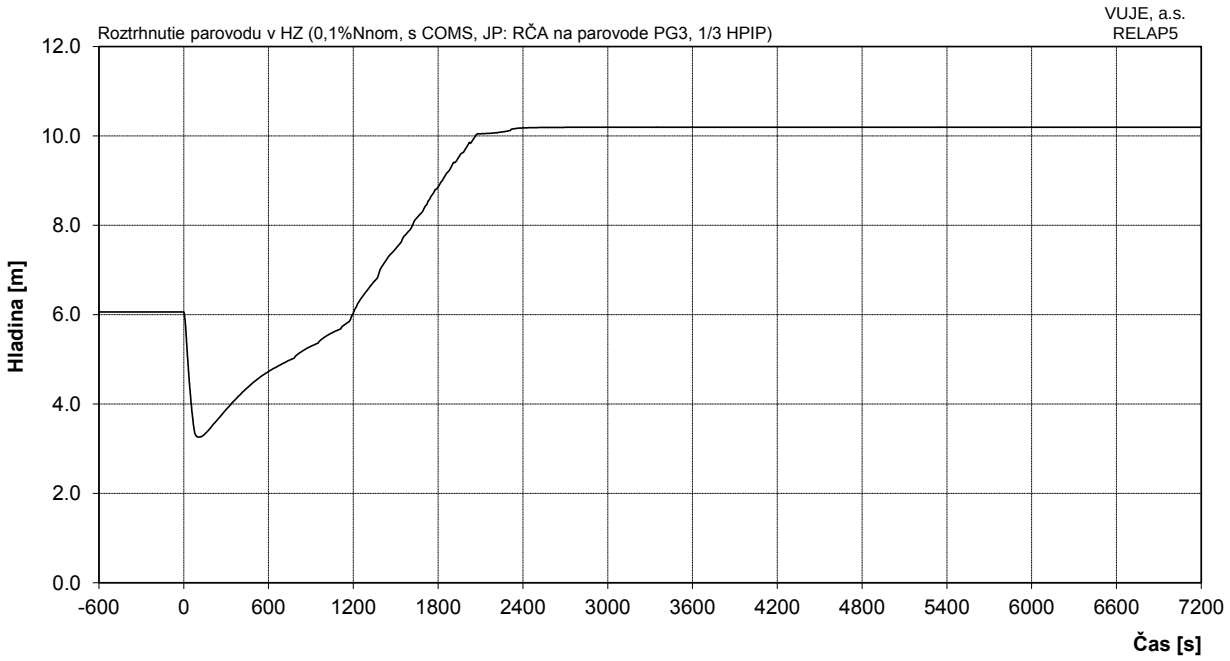
Obr. 7.2.1.10.8-B-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



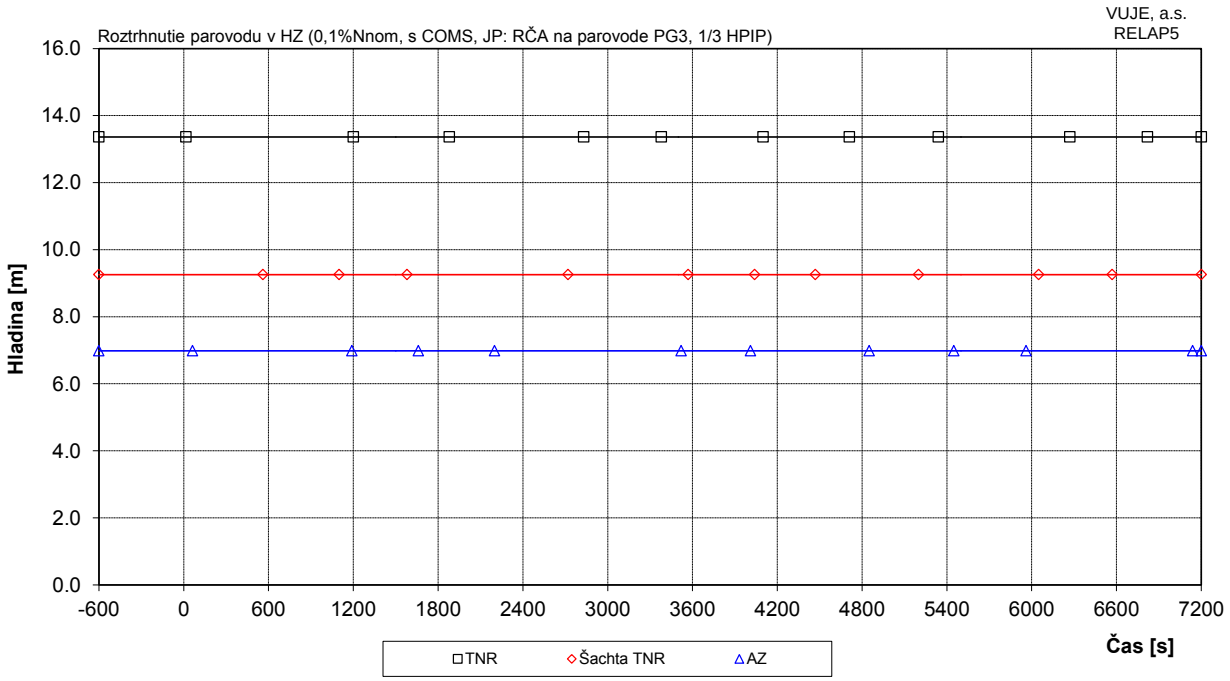
Obr. 7.2.1.10.8-B-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



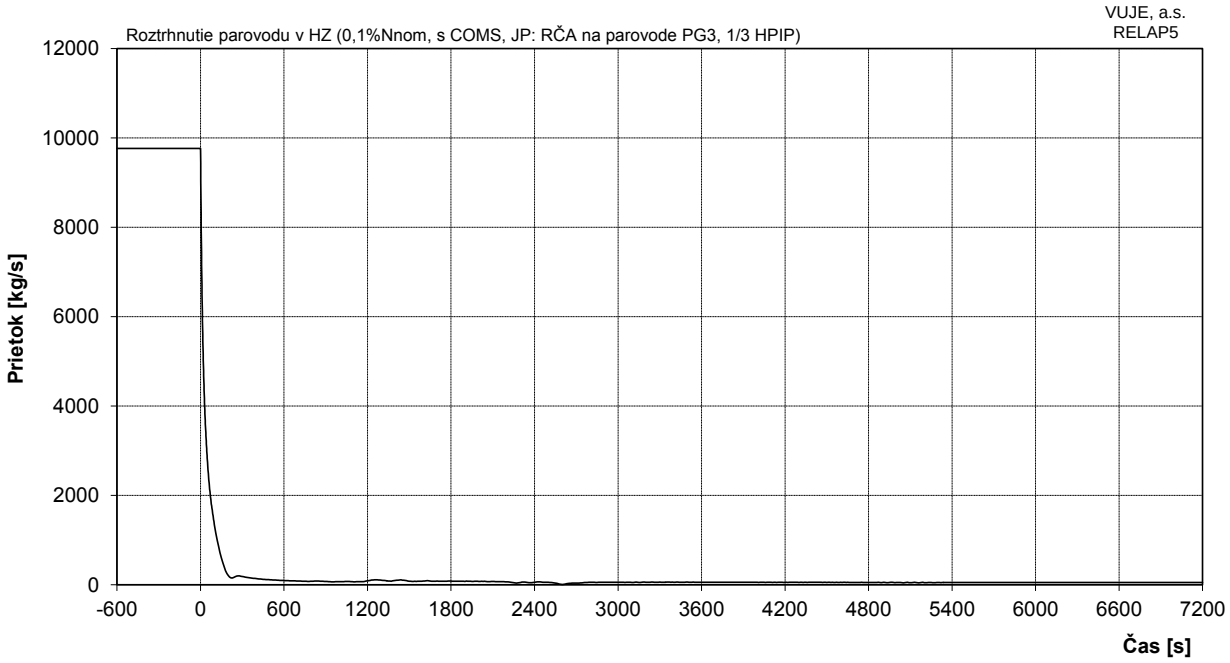
Obr. 7.2.1.10.8-B-6: Celkový výkon EOKO



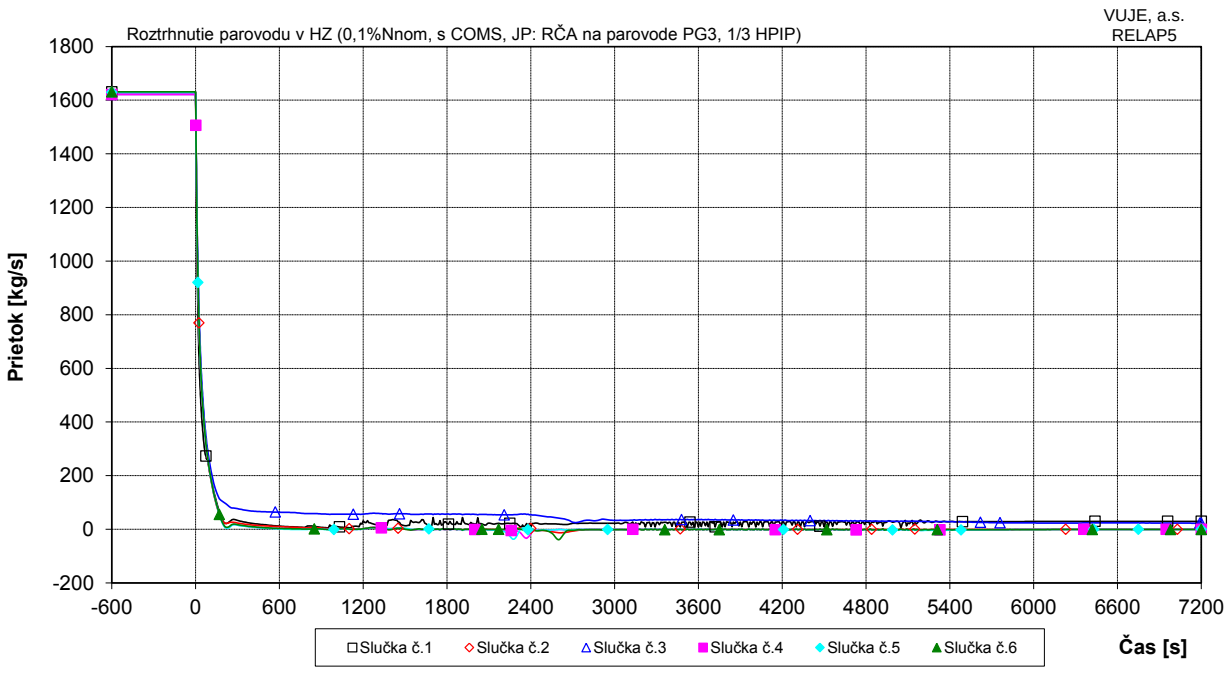
Obr. 7.2.1.10.8-B-7: Celková hladina v KO



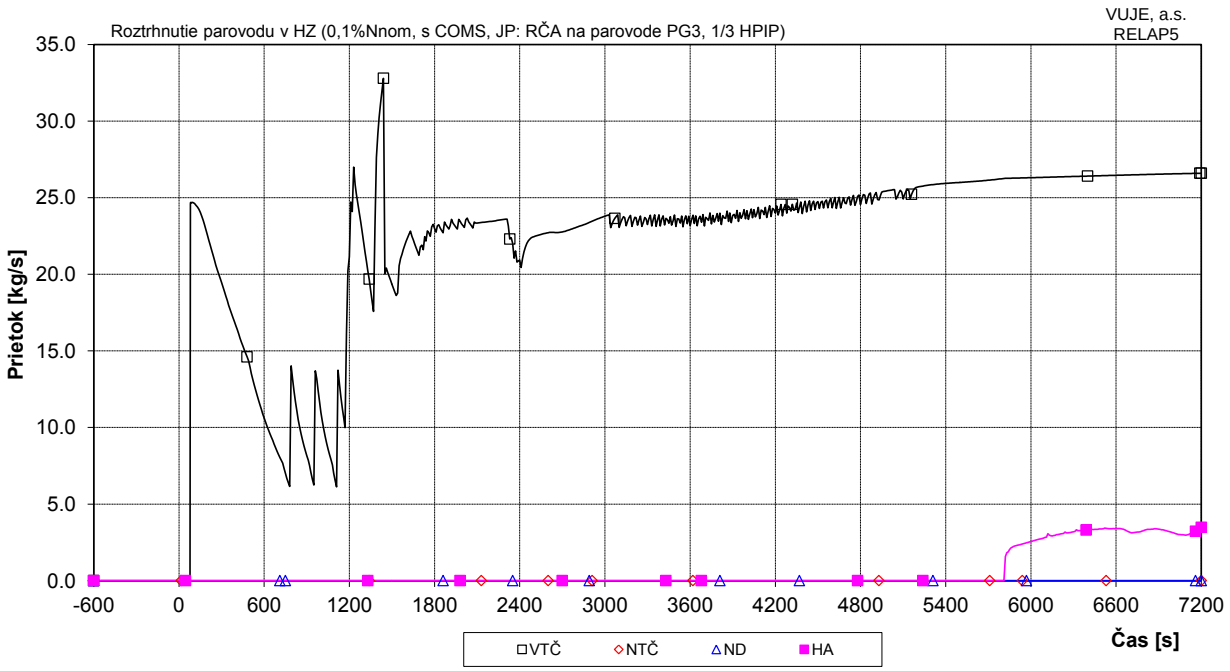
Obr. 7.2.1.10.8-B-8: Hladina chladiva v TNR



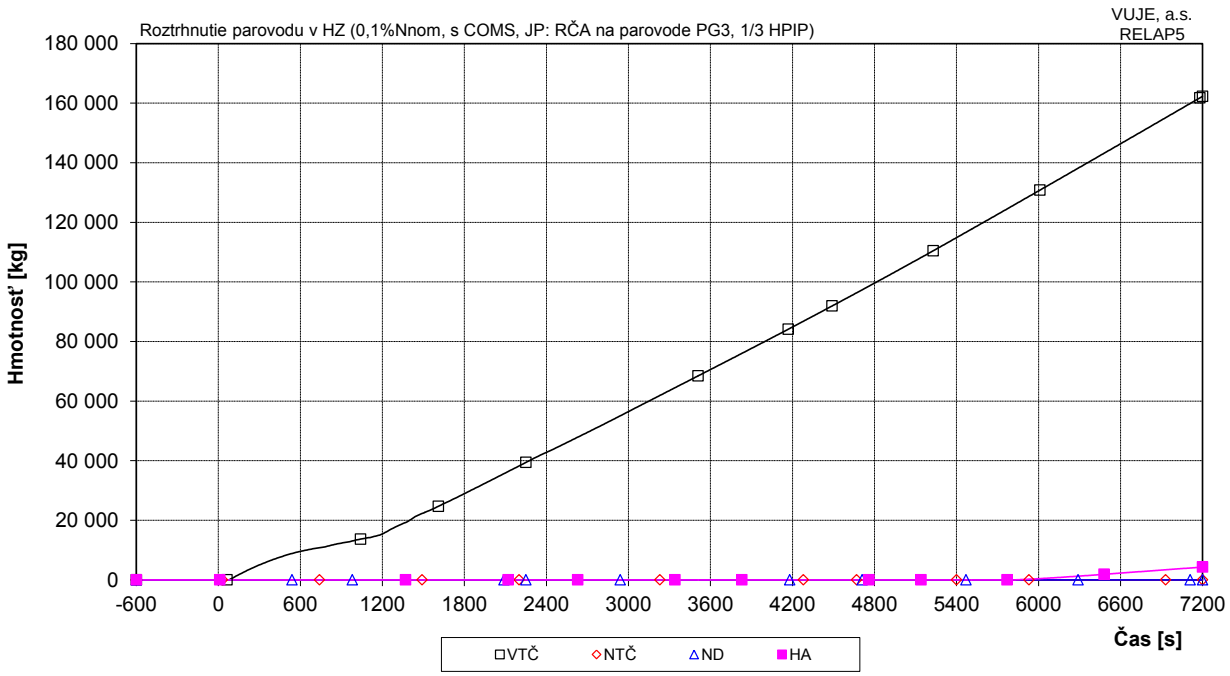
Obr. 7.2.1.10.8-B-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



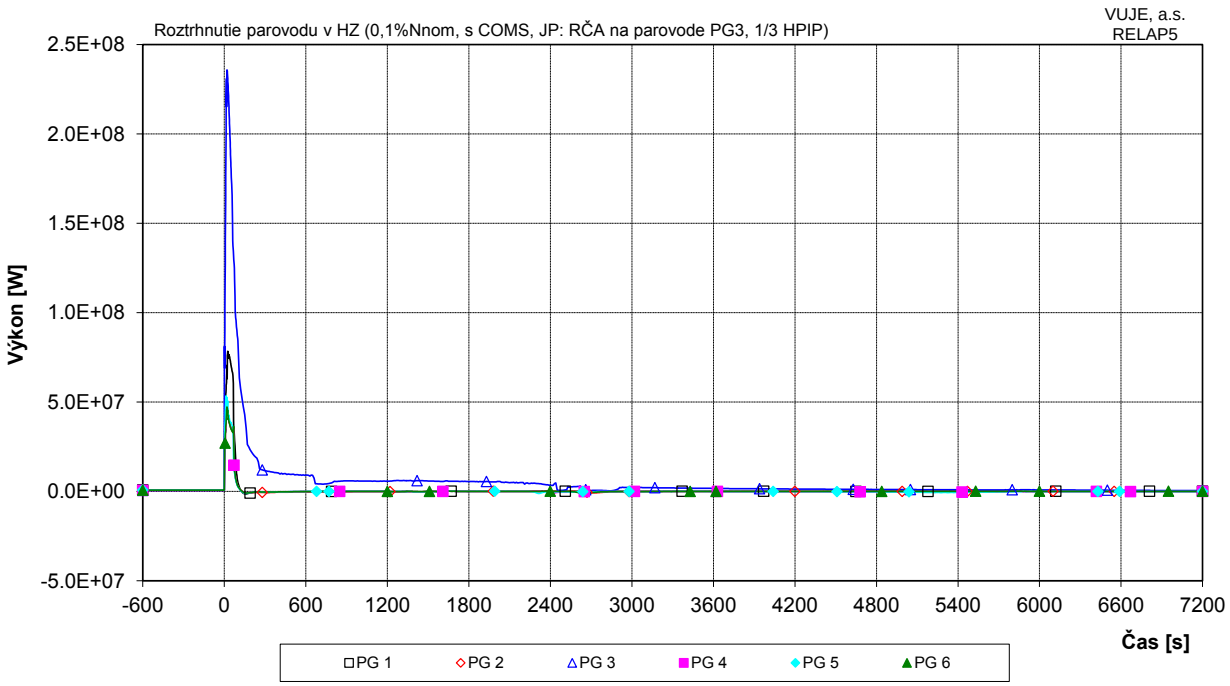
Obr. 7.2.1.10.8-B-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



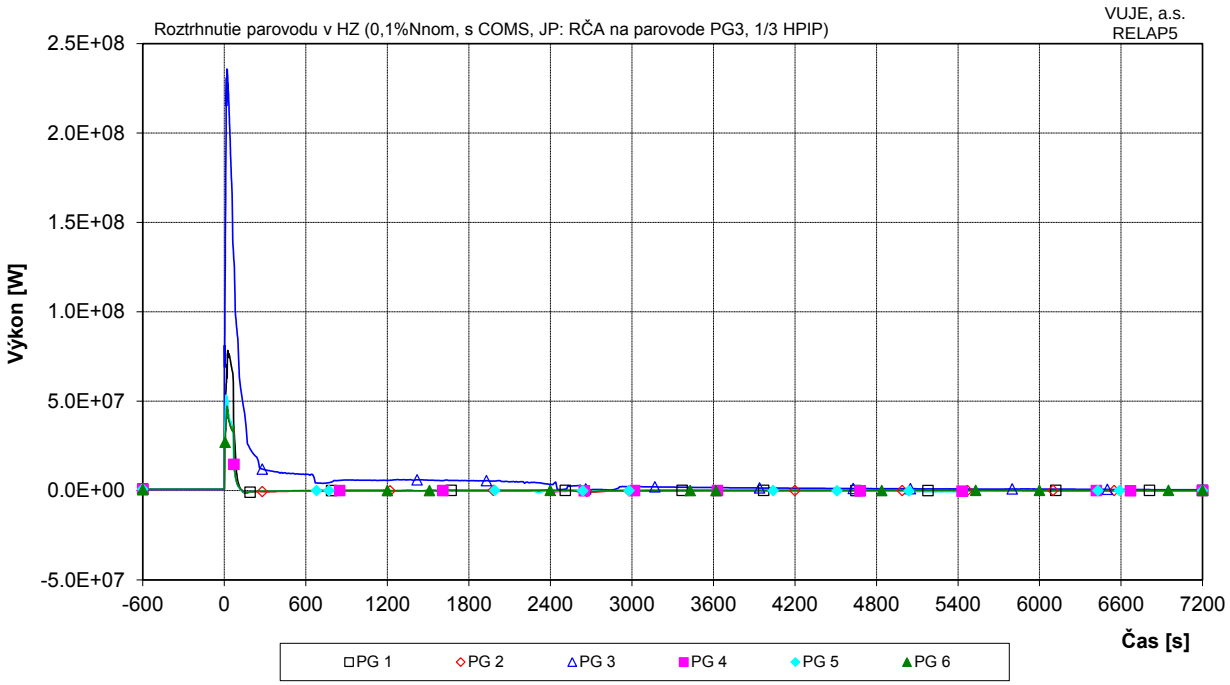
Obr. 7.2.1.10.8-B-11: Doplňovanie do I.O.



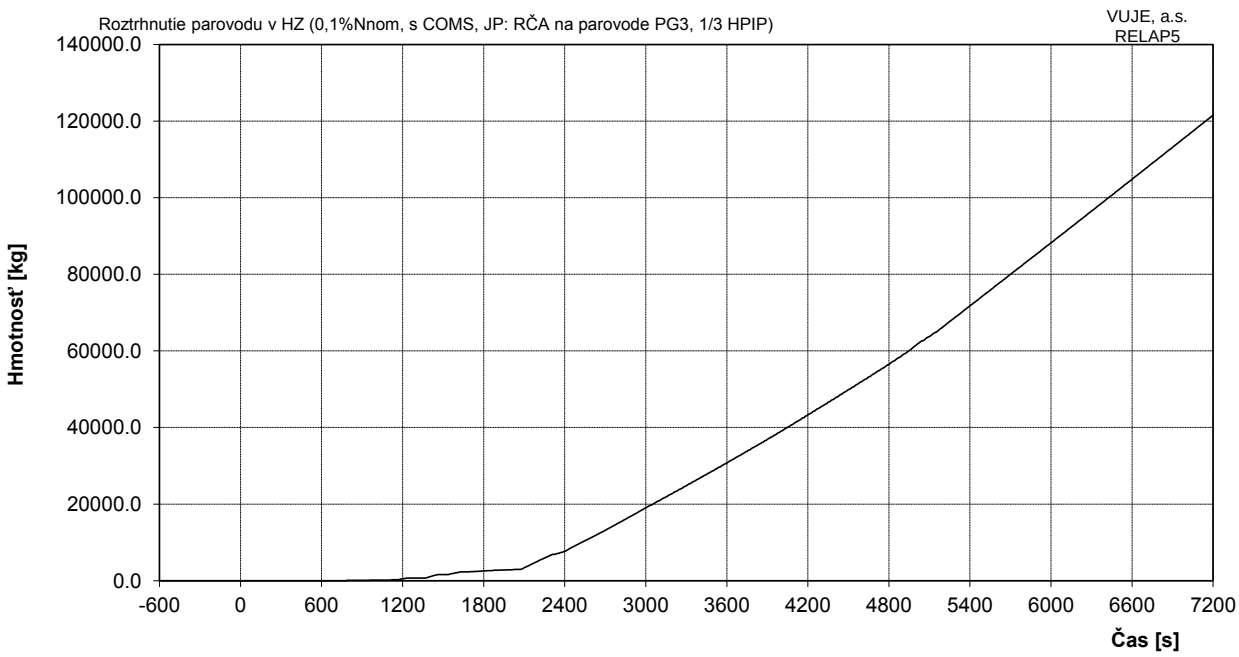
Obr. 7.2.1.10.8-B-12: Integrál doplňovania do I.O.



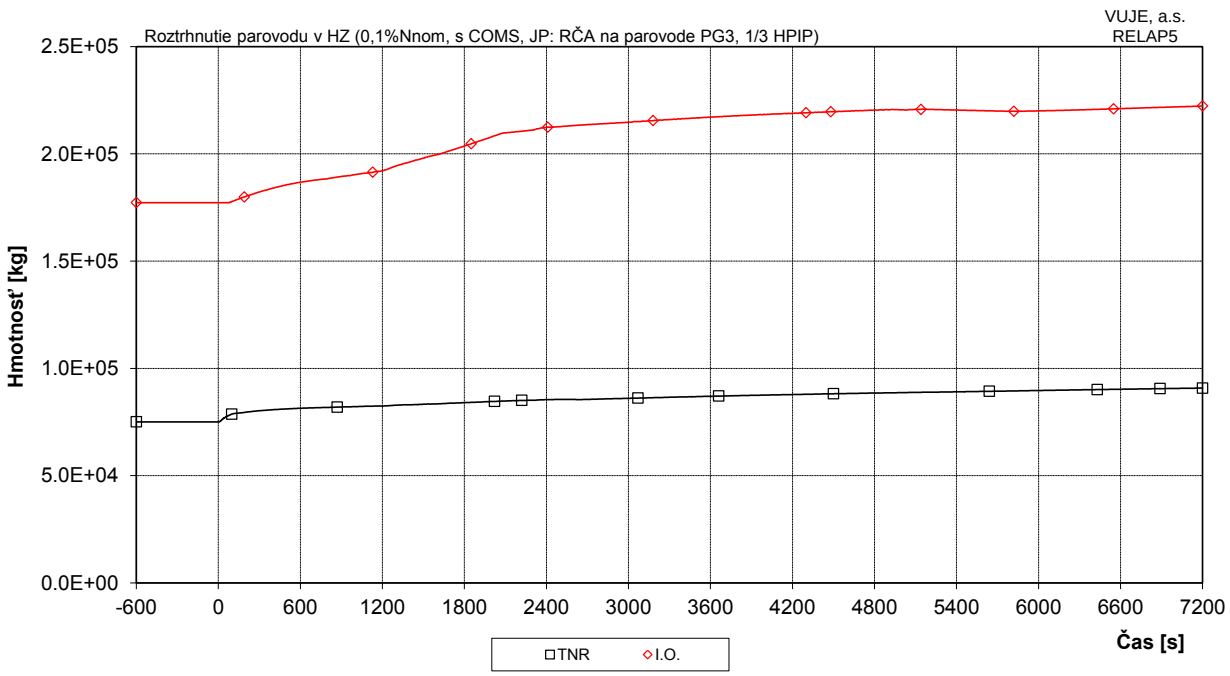
Obr. 7.2.1.10.8-B-13: Výkon PG



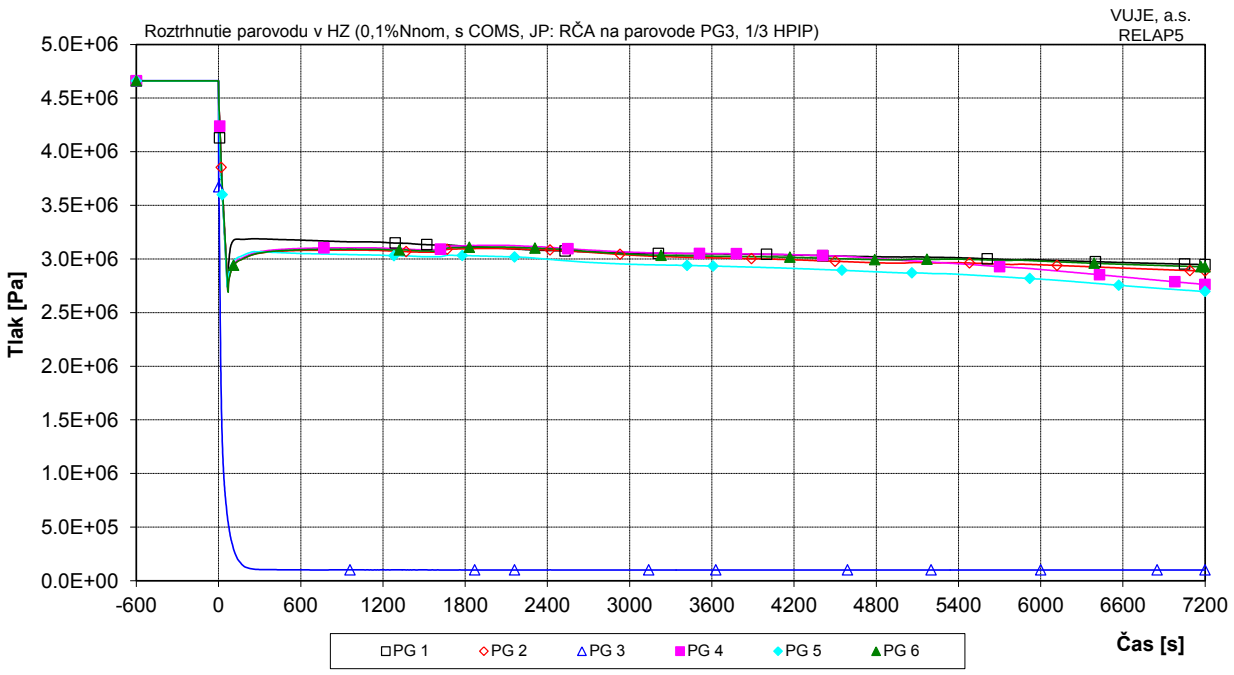
Obr. 7.2.1.10.8-B-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



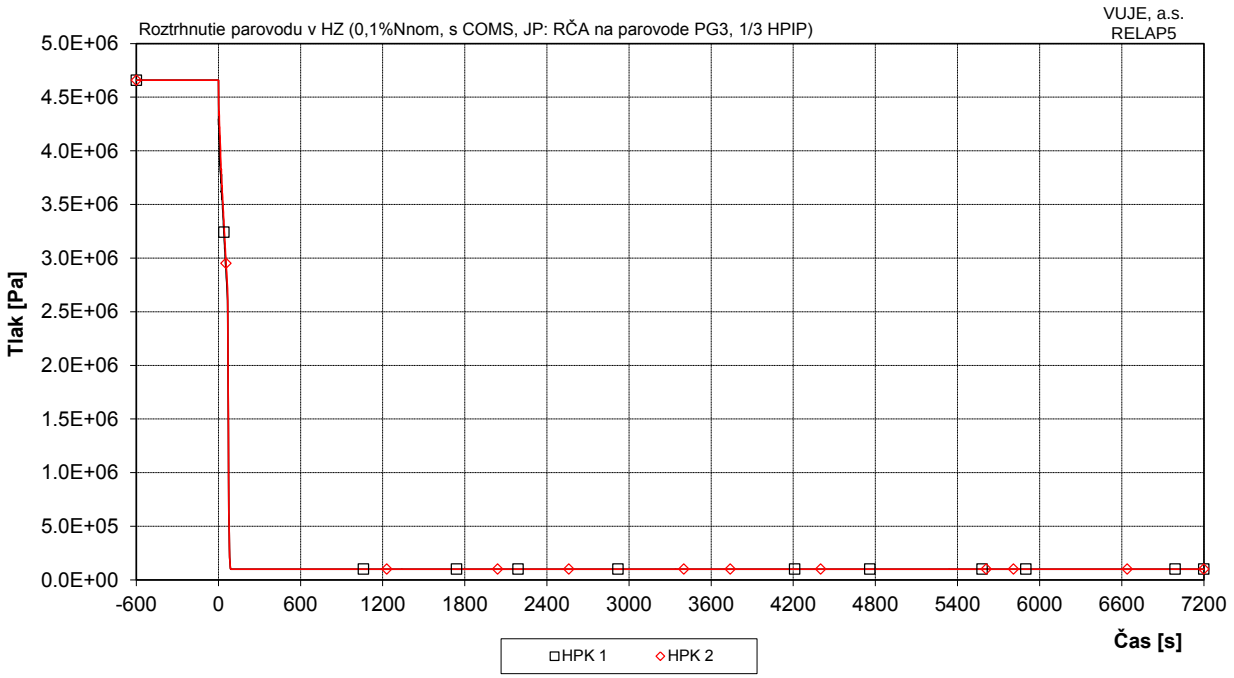
Obr. 7.2.1.10.8-B-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



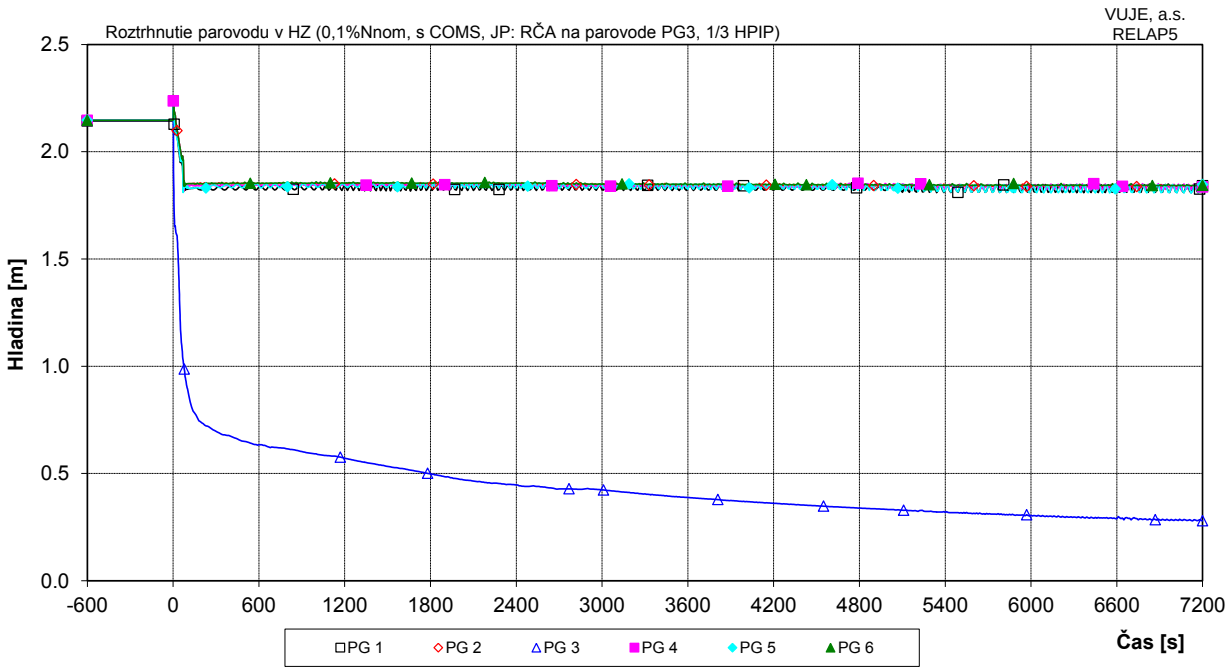
Obr. 7.2.1.10.8-B-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



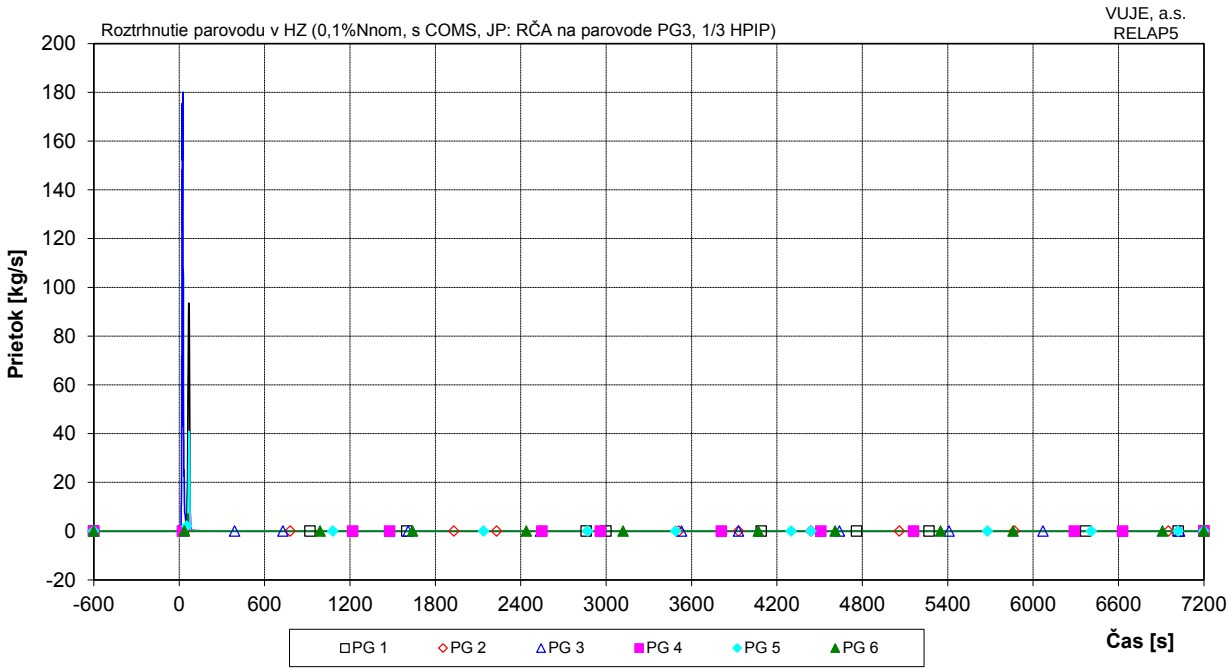
Obr. 7.2.1.10.8-B-17: Tlak na výstupe z PG



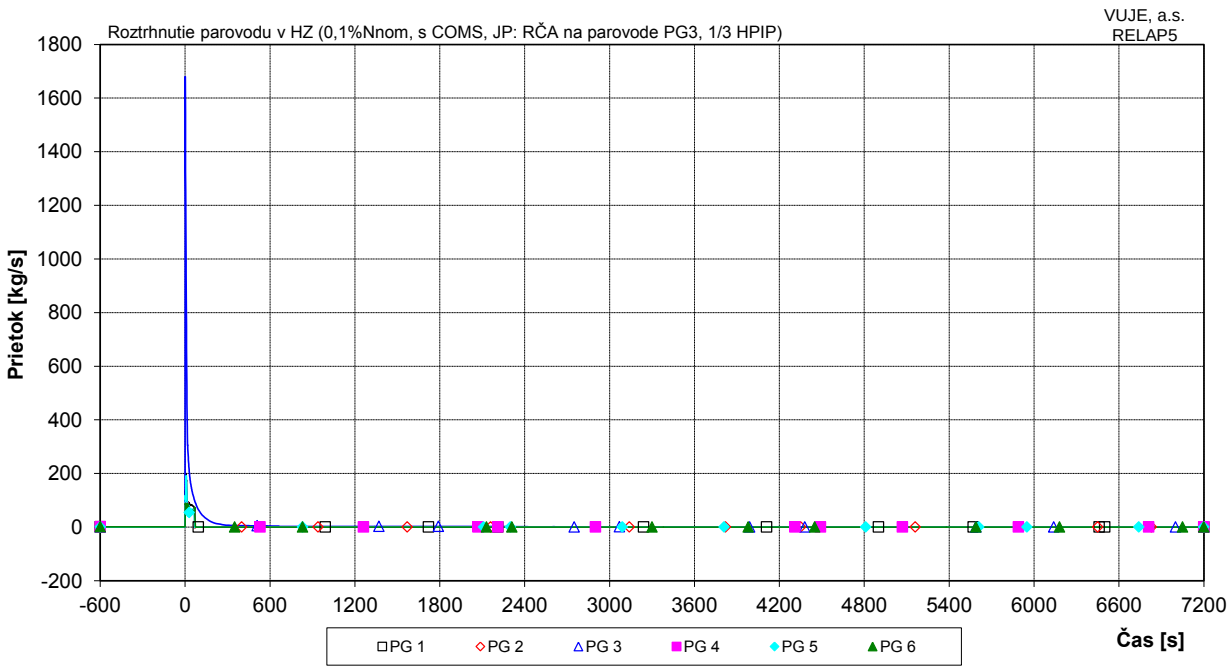
Obr. 7.2.1.10.8-B-18: Tlak v HPK



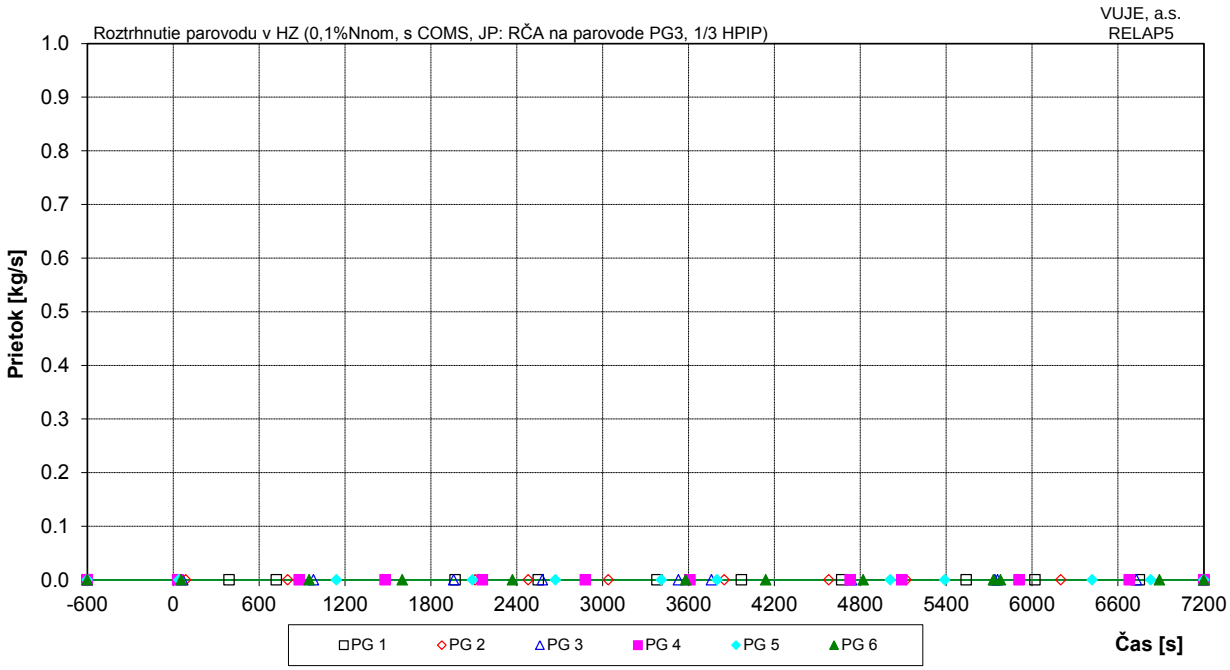
Obr. 7.2.1.10.8-B-19: Celková hladina v PG



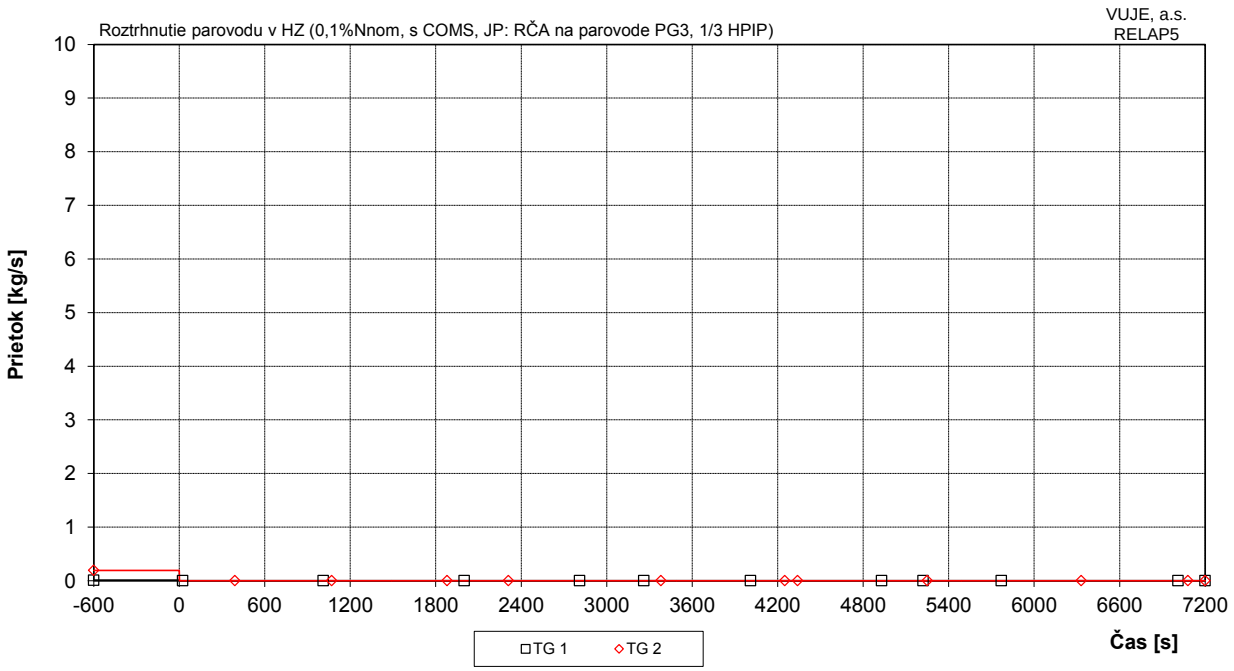
Obr. 7.2.1.10.8-B-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



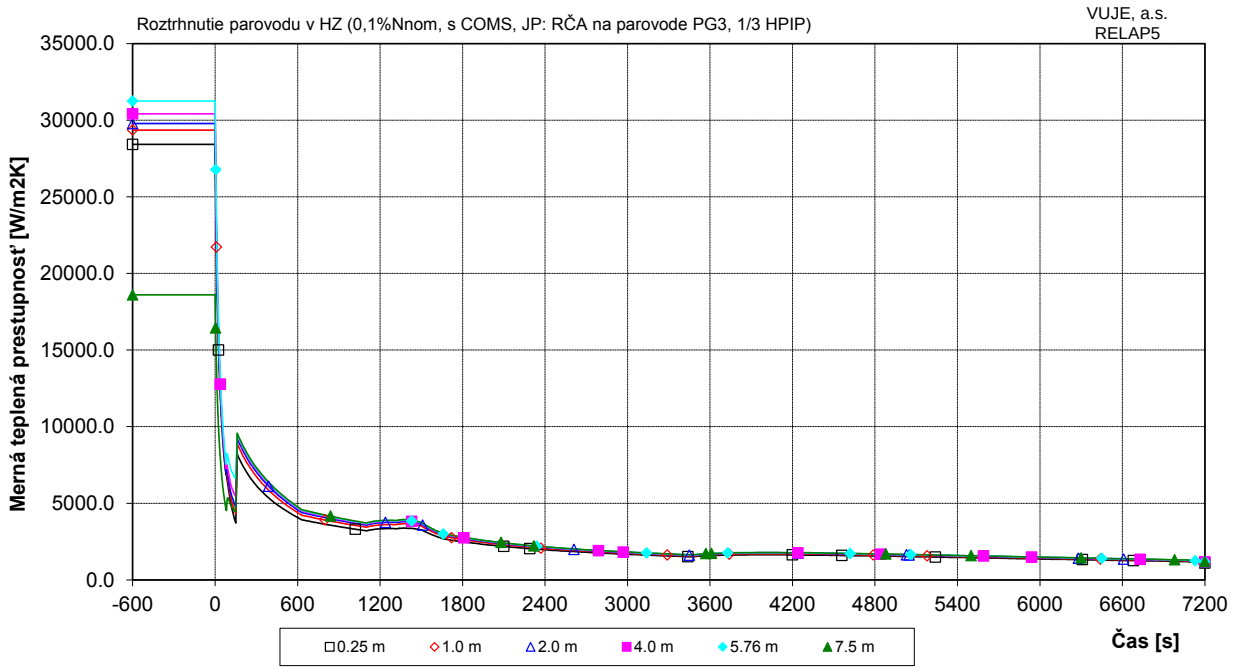
Obr. 7.2.1.10.8-B-21: Prietok pary z PG



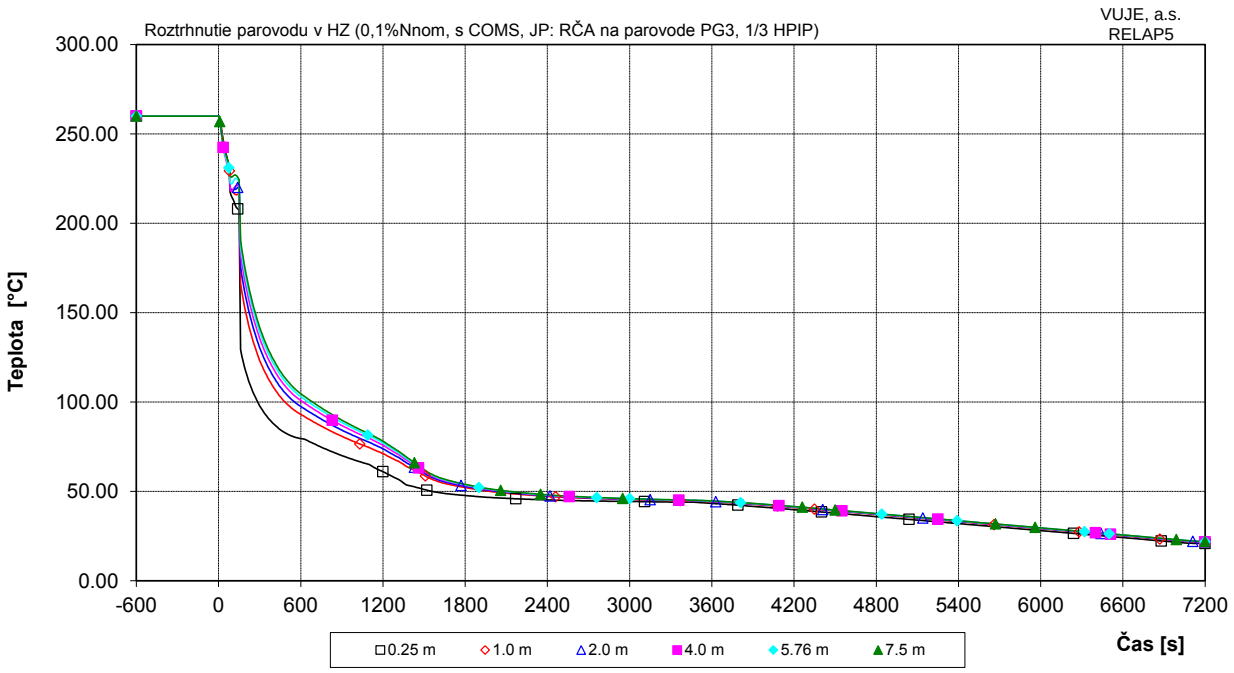
Obr. 7.2.1.10.8-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.10.8-B-23: Prietok pary do TG

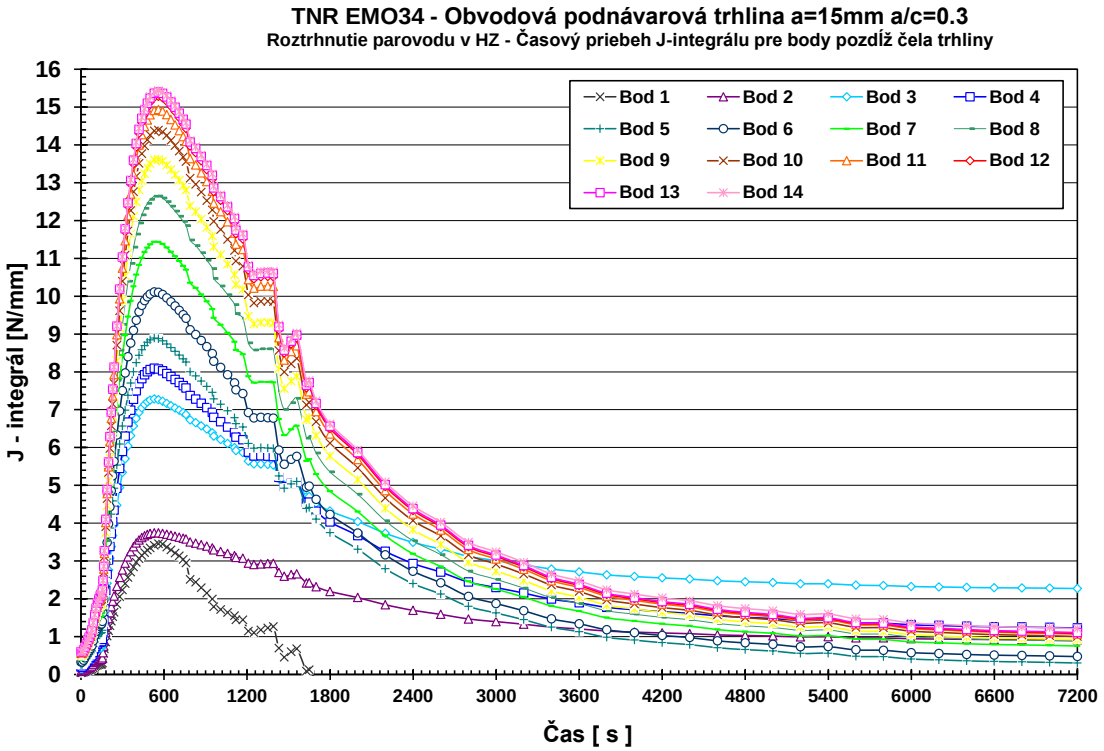


Obr. 7.2.1.10.8-B-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2

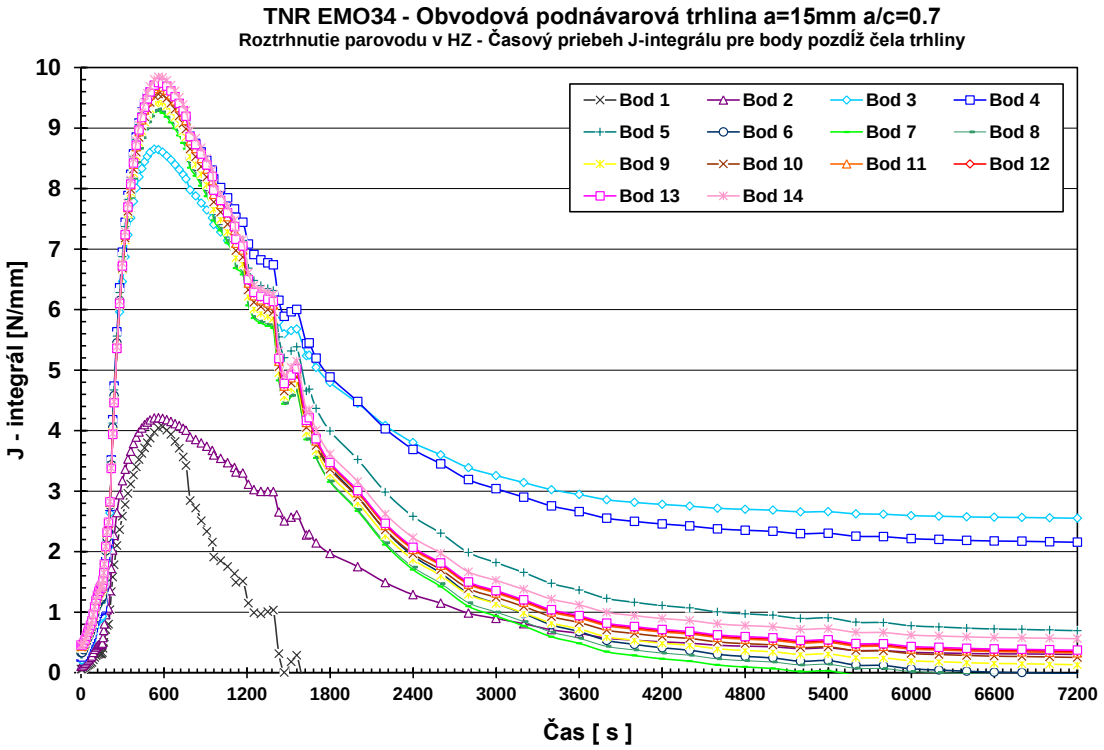


Obr. 7.2.1.10.8-B-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS 2

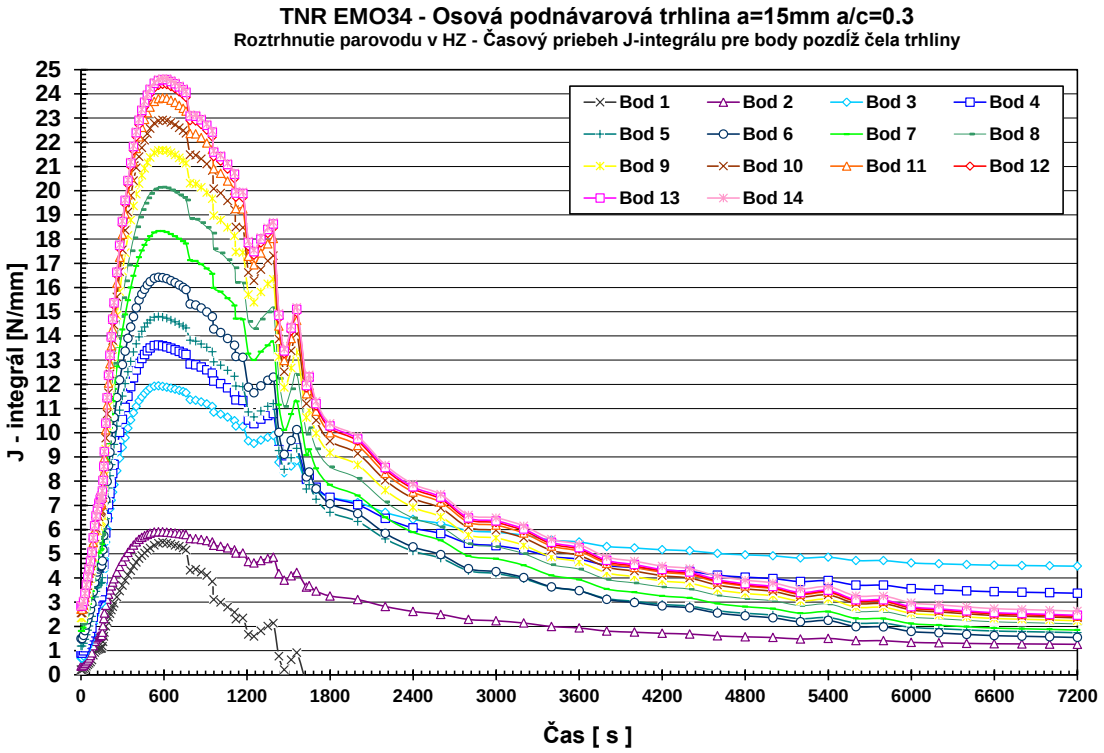
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



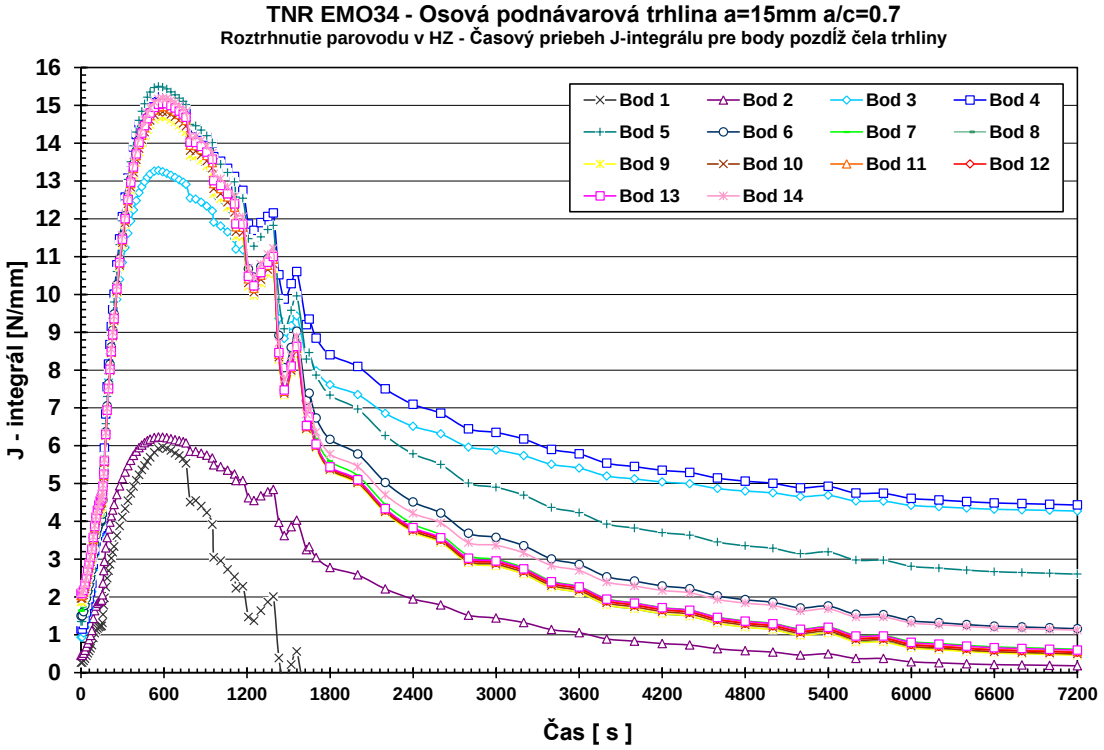
Obr. 7.2.1.10.8-B-26: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



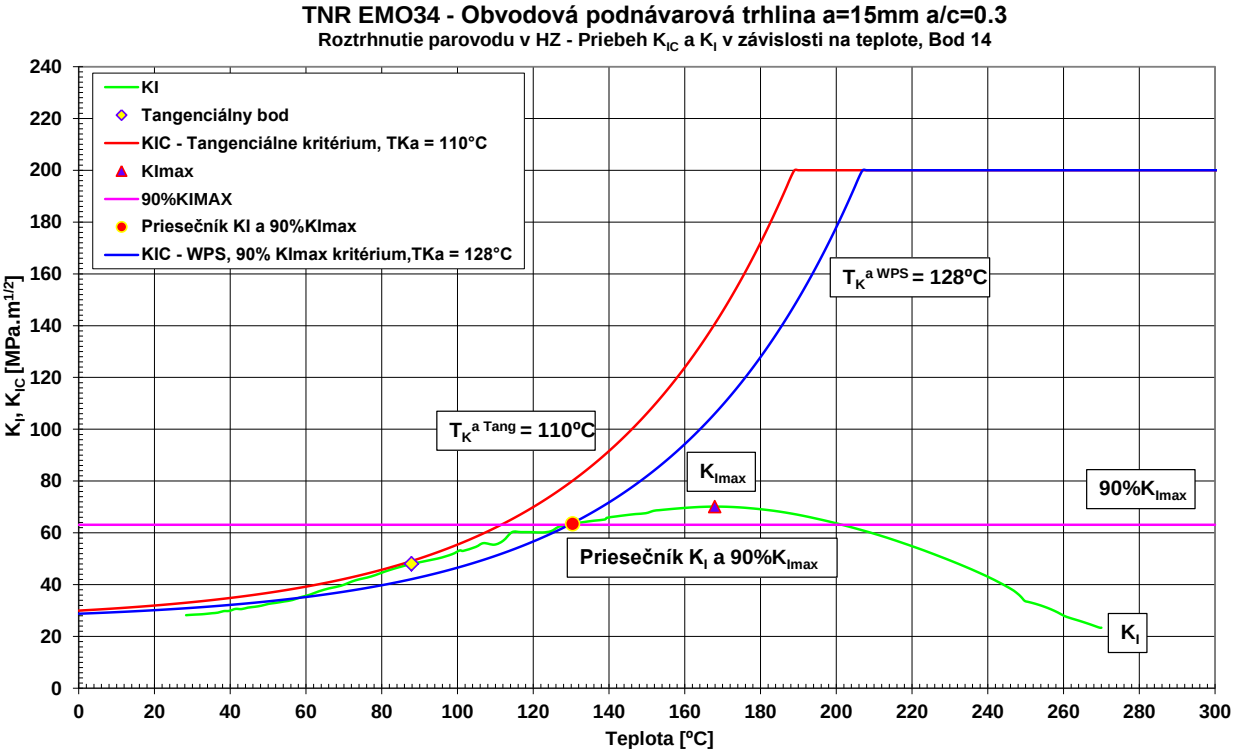
Obr. 7.2.1.10.8-B-27: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



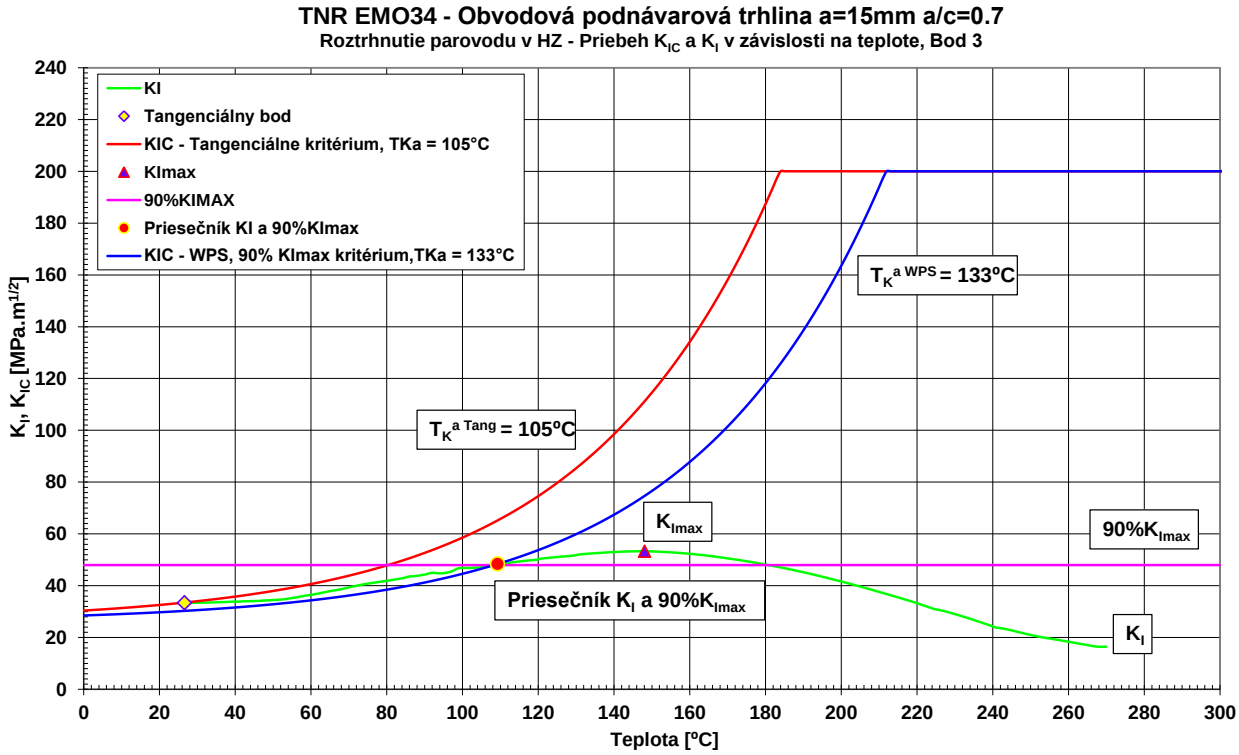
Obr. 7.2.1.10.8-B-28: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



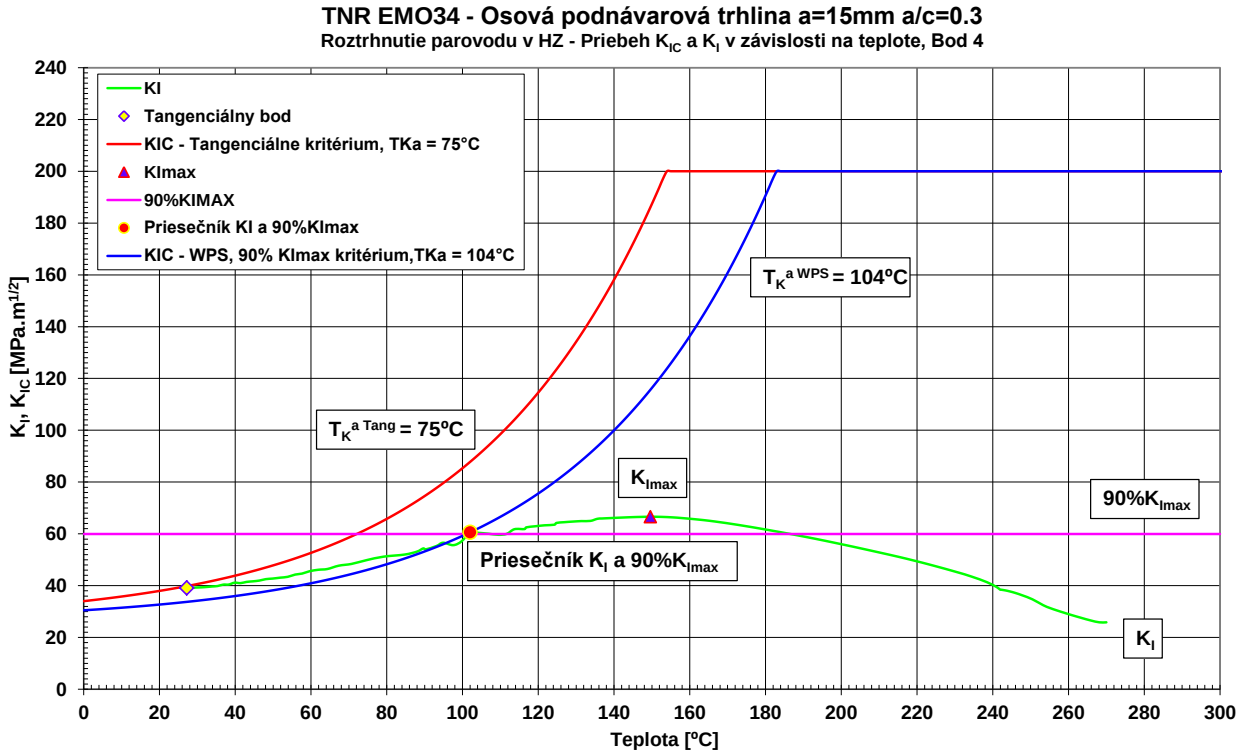
Obr. 7.2.1.10.8-B-29: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



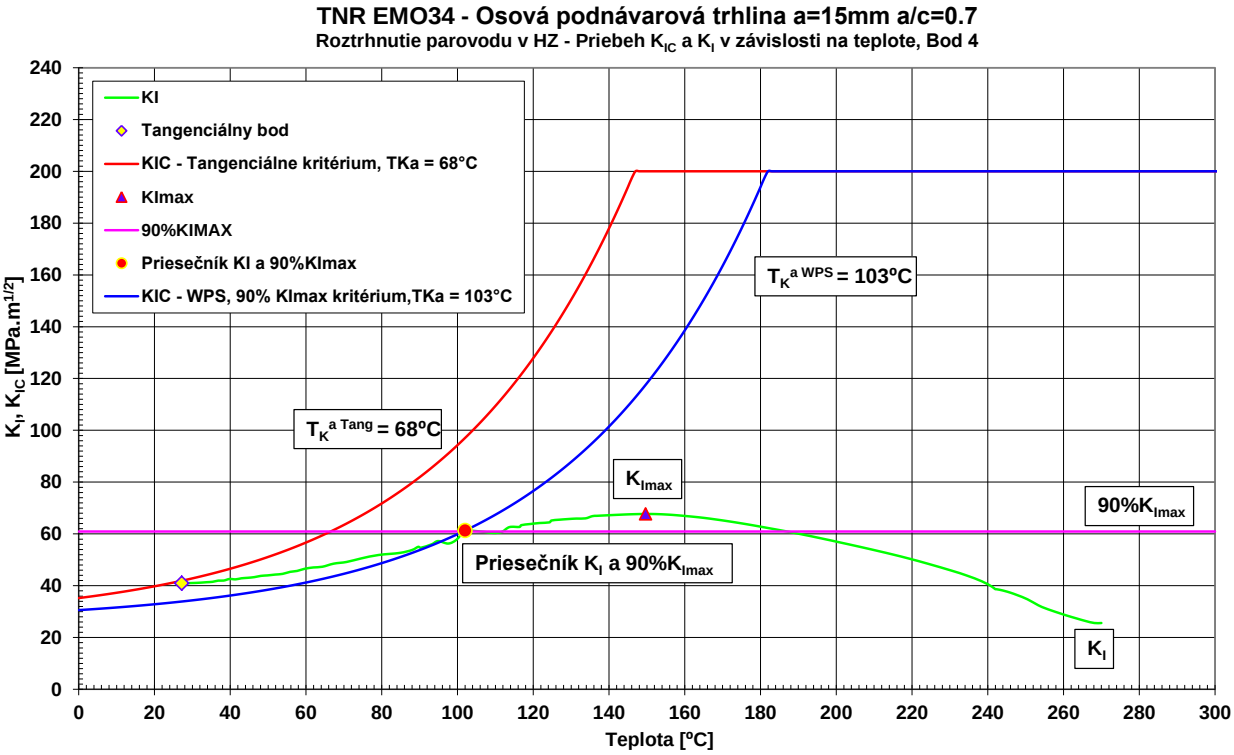
Obr. 7.2.1.10.8-B-30: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.8-B-31: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

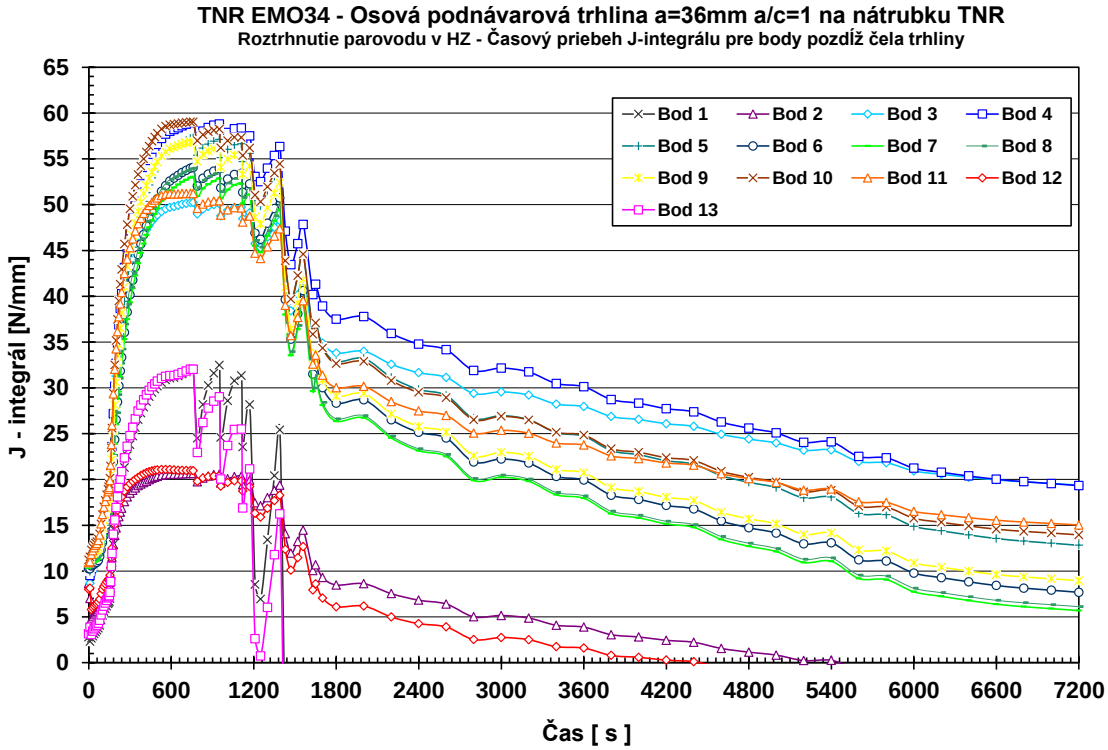


Obr. 7.2.1.10.8-B-32: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 4

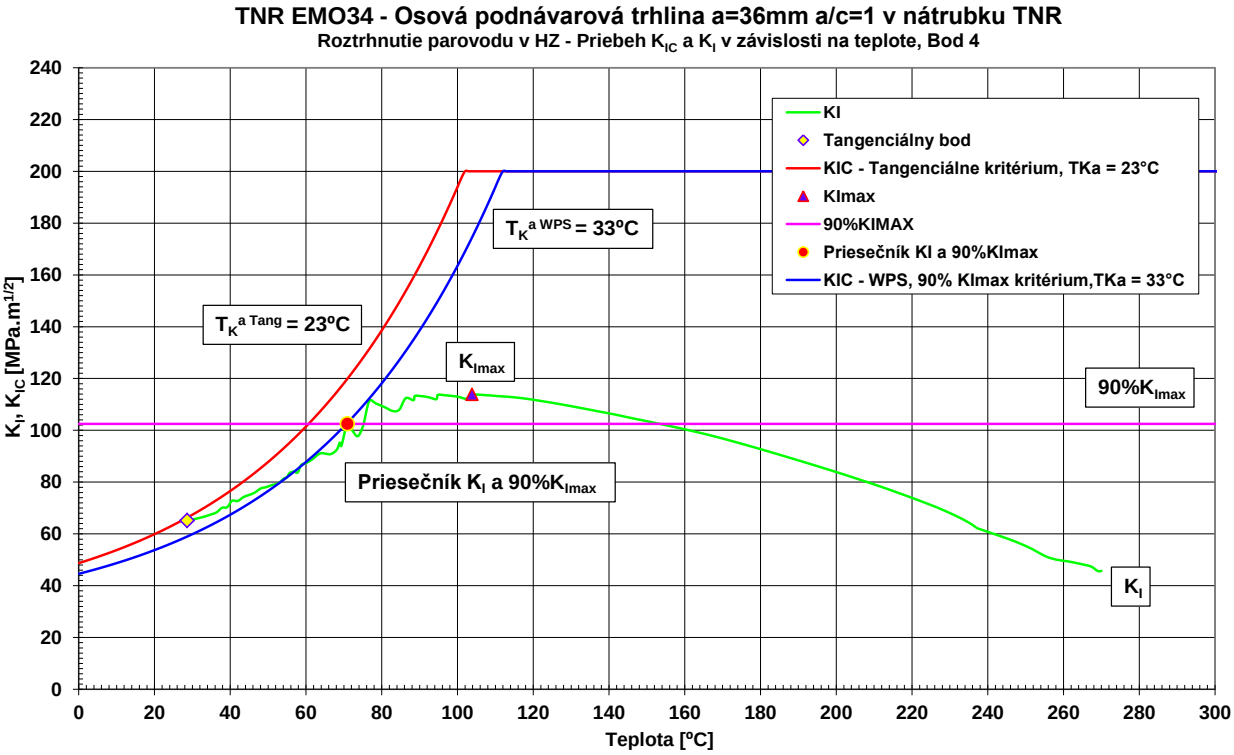


Obr. 7.2.1.10.8-B-33: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 4

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.8-B-34: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm a/c=1 v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.8-B-35: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

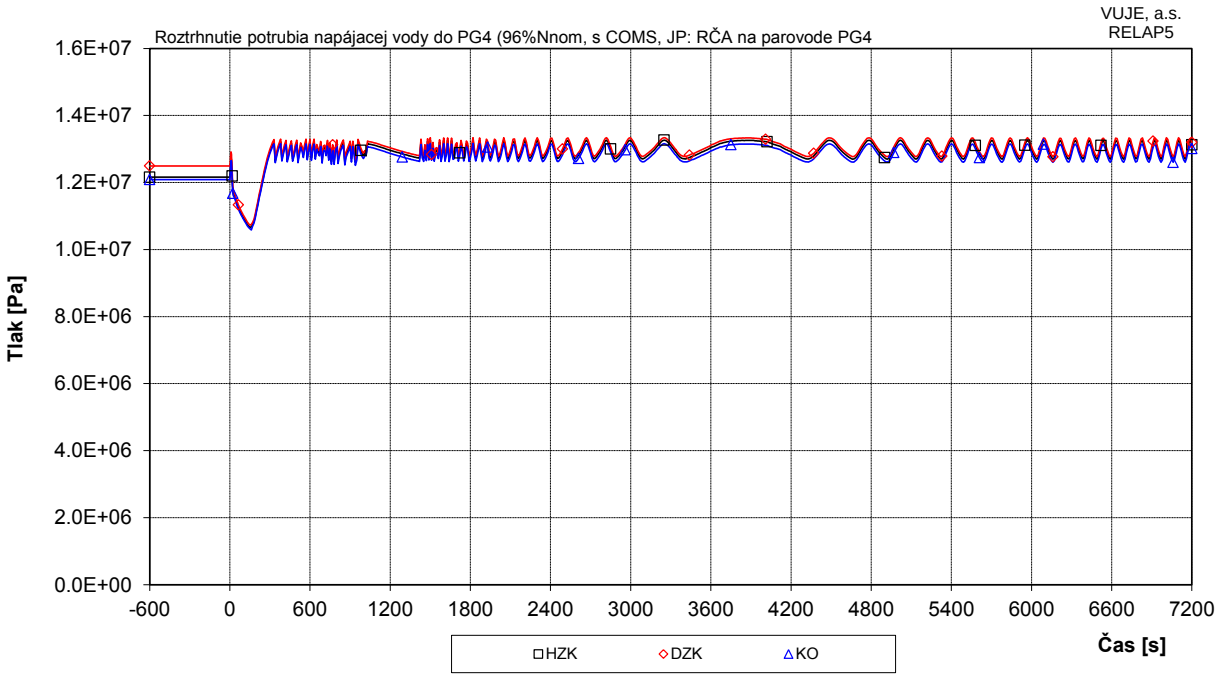
Príloha č. 18

7.2.1.10.9 Roztrhnutie napájacieho potrubia

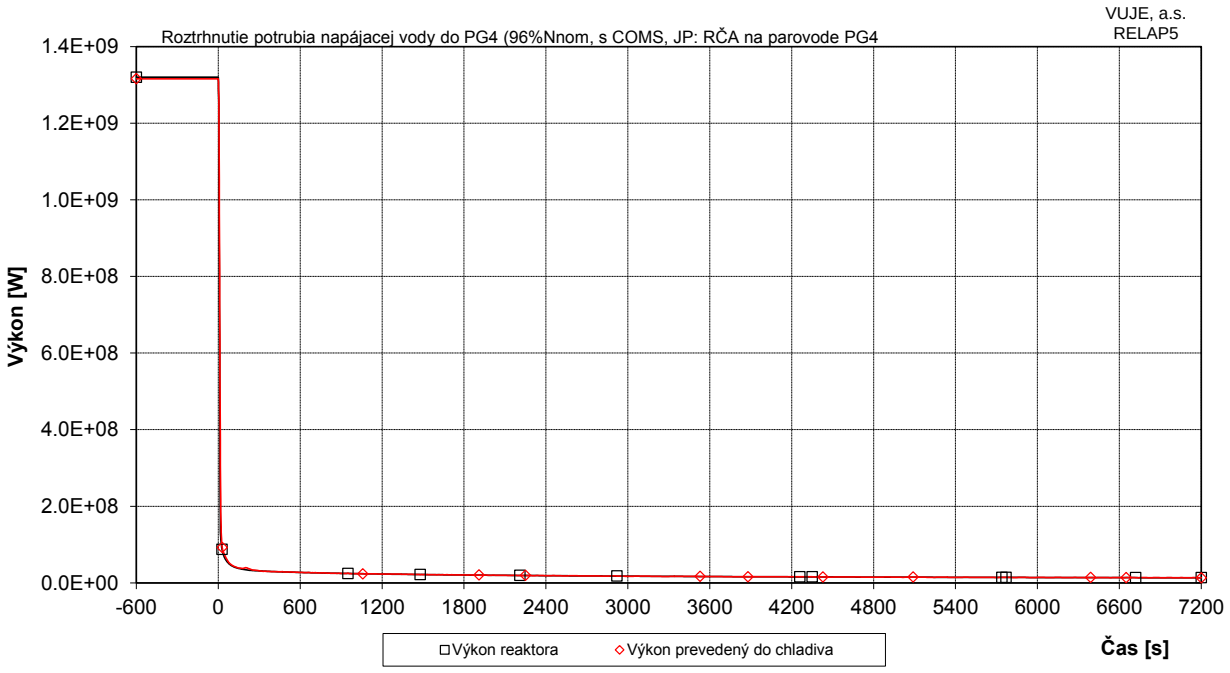
Scenár A Roztrhnutie potrubia napájacej vody do PG4

ZOZNAM OBRÁZKOV

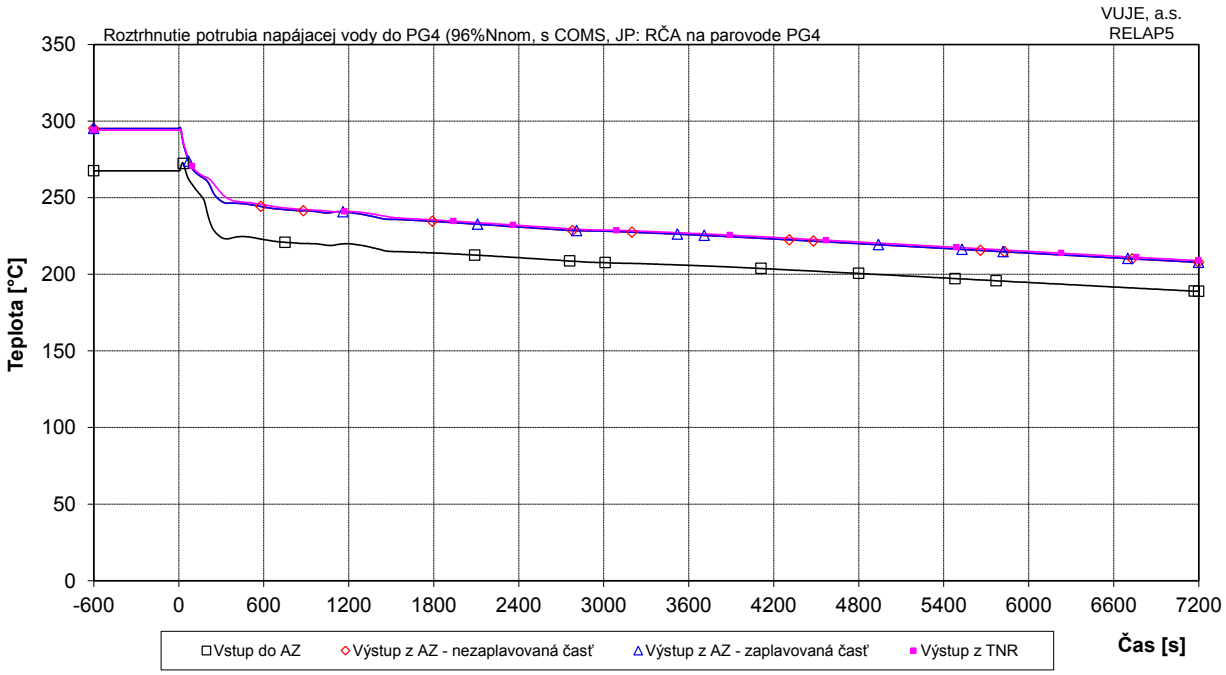
Obr. 7.2.1.10.9-A-1: Tlak v I.O. ... 2
Obr. 7.2.1.10.9-A-2: Výkon reaktora ... 2
Obr. 7.2.1.10.9-A-3: Teplota chladiva v TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.9-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 3
Obr. 7.2.1.10.9-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.9-A-6: Celkový výkon EOKO ... 4
Obr. 7.2.1.10.9-A-7: Celková hladina v KO ... 5
Obr. 7.2.1.10.9-A-8: Hladina chladiva v TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.9-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 6
Obr. 7.2.1.10.9-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.9-A-11: Doplňovanie do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.9-A-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 7
Obr. 7.2.1.10.9-A-13: Výkon PG ... 8
Obr. 7.2.1.10.9-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO ... 8
Obr. 7.2.1.10.9-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO ... 9
Obr. 7.2.1.10.9-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.9-A-17: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.9-A-18: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.9-A-19: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.9-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.9-A-21: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.9-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.9-A-23: Prietok pary do TG ... 13
Obr. 7.2.1.10.9-A-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,5 ... 13
Obr. 7.2.1.10.9-A-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,5 ... 14
Obr. 7.2.1.10.9-A-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS3 ... 14
Obr. 7.2.1.10.9-A-27: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.9-A-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 15
Obr. 7.2.1.10.9-A-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 16
Obr. 7.2.1.10.9-A-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3 ... 16
Obr. 7.2.1.10.9-A-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7 ... 17
Obr. 7.2.1.10.9-A-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 17
Obr. 7.2.1.10.9-A-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 18
Obr. 7.2.1.10.9-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14 ... 18
Obr. 7.2.1.10.9-A-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3 ... 19
Obr. 7.2.1.10.9-A-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR ... 19
Obr. 7.2.1.10.9-A-37: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4 ... 20



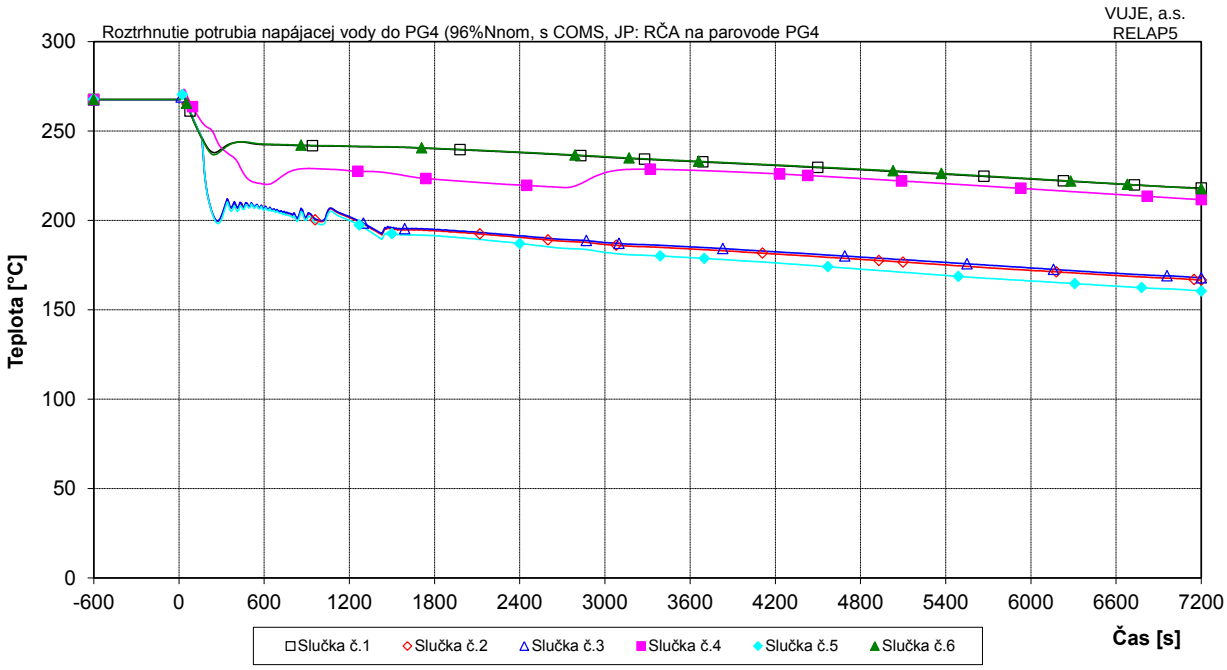
Obr. 7.2.1.10.9-A-1: Tlak v I.O.



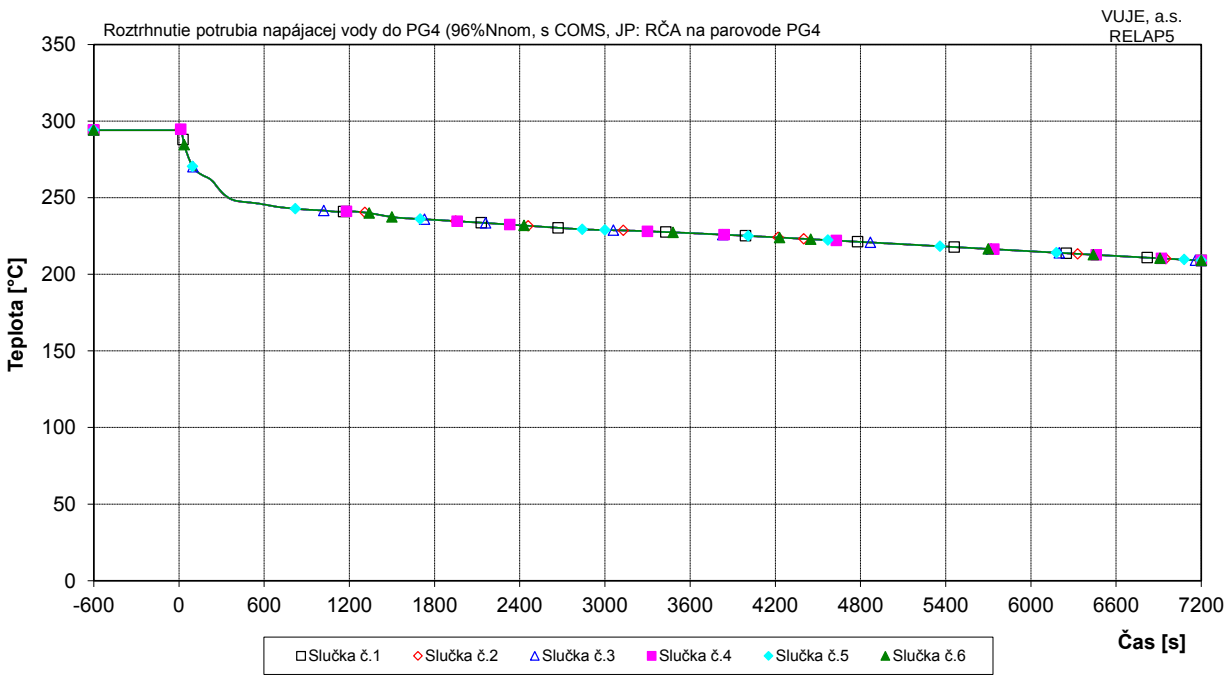
Obr. 7.2.1.10.9-A-2: Výkon reaktora



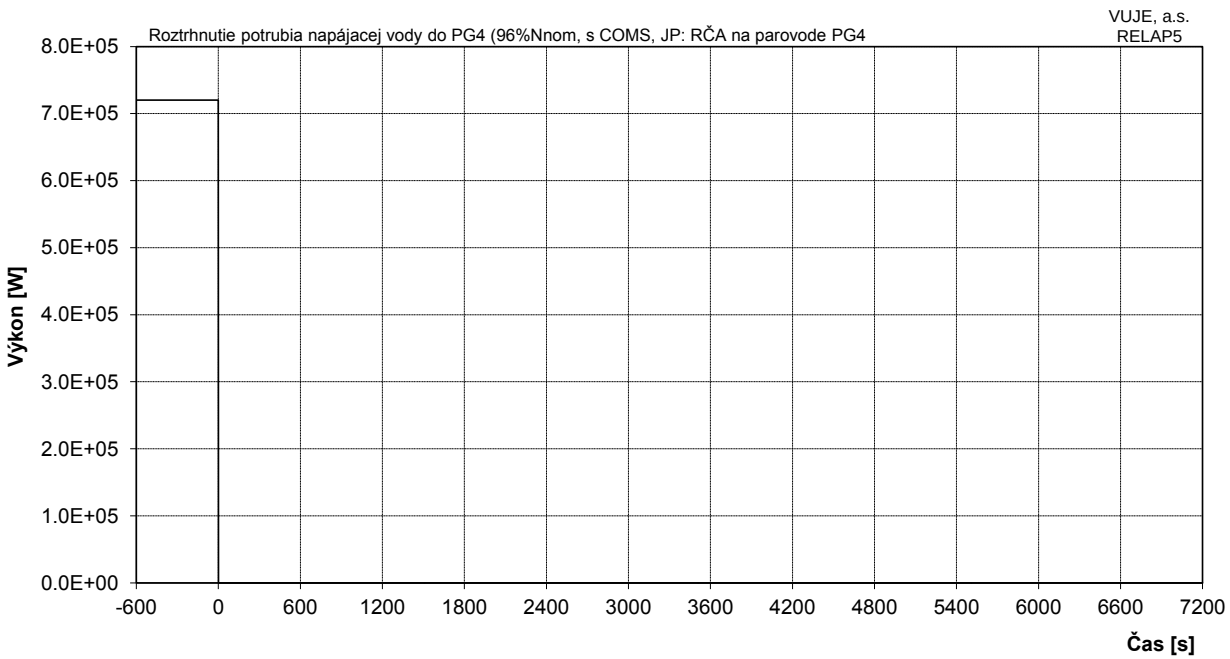
Obr. 7.2.1.10.9-A-3: Teplota chladiva v TNR



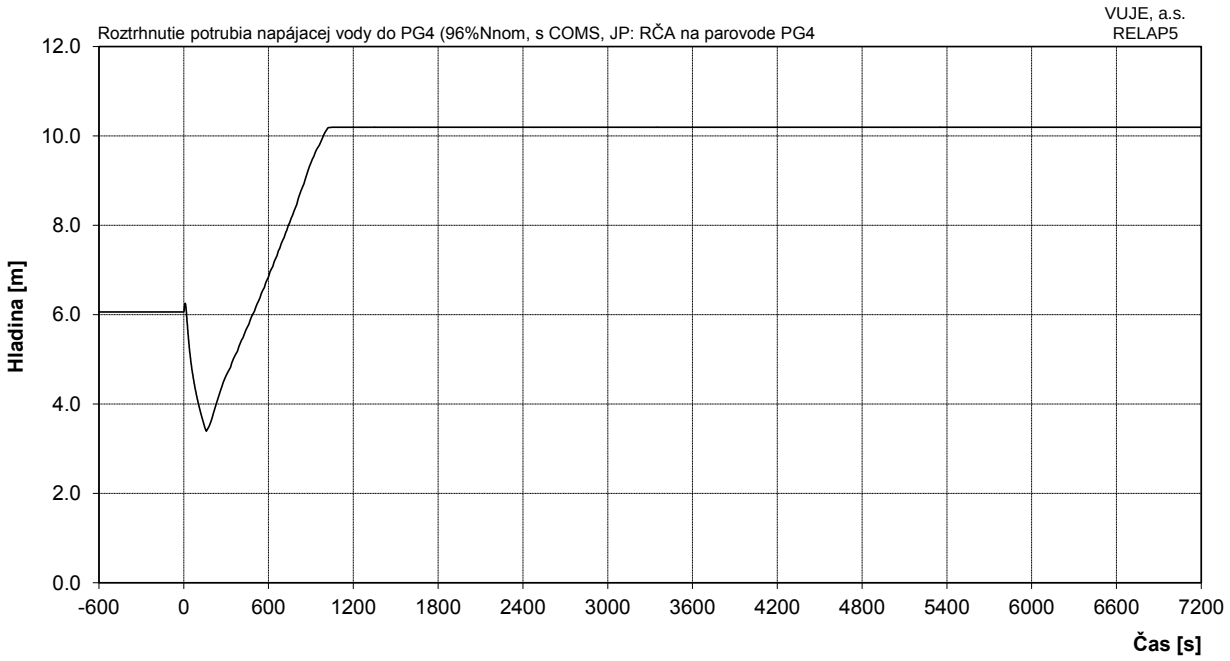
Obr. 7.2.1.10.9-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



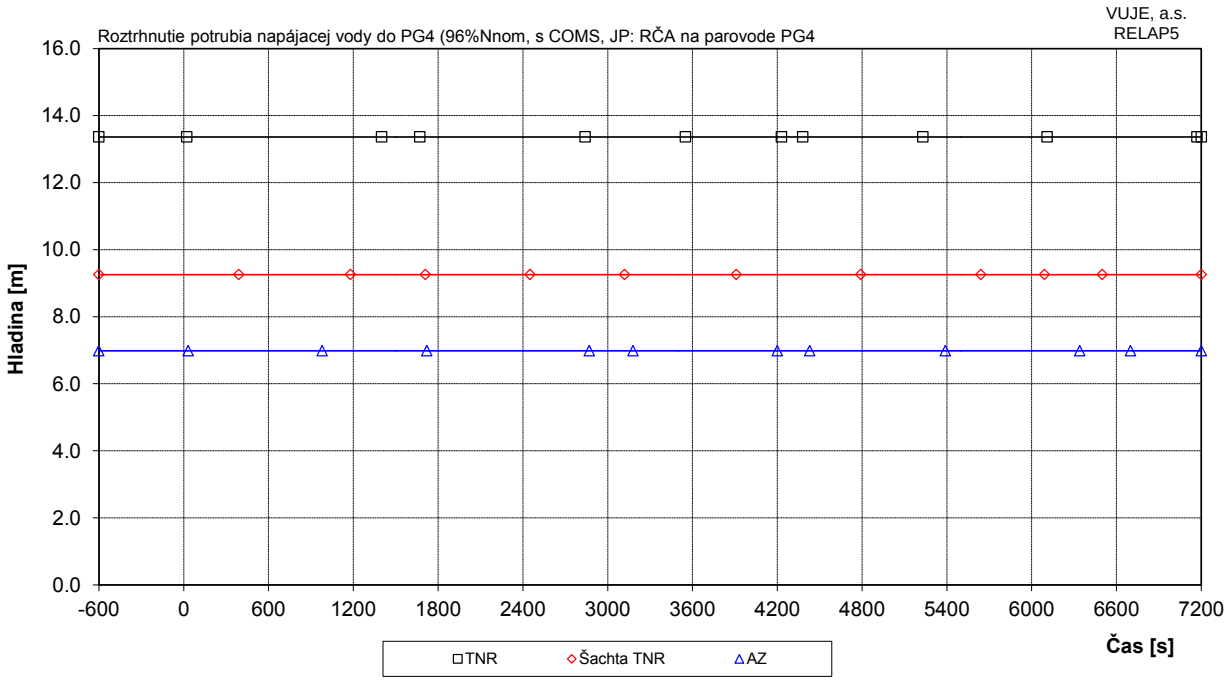
Obr. 7.2.1.10.9-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



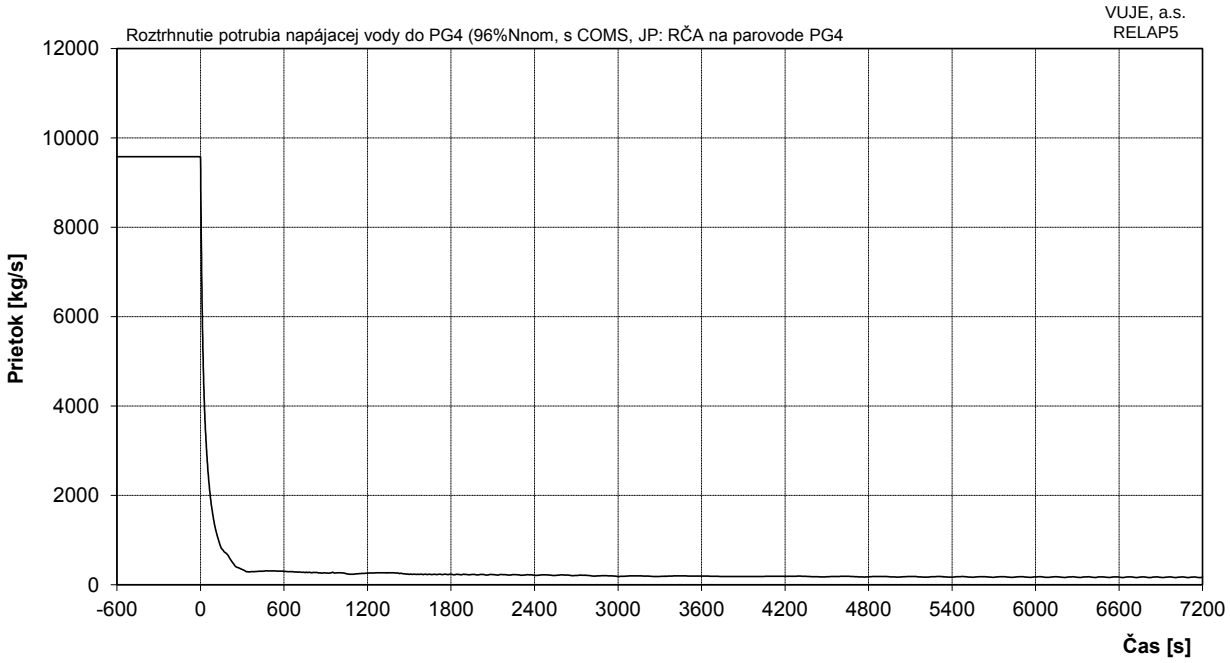
Obr. 7.2.1.10.9-A-6: Celkový výkon EOKO



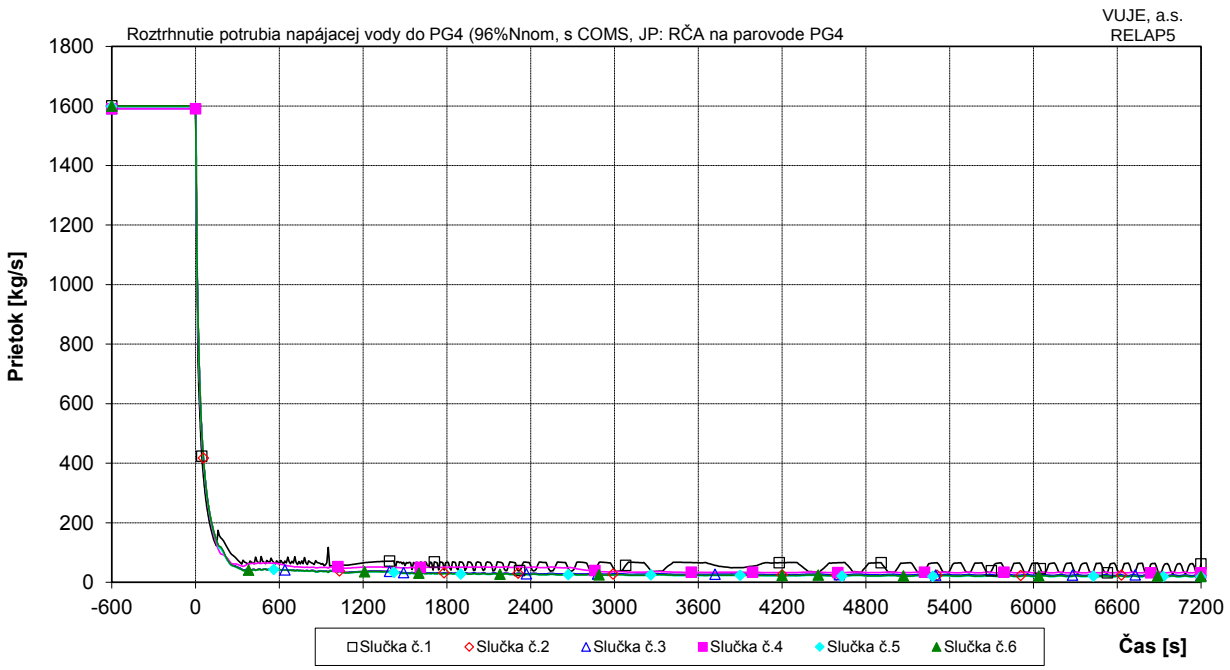
Obr. 7.2.1.10.9-A-7: Celková hladina v KO



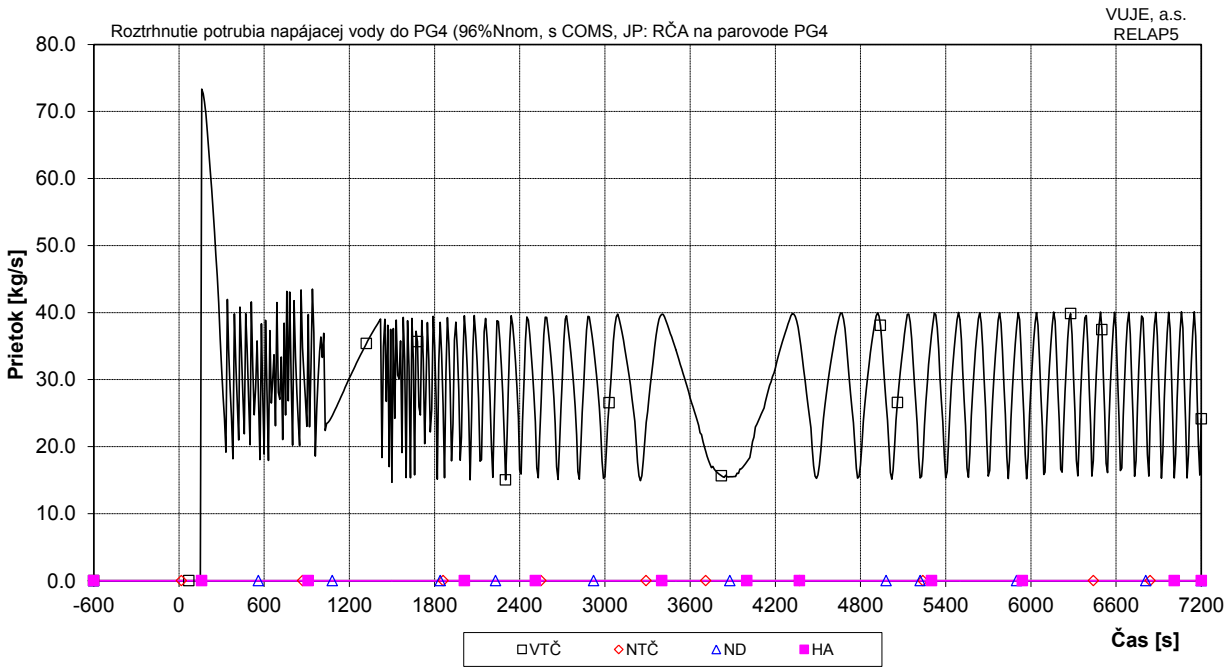
Obr. 7.2.1.10.9-A-8: Hladina chladiva v TNR



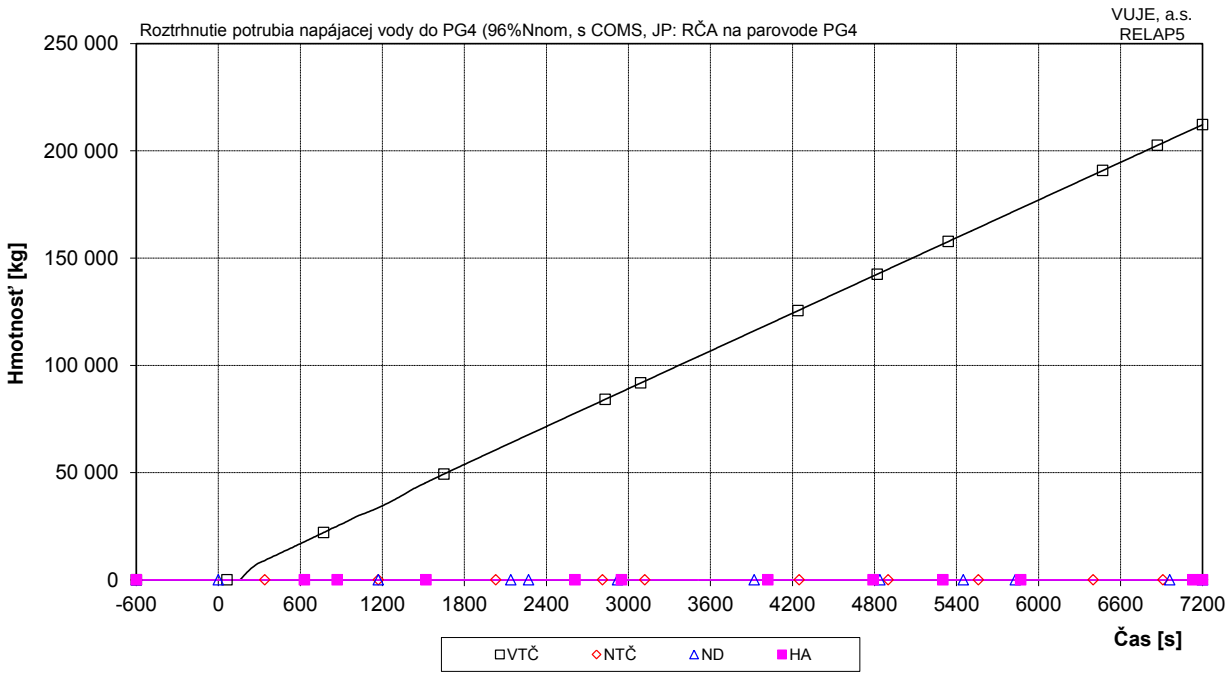
Obr. 7.2.1.10.9-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



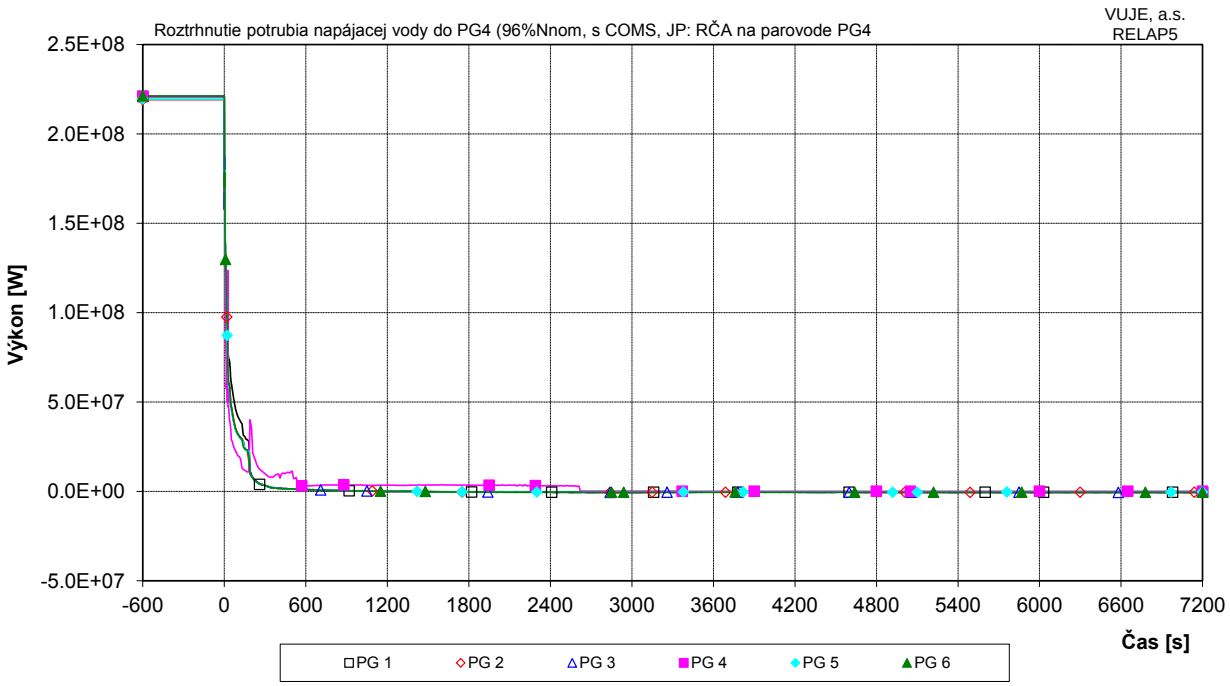
Obr. 7.2.1.10.9-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



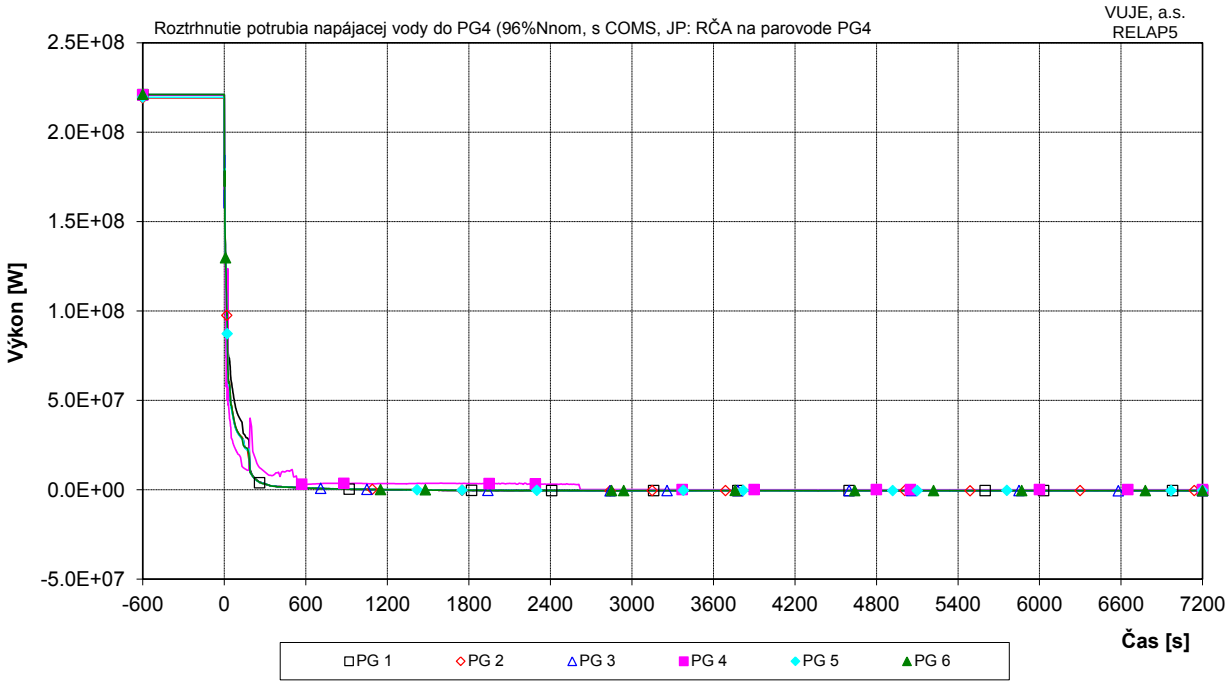
Obr. 7.2.1.10.9-A-11: Doplňovanie do I.O.



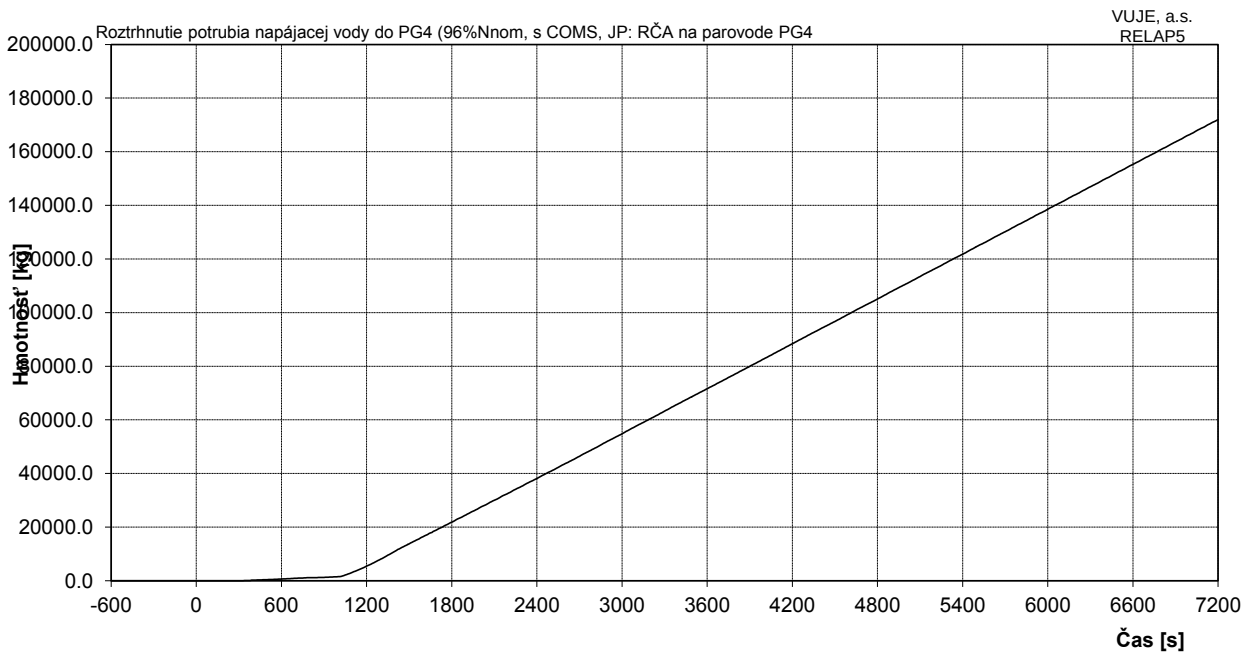
Obr. 7.2.1.10.9-A-12: Integrál doplňovania do I.O.



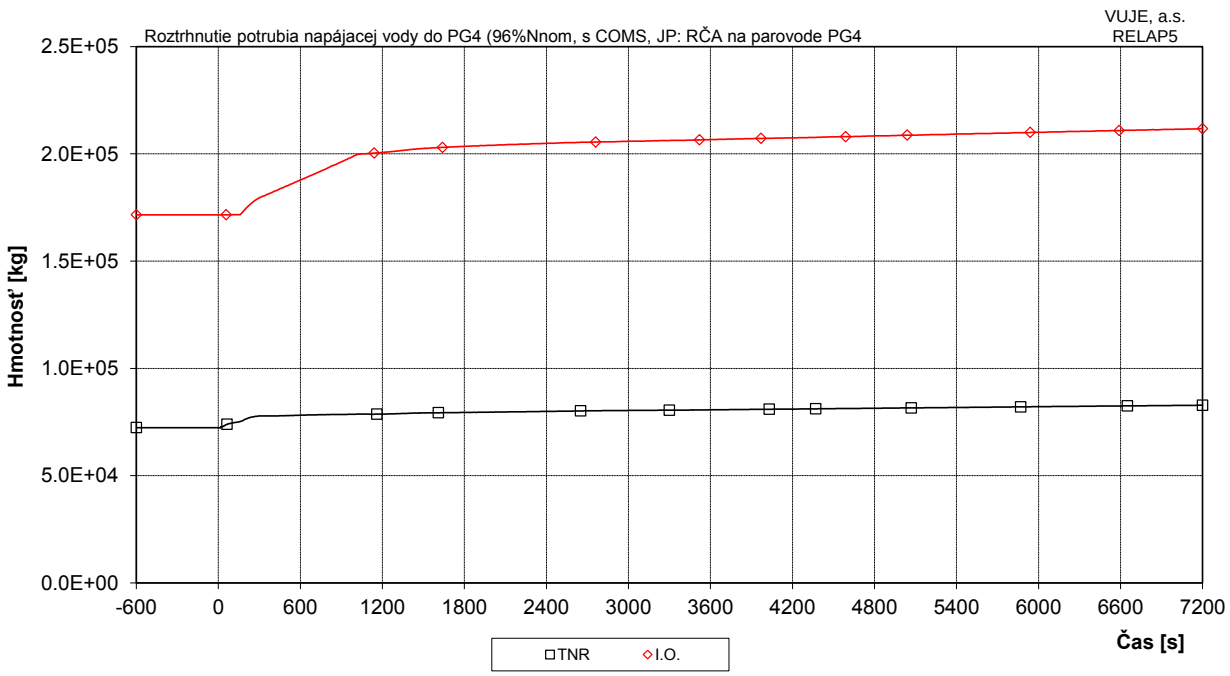
Obr. 7.2.1.10.9-A-13: Výkon PG



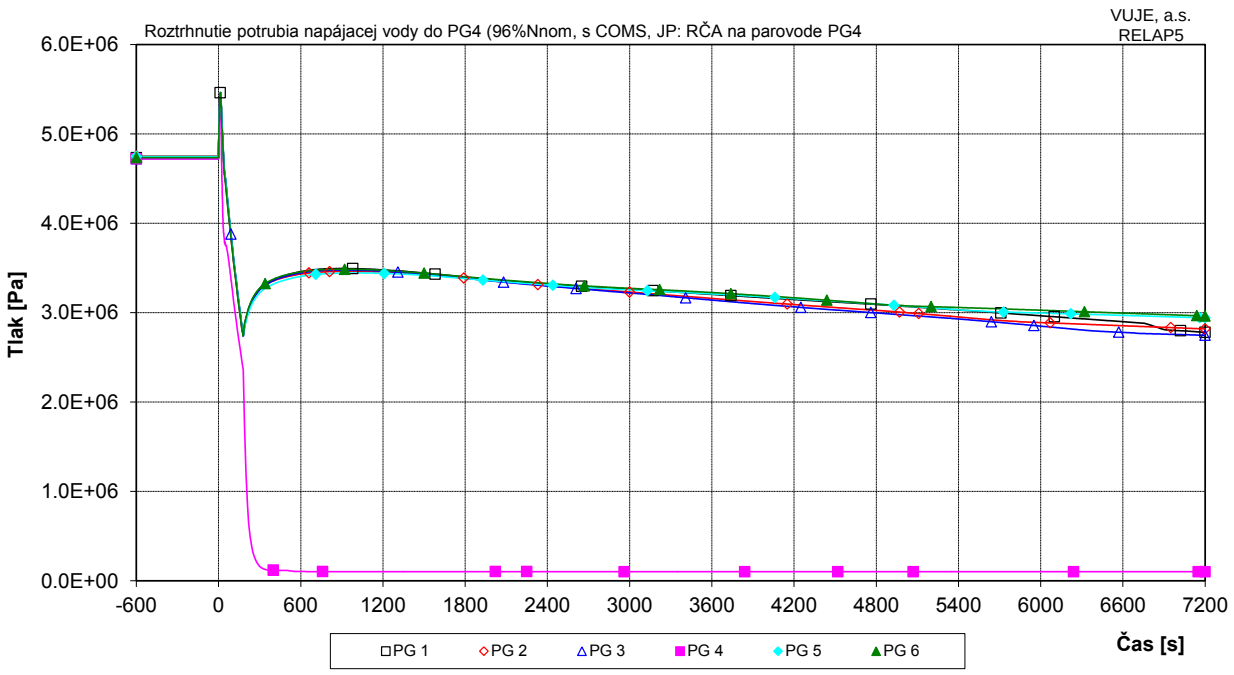
Obr. 7.2.1.10.9-A-14: Prietok chladiva cez poistné ventily KO



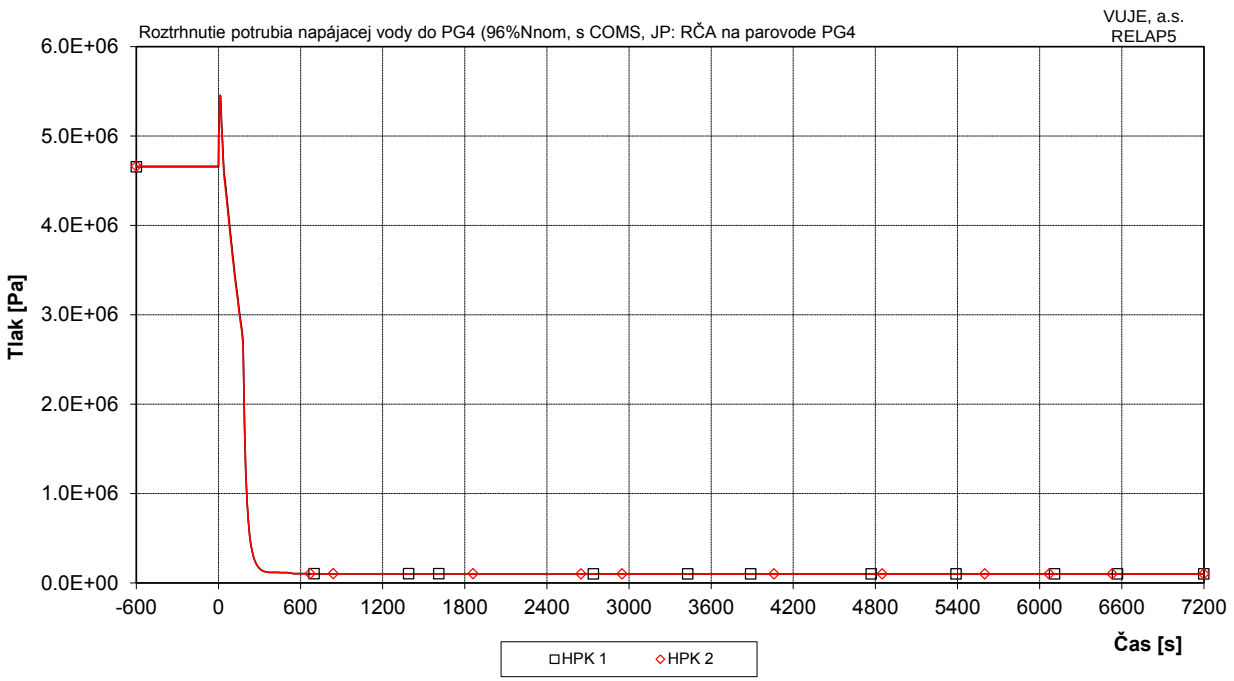
Obr. 7.2.1.10.9-A-15: Integrál celkového prietoku cez poistné ventily KO



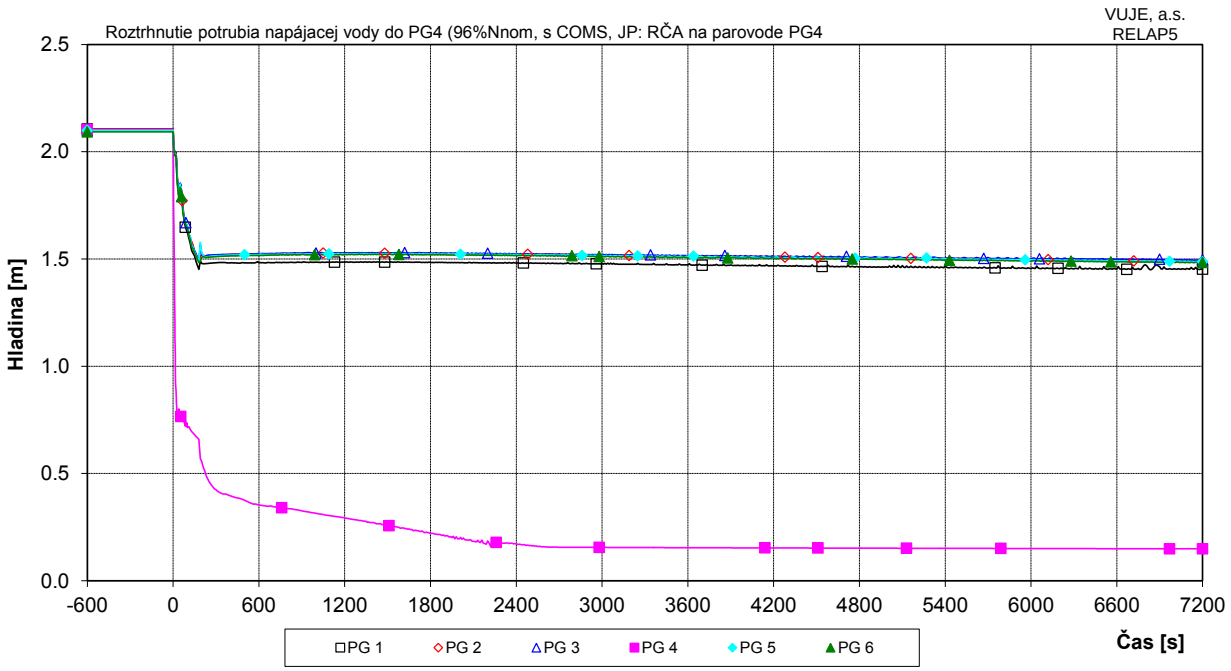
Obr. 7.2.1.10.9-A-16: Hmotnosť chladiva v I.O.



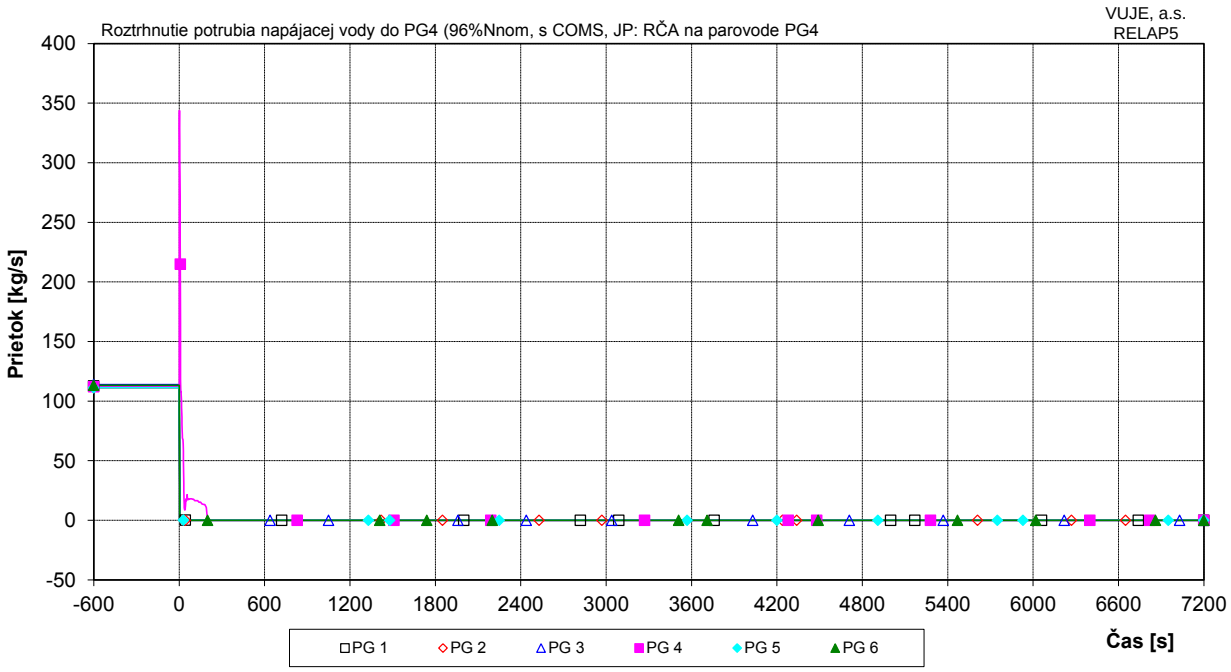
Obr. 7.2.1.10.9-A-17: Tlak na výstupe z PG



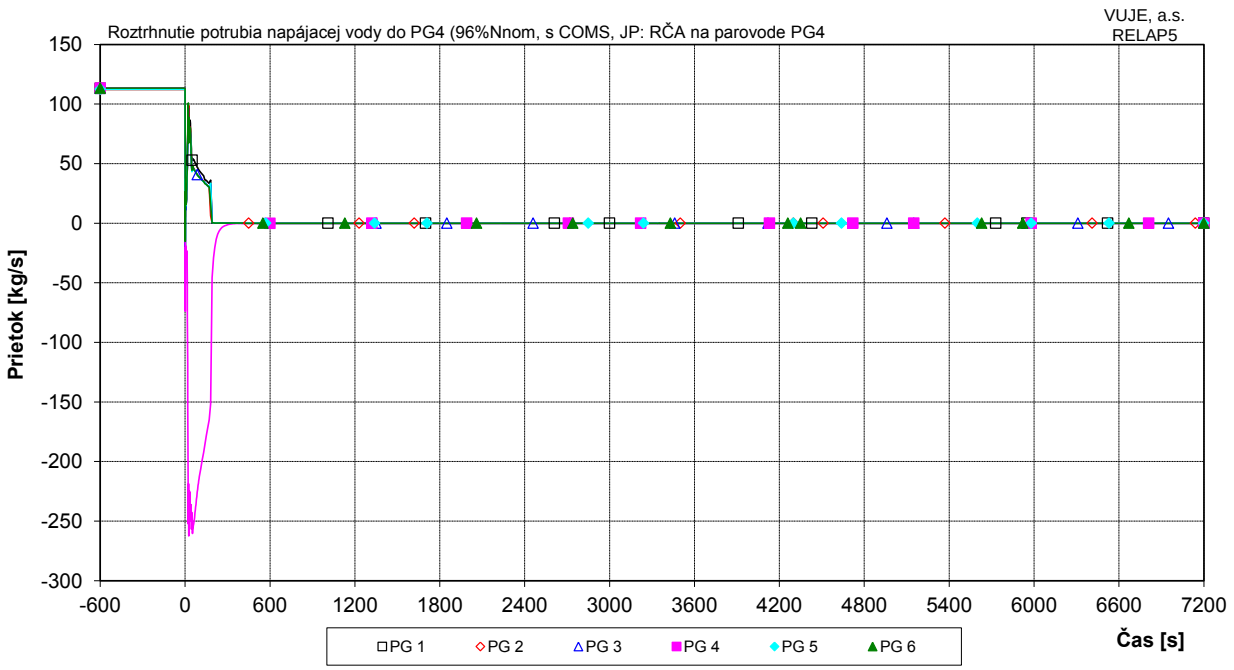
Obr. 7.2.1.10.9-A-18: Tlak v HPK



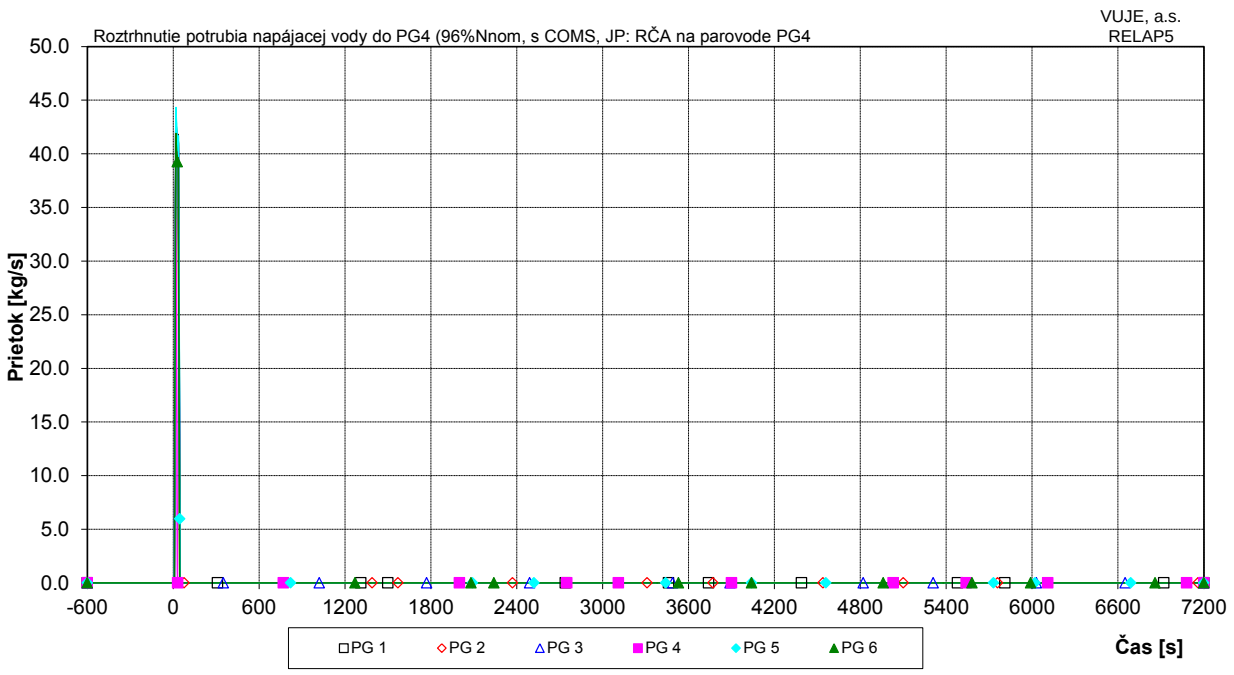
Obr. 7.2.1.10.9-A-19: Celková hladina v PG



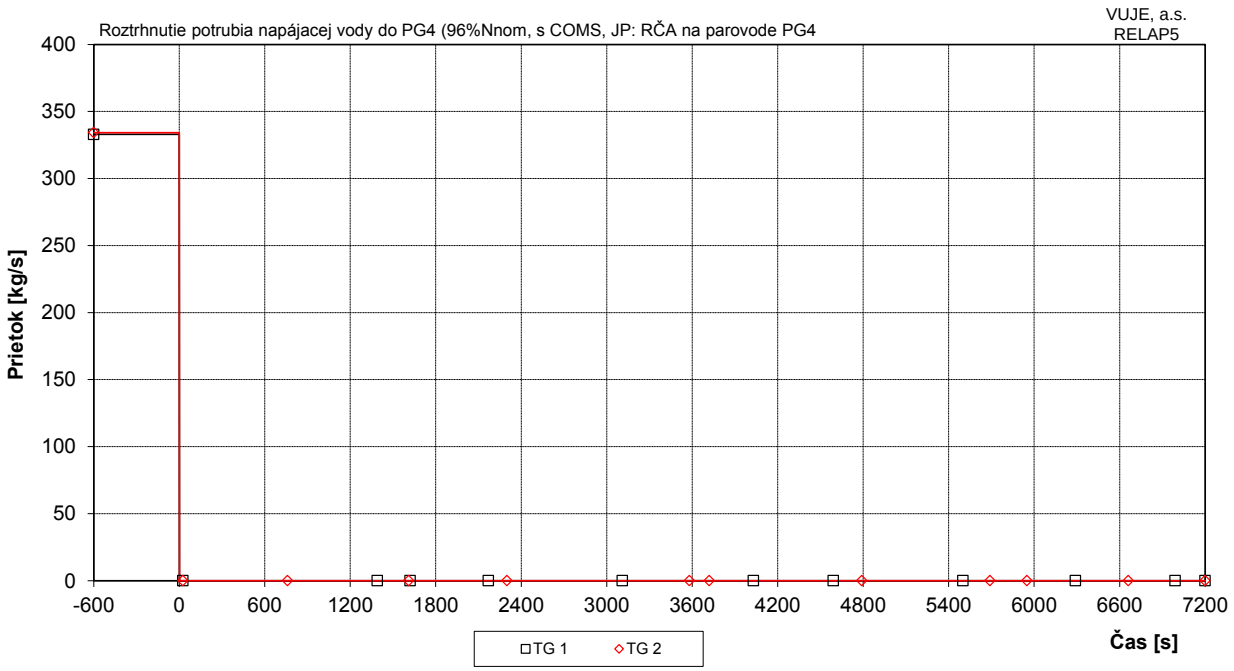
Obr. 7.2.1.10.9-A-20: Celkový prietok napájacej vody do PG



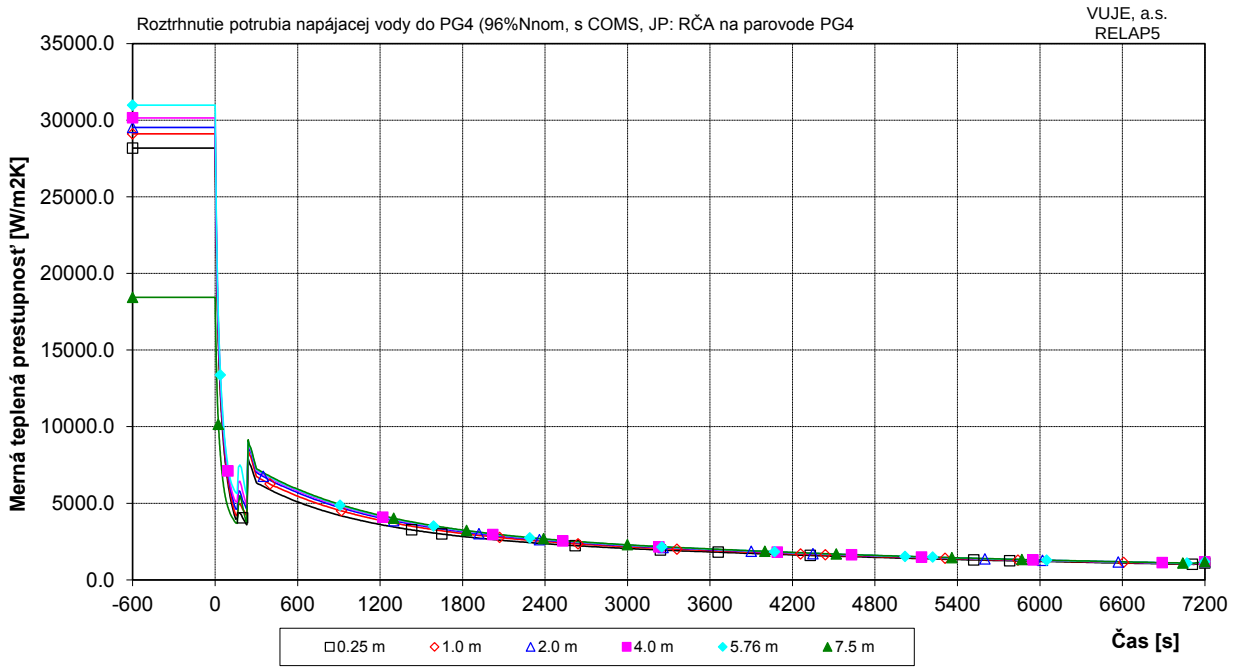
Obr. 7.2.1.10.9-A-21: Prietok pary z PG



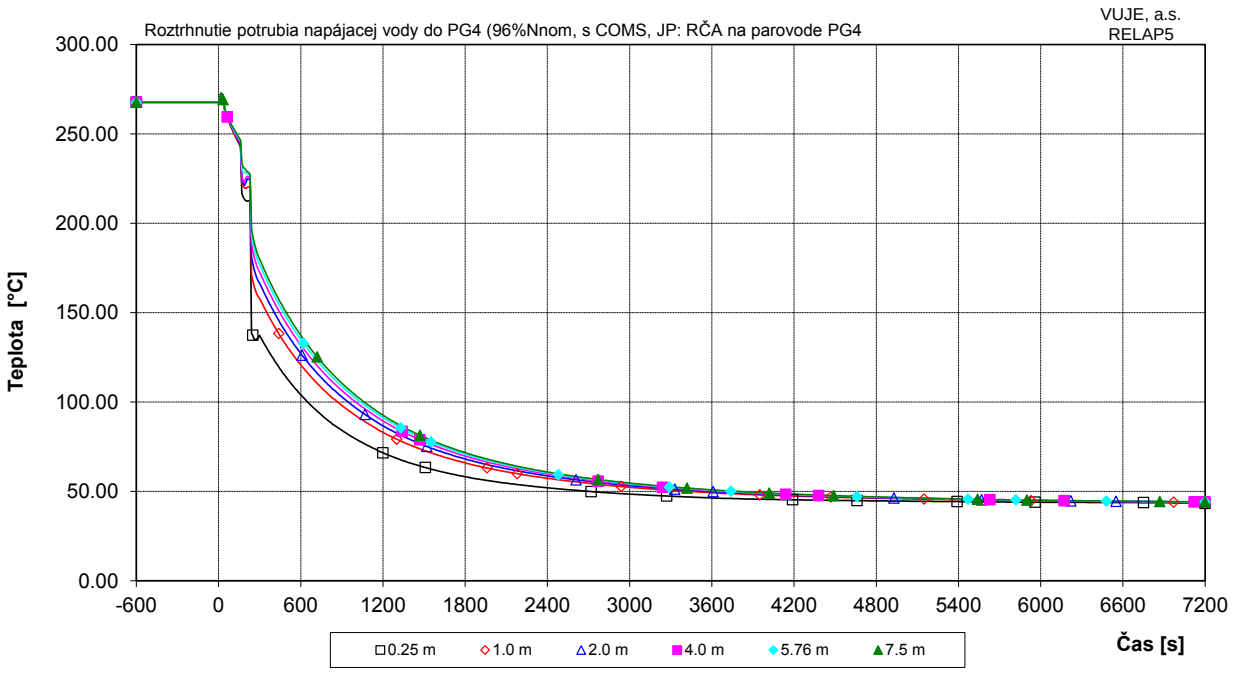
Obr. 7.2.1.10.9-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



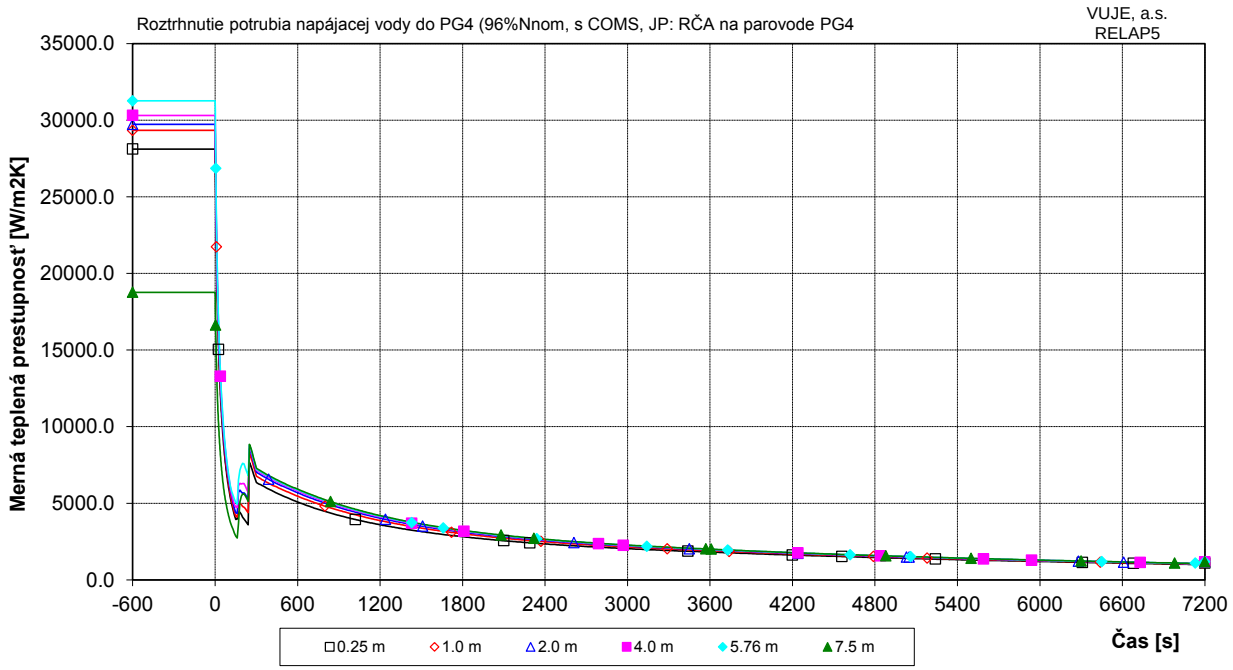
Obr. 7.2.1.10.9-A-23: Prietok pary do TG



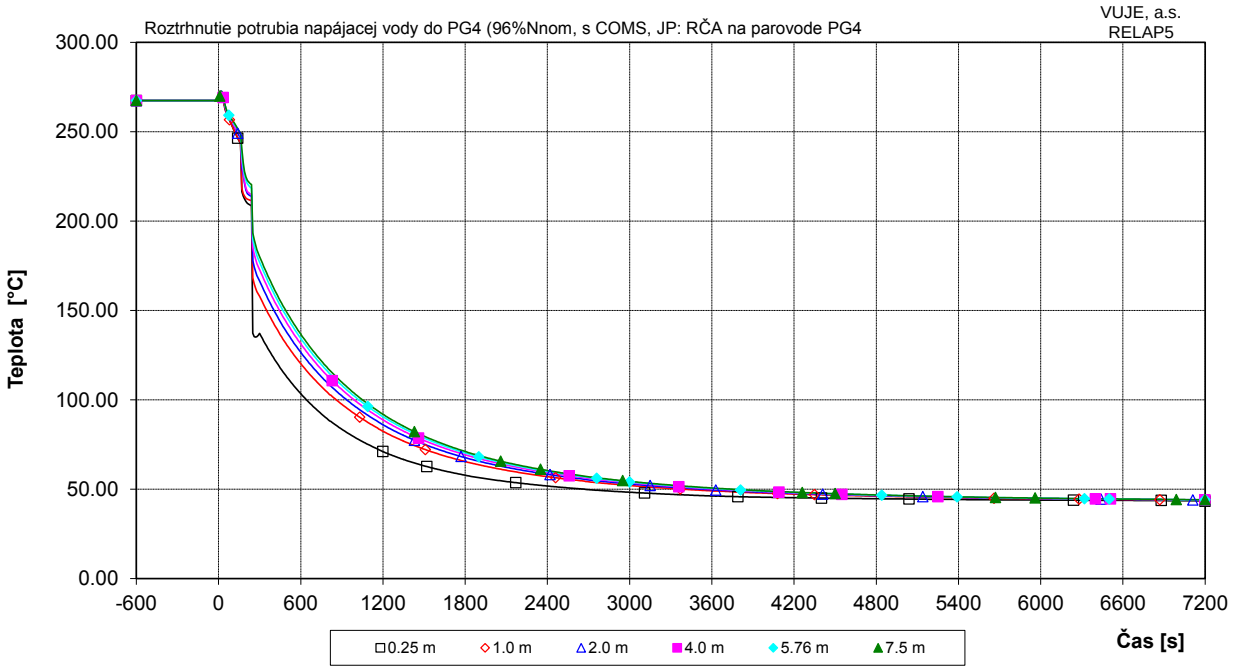
Obr. 7.2.1.10.9-A-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkami HCS2,5



Obr. 7.2.1.10.9-A-25: Teplota chladiva pod nátrubkami HCS2,5

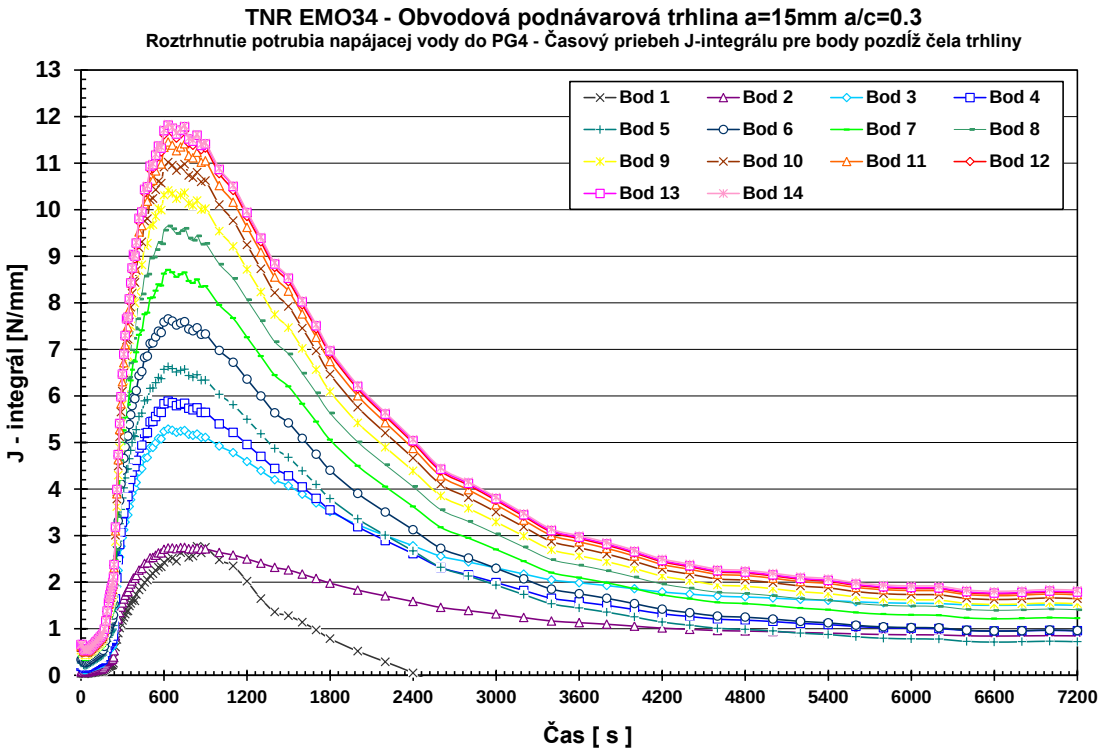


Obr. 7.2.1.10.9-A-26: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS3

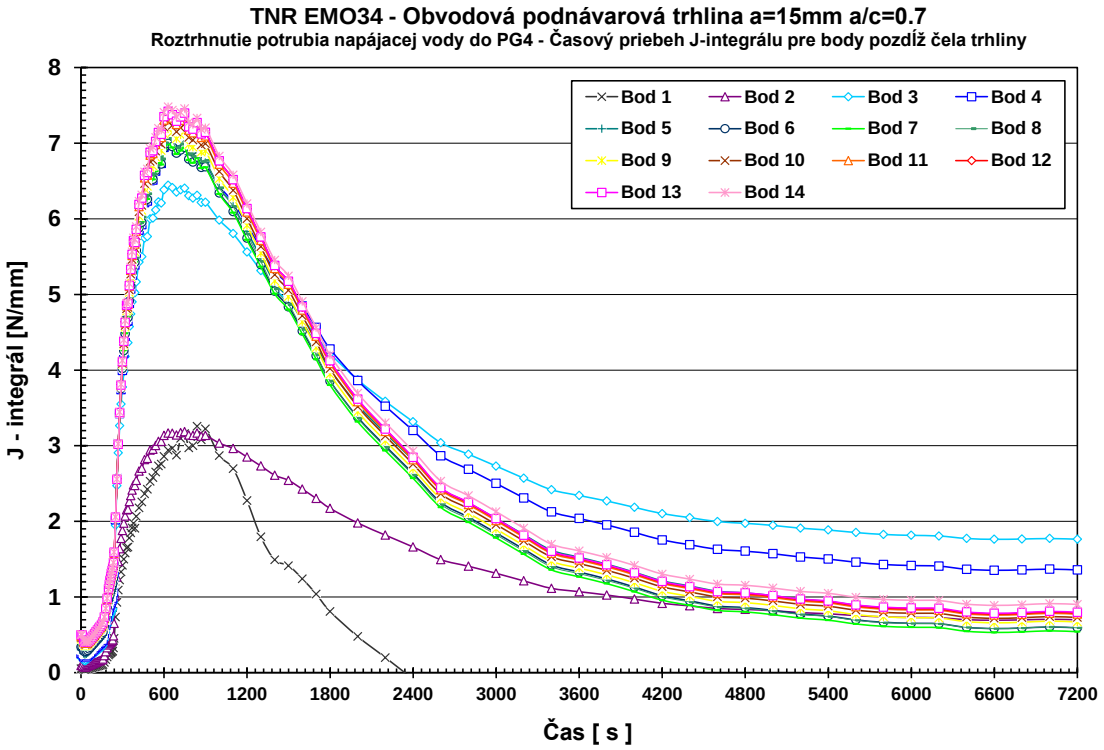


Obr. 7.2.1.10.9-A-27: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS3

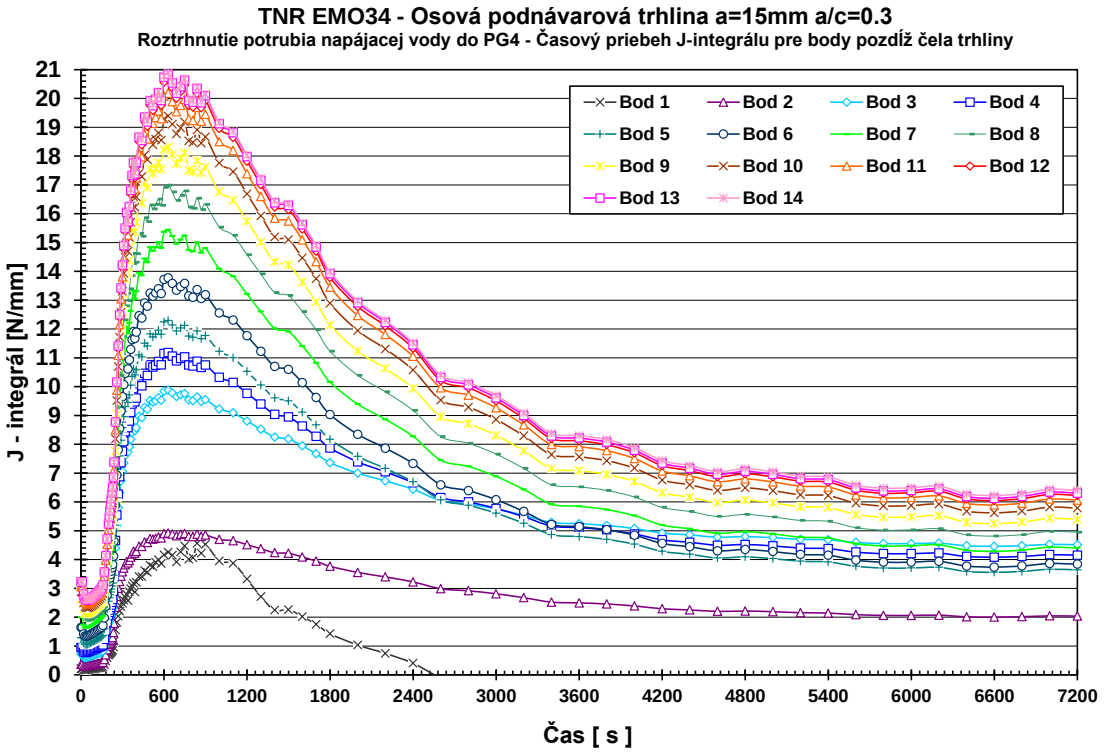
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



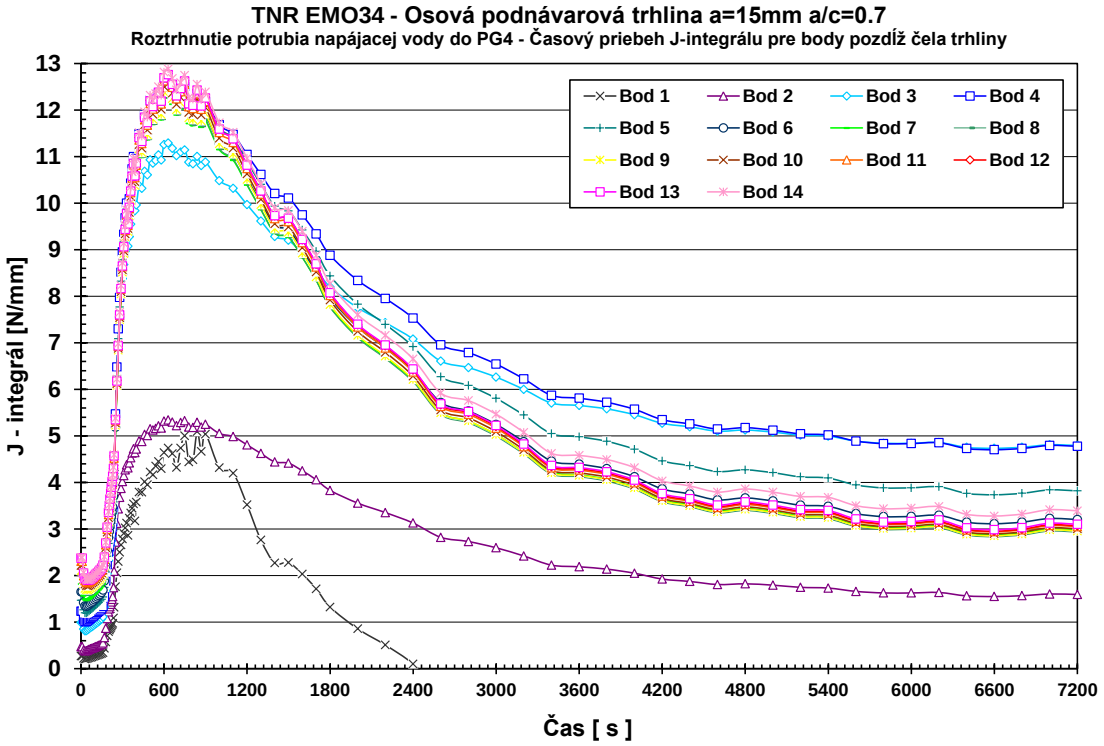
Obr. 7.2.1.10.9-A-28: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



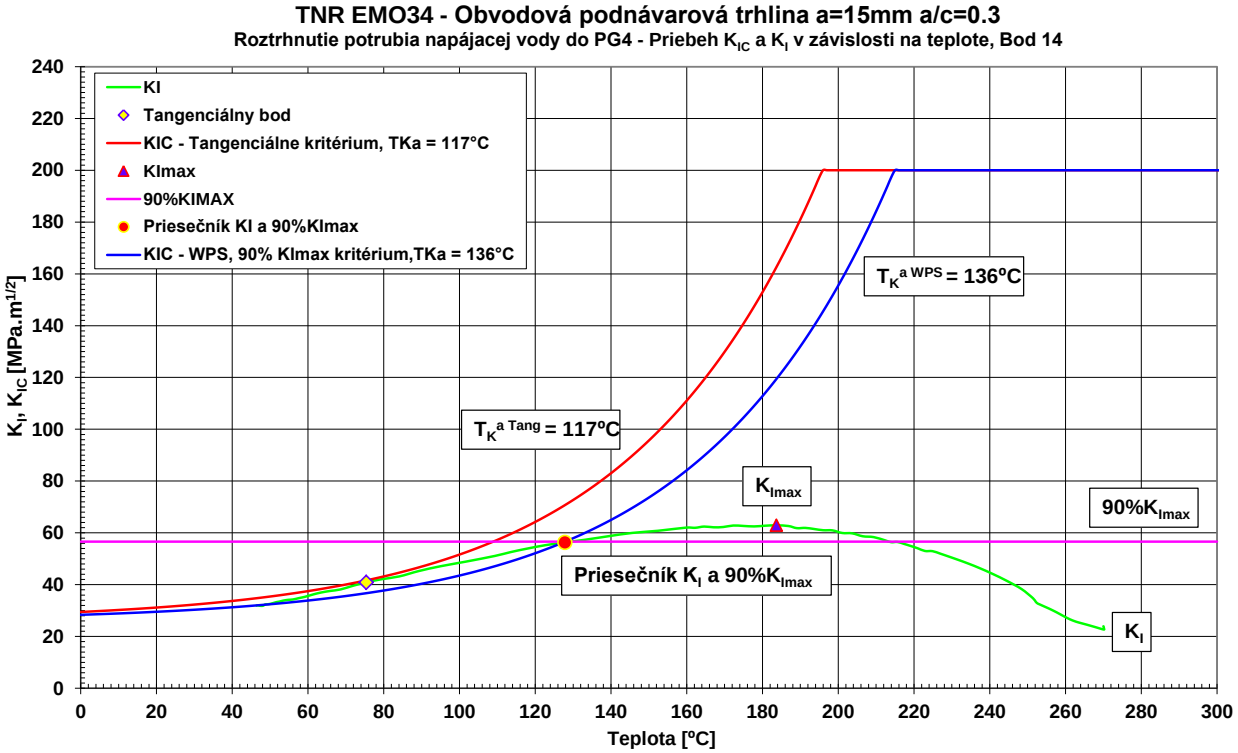
Obr. 7.2.1.10.9-A-29: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



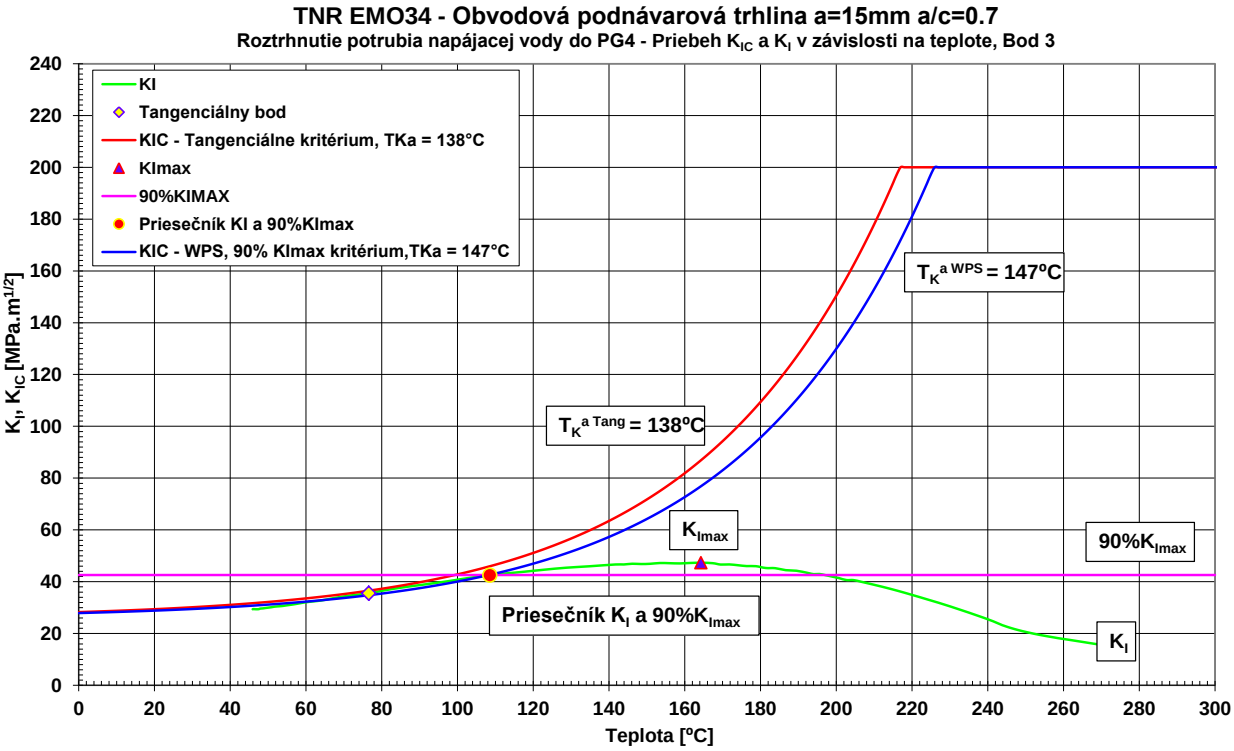
Obr. 7.2.1.10.9-A-30: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.3



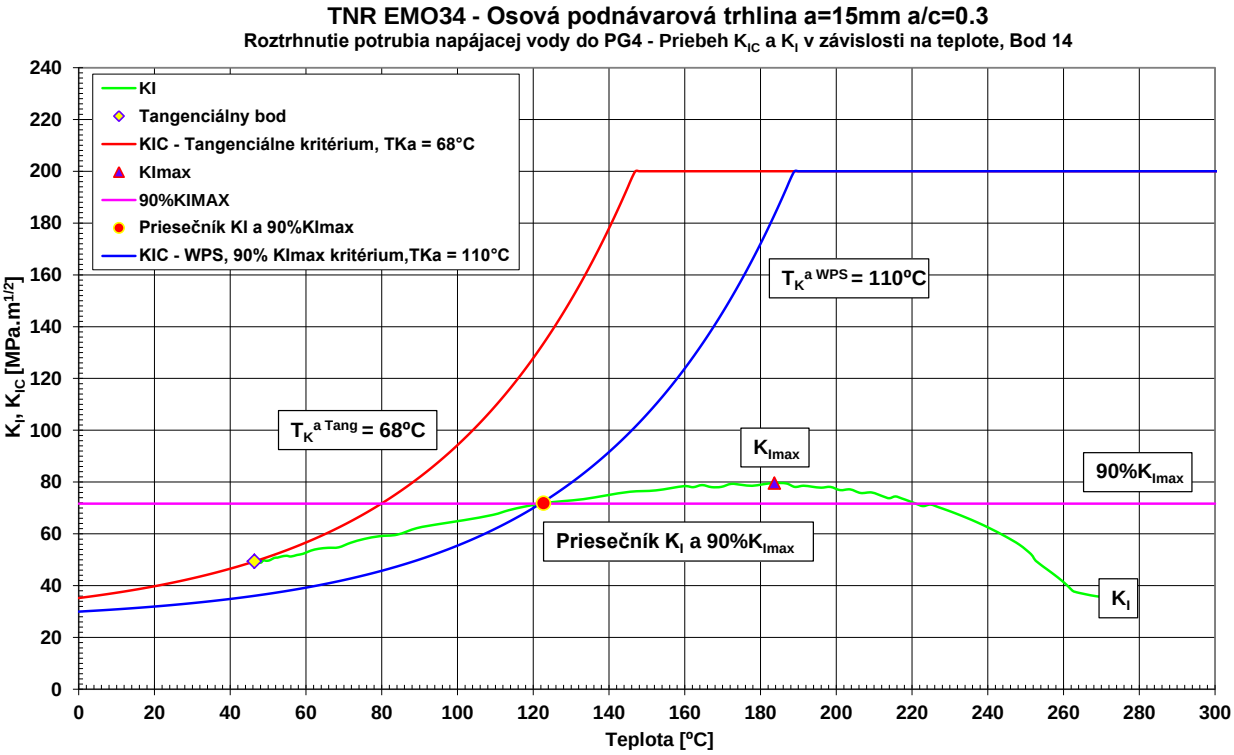
Obr. 7.2.1.10.9-A-31: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0.7



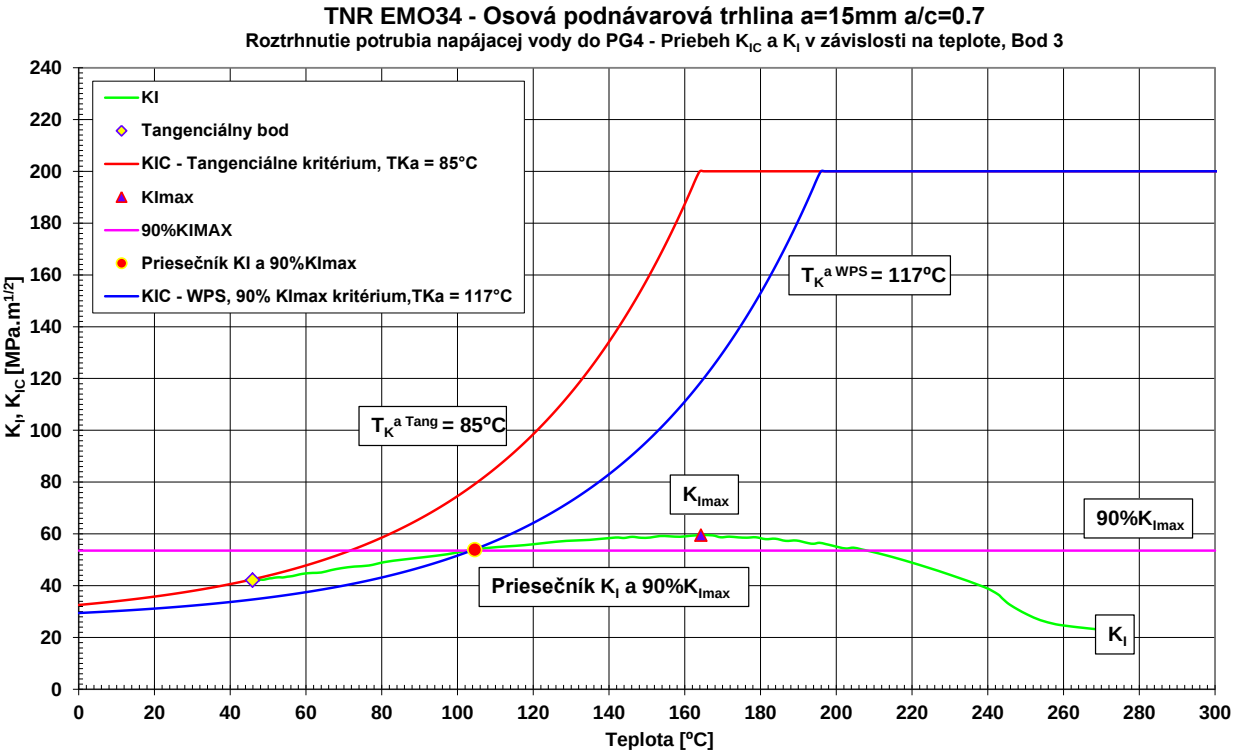
Obr. 7.2.1.10.9-A-32: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.9-A-33: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

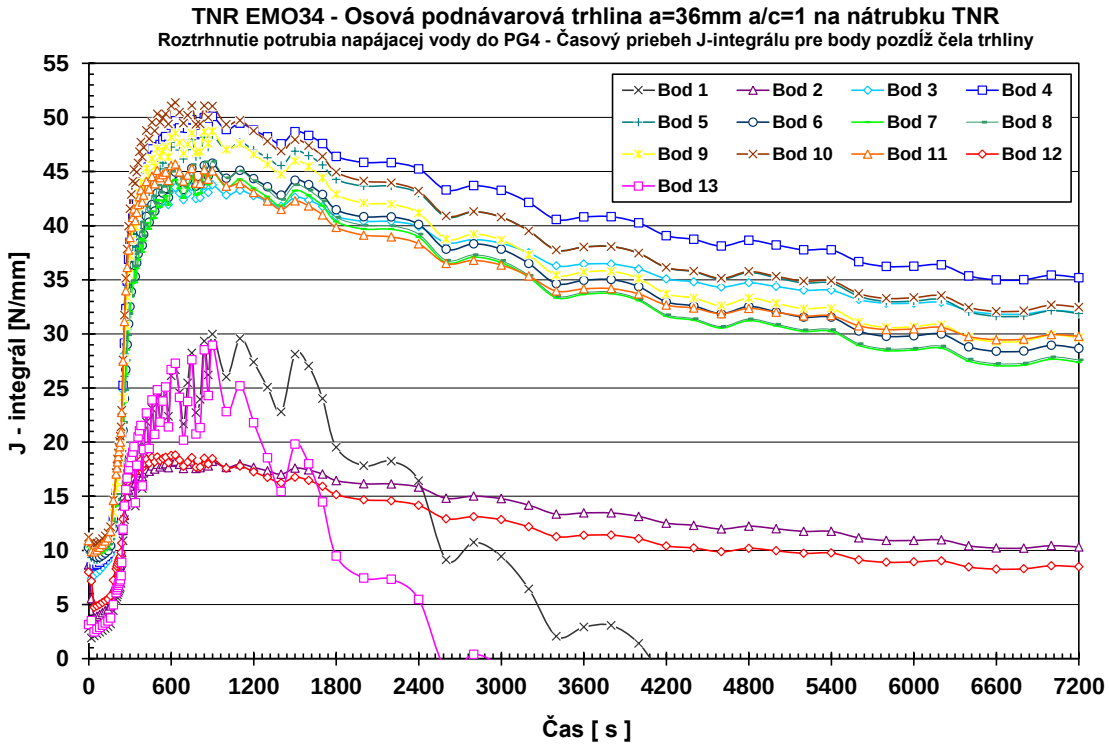


Obr. 7.2.1.10.9-A-34: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3, bod trhliny 14

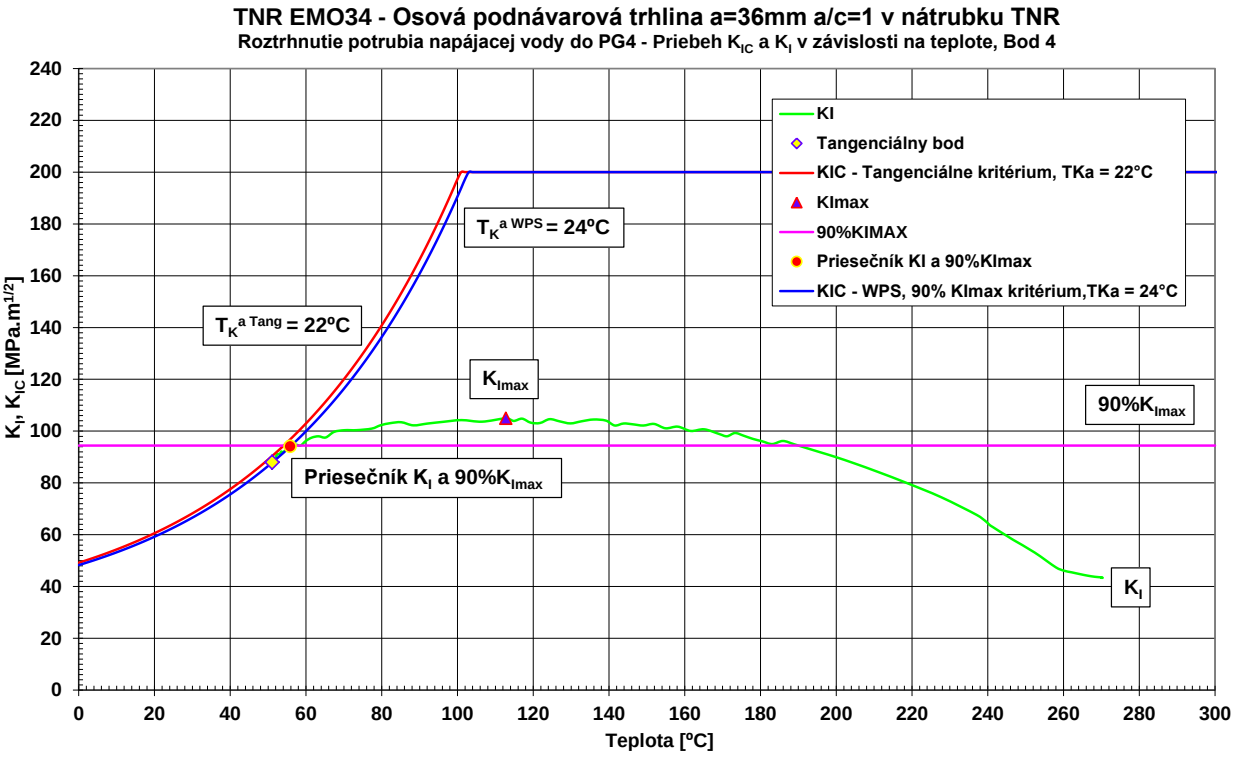


Obr. 7.2.1.10.9-A-35: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7, bod trhliny 3

Hodnotenie integrity nátrubkov TNR



Obr. 7.2.1.10.9-A-36: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=36mm v nátrubku TNR



Obr. 7.2.1.10.9-A-37: Určenie T_{Ka}, osová podnávarová trhlina a=36mm, a/c=1, bod trhliny 4

Príloha č. 19

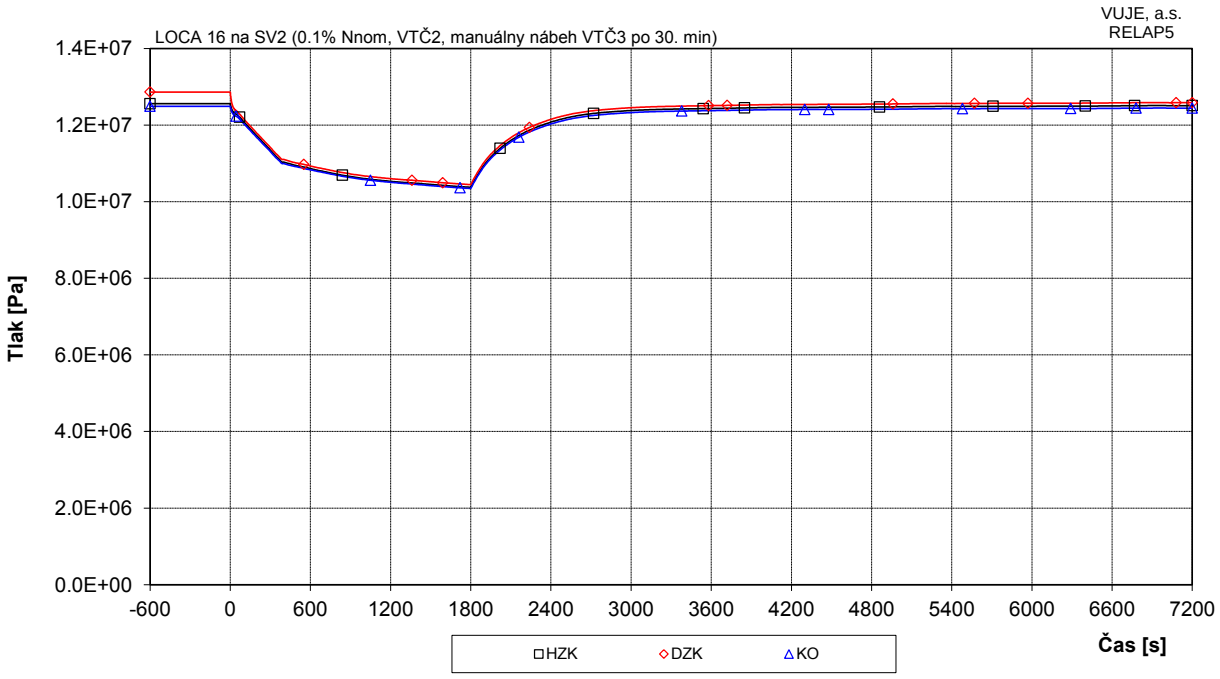
7.2.1.10.10 Externé chladenie tlakovej nádoby reaktora

Scenár A LOCA ø16 mm na studenej vetve č. 2 na nátrubku TNR

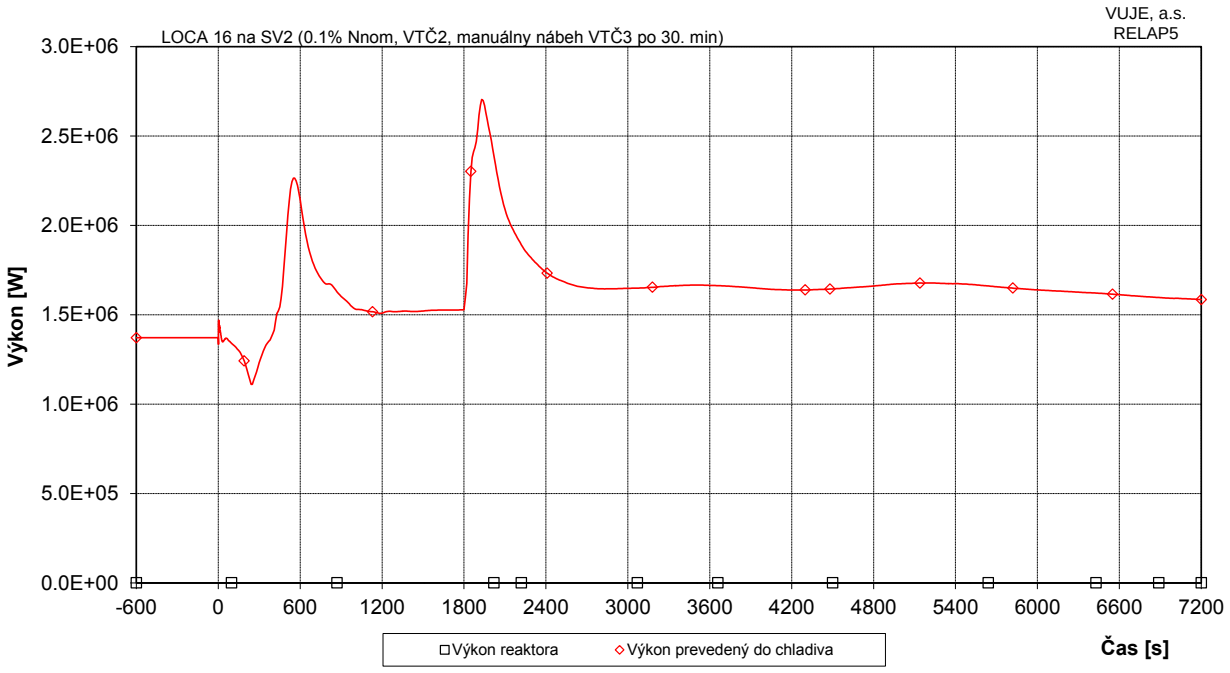
ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 7.2.1.10.10-A-1: Tlak v I.O. ... 3
Obr. 7.2.1.10.10-A-2: Výkon reaktora ... 3
Obr. 7.2.1.10.10-A-3: Teplota chladiva v TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.10-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR ... 4
Obr. 7.2.1.10.10-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR ... 5
Obr. 7.2.1.10.10-A-6: Celkový výkon EOKO ... 5
Obr. 7.2.1.10.10-A-7: Celková hladina v KO ... 6
Obr. 7.2.1.10.10-A-8: Hladina chladiva v TNR ... 6
Obr. 7.2.1.10.10-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor ... 7
Obr. 7.2.1.10.10-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR ... 7
Obr. 7.2.1.10.10-A-11: Doplňovanie do I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.10-A-12: Integrál doplňovania do I.O. ... 8
Obr. 7.2.1.10.10-A-13: Výkon PG ... 9
Obr. 7.2.1.10.10-A-14: Hmotnosť chladiva v I.O. ... 9
Obr. 7.2.1.10.10-A-15: Tlak na výstupe z PG ... 10
Obr. 7.2.1.10.10-A-16: Tlak v HPK ... 10
Obr. 7.2.1.10.10-A-17: Celková hladina v PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.10-A-18: Celkový prietok napájacej vody do PG ... 11
Obr. 7.2.1.10.10-A-19: Prietok pary z PG ... 12
Obr. 7.2.1.10.10-A-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch ... 12
Obr. 7.2.1.10.10-A-21: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O. ... 13
Obr. 7.2.1.10.10-A-22: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS3 (vnútorná stena TNR) ... 13
Obr. 7.2.1.10.10-A-23: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS3 (vnútorná stena TNR) ... 14
Obr. 7.2.1.10.10-A-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 (vonkajšia stena TNR) ... 14
Obr. 7.2.1.10.10-A-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 (vonkajšia stena TNR) ... 15
Obr. 7.2.1.10.10-A-26: J-integrál – obvodová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,3 na vonkajšom povrchu ... 15
Obr. 7.2.1.10.10-A-27: J-integrál – obvodová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,7 na vonkajšom povrchu ... 16
Obr. 7.2.1.10.10-A-28: J-integrál – osová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,3 na vonkajšom povrchu ... 16
Obr. 7.2.1.10.10-A-29: J-integrál – osová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,7 na vonkajšom povrchu ... 17
Obr. 7.2.1.10.10-A-30: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 na vnútornom povrchu ... 17
Obr. 7.2.1.10.10-A-31: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 na vnútornom povrchu ... 18
Obr. 7.2.1.10.10-A-32: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 na vnútornom povrchu ... 18
Obr. 7.2.1.10.10-A-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 na vnútornom povrchu ... 19

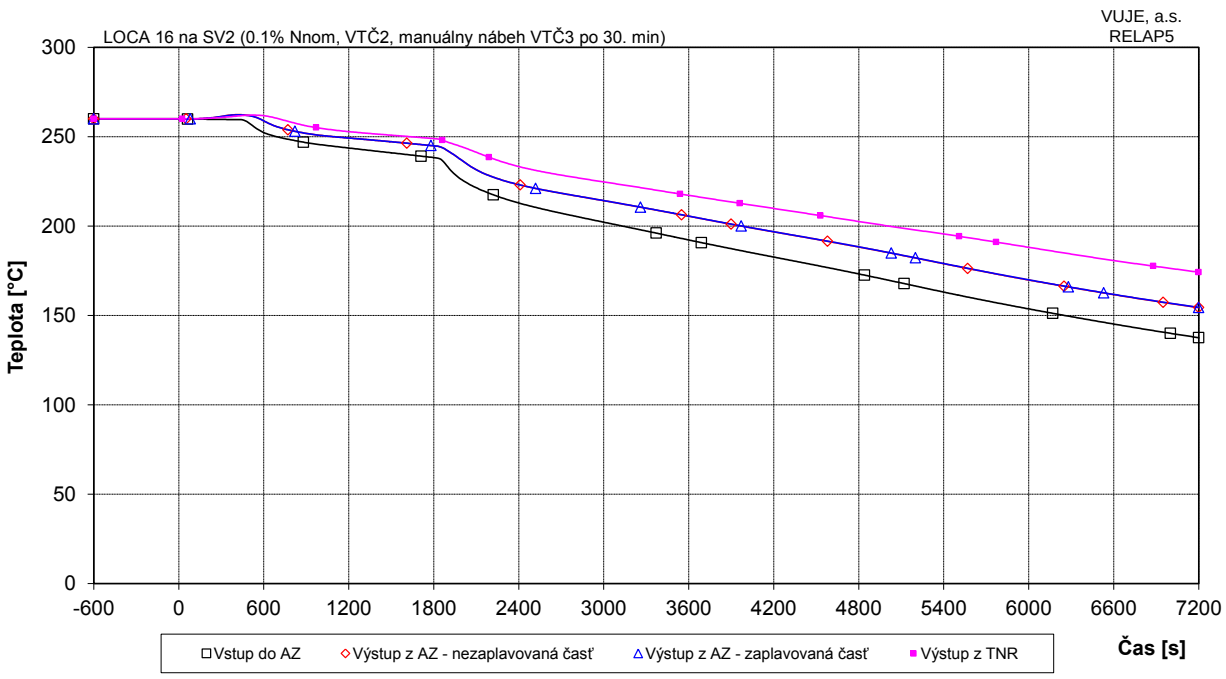
Obr. 7.2.1.10.10-A-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=11mm, a/c=0.3 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 9 19
Obr. 7.2.1.10.10-A-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=11mm, a/c=0.7 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 3 20
Obr. 7.2.1.10.10-A-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=11mm, a/c=0.3 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 2 20
Obr. 7.2.1.10.10-A-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=11mm, a/c=0.7 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 3 21
Obr. 7.2.1.10.10-A-38: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3 na vnútornom povrchu, bod trhliny 14 21
Obr. 7.2.1.10.10-A-39: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7 na vnútornom povrchu, bod trhliny 3 22
Obr. 7.2.1.10.10-A-40: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3 na vnútornom povrchu, bod trhliny 14 22
Obr. 7.2.1.10.10-A-41: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7 na vnútornom povrchu, bod trhliny 4 23



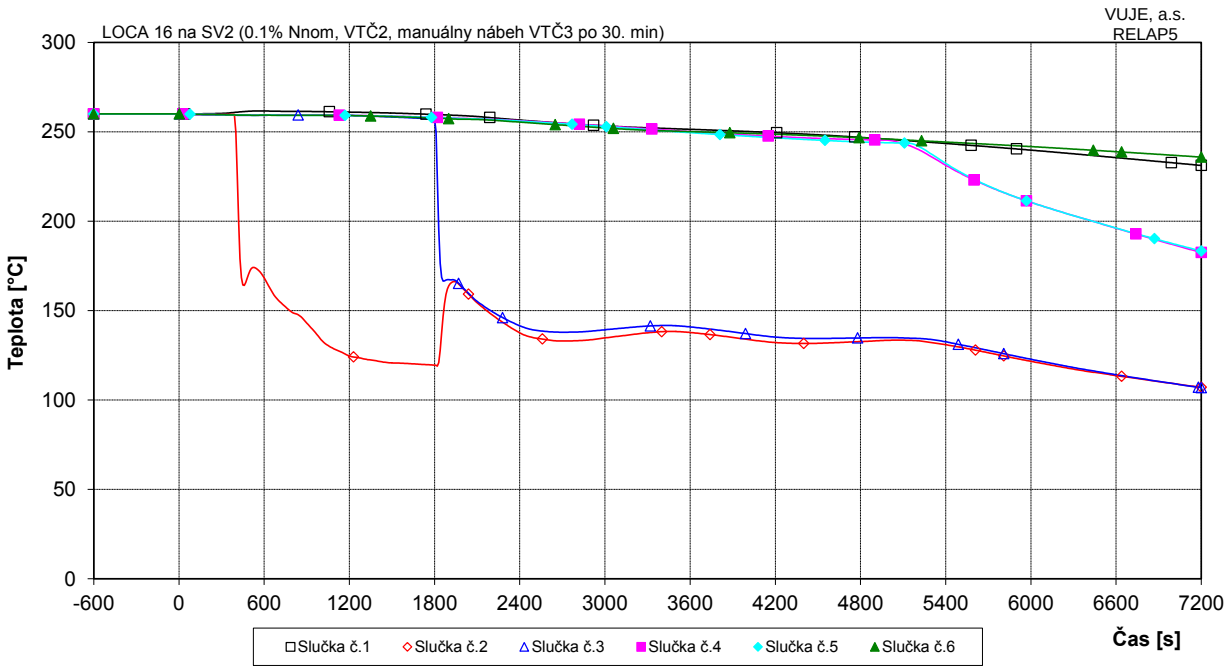
Obr. 7.2.1.10.10-A-1: Tlak v I.O.



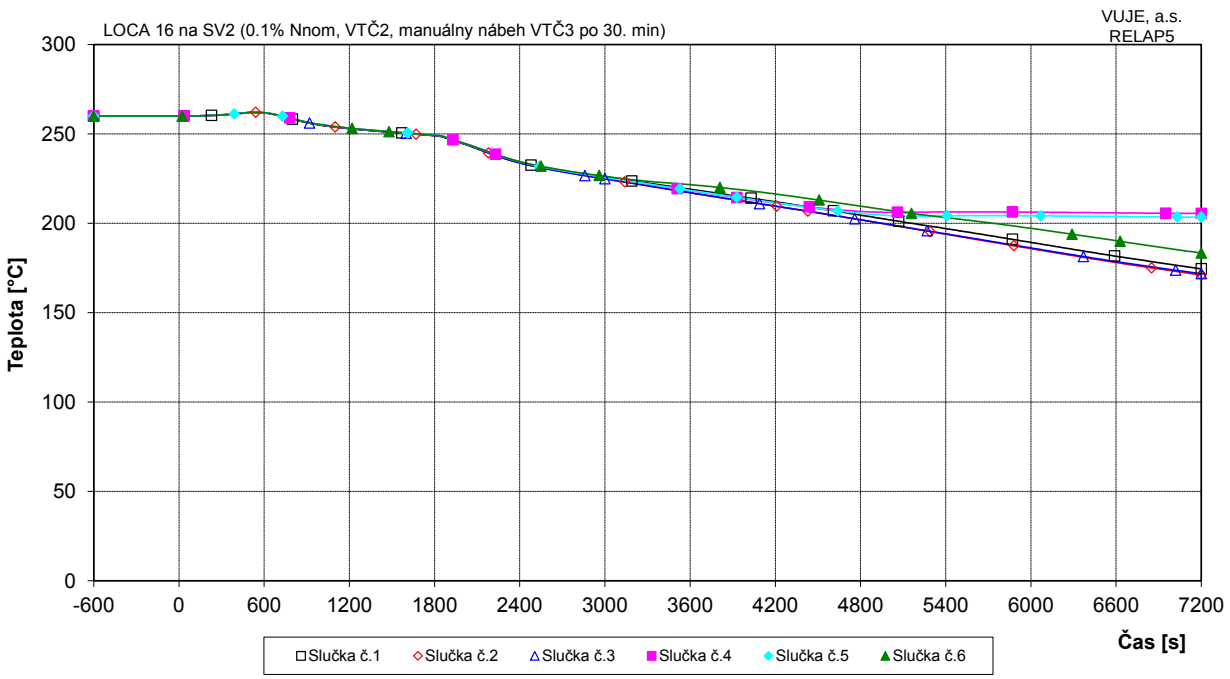
Obr. 7.2.1.10.10-A-2: Výkon reaktora



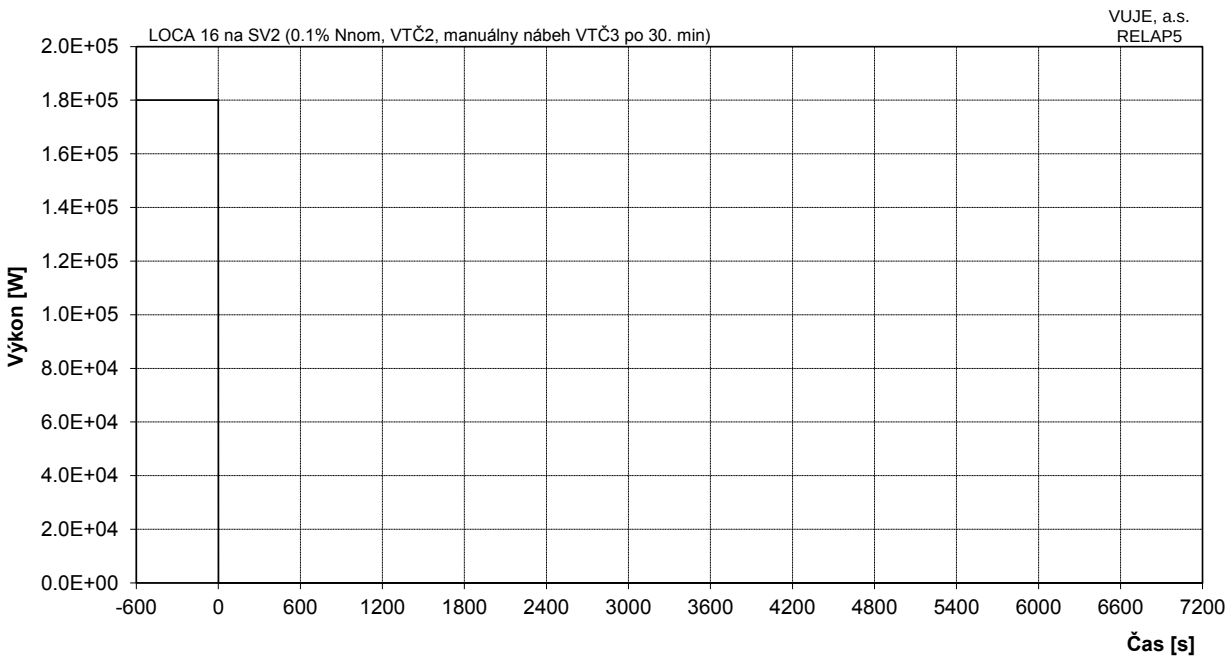
Obr. 7.2.1.10.10-A-3: Teplota chladiva v TNR



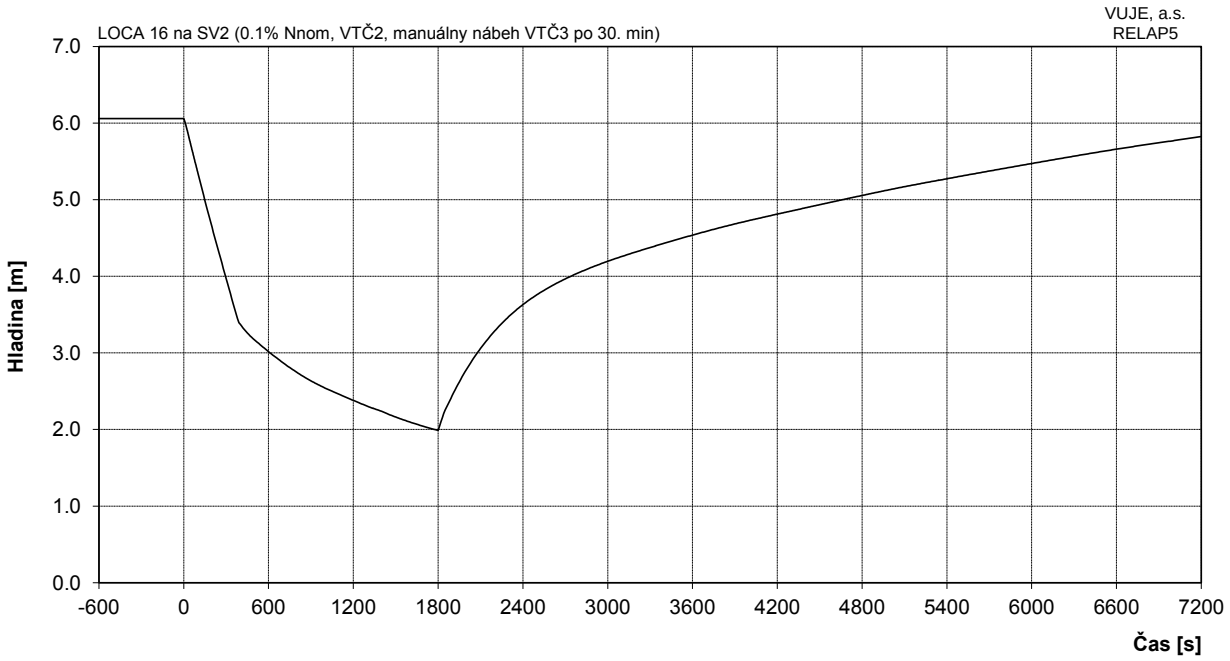
Obr. 7.2.1.10.10-A-4: Teplota chladiva na vstupe do TNR



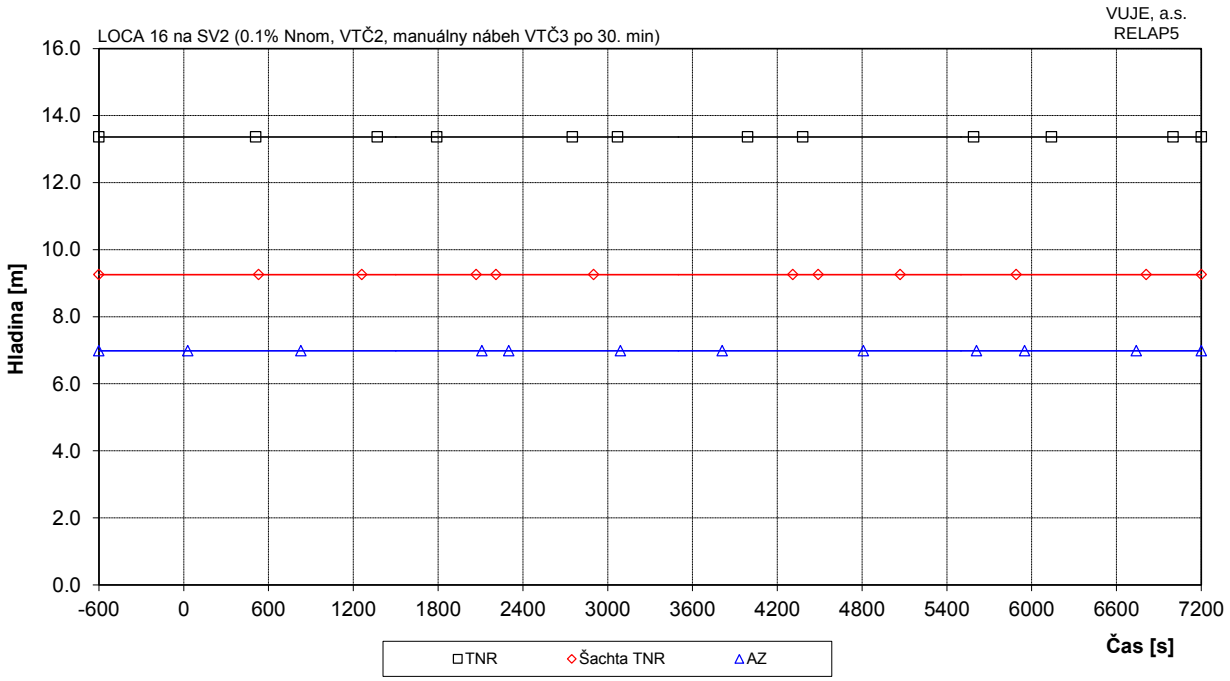
Obr. 7.2.1.10.10-A-5: Teplota chladiva na výstupe z TNR



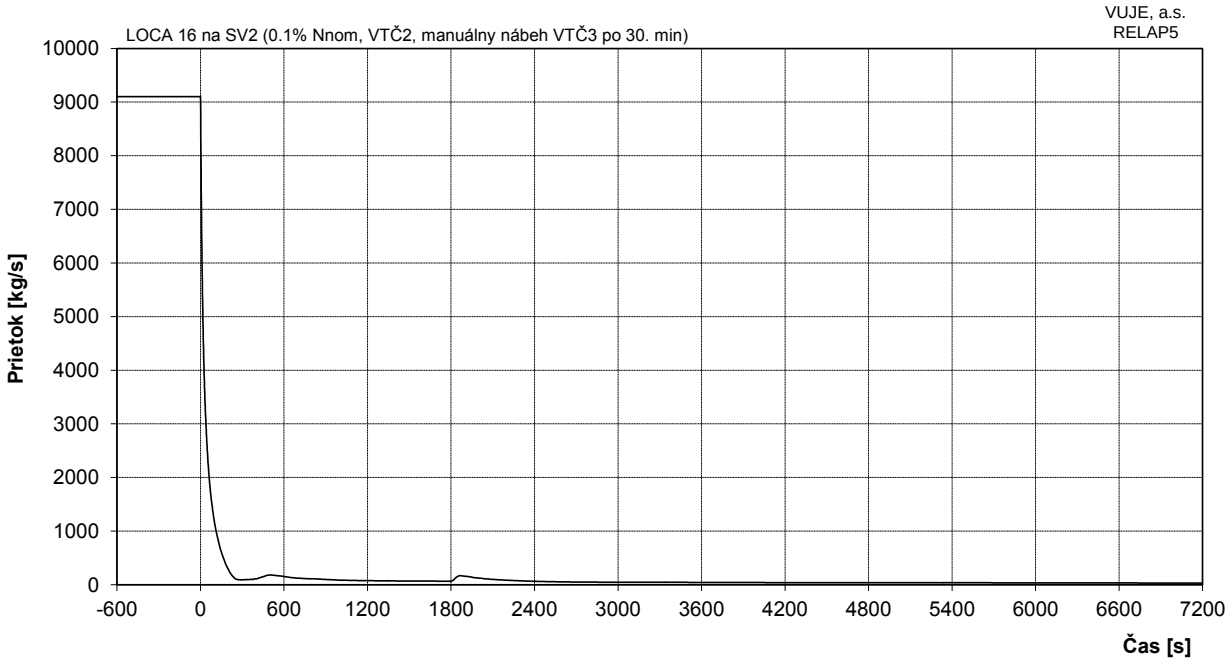
Obr. 7.2.1.10.10-A-6: Celkový výkon EOKO



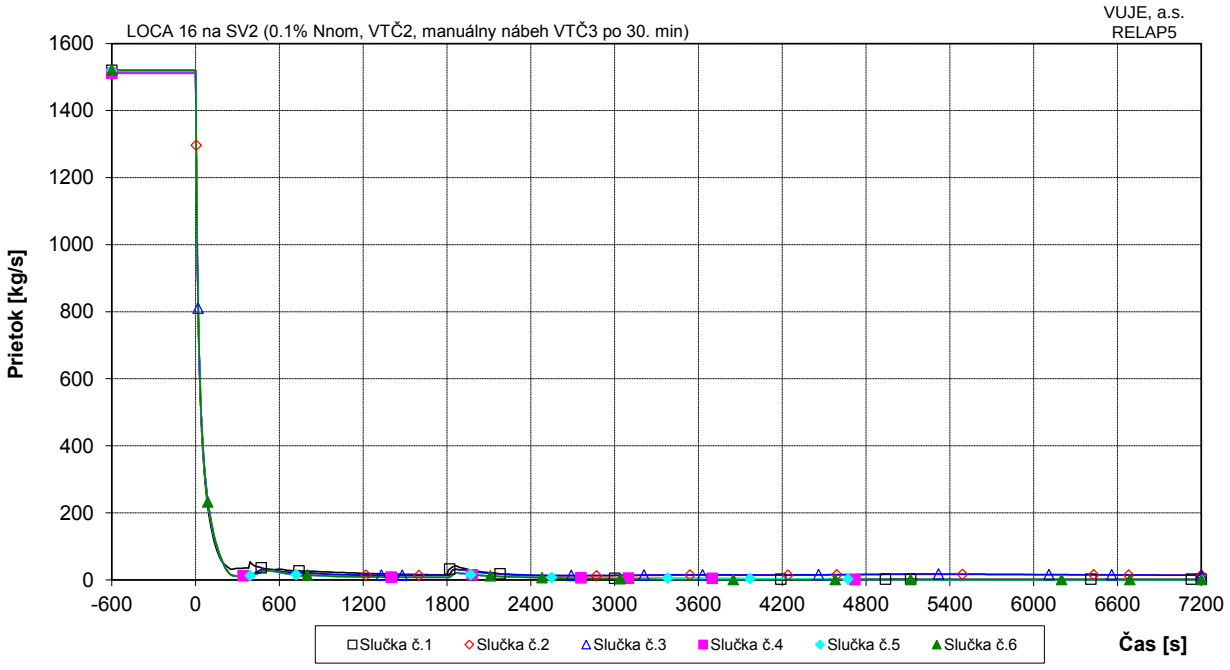
Obr. 7.2.1.10.10-A-7: Celková hladina v KO



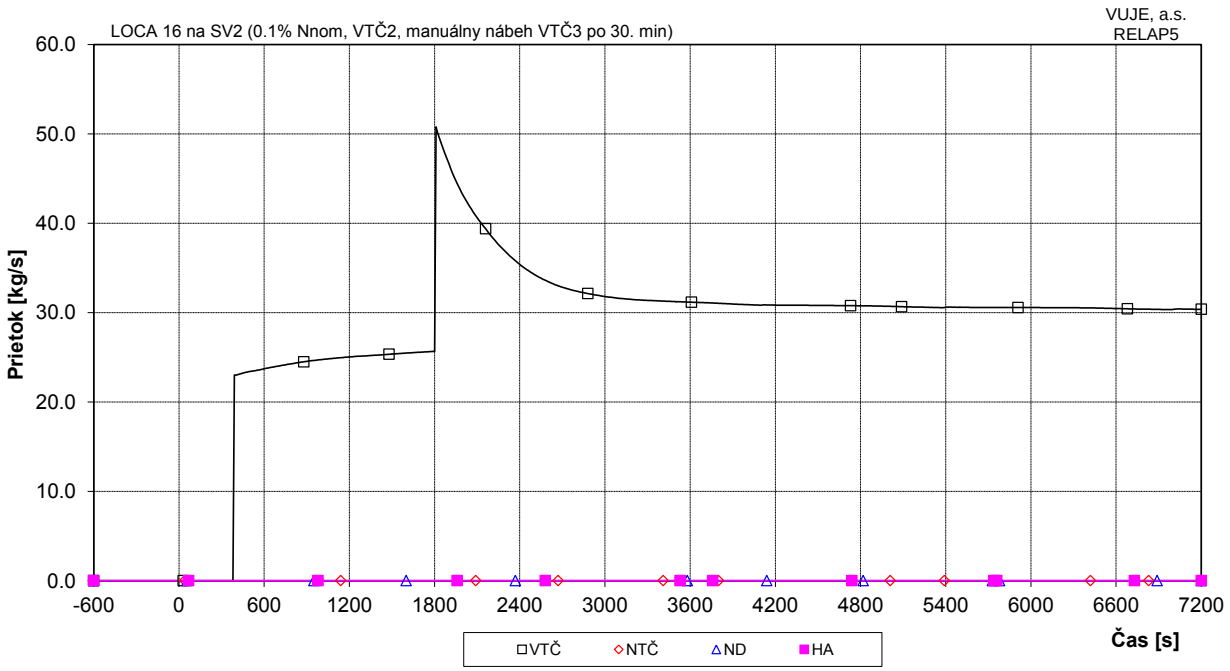
Obr. 7.2.1.10.10-A-8: Hladina chladiva v TNR



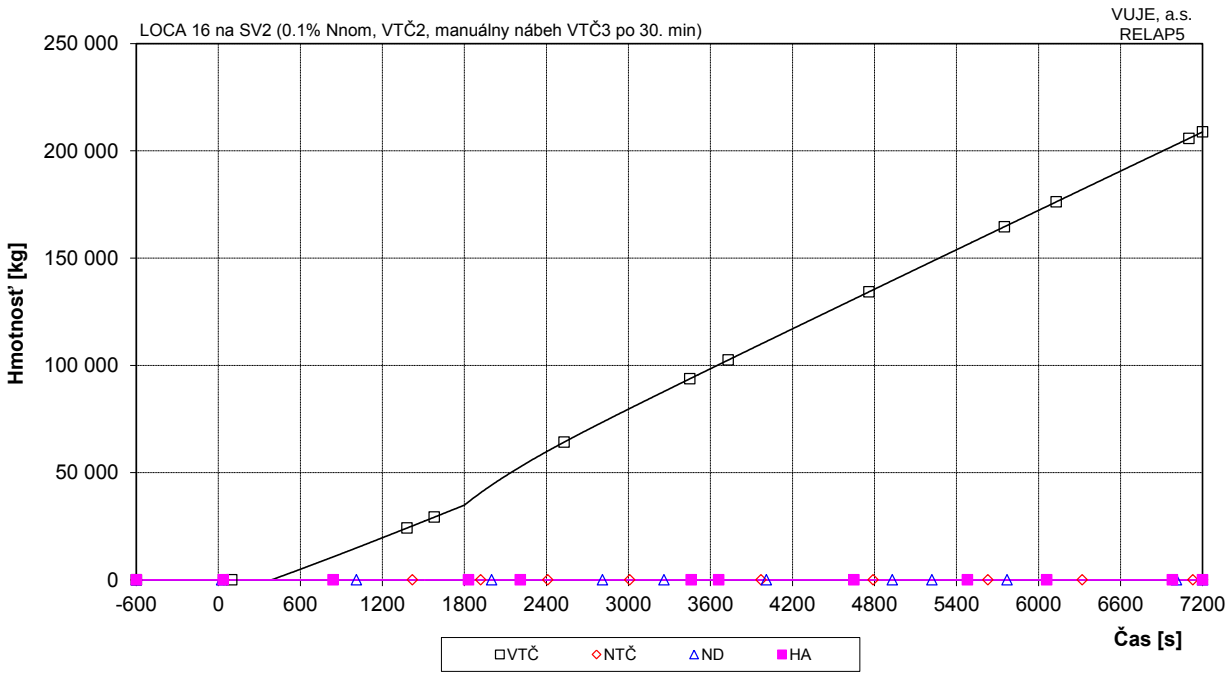
Obr. 7.2.1.10.10-A-9: Hmotnostný prietok cez reaktor



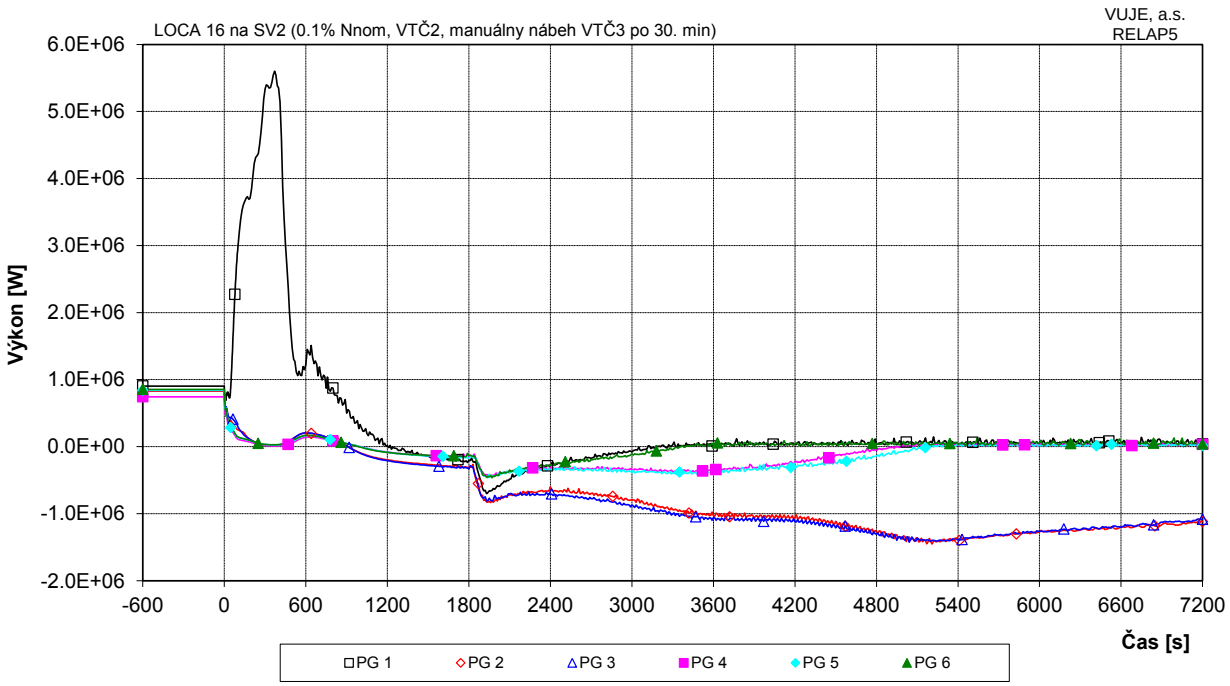
Obr. 7.2.1.10.10-A-10: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



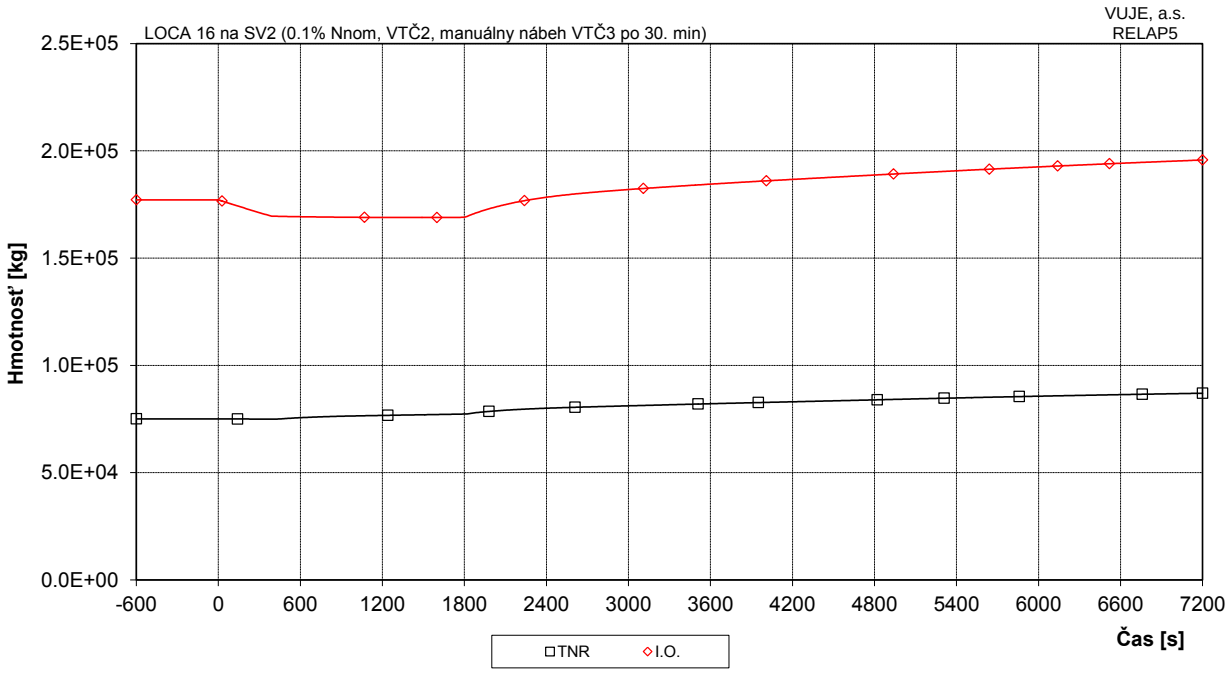
Obr. 7.2.1.10.10-A-11: Doplňovanie do I.O.



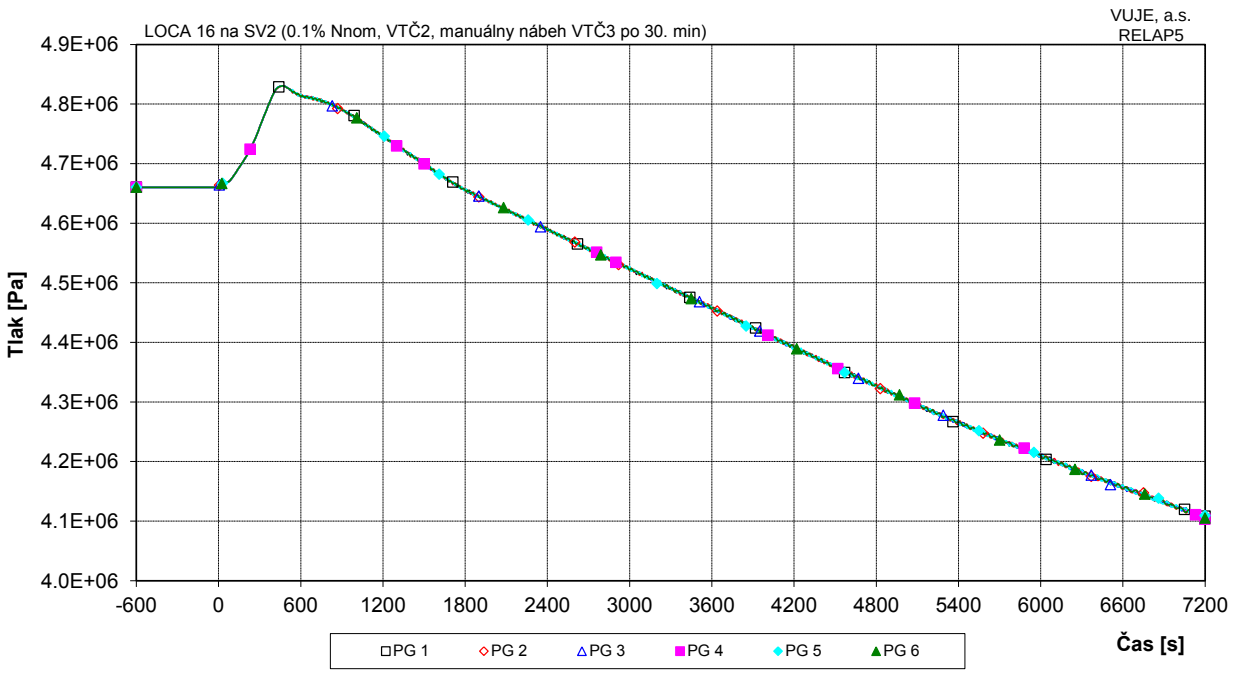
Obr. 7.2.1.10.10-A-12: Integrál doplňovania do I.O.



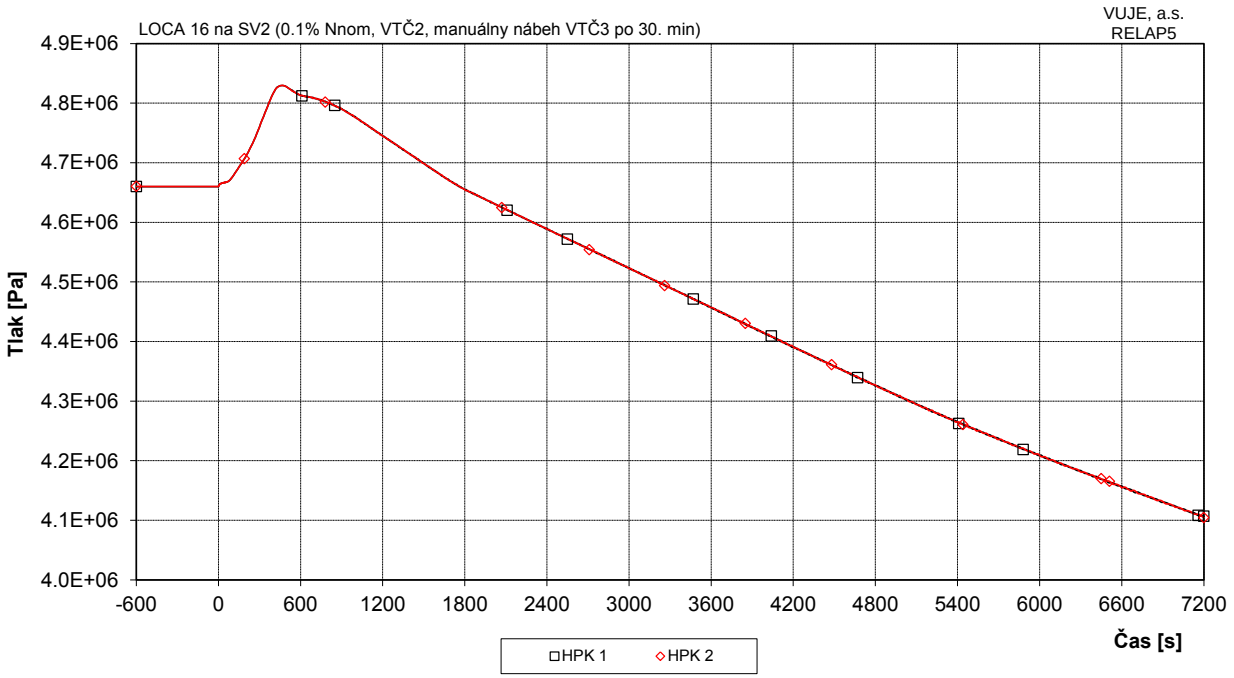
Obr. 7.2.1.10.10-A-13: Výkon PG



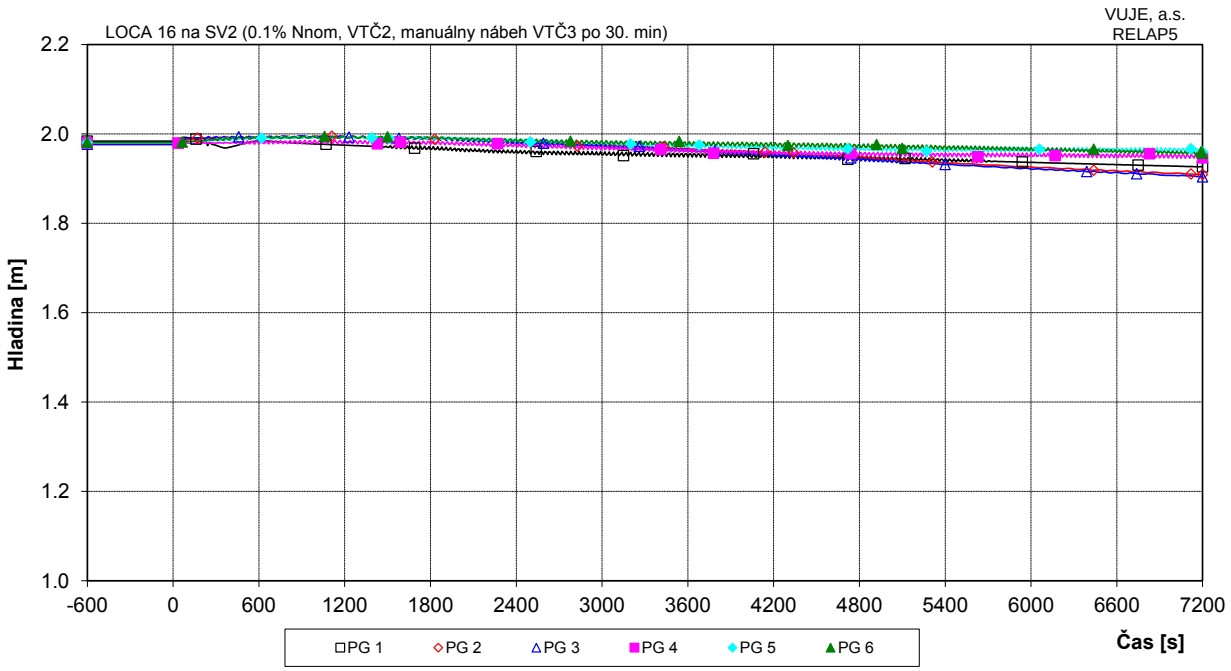
Obr. 7.2.1.10.10-A-14: Hmotnosť chladiva v I.O.



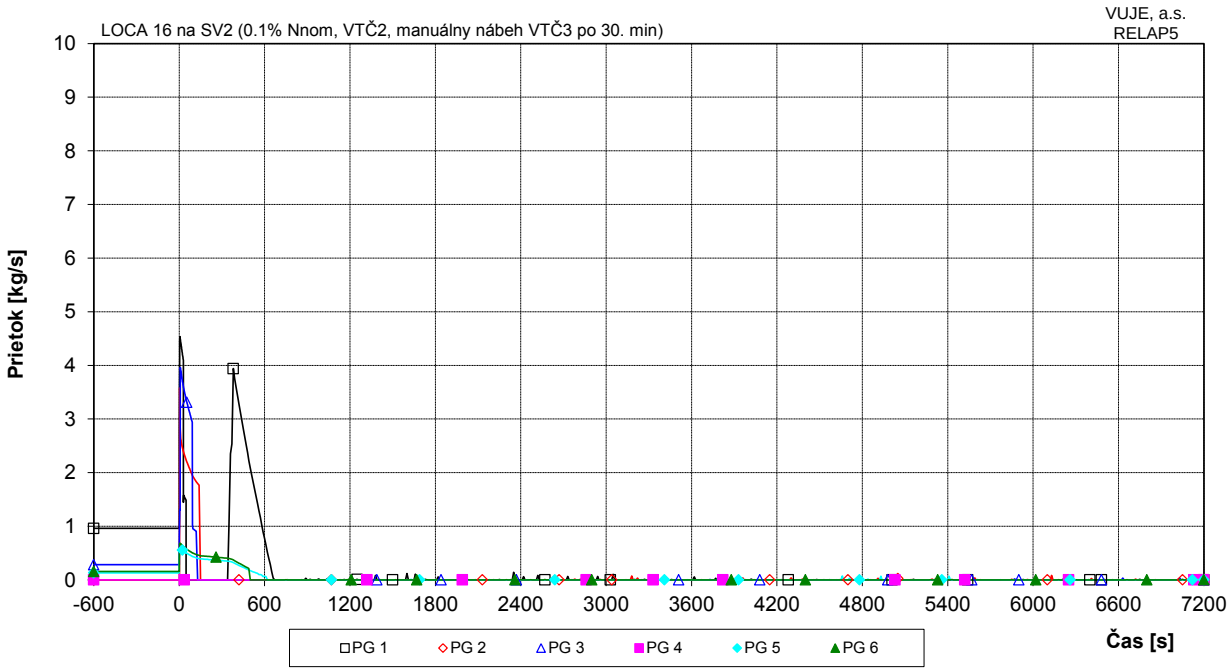
Obr. 7.2.1.10.10-A-15: Tlak na výstupe z PG



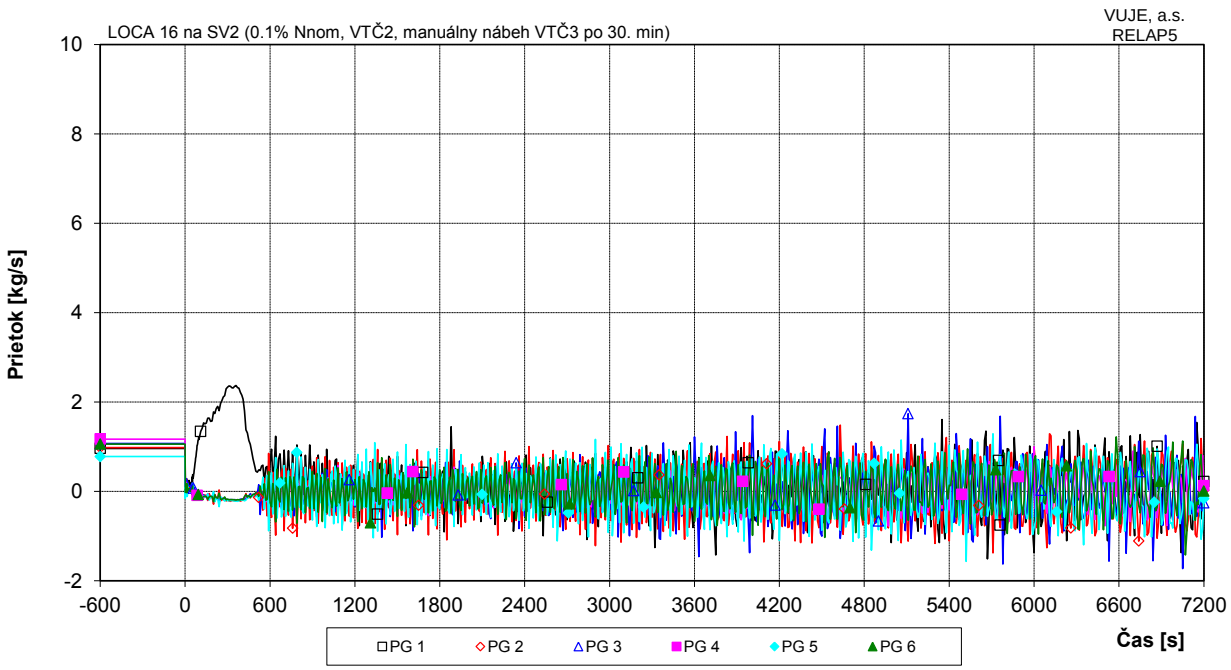
Obr. 7.2.1.10.10-A-16: Tlak v HPK



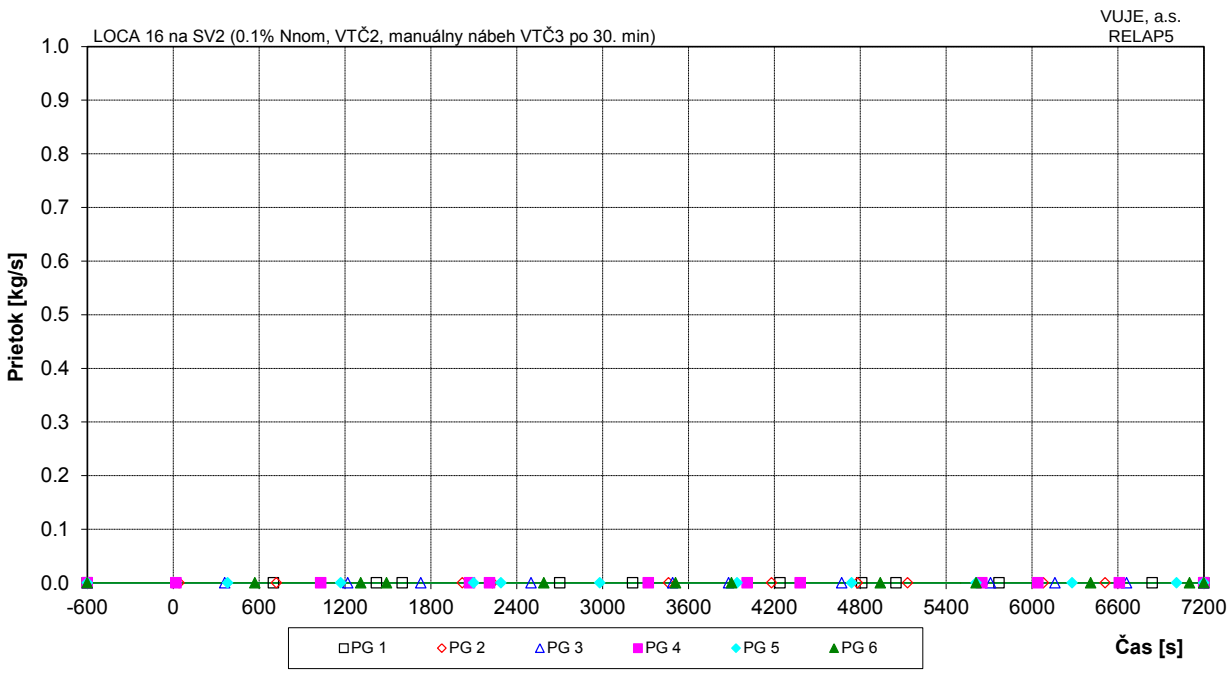
Obr. 7.2.1.10.10-A-17: Celková hladina v PG



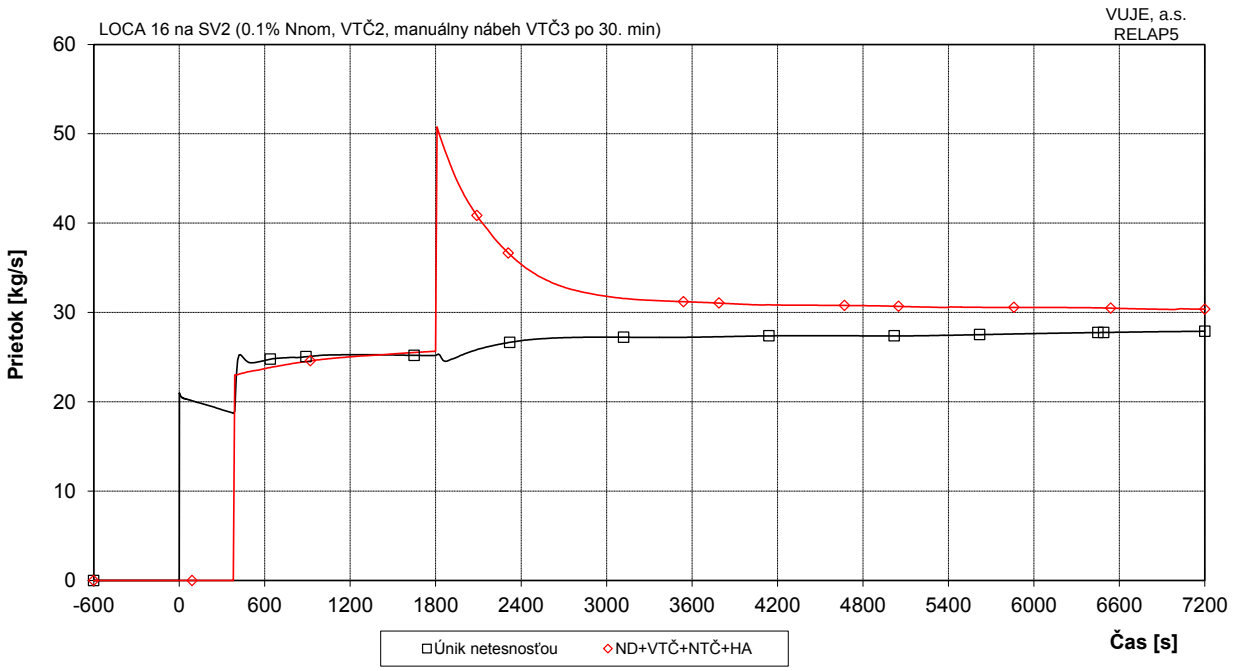
Obr. 7.2.1.10.10-A-18: Celkový prietok napájacej vody do PG



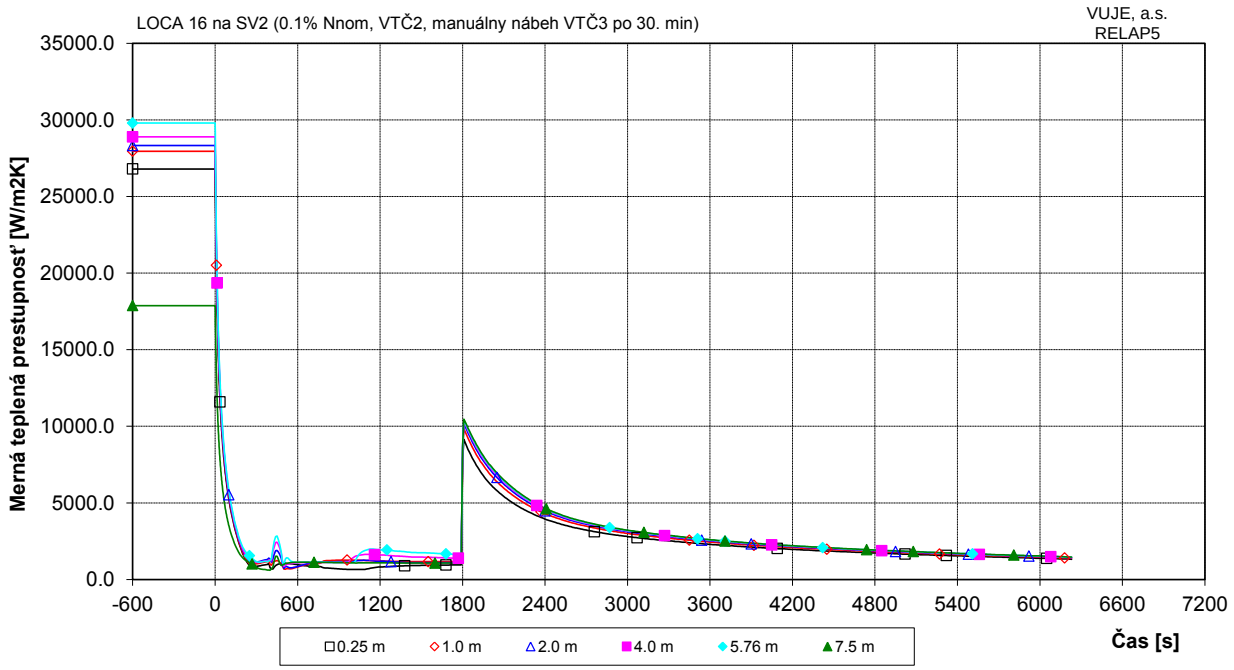
Obr. 7.2.1.10.10-A-19: Prietok pary z PG



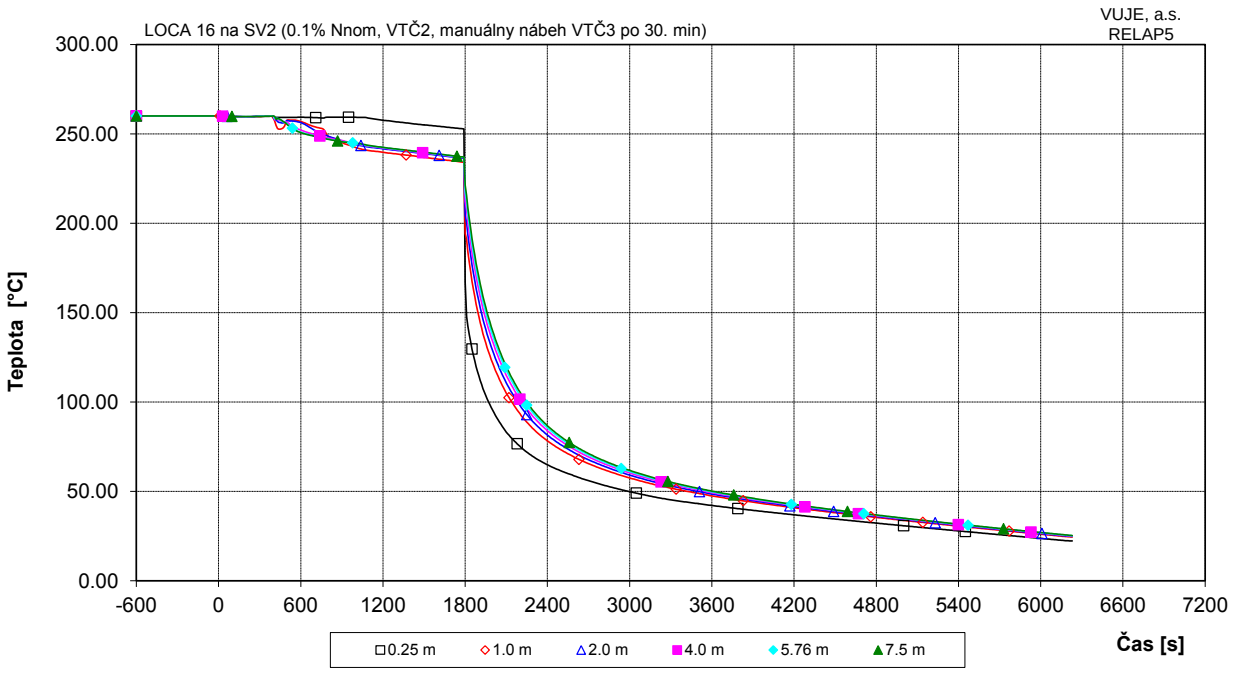
Obr. 7.2.1.10.10-A-20: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



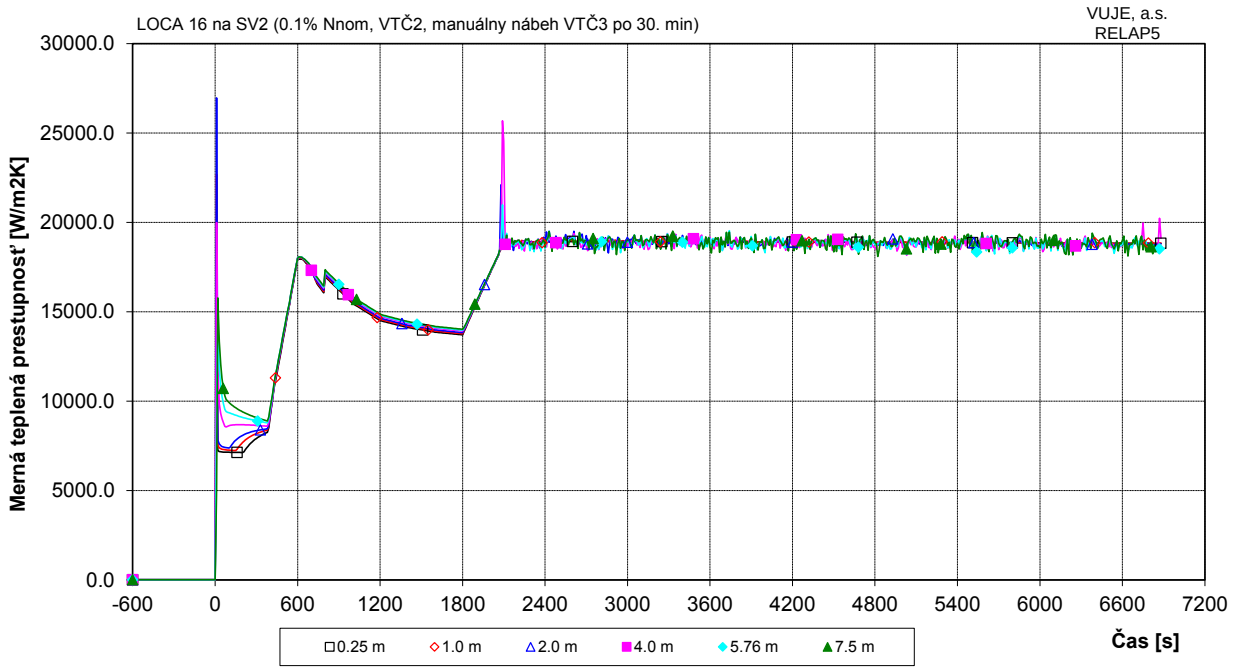
Obr. 7.2.1.10.10-A-21: Celkový únik netesnosťou a celkové dopňovanie do I.O.



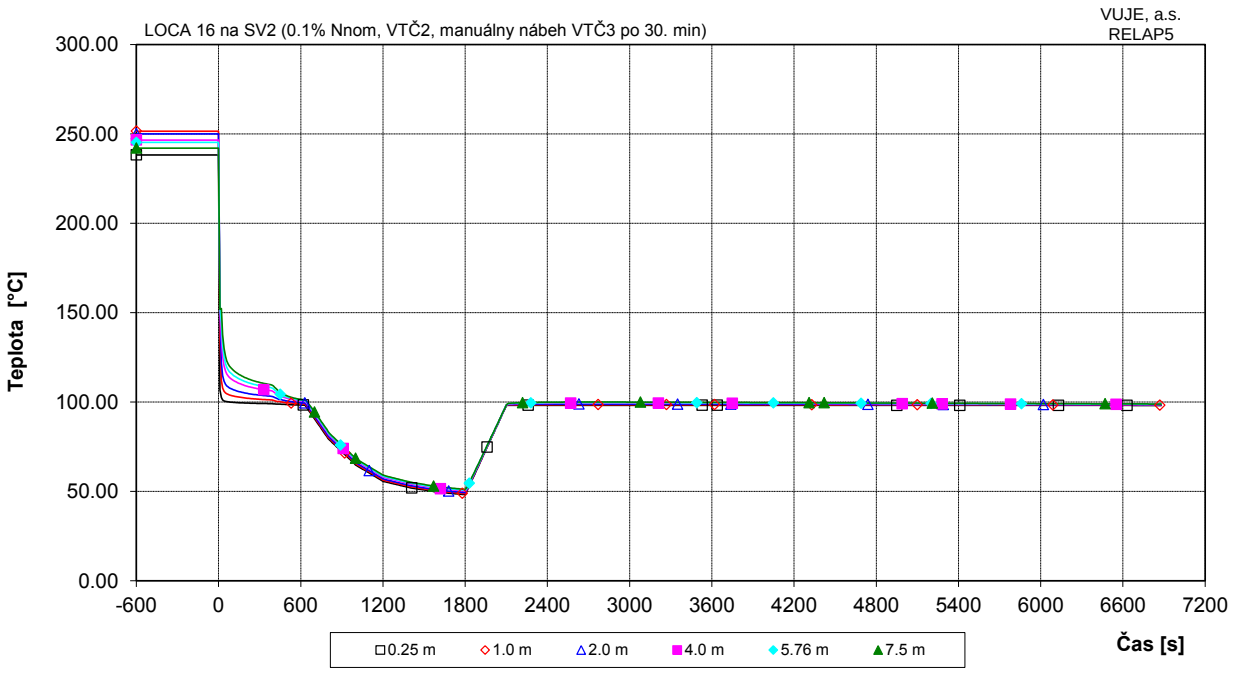
Obr. 7.2.1.10.10-A-22: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS3 (vnútorná stena TNR)



Obr. 7.2.1.10.10-A-23: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS3 (vnútorná stena TNR)

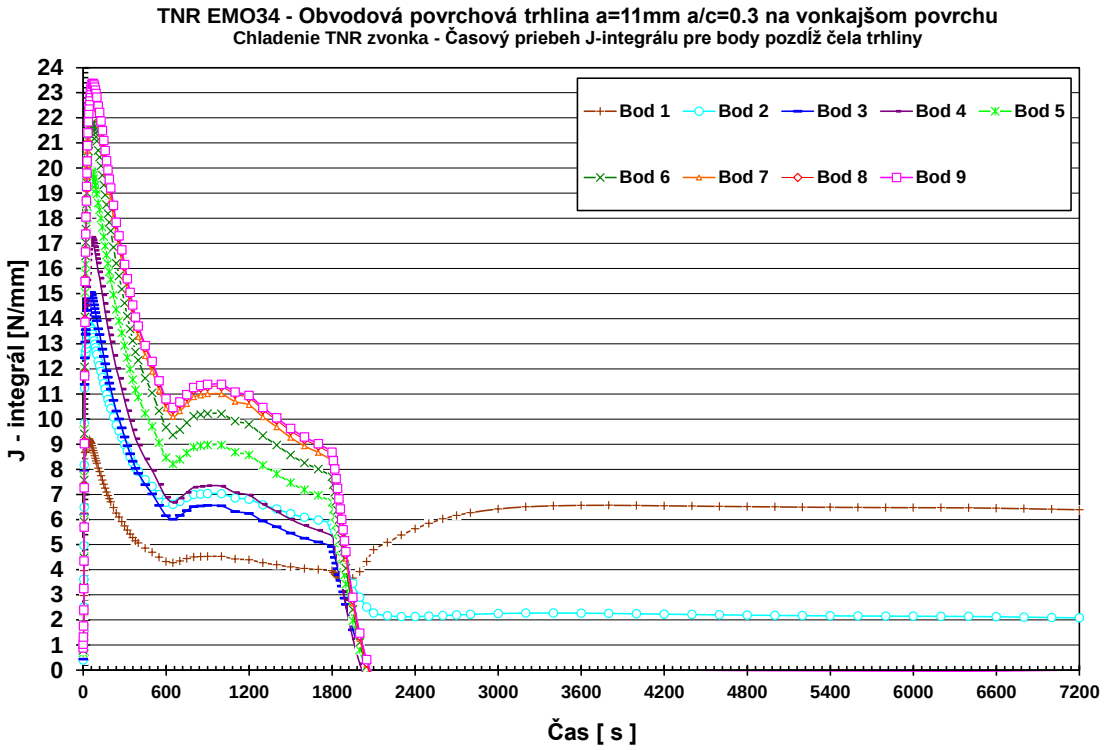


Obr. 7.2.1.10.10-A-24: Merná tepelná prestupnosť pod nátrubkom HCS2 (vonkajšia stena TNR)

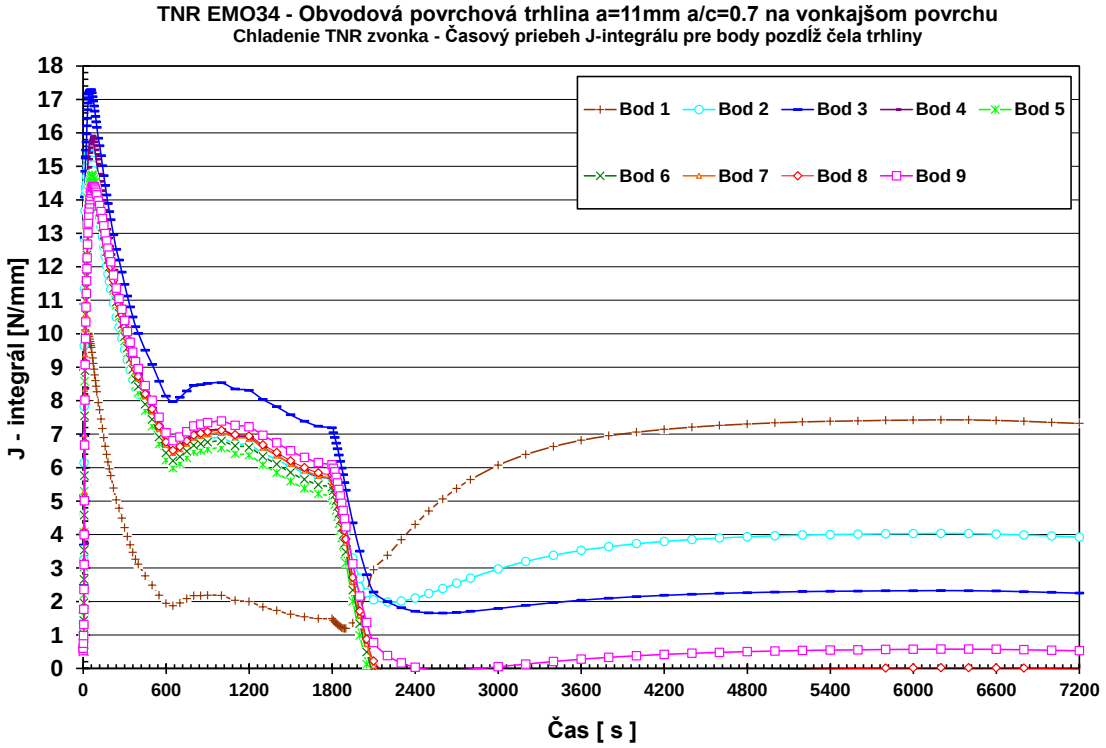


Obr. 7.2.1.10.10-A-25: Teplota chladiva pod nátrubkom HCS2 (vonkajšia stena TNR)

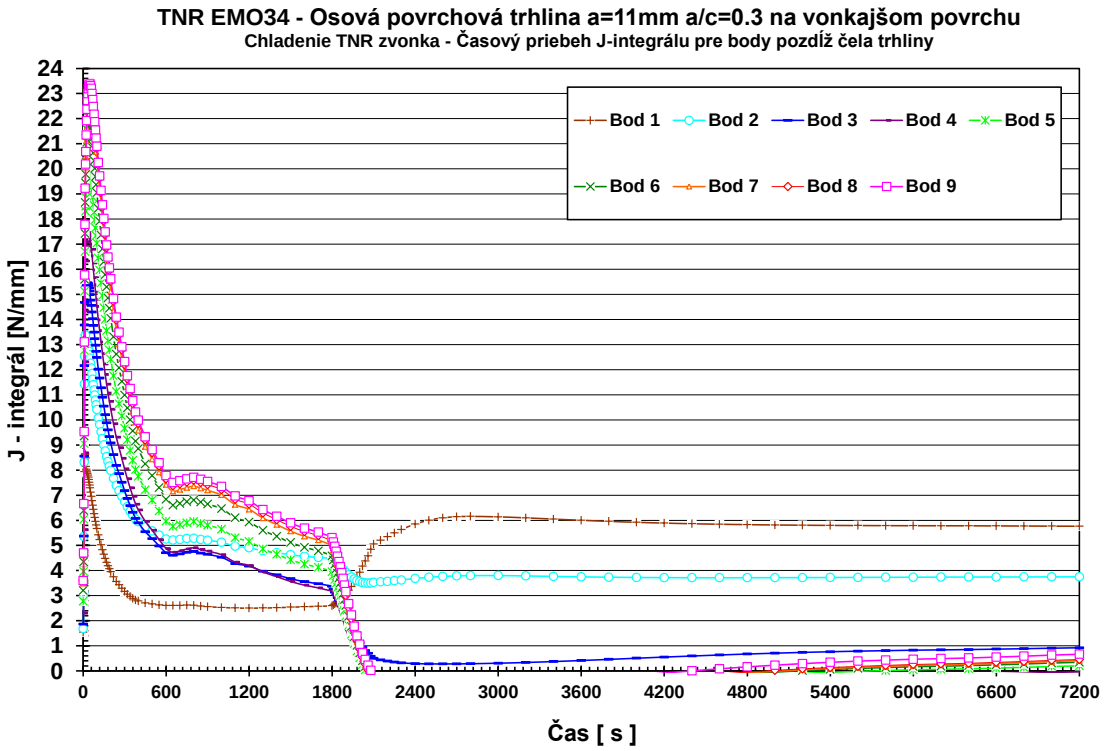
Hodnotenie integrity valcovej časti TNR



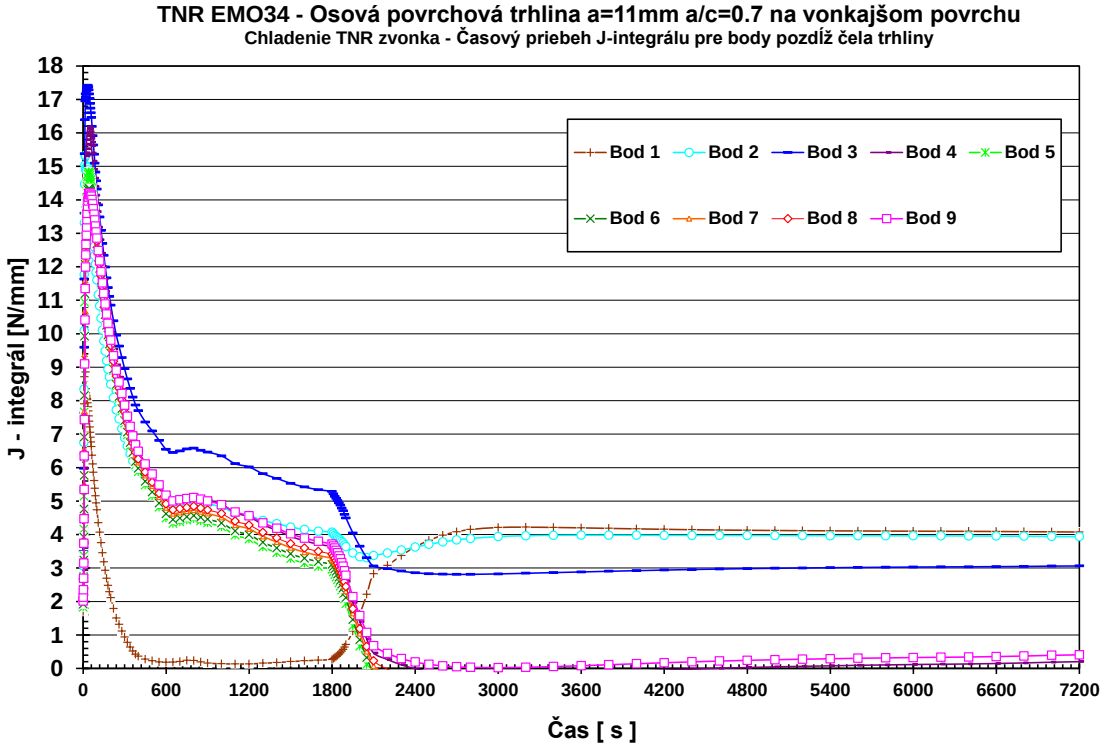
Obr. 7.2.1.10.10-A-26: J-integrál – obvodová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,3 na vonkajšom povrchu



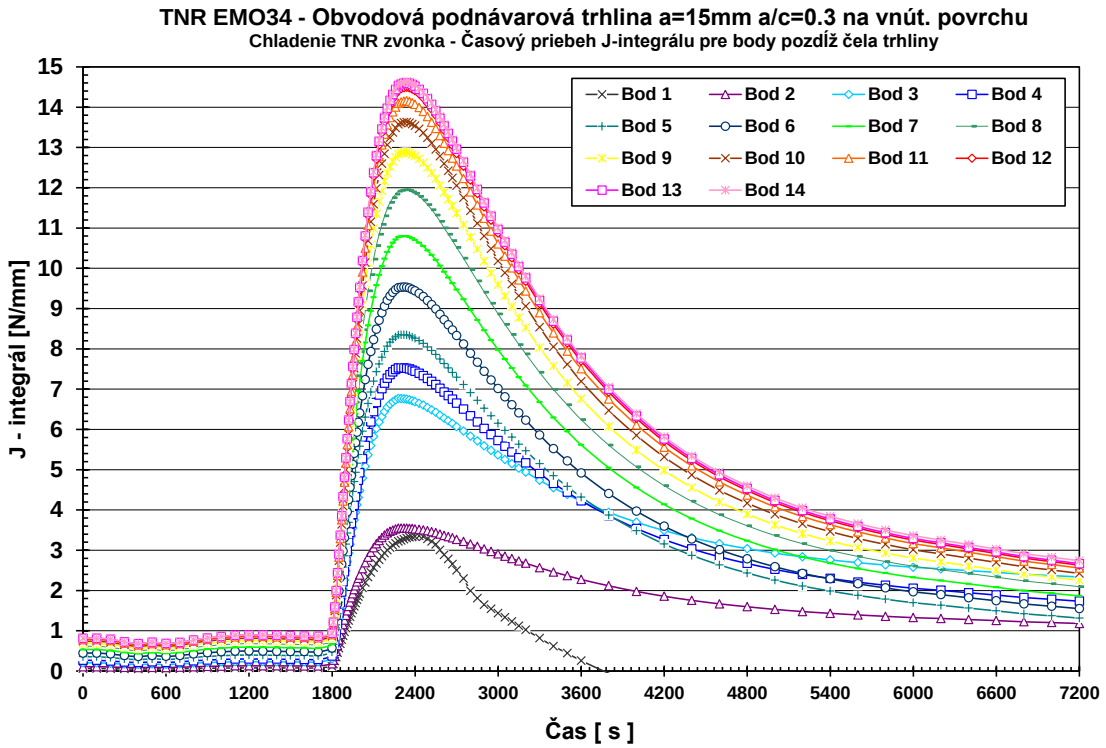
Obr. 7.2.1.10.10-A-27: J-integrál – obvodová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,7 na vonkajšom povrchu



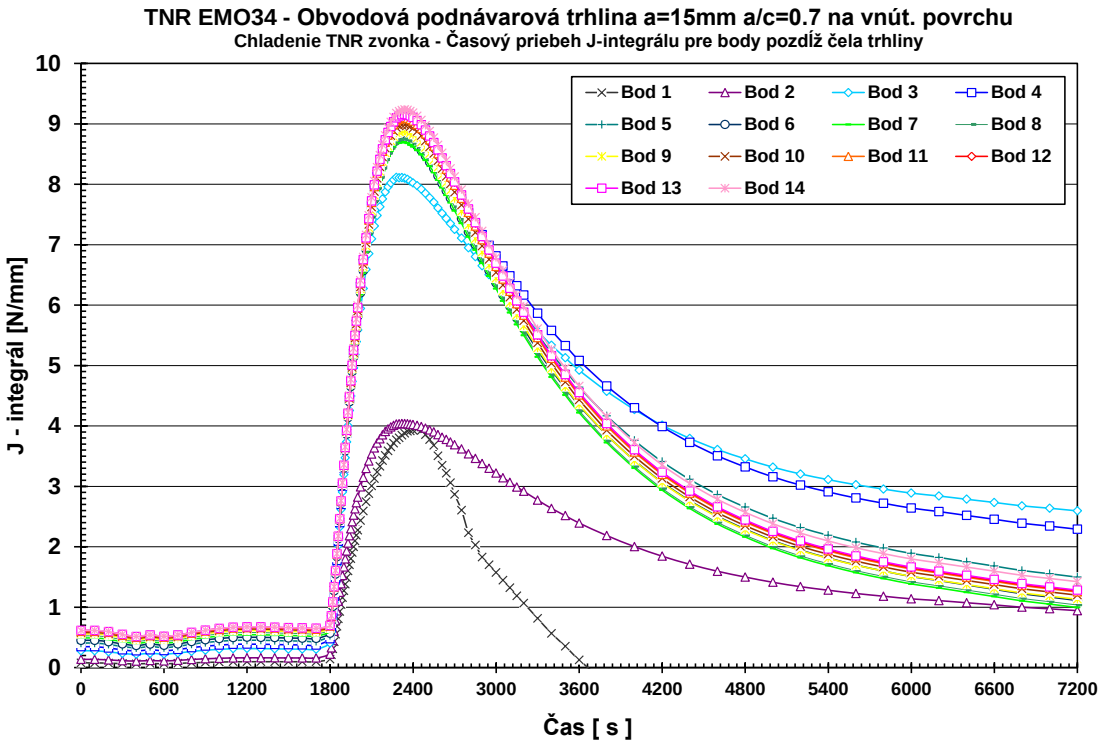
Obr. 7.2.1.10.10-A-28: J-integrál – osová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,3 na vonkajšom povrchu



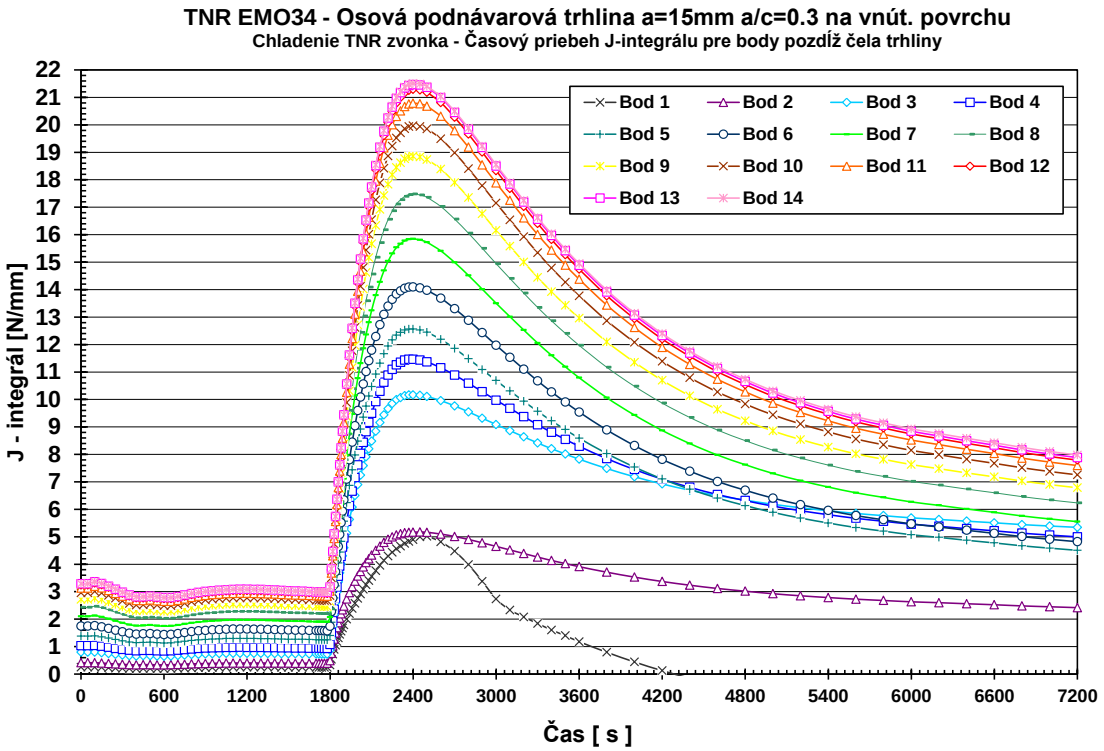
Obr. 7.2.1.10.10-A-29: J-integrál – osová povrchová trhlina a=11mm a/c=0,7 na vonkajšom povrchu



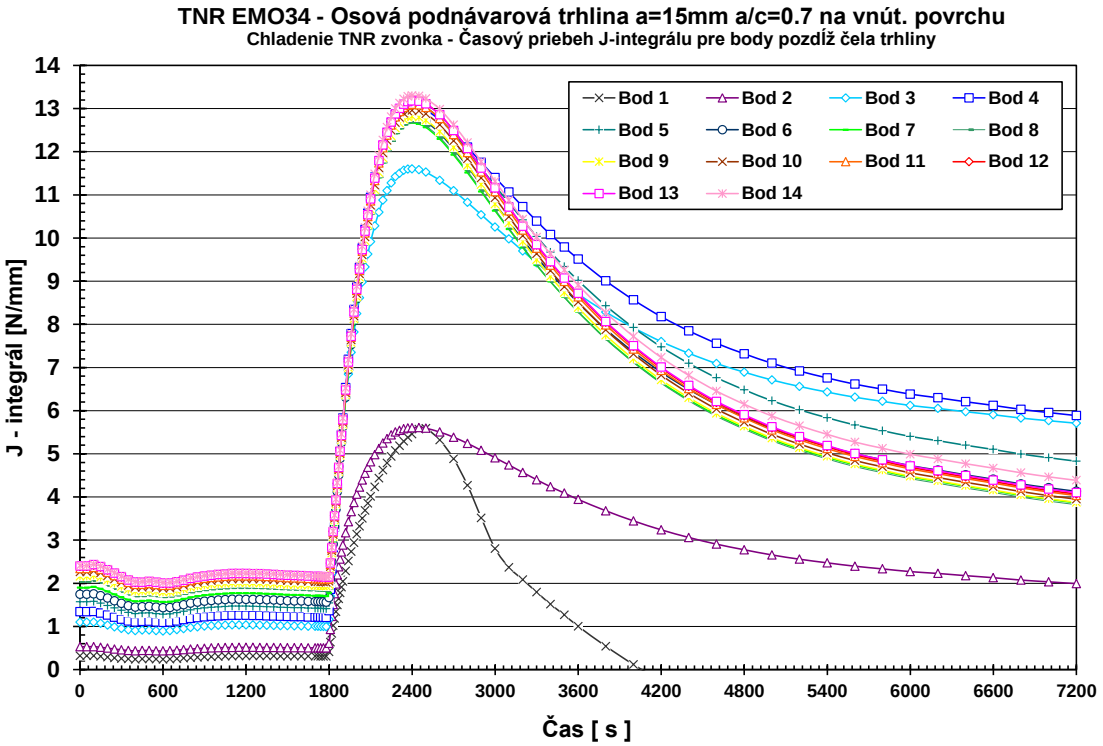
Obr. 7.2.1.10.10-A-30: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 na vnútornom povrchu



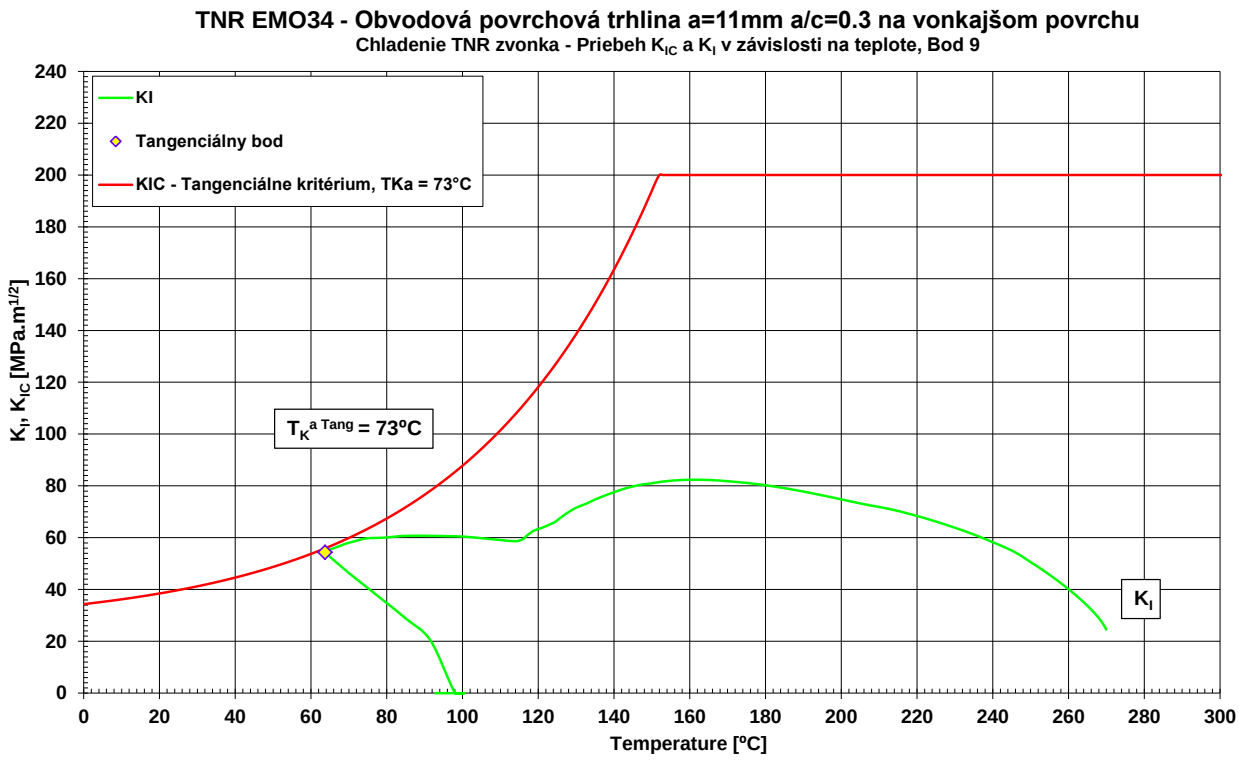
Obr. 7.2.1.10.10-A-31: J-integrál – obvodová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 na vnútornom povrchu



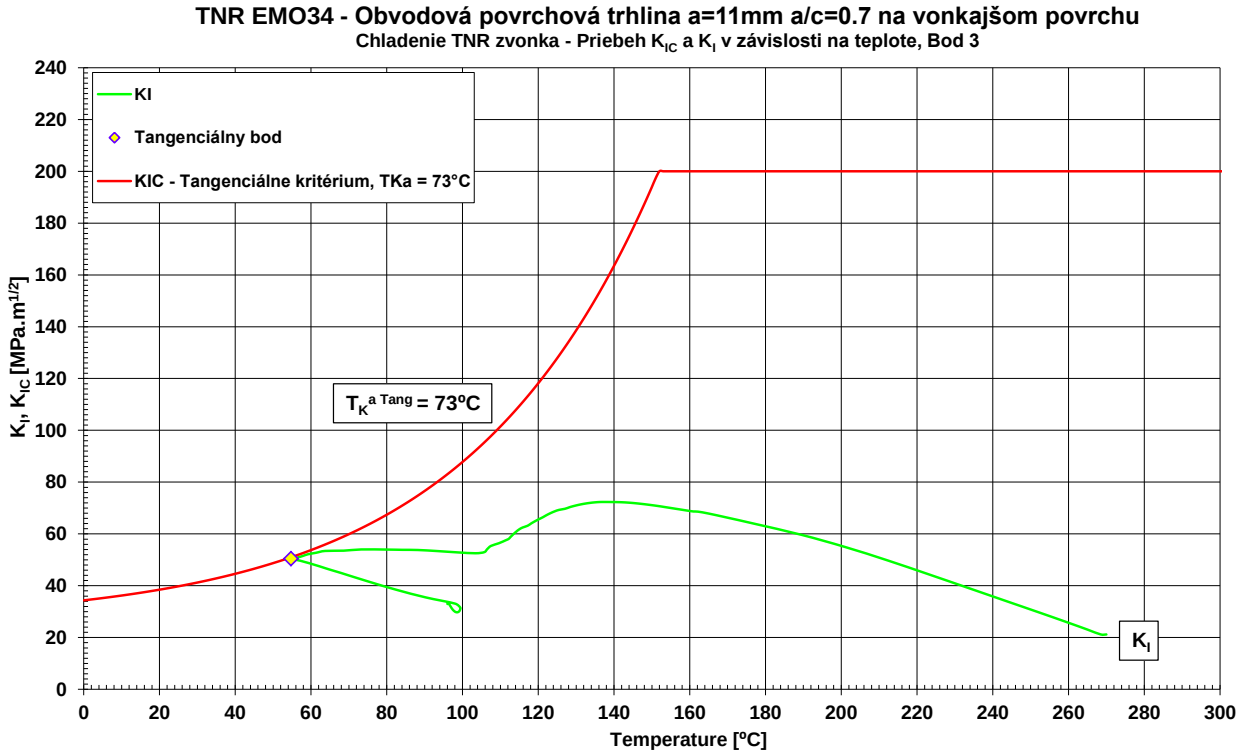
Obr. 7.2.1.10.10-A-32: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,3 na vnútornom povrchu



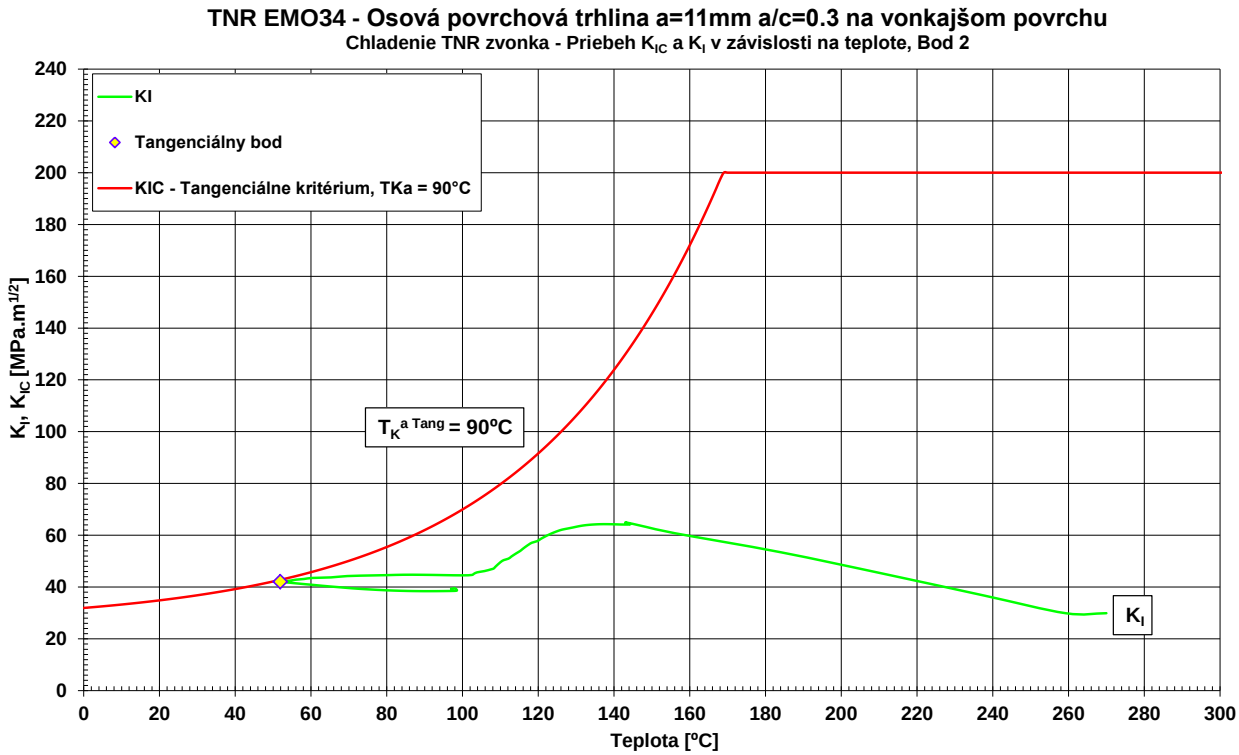
Obr. 7.2.1.10.10-A-33: J-integrál – osová podnávarová trhlina a=15mm a/c=0,7 na vnútornom povrchu



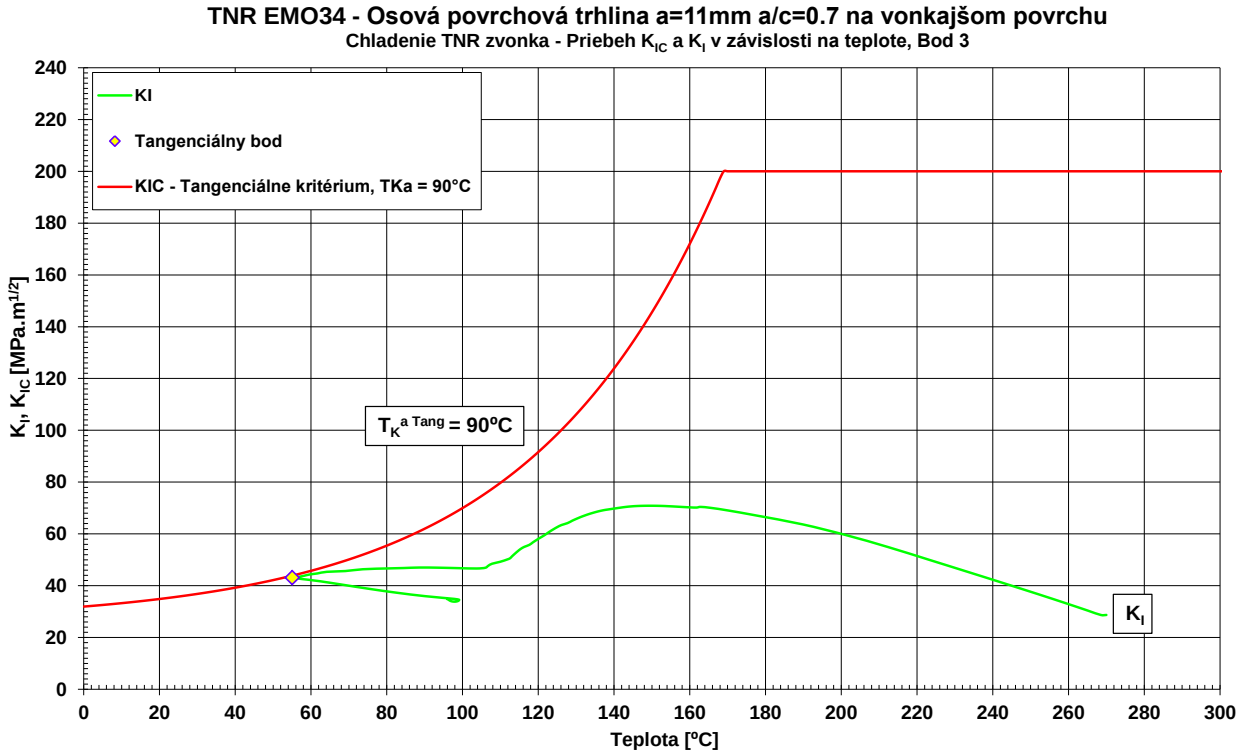
Obr. 7.2.1.10.10-A-34: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=11mm, a/c=0.3 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 9



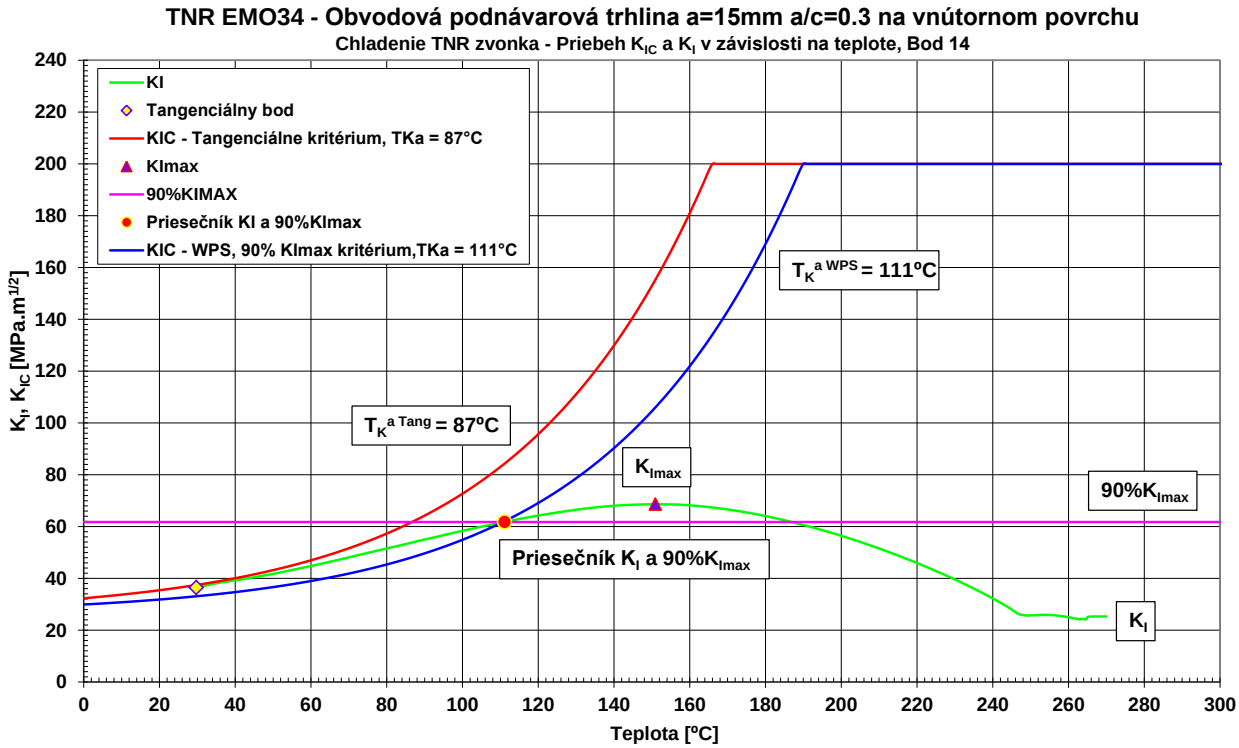
Obr. 7.2.1.10.10-A-35: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=11mm, a/c=0.7 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 3



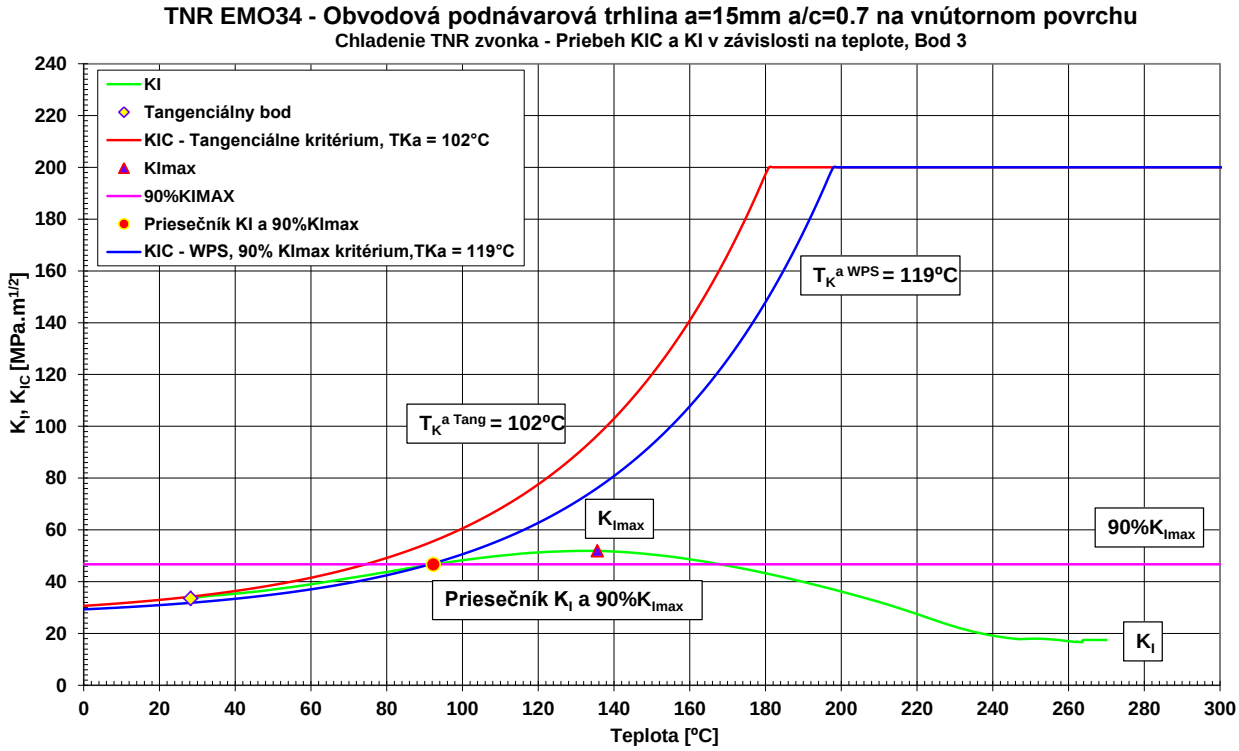
Obr. 7.2.1.10.10-A-36: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=11mm, a/c=0.3 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 2



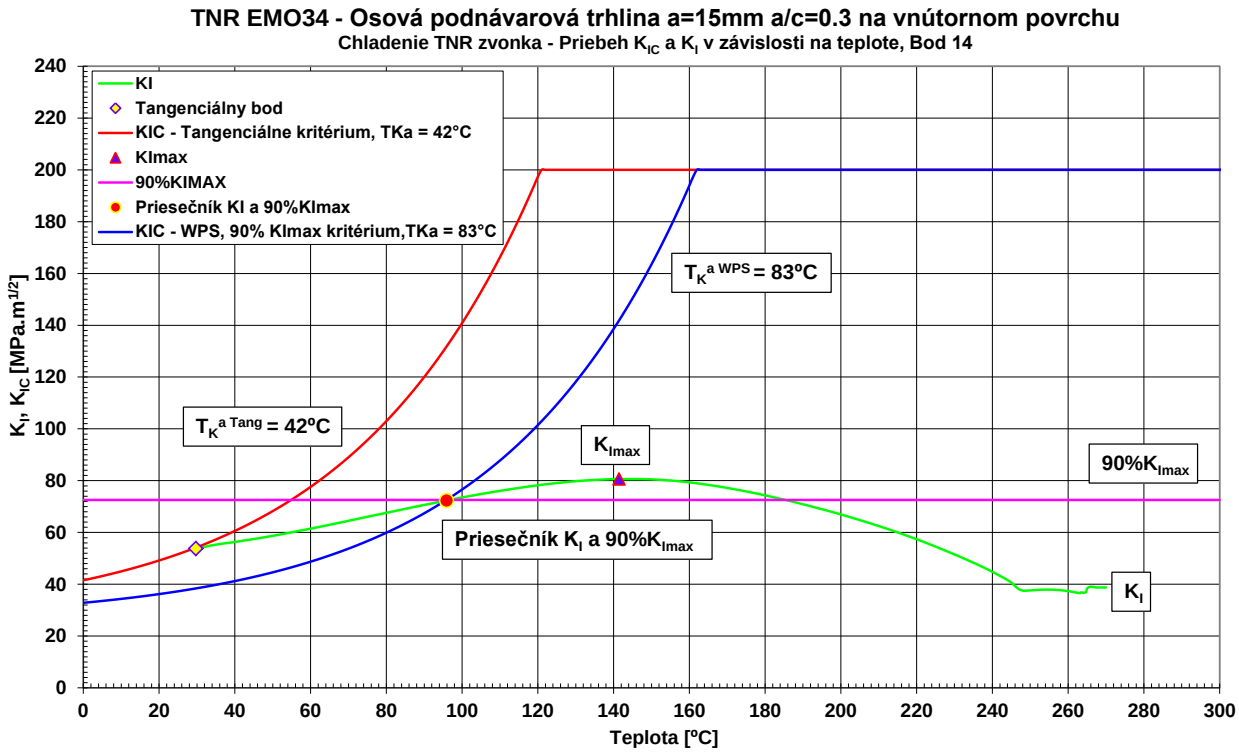
Obr. 7.2.1.10.10-A-37: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=11mm, a/c=0.7 na vonkajšom povrchu, bod trhliny 3



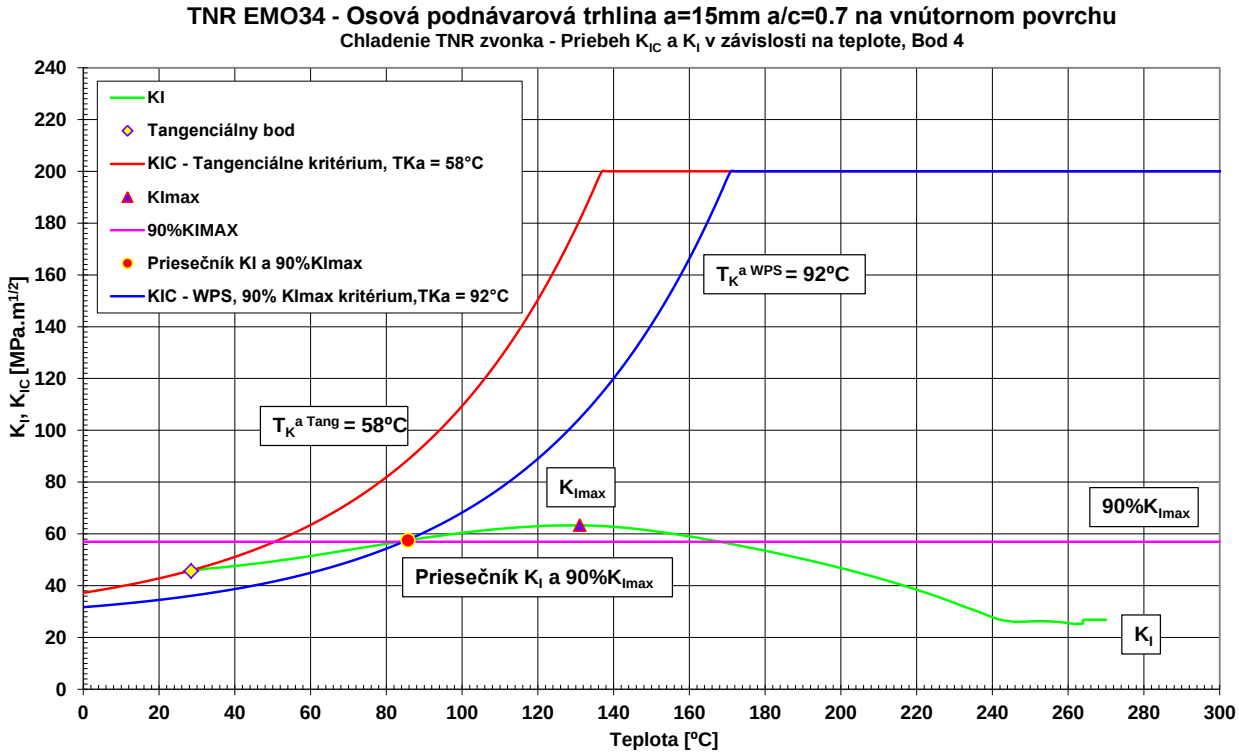
Obr. 7.2.1.10.10-A-38: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.3 na vnútornom povrchu, bod trhliny 14



Obr. 7.2.1.10.10-A-39: Určenie T_{Ka}, obvodová trhlina a=15mm, a/c=0.7 na vnútornom povrchu, bod trhliny 3



Obr. 7.2.1.10.10-A-40: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.3 na vnútornom povrchu, bod trhliny 14



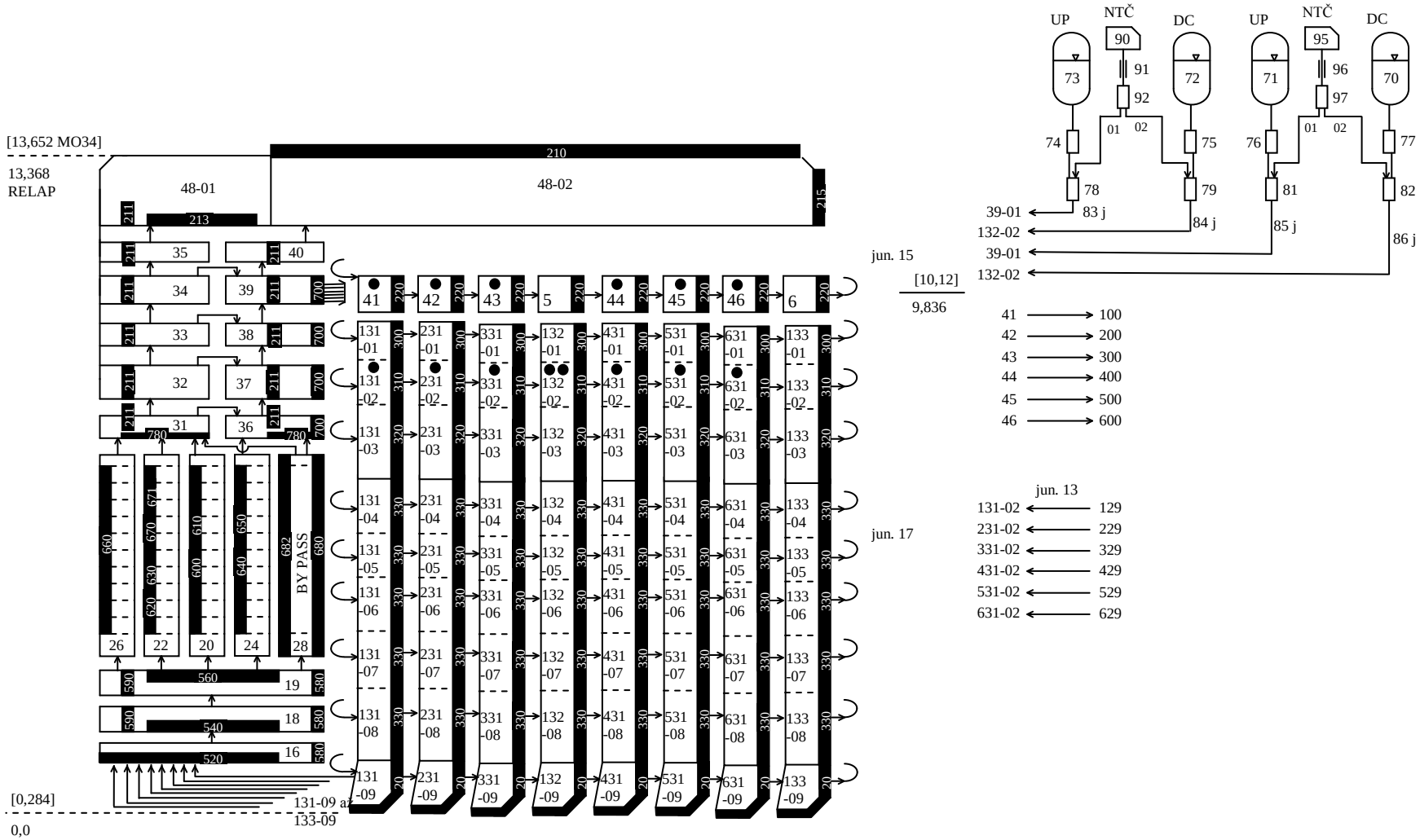
Obr. 7.2.1.10.10-A-41: Určenie T_{Ka}, osová trhlina a=15mm, a/c=0.7 na vnútornom povrchu, bod trhliny 4

Príloha č. 20

Nodalizačná schéma výpočtového modelu tlakovej nádoby reaktora MO34 pre PTS výpočty programom RELAP5

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 7.2.1.10-1: Nodalizačná schéma výpočtového modelu tlakovej nádoby reaktora MO34 pre PTS výpočty 2



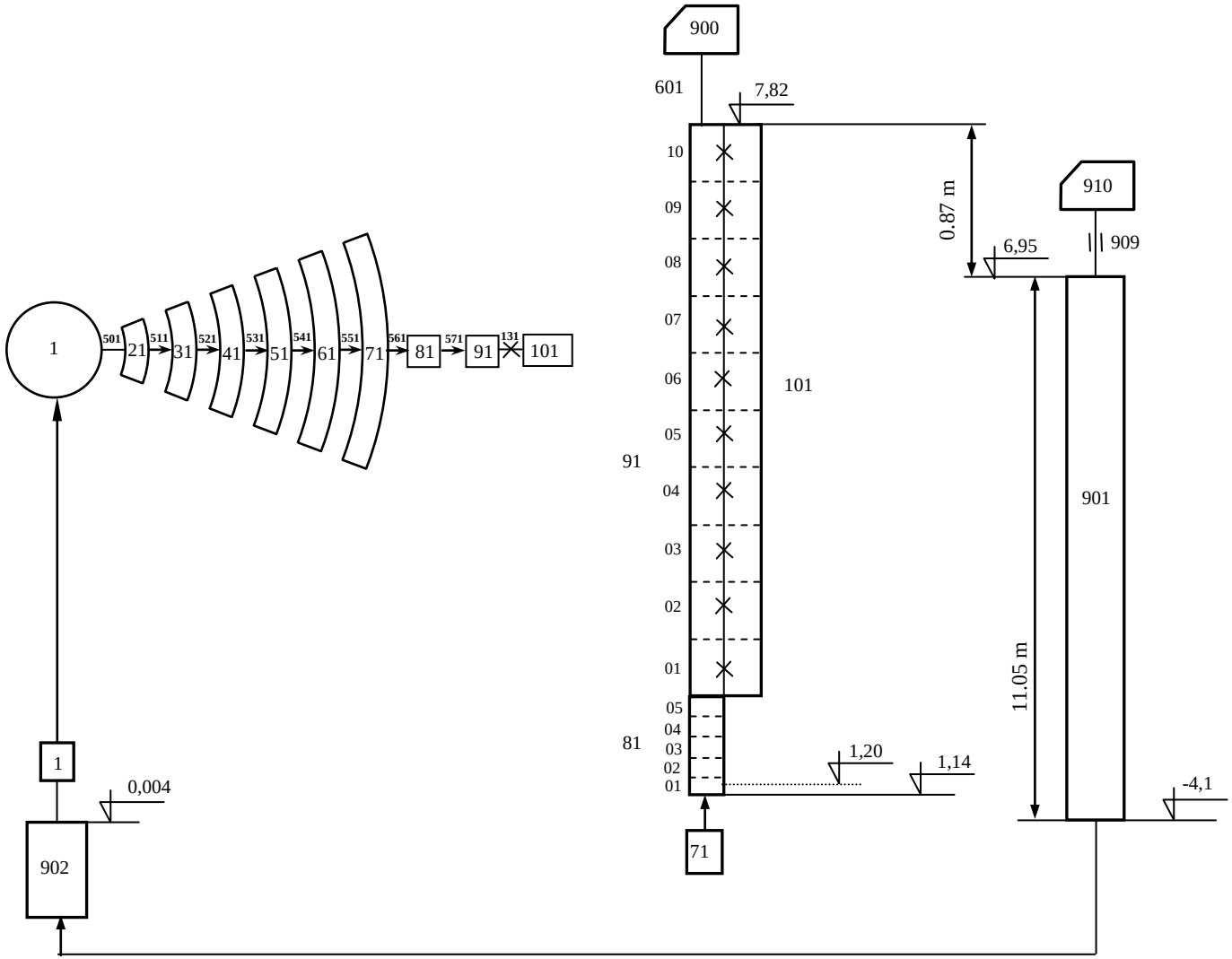
Obr. 7.2.1.10-1: Nodalizačná schéma výpočtového modelu tlakovej nádoby reaktora MO34 pre PTS výpočty

Príloha č. 21

Nodalizačná schéma jednokanálového modelu varného kanála šachty reaktora MO34 pre PTS výpočty programom RELAP5

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 7.2.1.10-1: Nodalizačná schéma jednokanálového modelu varného kanála šachty reaktora MO34 pre PTS výpočty programom RELAP5 2



Obr. 7.2.1.10-1: Nodalizačná schéma jednokanálového modelu varného kanála šachty reaktora MO34 pre PTS výpočty programom RELAP5