

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 07.02.01.03 Zníženie prietoku
primárneho chladiča

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	
			Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	NO	SEC. INDEX / INDEX utajenia		Company use/P
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie		X	Information Only / Len na informáciu		
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000			Revision index / Index revízie: 07		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: PNM34361106			A4	6.01	RS	Z	8
 * P N M 3 4 3 6 1 1 0 6 0 7 *					Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent
					1	141			

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436110607_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 01.07.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0220	• 01.07.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:	•	•	•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0200	• 01.07.2019	•	
Verified by / Overil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0720	• 01.07.2019	•	
Approved by / Schválil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 1703	• 01.07.2019	•	

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

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

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavce)	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)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

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 07.02.01.03 Zníženie prietoku primárneho chladiva	• PNM3436110607_S_C00_V	• 07
2.	• Kapitola 07.02.01.03 Zníženie prietoku primárneho chladiva	• PNM3436110607_S_C01_V	• 07
3.	• Príloha č. 01	• PNM3436110607_S_P01_V	• 07
4.	• Príloha č. 02	• PNM3436110607_S_P02_V	• 07
5.	• Príloha č. 03	• PNM3436110607_S_P03_V	• 07
6.	• Príloha č. 04	• PNM3436110607_S_P04_V	• 07
7.	• Príloha č. 05	• PNM3436110607_S_P05_V	• 07
8.	• Príloha č. 06	• PNM3436110607_S_P06_V	• 07
9.	• Príloha č. 07	• PNM3436110607_S_P07_V	• 07
10.	• Príloha č. 08	• PNM3436110607_S_P08_V	• 07
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	1
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	2
ÚVOD	4
7.2.1.3 Zníženie prietoku primárneho chladiva	4
7.2.1.3.1 Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke	5
7.2.1.3.1.1 Charakteristika udalosti	5
7.2.1.3.1.2 Použité kritériá prijateľnosti	5
7.2.1.3.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely	6
7.2.1.3.1.4 Špecifikácia analyzovaných variantov	6
7.2.1.3.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky	6
7.2.1.3.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti	9
7.2.1.3.1.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A	9
7.2.1.3.1.7 Súhrnné zhodnotenie	10
7.2.1.3.2 Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla	11
7.2.1.3.2.1 Charakteristika udalosti	11
7.2.1.3.2.2 Použité kritériá prijateľnosti	11
7.2.1.3.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely	12
7.2.1.3.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov	12
7.2.1.3.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky	13
7.2.1.3.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti	15
7.2.1.3.2.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A	15
7.2.1.3.2.7 Súhrnné zhodnotenie	16
7.2.1.3.3 Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle	17
7.2.1.3.3.1 Charakteristika udalosti	17
7.2.1.3.3.2 Použité kritériá prijateľnosti	18
7.2.1.3.3.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely	19
7.2.1.3.3.4 Špecifikácia analyzovaných variantov	19
7.2.1.3.3.5 Počiatočné a okrajové podmienky	19
7.2.1.3.3.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti	22
7.2.1.3.3.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A	22
7.2.1.3.3.6.2 Popis a rozbor výsledkov pre variant B	23
7.2.1.3.3.7 Súhrnné zhodnotenie	23
7.2.1.3.4 Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel	24
7.2.1.3.4.1 Charakteristika udalosti	24
7.2.1.3.4.2 Použité kritériá prijateľnosti	24
7.2.1.3.4.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely	26
7.2.1.3.4.4 Špecifikácia analyzovaných variantov	26
7.2.1.3.4.5 Počiatočné a okrajové podmienky	27
7.2.1.3.4.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti	30
7.2.1.3.4.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A	30
7.2.1.3.4.6.2 Popis a rozbor výsledkov pre variant B	30
7.2.1.3.4.6.3 Popis a rozbor výsledkov pre variant C	31
7.2.1.3.4.6.4 Popis a rozbor výsledkov pre variant D	31
7.2.1.3.4.7 Súhrnné zhodnotenie	32
LITERATÚRA	33
ZOZNAM PRÍLOH	34
ZOZNAM TABULIEK	35

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

APS	- automatika postupného spúšťania	HNK	- hlavný napájací kolektor
ATWS	- Anticipated Transients Without Scram (očakávané udalosti so zlyhaním automatického odstavenia reaktora – RTS)	HPK	- hlavný parný kolektor
AZ	- aktívna zóna	HPU	- hlavný parný uzáver
BN	- barbotážna nádrž	HRK	- havarijná, regulačná a kompenzačná kazeta
BS	- bezpečnostná správa	HSCHZ	- havarijný systém chladenia aktívnej zóny
BSVP	- bazén skladovania vyhoretého paliva	HUA	- hlavná uzatváracia armatúra
BV	- bazén výmeny	HV	- horúca vetva HCS
DB-A	- kritériá prijateľnosti pre kategóriu projektových havárií	HZ	- hermetická zóna (rovnocenný názov pre HP)
DB-RA	- kritériá prijateľnosti pre rádiologické následky a kategóriu projektové podmienky	HZK	- horná zmiešavacia komora
DB-SD	- kritériá prijateľnosti pre kategóriu odstavený reaktor	I.O.	- primárny okruh
DB-T	- kritériá prijateľnosti pre kategóriu očakávaných udalostí	II.O.	- sekundárny okruh
DG	- dieselgenerátor	IU	- iniciačná udalosť
DNBR	- Departure from Nucleate Boiling Ratio (rezerva do krízy prestupu tepla, prechod od bublinkového k blanovému varu)	JE	- jadrová elektrárňa
DKP	- dolná koncová poloha	KO	- kompenzátor objemu
DZK	- dolná zmiešavacia komora	KON	- koniec kampane (KON _{1c} - KON pre prvú kampaň; KON _{rc} - KON pre reprezentatívnu kampaň)
MO34	- JE Mochovce, 3. a 4. blok	LaP	- limity a podmienky
ENČ	- hlavné napájacie čerpadlo	LBB	- Leak Before Break (netesnosť pred prasknutím)
EOKO	- elektroohrievače kompenzátora objemu	LOCA	- Loss of Coolant Accident (havária so stratou chladiva)
EP	- energopásmo	MAAE	- Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
ESFAS	- Emergency Safety Features Actuation System (rovnocenný názov pre SZB)	MKP	- metóda konečných prvkov
HA	- hydroakumulátor	MKV	- minimálny kontrolovaný výkon
HČČ	- hlavné cirkulačné čerpadlo	NDČ	- čerpadlo normálneho doplňovania do I.O. (KBA systém)
HCP	- hlavné cirkulačné potrubie	NN	- napájacia nádrž
HCS	- hlavná cirkulačná slučka	NPH	- nadprojektová havária
HNČ	- havarijné napájacie čerpadlo	NTČ	- nízkotlakové čerpadlo
		NV	- napájacia voda
		OU	- očakávaná udalosť
		OV KO	- odľahčovací ventil kompenzátora objemu
		PBS	- Predbežná Bezpečnostná Správa
		PG	- parogenerátor

PH	- projektová havária (tiež postulovaná havária)	SA-RA	- kritériá prijateľnosti pre rádiologické následky a kategóriu ťažkých havárií
PK	- palivová kazeta	SČ HZ	- sprchové čerpadlo hermetickej zóny
PP	- palivový prútik	SD	- shutdown (odstavený - v súvislosti so stavom reaktora)
PRISE	- Primary to Secondary Leakage (únik primárneho chladiva do sekundárneho okruhu)	SHNČ	- superhavarijné napájacie čerpadlo
PSA	- Probabilistic Safety Assessment (pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti)	SKR	- systém kontroly a riadenia
PS-A	- prepúšťacia stanica do atmosféry	SNVS	- strata napájania vlastnej spotreby (tiež aj strata vonkajších a vnútorných zdrojov el. napájania)
PSK	- prepúšťacia stanica do kondenzátora	SS	- sprchový systém HZ
PTS	- Pressurized Thermal Shock (tlakový teplotný šok)	SV	- studená vetva HCS
PV KO	- poistný ventil kompenzátora objemu	SZB	- systém zaistenia bezpečnosti (bloku)
PV PG	- poistný ventil parogenerátora	ŠR	- šachta reaktora
RA	- analýzy radiačných následkov	TG	- turbogenerátor
RaL	- rádioaktívne látky	T-H	- termo-hydraulické (analýzy)
RCS	- automatický regulátor výkonu reaktora	TNR	- tlaková nádoba reaktora
RČA	- rýchločinná armatúra	TOaB	- tabuľka blokad a ochrán
RIA	- havárie s reaktivitou (reactivity induced accident)	TVD	- technická voda dôležitá
RLS	- systém obmedzenia výkonu reaktora	TVER	- regulátor výkonu turbíny
RN	- reaktorová nádoba	ÚJD SR	- Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
RTS	- automatické odstavenie reaktora (pôvodná AO1)	VTČ	- vysokotlakové čerpadlo
RZV	- rýchlozatvárací ventil	VVER	- vodo-vodný (tlakovodný) energetický reaktor
SA	- kritériá prijateľnosti pre kategóriu ťažkých havárií	ZAC	- začiatok kampane (ZAC_{1c} - ZAC pre prvú kampaň; ZAC_{rc} - ZAC pre reprezentatívnu kampaň)

ÚVOD

Kapitola POSAR 7.2.1.3 je vypracovaná v súlade so súvisiacou legislatívou [II.3], [II.4], [II.5] a [II.6]. Ďalej bola vypracovaná podľa požiadaviek [II.2].

7.2.1.3 Zníženie prietoku primárneho chladiva

Správa je súčasťou (podkapitolou) kapitoly 7.2.1 „Deterministické analýzy bezpečnosti projektových havárií a vybraných nadprojektových havárií“ predprevádzkovej bezpečnostnej správy MO34. V tejto kapitole sú analyzované iniciačné udalosti patriace do skupiny „Zníženie prietoku primárneho chladiva“.

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

7.2.1.3.1 Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke

7.2.1.3.1.1 Charakteristika udalosti

Čiastočná strata prietoku chladiva cez TNR je možná následkom chybného zatvorenia HUA na jednej slučke I.O.. K uzavretiu HUA môže dôjsť aj chybou vo vlastnom elektrickom ovládaní. HUA nemá automatické ovládanie.

Následkom zatvorenia HUA dochádza k postupnému poklesu prietoku chladiva cez AZ, čo spôsobí nárast parametrov primárneho okruhu. V dôsledku záporných koeficientov reaktivity, najmä od znižujúcej sa hustoty moderátora sa do AZ vnáša záporná reaktivita a výkon reaktora sa začne znižovať.

Počas nominálnej prevádzky bloku by po úplnom zatvorení HUA s určitým oneskorením došlo prostredníctvom systémov bloku k zregulovaniu parametrov bloku, pričom samotné chybné uzatvorenie jednej HUA by priamo nevedlo k zaúčinkovaniu AO1 a ani k iniciácii bezpečnostných systémov.

Z dôvodu uplatnenia konzervatívnych predpokladov sa môže priebeh procesu v bezpečnostných analýzach líšiť. Oproti nominálnej prevádzke možno pozorovať pozvoľnejší pokles výkonu reaktora. V tejto situácii je výkon reaktora relatívne vysoký, čo môže viesť až k iniciácii AO1.

Proces je analyzovaný jedným scenárom (Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry na studenej slučke HCP).

Cieľom vykonaných analýz 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.

7.2.1.3.1.2 Použité kritériá prijateľnosti

Analyzovaná iniciačná udalosť je zaradená do kategórie očakávaných udalostí. Je preto potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti stanovených pre očakávané udalosti. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sú relevantné nasledovné kritériá prijateľnosti:

Kritérium prijateľnosti DB-T1

- Minimálna hodnota DNBR > limitná hodnota

Hodnota parametra DNBR je počas celého procesu ovplyvňovaná rozdielnymi faktormi. Požadovaná úroveň bezpečnosti je overená kritériom prijateľnosti DB-T1.

Počiatočné a okrajové podmienky na hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T1 boli volené na základe citlivostných analýz s cieľom zabezpečiť konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska analyzovaného kritéria prijateľnosti.

Kritérium prijateľnosti DB-T2

- Maximálna teplota paliva < limitná hodnota

Spolu s poklesom prietoku chladiva cez reaktor rastie taktiež teplota paliva. Je preto nevyhnutné kontrolovať, či maximálna teplota paliva nepresiahne povolenú hodnotu (kritérium DB-T2).

Kritérium prijateľnosti DB-T3

- Tlak v I.O. < 110% projektovej hodnoty
- Tlak v II.O. < 110% projektovej hodnoty

Počas udalosti spojenej s poklesom prietoku chladiva cez AZ môže byť maximálny tlak v I.O. a v II.O. dosahovaný v dvoch fázach. V prvej fáze je nárast tlaku v I.O. spôsobený prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ a následným rastom strednej teploty chladiva. V druhej fáze je nárast tlaku v I.O. výsledkom zhoršeného prestupu tepla z I.O. do II.O..

Počiatočné a okrajové podmienky na hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T3 boli volené s cieľom zabezpečiť konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska analyzovaného kritéria prijateľnosti.

Kritérium prijateľnosti DB-RA1

- Efektívna dávka (pre 2 bloky) < 0,125 mSv/rok za hranicami ochranného pásma

V priebehu analyzovanej iniciačnej udalosti nedochádza k trvalému úniku chladiva cez poistné ventily kompenzátora objemu, ide o únik obmedzeného množstva primárneho chladiva, ktoré uniká do barbotážnej nádrže a funkcia hermetickej zóny je zachovaná.

Rádiologické následky sú hodnotené na základe výsledkov kapitoly 7.2.1.7 a 7.2.1.12 za predpokladu, že celý objem primárneho chladiva uniká cez poistný ventil KO do hermetickej zóny.

7.2.1.3.1.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

T-H analýzy I.O. a II.O. boli vykonané výpočtovým programom RELAP5, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Detailnejší popis použitého 6-slučkového výpočtového modelu je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

7.2.1.3.1.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Pre overenie uvedených kritérií prijateľnosti bol analyzovaný nasledovný variant:

Variant A

- Iniciačná udalosť: Chybné uzatvorenie jednej HUA (na studenej vetve č.4) v cirkulačnej slučke
- Jednoduchá porucha: Zlyhanie PS-A PG2
- Stav AZ: ZAC_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T2, DB-T3

Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry bolo zvolené na slučke č.4, pretože počas ustáleného stavu je v PG4 najnižší tlak. Parogenerátor s najnižším počiatočným tlakom predstavuje PG s maximálnou kapacitou na prestup tepla z I.O. do II.O..

7.2.1.3.1.5 Počiatočné a okrajové podmienky

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti.

Zvýšený výkon reaktora zvyšuje počiatočnú teplotu paliva a akumulovanú energiu v primárnom okruhu.

Bola volená zvýšená počiatočná hodnota tlaku v I.O. a zvýšená počiatočná hodnota hladiny v KO, pretože tento výber vedie k prudšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Zvýšený prietok cez reaktor vedie k zníženiu teploty chladiva na začiatku havárie, čo vedie k väčšiemu nárastu tlaku počas zvyšovania teploty chladiva.

Zvýšený tlak v II.O a činnosť regulátora turbíny má za následok zhoršenie prestupu tepla z I.O. do II.O..

Zvýšená hladina v PG spôsobuje skoršie zatvorenie RČA na parovode, čo vedie k väčšiemu natlakovaniu PG.

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.

Zvýšená teplota NV zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Stav AZ bol uvažovaný pre začiatok kampane, pretože výkon reaktora počas udalosti klesá a vplyv koeficientov reaktivity pre ZAC je menší než pre KON. To vedie k vyššiemu výkonu reaktora, čo je konzervatívne z pohľadu sledovaných kritérií prijateľnosti. Koncentrácia H_3BO_3 bola uvažovaná pre ZAC_{1k} . Bol zvolený začiatok kampane prvého palivového cyklu.

Maximálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k vyššej teplote paliva po odstavení reaktora.

Proces je charakteristický poklesom prietoku chladiva cez reaktor, čo zapríčiní nárastom teploty a tlaku chladiva v AZ. Rastúca teplota chladiva spôsobí znižovanie hustoty chladiva a vnos zápornej reaktivity, čím sa znižuje výkon reaktora. Preto je zvolená slabá spätná väzba koeficientu reaktivity od hustoty moderátora a silná spätná väzba koeficientu reaktivity od teploty moderátora, aby výkon reaktora klesal pomalšie.

Koeficient reaktivity od koncentrácie bóru je zvolený silný, s cieľom dosiahnuť vyšší výkon reaktora pred jeho odstavením.

Výkon reaktora v kritickej fáze havárie klesá, preto aj maximálna hodnota koeficientov reaktivity β_{ef} , λ vedie k minimálnej zmene výkonu (minimálny pokles výkonu).

Zvolená minimálna vodivosť v medzere je vybraná s cieľom dosiahnutia vyššej teploty paliva.

Zvolená minimálna tepelná vodivosť paliva a maximálna tepelná kapacita paliva udržujú vyššiu teplotu paliva, keď výkon reaktora klesá.

Minimálna počiatočná poloha 6. skupiny HRK zabezpečuje maximum kladnej reaktivity, dostupnej pri vysúvaní HRK činnosťou RCS. V kapitole popisujúcej použitú metodiku (kap. 7.2.1.1.4.6.3) je uvedená minimálna počiatočná poloha HRK. Iba jedna poloha HRK (konzervatívnejšia) je uvažovaná pre oba stavy AZ (ZAC a KON).

Minimálna hodnota prestupu tepla v PG zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O., čo vedie k dosiahnutiu vyššieho tlaku v I.O. počas fázy zvýšeného odvodu tepla z I.O. (až do aktivácie AO1).

Tab. 7.2.1.3.1-1 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/Nie	Zlyhanie PS-A PG2
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.3.1-2 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	nie	
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	áno	
3	Regulátor turbíny	áno	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	áno	
6	Systém normálneho dopĺňovania 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	áno	
11	Hlavný parný uzáver TG	nie	
12	Sekčné armatúry na HPK	nie	
13	Prepúšťacia stanica do kondenzátora	nie	

Tab. 7.2.1.3.1-3 Jednoduchá porucha

	Variant A
Jednoduchá porucha	Zlyhanie PS-A PG2

Poznámka:

Jednoduchá porucha (zlyhanie PS-A PG2) bola zvolená na slučke č.2, pretože počas ustáleného stavu je na slučke č.2 najvyšší tlak.

Tab. 7.2.1.3.1-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Variant A
SNVS	Neuvažuje sa

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom oneskorenia odstavenia reaktora a za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II. O..

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

Nastavenie bezpečnostných a radiacích systémov bolo v analyzovaných variantoch volené za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

7.2.1.3.1.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

7.2.1.3.1.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A

Iniciačnou udalosťou je chybné uzatvorenie jednej HUA. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T3 (maximálny tlak v I.O. a v II.O.) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). SNVS sa počas celého procesu neuvažuje. Ako jednoduchá porucha sa uvažuje zlyhanie PS-A na PG2. Vo výpočtoch sa uvažuje lineárna uzatváracia charakteristika HUA, pričom sa uvažuje nominálna čas na úplné zatvorenie armatúry.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 98 s. Po zásahu AO1 dochádza k stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 98 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 893 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 80 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 01.

7.2.1.3.1.7 Súhrnné zhodnotenie

Vo variante A bola analyzovaná iniciačná udalosť „Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke“, ktorá je zaradená do kategórie očakávaných udalostí. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejšie prípady z hľadiska overenia relevantných kritérií prijateľnosti.

Priebeh iniciačnej udalosti „Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke“, 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 relevantných kritérií prijateľnosti.

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

Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti „Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke“, zaradenej do kategórie očakávaných udalostí, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.3.2 Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla

7.2.1.3.2.1 Charakteristika udalosti

Uvedená iniciačná udalosť je zaradená do kategórie projektových havárií vzhľadom na možné následky na primárny okruh, pretože dochádza k poklesu prietoku chladiva a nie je možné vrátiť blok do nominálnej prevádzky bez opravy HCČ, spojenej s jeho rozobratím.

Zníženie prietoku chladiva vedie k nerovnováhe medzi teplom produkovaným v palive a teplom odvedeným z AZ, pričom potenciálne môže prekročiť teplotné limity AZ, teda aj DNBR. Teplotná nerovnováha taktiež vedie k celkovému tlakovo-teplotnému procesu, ktorého výsledkom je krátkodobé natlakovanie primárneho a sekundárneho okruhu.

Oprava HCČ môže nastať až po bezpečnom odstavení bloku a oprava je vykonávaná kontrolovanou ľudskou činnosťou v kontrolovaných a primeraných pracovných podmienkach hermetickej zóny. Termohydraulický proces sám osebe nespôsobuje ani porušenie hermetičnosti I.O., ani prehriatie paliva, oxidáciu povrchu a únik rádioaktívnych produktov do okolia. Pri splnení kritérií pre očakávanú udalosť, prísnejších ako pre projektovú haváriu, analýza zabezpečuje preukázanie požadovanej úrovne bezpečnosti. Preto je tento proces, klasifikovaný pôvodne ako havária, hodnotený podľa kritérií pre očakávané udalosti.

K zadretiu rotora HCČ môže dôjsť z najrôznejších príčin (napr. mechanických, prevádzkových).

Počas nominálnej prevádzky bloku by na poruchu HCČ zareagovali systémy bloku, ktoré by zregulovali výkon reaktora na hodnotu dovoleného výkonu. Po zregulovaní výkonu reaktora dôjde k ustáleniu aj ostatných hlavných parametrov bloku.

Priebeh procesu sa môže v bezpečnostných analýzach líšiť. Je to ovplyvnené najmä konzervatívnymi predpokladmi, ktoré sú aplikované v analýzach. Iniciačná udalosť je analyzovaná jedným variantom, v ktorom sú tieto predpoklady uvažované tak, aby zosilnili krátkodobé natlakovanie primárneho a sekundárneho okruhu.

Cieľom vykonaných analýz 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.

7.2.1.3.2.2 Použité kritériá prijateľnosti

Analyzovaná iniciačná udalosť je zaradená do kategórie projektových havárií, je však hodnotená podľa kritérií prijateľnosti pre očakávané udalosti, ktoré sú prísnejšie, ako kritériá prijateľnosti pre projektové havárie. Je preto potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti stanovených pre očakávané udalosti. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sú relevantné nasledovné kritériá prijateľnosti:

Kritérium prijateľnosti DB-T1

- Minimálna hodnota DNBR > limitná hodnota

Priebeh procesu je podobný priebehu procesu s iniciačnou udalosťou „Zlomenie hriadeľa na jednom HCČ“. V prípade iniciačnej udalosti „Zlomenie hriadeľa na jednom HCČ“ je navyše dosahovaný väčší pokles prietoku chladiva cez AZ, čo je konzervatívnejšie z pohľadu DNBR.

Vzhľadom k tomu je hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T1 vykonané v kapitole 7.2.1.3.3 „Zlomenie hriadeľa na jednom HCČ“, ktorá tvorí obálkový prípad pre túto iniciačnú udalosť.

Kritérium prijateľnosti DB-T2

- Maximálna teplota paliva < limitná hodnota

Proces vyvolaný touto iniciačnou udalosťou je charakteristický prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ. Pokles prietoku chladiva zvyšuje priemernú teplotu chladiva. Pri tomto type iniciačných udalostí sa maximálne hodnoty výkonu reaktora ako aj teploty paliva dosahujú na začiatku procesu. Hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 teda nepresiahne hodnotu dosiahnutú na začiatku IU. Kritérium prijateľnosti DB-T2 je nepriamo hodnotené v scenároch zameraných na hodnotenie kritéria DB-T3.

Kritérium prijateľnosti DB-T3

- Tlak v I.O. < 110% projektovej hodnoty
- Tlak v II.O. < 110% projektovej hodnoty

Iniciačná udalosť je charakteristická prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ. Pokles prietoku chladiva môže byť zosilnený uvažovaním SNVS. Nerovnováha medzi zníženým prietokom cez AZ a teplom odvedeným z AZ vedie k prudkému nárastu teploty chladiva. Táto teplotná nerovnováha vedie ku krátkodobému natlakovaniu primárneho a sekundárneho okruhu.

Počiatočné a okrajové podmienky na hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T3 boli volené s cieľom zabezpečiť konzervatívnosť analýzy.

Kritérium prijateľnosti DB-RA1

- Efektívna dávka (pre 2 bloky) < 0,125 mSv/rok za hranicami ochranného pásma

V priebehu analyzovanej iniciačnej udalosti nedochádza k trvalému úniku chladiva cez poistné ventily kompenzátora objemu, chladivo uniká do barbotážnej nádrže a funkcia hermetickej zóny je zachovaná.

Rádiologické následky sú hodnotené na základe výsledkov kapitoly 7.2.1.7 a 7.2.1.12 za predpokladu, že celý objem primárneho chladiva uniká do hermetickej zóny.

7.2.1.3.2.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

T-H analýzy I.O. a II.O. boli vykonané výpočtovým programom RELAP5, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Detailnejší popis použitého 6-slučkového výpočtového modelu je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

7.2.1.3.2.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Pre overenie uvedených kritérií prijateľnosti bol analyzovaný nasledovný variant:

Variant A

- Iniciačná udalosť: Zadretie rotora HCČ na cirkulačnej slučke č.4
- Jednoduchá porucha: Zlyhanie PS-A PG2
- Dodatočná porucha: SNVS

- Stav AZ: ZAC_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T2, DB-T3

Zadretie rotora HCČ bolo zvolené na slučke č.4, pretože počas ustáleného stavu je v PG4 najnižší tlak. Parogenerátor s najnižším počiatočným tlakom predstavuje PG s maximálnou kapacitou na prestup tepla z I.O. do II.O..

7.2.1.3.2.5 Počiatočné a okrajové podmienky

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti.

Zvýšený výkon reaktora zvyšuje počiatočnú teplotu paliva a akumulovanú energiu v primárnom okruhu.

Bola volená zvýšená počiatočná hodnota tlaku v I.O. a zvýšená počiatočná hodnota hladiny v KO, pretože tento výber vedie k prudšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Zvýšený prietok cez reaktor vedie k zníženiu teploty chladiva na začiatku havárie, čo vedie k väčšiemu nárastu tlaku počas zvyšovania teploty chladiva.

Zvýšený tlak v II.O má za následok zhoršenie prestupu tepla z I.O. do II.O..

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.

Zvýšená teplota NV zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Stav AZ bol uvažovaný pre začiatok kampane, pretože výkon reaktora počas udalosti klesá a vplyv koeficientov reaktivity pre ZAC je menší než pre KON. To vedie k vyššiemu výkonu reaktora, čo je konzervatívne z pohľadu sledovaných kritérií prijateľnosti. Koncentrácia H_3BO_3 bola uvažovaná pre ZAC_{1k} .

Maximálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k vyššej teplote paliva po odstavení reaktora.

Proces je charakteristický poklesom prietoku chladiva cez reaktor, čo zapríčiní nárastom teploty a tlaku chladiva v AZ. Rastúca teplota chladiva spôsobí znižovanie hustoty chladiva a vnos zápornej reaktivity, čím sa znižuje výkon reaktora. Preto je zvolená slabá spätná väzba koeficientu reaktivity od hustoty moderátora a silná spätná väzba koeficientu reaktivity od teploty moderátora, aby výkon reaktora klesal pomalšie..

Koeficient reaktivity od koncentrácie bóru je zvolený silný, s cieľom dosiahnuť vyšší výkon reaktora pred jeho odstavením.

Výkon reaktora v kritickej fáze havárie klesá, preto aj maximálna hodnota koeficientov reaktivity β_{ef} , λ vedie k minimálnej zmene výkonu (minimálny pokles výkonu).

Zvolená minimálna vodivosť v medzere je vybraná s cieľom dosiahnutia vyššej teploty paliva.

Zvolená minimálna tepelná vodivosť paliva a maximálna tepelná kapacita paliva udržiavajú vyššiu teplotu paliva, keď výkon reaktora klesá.

Minimálna počiatočná poloha 6. skupiny HRK zabezpečuje maximum kladnej reaktivity, dostupnej pri vysúvaní HRK činnosťou RCS. V kapitole popisujúcej použitú metodiku (kap. 7.2.1.1.4.6.3) je uvedená minimálna počiatočná poloha HRK. Iba jedna poloha HRK (konzervatívnejšia) je uvažovaná pre oba stavy AZ (ZAC a KON).

Nominálny prestup tepla v PG vedie k poklesu počiatkovej teploty chladiva, čo vedie k vyššiemu nárastu tlaku počas rastu teploty chladiva.

Tab. 7.2.1.3.2-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTC	Áno	
4	NTC	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/Nie	Zlyhanie PS-A PG2
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.3.2-2 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	nie	
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	áno	
3	Regulátor turbíny	nie	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	nie	
6	Systém normálneho dopĺňovania do I.O.	nie	
7	Systém havarijného napájania PG (HNČ)	nie	
8	Odfahčovací 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. 7.2.1.3.2-3 Jednoduchá porucha

	Variant A
Jednoduchá porucha	Zlyhanie PS-A PG2

Poznámka:

Jednoduchá porucha (zlyhanie PS-A PG2) bola zvolená na slučke č.2, pretože počas ustáleného stavu je na slučke č.2 najvyšší tlak.

Tab. 7.2.1.3.2-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Variant A
SNVS	Uvažuje sa na začiatku havárie

Zadretie rotora jedného HCČ spôsobí rýchly pokles prietoku chladiva cez AZ. Výkon reaktora je udržiavaný blízko nominálnej hodnoty až do odstavenia reaktora. Vysoký výkon a nízky prietok cez AZ vedú k rýchlemu nárastu tlaku v I.O.. Uvažovanie SNVS podporuje aj pokles prietoku chladiva cez reaktor, čo vedie k vyššiemu prehrievaniu chladiva a následne k vyššiemu tlaku v I.O. dosiahnutého pred odstavením reaktora.

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom oneskorenia odstavenia reaktora a za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

Nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov bolo v analyzovaných variantoch volené za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

7.2.1.3.2.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

7.2.1.3.2.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A

Iničiačnou udalosťou je zadretie rotora jedného HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T3 (maximálny tlak v I.O. a v II.O.) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). V analýze sa uvažuje, že v čase iniciácie udalosti dochádza k SNVS. Zadretie rotora je v analýzach simulované lineárnym poklesom otáčok HCČ na nulovú hodnotu vo veľmi krátkom čase.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciácie udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 6 s. Po zásahu AO1 dochádza k stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 12 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 16 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 6 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 02.

7.2.1.3.2.7 Súhrnné zhodnotenie

Vo variante A bola analyzovaná iniciačná udalosť „Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla“, ktorá je zaradená do kategórie projektových havárií. Iniciačná udalosť však bola hodnotená podľa kritérií prijateľnosti pre očakávané udalosti, ktoré sú prísnejšie, ako kritériá prijateľnosti pre projektové havárie. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejšie prípady z hľadiska overenia relevantných kritérií prijateľnosti.

Priebeh iniciačnej udalosti „Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla“, 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 relevantných kritérií prijateľnosti.

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

Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti „Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla“, zaradenej do kategórie očakávaných udalostí, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.3.3 Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle

7.2.1.3.3.1 Charakteristika udalosti

Uvedená iniciačná udalosť je zaradená do kategórie projektových havárií vzhľadom na možné následky na primárny okruh, pretože dochádza k poklesu prietoku chladiva a nie je možné vrátiť blok do nominálnej prevádzky bez opravy HCČ, spojenej s jeho rozobratím.

Zníženie prietoku chladiva vedie k nerovnováhe medzi teplom produkovaným v palive a teplom odvedeným z AZ, pričom potenciálne môže prekročiť teplotné limity AZ, teda aj DNBR. Teplotná nerovnováha taktiež vedie k celkovému tlakovo-teplotnému procesu, ktorého výsledkom je krátkodobé natlakovanie primárneho a sekundárneho okruhu.

Oprava HCČ môže nastať až po bezpečnom odstavení bloku a oprava je vykonávaná kontrolovanou ľudskou činnosťou v kontrolovaných a primeraných pracovných podmienkach hermetickej zóny. Termohydraulický proces sám osebe nespôsobuje ani porušenie hermetičnosti I.O., ani prehriatie paliva, oxidáciu povrchu a únik rádioaktívnych produktov do okolia. Pri splnení kritérií pre očakávanú udalosť, prísnejších ako pre projektovú haváriu, analýza zabezpečuje preukázanie požadovanej úrovne bezpečnosti. Preto je tento proces, klasifikovaný pôvodne ako havária, hodnotený podľa kritérií pre očakávané udalosti.

K zlomeniu hriadeľa HCČ môže dôjsť z najrôznejších mechanických príčin.

Pri iniciačnej udalosti zlomenie hriadeľa dochádza k charakteristickému prudkému zníženiu prietoku chladiva cez príslušné HCČ a následne aj cez AZ. Predpoklad, že dochádza k prakticky okamžitému zníženiu otáčok poškodeného HCČ vedie k tomu, že sa dosahuje porovnateľne prudký pokles prietoku cez poškodené HCČ ako pri zadretí HCČ, čo je konzervatívne z hľadiska overenia sledovaných kritérií prijateľnosti v úvodnej fáze procesu.

K znížovaniu prietoku cez AZ prispieva aj obtok AZ, ktorý predstavuje chladivo, ktoré je na vstupe do TNR pretláčané do ovplyvnenej cirkulačnej slučky. Z dôvodu najmenšieho hydraulického odporu pri poruche spôsobenej zlomením hriadeľa HCČ na jednej cirkulačnej slučke je veľkosť obtoku AZ najväčšia.

Zníženie prietoku chladiva cez AZ sa odráža na dynamike ostatných parametrov. Teplota chladiva rastie rýchlo, čo vedie k poklesu výkonu kvôli vnosu zápornej reaktivity do AZ. Počas nominálnej prevádzky bloku by zareagovali systémy bloku, ktoré by zregulovali výkon reaktora na hodnotu dovoleného výkonu odpovedajúcu prevádzke bloku s 5 pracujúcimi HCČ. Po zregulovaní výkonu reaktora dôjde k ustáleniu parametrov bloku. Samotné zlomenie hriadeľa na jednom HCČ nevedie k zaúčinkovaniu AO1 a ani k iniciácii bezpečnostných systémov.

Priebeh procesu sa môže v bezpečnostných analýzach líšiť. Je to ovplyvnené najmä konzervatívnymi predpokladmi, ktoré sú aplikované v analýzach. Iniciačná udalosť je analyzovaná dvomi variantmi. V prvom variante sú tieto predpoklady uvažované tak, aby maximalizovali nerovnováhu medzi produkciou tepla v palive a odvodom tepla z AZ. V druhom variante sú tieto predpoklady uvažované tak, aby zosilnili krátkodobé natlakovanie primárneho a sekundárneho okruhu.

Cieľom vykonaných analýz 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.

7.2.1.3.3.2 Použité kritériá prijateľnosti

Analyzovaná iniciačná udalosť je zaradená do kategórie projektových havárií, je však hodnotená podľa kritérií prijateľnosti pre očakávané udalosti, ktoré sú prísnejšie, ako kritériá prijateľnosti pre projektové havárie. Je preto potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti stanovených pre očakávané udalosti. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sú relevantné nasledovné kritériá prijateľnosti:

Kritérium prijateľnosti DB-T1

- Minimálna hodnota DNBR > limitná hodnota

Iniciačná udalosť zlomenie hriadeľa na jednom HCČ zapríčiní prudký pokles prietoku chladiva cez AZ. Pokles prietoku chladiva zvyšuje priemernú teplotu chladiva. Zvýšenie teploty chladiva súčasne spôsobí v dôsledku kinetických spätných väzieb zníženie výkonu reaktora. Pokles výkonu reaktora je zastavený činnosťou systémov bloku, ktoré udržiavajú výkon reaktora na nominálnej hodnote až do inicializácie AO1 signálu. Najhorúcejšie kanály palivovej kazety predstavujú najväčšie nebezpečenstvo z pohľadu vzniku krízy varu. Z hľadiska overenia kritéria DB-T1 je najdôležitejšia fáza procesu do odstavenia reaktora, prípadne fáza bezprostredne nasledujúca po jeho odstavení.

Kritérium prijateľnosti DB-T2

- Maximálna teplota paliva < limitná hodnota

Proces vyvolaný touto iniciačnou udalosťou je charakteristický prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ. Pokles prietoku chladiva zvyšuje priemernú teplotu chladiva. Zvýšenie teploty chladiva súčasne spôsobí v dôsledku kinetických spätných väzieb zníženie výkonu reaktora. Z doteraz vykonaných analýz zlomenie hriadeľa jedného HCČ vyplýva, že maximálny výkon reaktora ako aj maximálna teplota chladiva sú dosahované na začiatku procesu. Hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 teda nepresiahne hodnotu dosiahnutú na začiatku IU. Kritérium prijateľnosti DB-T2 je nepriamo hodnotené v scenároch zameraných na hodnotenie kritéria DB-T1.

Kritérium prijateľnosti DB-T3

- Tlak v I.O. < 110% projektovej hodnoty
- Tlak v II.O. < 110% projektovej hodnoty

Iniciačná udalosť je charakteristická prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ. Pokles prietoku chladiva môže byť zosilnený uvažovaním SNVS. Nerovnováha medzi zníženým prietokom cez AZ a teplom odvedeným z AZ vedie k prudkému nárastu teploty chladiva. Táto teplotná nerovnováha vedie ku krátkodobému natlakovaniu primárneho a sekundárneho okruhu.

Počiatkové a okrajové podmienky na hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T3 boli volené s cieľom zabezpečiť konzervatívnosť analýzy.

Kritérium prijateľnosti DB-RA1

- Efektívna dávka (pre 2 bloky) < 0,125 mSv/rok za hranicami ochranného pásma

V priebehu analyzovanej iniciačnej udalosti nedochádza k trvalému úniku chladiva cez poistné ventily kompenzátora objemu, chladivo uniká do barbotážnej nádrže a funkcia hermetickej zóny je zachovaná.

Rádiologické následky sú hodnotené na základe výsledkov kapitoly 7.2.1.7 a 7.2.1.12 za predpokladu, že celý objem primárneho chladiva uniká do hermetickej zóny.

7.2.1.3.3.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

T-H analýzy I.O. a II.O. boli vykonané výpočtovým programom RELAP5, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Detailnejší popis použitého 6-slučkového výpočtového modelu je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

7.2.1.3.3.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Pre overenie uvedených kritérií prijateľnosti boli analyzované nasledovné varianty:

Variant A

- Iniciačná udalosť: Zlomenie hriadeľa HCČ na cirkulačnej slučke č.4
- Jednoduchá porucha: Neuvažuje sa
- Stav AZ: KON_{rk}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T1, DB-T2

Variant B

- Iniciačná udalosť: Zlomenie hriadeľa HCČ na cirkulačnej slučke č.4
- Jednoduchá porucha: Zlyhanie PS-A PG2
- dodatočná porucha: SNVS
- Stav AZ: ZAC_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T2, DB-T3

Zlomenie hriadeľa HCČ bolo zvolené na slučke č.4, pretože počas ustáleného stavu je v PG4 najnižší tlak. Parogenerátor s najnižším počiatočným tlakom predstavuje PG s maximálnou kapacitou na prestup tepla z I.O. do II.O..

7.2.1.3.3.5 Počiatočné a okrajové podmienky

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti.

Zvýšený výkon reaktora zvyšuje počiatočnú teplotu paliva a akumulovanú energiu v primárnom okruhu.

Vo variante A bola znížená počiatočná hodnota tlaku v I.O., čo vedie k poklesu rezervy do vzniku krízy varu počas procesu.

Vo variante B bola počiatočná hodnota tlaku v I.O. zvýšená, pretože tento výber vedie k prudšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Vo variante A bola znížená počiatočná hladina v KO, čo vedie k miernejšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Vo variante B bola počiatočná hladina v KO zvýšená, pretože tento výber vedie k prudšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Vo variante A bol znížený prietok cez reaktor, čo vedie k nárastu počiatočnej teploty chladiva, čím dochádza k vytvoreniu podmienok pre vznik krízy prestupu tepla.

Vo variante B bol zvýšený prietok cez reaktor, čo vedie k poklesu počiatočnej teploty chladiva, čo má za následok vyšší nárast tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Vo variante A bola zvýšená hodnota tlaku v HPK, čo vedie k vyššej teplote na vstupe do reaktora.

Vo variante B bol zvýšený tlak v II.O, čo spolu s činnosťou regulátora turbíny má za následok zhoršenie prestupu tepla z I.O. do II.O..

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.

Zvýšená teplota NV zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Pre variant A platí: Stav AZ bol uvažovaný pre koniec kampane, pretože je to konzervatívne z pohľadu chladenia AZ (maximálny lineárny výkon je v hornej časti AZ, kde je súčasne dosahovaná maximálna teplota chladiva a minimálny tlak chladiva) a taktiež je to konzervatívne z pohľadu vzniku krízy varu. Koncentrácia H_3BO_3 bola uvažovaná pre KON_{rk} . V dôsledku rastúcej teploty chladiva je pre KON vnesená väčšia záporná reaktivita v porovnaní so ZAC, avšak toto nie je podstatné, pretože sa konzervatívne uvažuje činnosť RCS, ktorý udržiava výkon reaktora na nominálnej úrovni.

Pre variant B platí: Stav AZ bol uvažovaný pre začiatok kampane, pretože výkon reaktora počas udalosti klesá a vplyv koeficientov reaktivity pre ZAC je menší než pre KON. To vedie k vyššiemu výkonu reaktora, čo je konzervatívne z pohľadu sledovaných kritérií prijateľnosti. Koncentrácia H_3BO_3 bola uvažovaná pre ZAC_{1k} .

Maximálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k vyššej teplote paliva po odstavení reaktora.

Proces je charakteristický poklesom prietoku chladiva cez reaktor, čo zapríčiní nárast teploty a tlaku chladiva v AZ. Rastúca teplota chladiva spôsobí znižovanie hustoty chladiva a vnos zápornej reaktivity, čím sa znižuje výkon reaktora. Preto je zvolená slabá spätná väzba koeficientu reaktivity od hustoty moderátora a silná spätná väzba koeficientu reaktivity od teploty moderátora, aby výkon reaktora klesal pomalšie.

Výkon reaktora v kritickej fáze havárie klesá, preto aj maximálna hodnota koeficientov reaktivity β_{ef} , λ vedie k minimálnej zmene výkonu (minimálny pokles výkonu).

Zvolená minimálna vodivosť v medzere je vybraná s cieľom dosiahnutia vyššej teploty paliva.

Zvolená minimálna tepelná vodivosť paliva a maximálna tepelná kapacita paliva udržiavajú vyššiu teplotu paliva, keď výkon reaktora klesá.

Minimálna počiatočná poloha 6. skupiny HRK zabezpečuje maximum kladnej reaktivity, dostupnej pri vysúvaní HRK činnosťou RCS. V kapitole popisujúcej použitú metodiku (kap. 7.2.1.1.4.6.3) je uvedená minimálna počiatočná poloha HRK. Iba jedna poloha HRK (konzervatívnejšia) je uvažovaná pre oba stavy AZ (ZAC a KON).

Vo variante A bola zvolená minimálna hodnota prestupu tepla v PG, čo vedie k vyššej teplote chladiva na vstupe do I.O. a zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Vo variante B bola zvolená nominálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k poklesu počiatkovej teploty chladiva, čo vedie k vyššiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Tab. 7.2.1.3.3-1 Pripravenosť bezpečnostných systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	AO1	Áno	
2	ESFAS	Áno	
3	VTC	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/Nie	Variant A: áno Variant B: zlyhanie PS-A PG2
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

Tab. 7.2.1.3.3-2 Pripravenosť riadiacich systémov

Por. číslo	Systém	Pripravenosť	Poznámka
1	Systém obmedzenia výkonu reaktora - RLS	nie	
2	Systém riadenia výkonu reaktora - RCS	áno	
3	Regulátor turbíny	nie	
4	Systém regulácie tlaku v I.O. – vstreky do KO	Variant A: áno Variant B: nie	
5	Systém regulácie tlaku v I.O. – EOKO	nie	
6	Systém normálneho doplňovania do I.O.	nie	
7	Systém havarijného napájania PG (HNČ)	nie	
8	Odľahčovací ventil KO	Variant A: áno Variant B: 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. 7.2.1.3.3-3 Jednoduchá porucha

	Variant A	Variant B
Jednoduchá porucha	Neuvažuje sa	Zlyhanie PS-A PG2

Variant A: Minimálna hodnota sledovaného kritéria prijateľnosti DB-T1 (DNBR) je dosahovaná v podmienkach pri maximálnom tepelnom zaťažení, minimálnom prietoku chladiva cez AZ a minimálnom tlaku v I.O.. Minimálna hodnota DNBR je dosiahnutá pred iniciáciou signálu AO1. Pre hodnotený scenár nebola nájdená žiadna jednoduchá porucha, ktorá by viedla ku ďalšiemu poklesu rezervy sledovaného kritéria prijateľnosti pred iniciáciou signálu AO1.

Variant B: Jednoduchá porucha (zlyhanie PS-A PG2) bola zvolená na slučke č.2, pretože počas ustáleného stavu je na slučke č.2 najvyšší tlak

Tab. 7.2.1.3.3-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Variant A	Variant B
SNVS	Neuvažuje sa	Uvažuje sa na začiatku havárie

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom oneskorenia odstavenia reaktora a za účelom dosiahnutia najvhodnejších podmienok pre vznik krízy varu.

Nastavenie bezpečnostných a radiacích systémov bolo v analyzovaných variantoch volené za účelom dosiahnutia najvhodnejších podmienok pre vznik krízy varu.

7.2.1.3.3.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

7.2.1.3.3.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A

Iniciačnou udalosťou je zadretie rotora jedného HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T1 (DNBR) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). SNVS sa počas celého procesu neuvažuje. Prechodový proces začína zlomením hriadeľa HCČ 4 v 0 s procesu. V HCS 4 dochádza k veľmi skorému výskytu reverzného prúdenia. Reverzné prúdenie je navyše podporované rozkrútením sa rotora poškodeného HCČ v opačnom smere.

Táto iniciačná udalosť spôsobí najrýchlejší pokles prietoku cez AZ zo všetkých udalostí s jednou porušenou HCS.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 52 s. Po zásahu AO1 dochádza k postupnému stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 440 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 76 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 52 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 03.

7.2.1.3.3.6.2 Popis a rozbor výsledkov pre variant B

Iniciačnou udalosťou je zlomenie hriadeľa jedného HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T3 (maximálny tlak v I.O. a v II.O.) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). V analýze sa uvažuje, že v čase iniciácie udalosti dochádza k SNVS. Prechodový proces začína zlomením hriadeľa HCČ 4 v 0 s procesu. V HCS 4 dochádza k veľmi skorému výskytu reverzného prúdenia. Reverzné prúdenie je navyše podporované rozkrútením sa rotora poškodeného HCČ v opačnom smere.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 4 s. Po zásahu AO1 dochádza k postupnému stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 12 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 16 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 6 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 04.

7.2.1.3.3.7 Súhrnné zhodnotenie

Vo variantoch A a B bola analyzovaná iniciačná udalosť „Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle“, ktorá je zaradená do kategórie projektových havárií. Iniciačná udalosť však bola hodnotená podľa kritérií prijateľnosti pre očakávané udalosti, ktoré sú prísnejšie, ako kritériá prijateľnosti pre projektové havárie. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejšie prípady z hľadiska overenia relevantných kritérií prijateľnosti.

Priebeh iniciačnej udalosti „Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle“, 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 relevantných kritérií prijateľnosti.

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

Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti „Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle“, zaradenej do kategórie očakávaných udalostí, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

7.2.1.3.4 Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel

7.2.1.3.4.1 Charakteristika udalosti

K výpadkom rôzneho počtu HCČ môže dôjsť z elektrických príčin (napr. výpadok zbernice na strane elektrického napájania čerpadiel), chybnou manipuláciou obsluhy, poruchou na samotnom čerpadle, ako sú napr. poruchy tesnosti vloženého okruhu, v chladení ložísk, atď. Výpadok viacej ako dvoch HCČ len z mechanických príčin je však vysoko nepravdepodobný.

Skupina iniciačných udalostí „Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel“ môže byť analyzovaná pri uvažovaní rôznych kombinácií výpadkov HCČ.

Uvažovanie výpadku viac ako 4 HCČ nie je konzervatívne z pohľadu hodnotených akceptačných kritérií.

Taktiež uvažovanie výpadku iba jedného HCČ nepredstavuje kritický scenár z pohľadu hodnotených akceptačných kritérií. Priebeh procesu pri výpadku 1 HCČ je z hľadiska overenia sledovaných kritérií prijateľnosti podobný s priebehom procesu pri výpadku 2 HCČ. Vzhľadom na to, že pri výpadku 2 HCČ dochádza k väčšiemu poklesu prietoku chladiva je aj teplotné zaťaženie AZ väčšie v porovnaní s výpadkom 1 HCČ, čo v konečnom dôsledku vedie k dosahovaniu menších rezerv sledovaných kritérií prijateľnosti. Z tohto dôvodu a na základe rozboru výsledkov citlivostných analýz [III.2] je overenie rezerv relevantných kritérií prijateľnosti pre tento scenár výpadkov HCČ vykonaný analýzami scenára s výpadkom 2 HCČ.

Na základe vykonaných citlivostných analýz [III.2] je iniciačná udalosť procesu analyzovaná dvomi scenármi, pričom v prvom je analyzovaný výpadok 2 a v druhom výpadok 3 HCČ. Procesy s výpadkami HCČ sú charakteristické poklesom prietoku chladiva cez AZ. Zo znižujúcim sa prietokom cez AZ dochádza k zvyšovaniu ohrevu na AZ a strednej teploty chladiva v I.O., čím je do AZ vnášaná záporná reaktivita, čo sa prejaví prudkým znižovaním výkonu reaktora. So znižovaním tepelného toku z I.O. do II.O. sa znižuje aj tlak v HPK. V dôsledku zníženia prietoku chladiva v reaktore a nárastom teploty chladiva klesá pôvodná hodnota rezervy do krízy prestupu tepla. Prudký nárast teploty chladiva v úvodnej fáze procesu vyvoláva nárast tlaku v I.O.. K neskoršiemu nárastu tlaku v I.O. a II.O. dochádza až po zhoršení schopnosti odvodu tepla zo II.O..

V analýzach je uvažované, že v priestore medzi vstupom do TNR a vstupom do AZ dochádza k úplnému premiešaniu a vyrovnaniu teplôt primárneho chladiva. Toto tvrdenie je podporené skutočnosťou, že rozdiel teplôt chladiva v pracujúcich slučkách je veľmi malý. V slučkách s vypadnutými HCČ dochádza z dôvodu prudkého poklesu prietoku chladiva v úvodnej fáze procesu k poklesu teploty chladiva. Maximálny rozdiel je dosiahnutý až pri nulovom prietoku chladiva cez poškodené slučky, kedy chladivo z týchto slučiek už neovplyvňuje rozloženie teploty na vstupe do AZ. Udalosti s prípadným výskytom lokálneho nárastu reaktivity v AZ sú konzervatívne riešené v rámci kapitoly 7.2.2.2 (Poruchy reaktivity a zmeny rozloženia výkonu), kde sú uvažované väčšie teplotné rozdiely chladiva medzi jednotlivými slučkami.

Cieľom vykonaných analýz 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.

7.2.1.3.4.2 Použité kritériá prijateľnosti

Analyzovaná iniciačná udalosť je zaradená do kategórie očakávaných udalostí. Je preto potrebné overiť, že nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti stanovených pre očakávané udalosti. Pre analyzovanú iniciačnú udalosť sú relevantné nasledovné kritériá prijateľnosti:

Kritérium prijateľnosti DB-T1

- Minimálna hodnota DNBR > limitná hodnota

Iniciačná udalosť začína súčasným výpadkom jedného, alebo viacerých HCČ. Od začiatku procesu dochádza k prudkému poklesu prietoku chladiva cez AZ. Prietok chladiva je stabilizovaný za niekoľko desiatok sekúnd, v závislosti od počtu vypadnutých HCČ. Pokles prietoku chladiva intenzívne zvyšuje priemernú teplotu chladiva. V dôsledku kinetických spätných väzieb dochádza k zníženiu výkonu reaktora. Z dôvodu zabezpečenia konzervatívnosti výsledkov je potrebné voliť také výpočtové varianty a uplatniť také predpoklady riešenia, pri ktorých dochádza k čo najväčšiemu a najrýchlejšiemu poklesu prietoku chladiva cez AZ a k čo najpomalšiemu znižovaniu výkonu reaktora. Najhorúcejšie kanály palivovej kazety predstavujú najväčšie nebezpečenstvo z pohľadu vzniku krízy varu. Z hľadiska overenia kritéria DB-T1 je najdôležitejšia fáza procesu do odstavenia reaktora, prípadne fáza bezprostredne nasledujúca po jeho odstavení.

Počiatkové a okrajové podmienky na hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T1 boli volené na základe citlivostných výpočtov, tak aby spĺňali predpoklady uvedené vyššie a s cieľom zabezpečiť konzervatívnosť analýzy.

Kritérium prijateľnosti DB-T2

- Maximálna teplota paliva < limitná hodnota

Proces vyvolaný touto iniciačnou udalosťou je charakteristický prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ. Pokles prietoku chladiva zvyšuje priemernú teplotu chladiva. Zvýšenie teploty chladiva súčasne spôsobí v dôsledku kinetických spätných väzieb zníženie výkonu reaktora. Z doteraz vykonaných analýz pre chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry vyplýva, že maximálny výkon reaktora ako aj maximálna teplota chladiva sú dosahované na začiatku procesu. Hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 teda nepresiahne hodnotu dosiahnutú na začiatku IU. Vyhodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T2 je nepriamo vykonané hodnotením teploty paliva v scenároch zameraných na hodnotenie kritéria DB-T3 a DB-T1.

Kritérium prijateľnosti DB-T3

- Tlak v I.O. < 110% projektovej hodnoty
- Tlak v II.O. < 110% projektovej hodnoty

Počas udalosti spojennej s výpadkom jedného alebo dvoch HCČ môže byť maximálny tlak v I.O. a v II.O. dosahovaný v dvoch fázach. V prvej fáze, ktorá je následkom výpadku HCČ, je nárast tlaku v I.O. spôsobený prudkým poklesom prietoku chladiva cez AZ a následným rastom strednej teploty chladiva. V druhej fáze je nárast tlaku v I.O. výsledkom zhoršeného prestupu tepla z I.O. do II.O..

Počiatkové a okrajové podmienky na hodnotenie kritéria prijateľnosti DB-T3 boli volené na základe citlivostných výpočtov, tak aby spĺňali predpoklady uvedené vyššie a s cieľom zabezpečiť konzervatívnosť analýzy.

Kritérium prijateľnosti DB-RA1

- Efektívna dávka (pre 2 bloky) < 0,125 mSv/rok za hranicami ochranného pásma

V priebehu analyzovanej iniciačnej udalosti nedochádza k trvalému úniku chladiva cez poistné ventily kompenzátora objemu. V prípade otvorenia poistných ventilov KO chladivo uniká do barbotážnej nádrže a funkcia hermetickej zóny je zachovaná.

Rádiologické následky sú hodnotené na základe výsledkov kapitoly 7.2.1.7 a 7.2.1.12 za predpokladu, že celý objem primárneho chladiva uniká cez poistný ventil KO do hermetickej zóny.

7.2.1.3.4.3 Výpočtové programy a použité výpočtové modely

T-H analýzy I.O. a II.O. boli vykonané výpočtovým programom RELAP5, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1. Detailnejší popis použitého 6-slučkového výpočtového modelu je uvedený v kapitole 7.2.1.1.

7.2.1.3.4.4 Špecifikácia analyzovaných variantov

Pre overenie uvedených kritérií prijateľnosti bol analyzovaný nasledovný variant:.

Variant A

- Iniciačná udalosť: Výpadok 2 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 4 a 6)
- Jednoduchá porucha: Neuvažuje sa
- Stav AZ: KON_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T1

Variant B

- Iniciačná udalosť: Výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 3, 4 a 6)
- Jednoduchá porucha: Neuvažuje sa
- Stav AZ: KON_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T1

Variant C

- Iniciačná udalosť: Výpadok 2 zo 5 pracujúcich HCČ (HCČ 4 a 6), (HCČ 3 je odstavené)
- Jednoduchá porucha: Zlyhanie PS-A PG2
- Stav AZ: ZAC_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T3

Variant D

- Iniciačná udalosť: Výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 3, 4 a 6)
- Jednoduchá porucha: Zlyhanie PS-A PG2
- Stav AZ: ZAC_{1k}
- Sledované kritérium prijateľnosti: DB-T3

Pre vypadnutie HČČ a nepracujúcu slučku boli zvolené slučky č.3, 4 a 6, pretože počas ustáleného stavu je v PG3, 4 a 6 najnižší tlak. Parogenerátor s najnižším počiatočným tlakom predstavuje PG s maximálnou kapacitou na prestup tepla z I.O. do II.O..

7.2.1.3.4.5 Počiatočné a okrajové podmienky

V analyzovanom variante boli počiatočné a okrajové podmienky volené tak, aby bola zabezpečená konzervatívnosť dosiahnutých výsledkov z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti.

Zvýšený výkon reaktora zvyšuje počiatočnú teplotu paliva a akumulovanú energiu v primárnom okruhu.

Pre varianty A a B platí, že znížená počiatočná hodnota tlaku v I.O. vedie k poklesu rezervy do vzniku krízy varu počas procesu.

Pre varianty C a D platí, že zvýšená počiatočná hodnota tlaku v I.O. vedie k prudšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Pre varianty A a B platí, že znížená počiatočná hladina v KO vedie k miernejšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Pre varianty C a D platí, že zvýšená počiatočná hladina v KO vedie k prudšiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Pre varianty A a B platí, že znížený prietok cez reaktor vedie k nárastu počiatočnej teploty chladiva, čím dochádza k vytvoreniu podmienok pre vznik krízy prestupu tepla.

Pre varianty C a D platí, že zvýšený prietok cez reaktor vedie k poklesu počiatočnej teploty chladiva, čo vedie k vyššiemu nárastu tlaku v I.O. pri raste teploty chladiva v I.O..

Pre varianty A a B platí, že zvýšená hodnota tlaku v HPK vedie k vyššej teplote na vstupe do reaktora.

Pre varianty C a D platí, že zvýšený tlak v II.O. a činnosť regulátora turbíny má za následok zhoršenie prestupu tepla z I.O. do II.O..

Pre varianty A a B platí, že znížená hladina v PG zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Pre varianty C a D platí, že zvýšená hladina v PG vedie k skoršiemu zatvoreniu RČA na parovodoch a následnému vyššiemu pretlakovaniu PG.

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.

Zvýšená teplota NV zhoršuje prestup tepla z I.O. do II.O..

Pre varianty A a B platí: Stav AZ bol uvažovaný pre koniec kampane, pretože je to konzervatívne z pohľadu chladenia AZ (maximálny lineárny výkon je v hornej časti AZ, kde je súčasne dosahovaná maximálna teplota chladiva a minimálny tlak chladiva) a taktiež je to konzervatívne z pohľadu vzniku krízy varu. Koncentrácia H_3BO_3 bola uvažovaná pre KON_{1k} . Bol zvolený koniec kampane prvého palivového cyklu.

Pre varianty C a D platí: Stav AZ bol uvažovaný pre začiatok kampane, pretože výkon reaktora počas udalosti klesá a vplyv koeficientov reaktivity pre ZAC je menší než pre KON. To vedie k vyššiemu výkonu reaktora, čo je konzervatívne z pohľadu sledovaných kritérií prijateľnosti. Koncentrácia H_3BO_3 bola uvažovaná pre ZAC_{1k} . Bol zvolený začiatok kampane prvého palivového cyklu.

Maximálna hodnota zvyškového výkonu reaktora vedie k vyššej teplote paliva po odstavení reaktora.

Proces je charakteristický poklesom prietoku chladiva cez reaktor, čo zapríčiní nárastom teploty a tlaku chladiva v AZ. Rastúca teplota chladiva spôsobí znižovanie hustoty chladiva a vnos zápornej reaktivity, čím sa znižuje výkon reaktora. Preto je zvolená slabá spätná väzba koeficientu reaktivity od hustoty moderátora a silná spätná väzba koeficientu reaktivity od teploty moderátora, aby výkon reaktora klesal pomalšie.

Pre varianty C a D je zvolená silná spätná väzba koeficientu reaktivity od koncentrácie bóru s cieľom dosiahnutia vyššieho výkonu reaktora pred odstavením reaktora.

Výkon reaktora v kritickej fáze havárie klesá, preto aj maximálna hodnota koeficientov reaktivity β_{ef} , λ vedie k minimálnej zmene výkonu (minimálny pokles výkonu).

Zvolená minimálna vodivosť v medzere je vybraná s cieľom dosiahnutia vyššej teploty paliva.

Zvolená minimálna tepelná vodivosť paliva a maximálna tepelná kapacita paliva udržiavajú vyššiu teplotu paliva, keď výkon reaktora klesá.

Minimálna počiatočná poloha 6. skupiny HRK zabezpečuje maximum kladnej reaktivity, dostupnej pri vysúvaní HRK činnosťou RCS. V kapitole popisujúcej použitú metodiku (kap. 7.2.1.1.4.6.3) je uvedená minimálna počiatočná poloha HRK. Iba jedna poloha HRK (konzervatívnejšia) je uvažovaná pre oba stavy AZ (ZAC a KON).

Pre variant A platí, že minimálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k vyššej teplote chladiva na vstupe do I.O. a zhoršuje prechod tepla z I.O. do II.O..

Pre variant B platí, že nominálna hodnota prestupu tepla v PG vedie k lepšiemu odvodu tepla z I.O., čím sa nárast tlaku v I.O. spomalí. Pre tento variant je uvedené nastavenie konzervatívne z hľadiska hodnoteného kritéria prijateľnosti.

Pre varianty C a D platí, že minimálna hodnota prestupu tepla v PG zhoršuje prechod tepla z I.O. do II.O., čo vedie k dosiahnutiu vyššieho tlaku v I.O. počas fázy zvýšeného odvodu tepla z I.O. (až do aktivácie AO1).

Tab. 7.2.1.3.4-1 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/Nie	Varianty A, B: áno Varianty C, D: Zlyhanie PS-A PG2
11	RČA PG	Áno	
12	RČA NV	Áno	

Poznámka:

Jednoduchá porucha (zlyhanie PS-A PG2) bola zvolená na slučke č.2, pretože počas ustáleného stavu je na slučke č.2 najvyšší tlak.

Tab. 7.2.1.3.4-2 Pripravenosť riadiacich systémov

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

Tab. 7.2.1.3.4-3 Jednoduchá porucha

	Varianty A, B	Varianty C, D
Jednoduchá porucha	Neuvažuje sa	Zlyhanie PS-A PG2

Poznámky:

Varianty A, B: Minimálna hodnota sledovaného kritéria prijateľnosti DB-T1 (DNBR) je dosahovaná v podmienkach pri maximálnom tepelnom zaťažení, minimálnom prietoku chladiva cez AZ a minimálnom tlaku v I.O.. Minimálna hodnota DNBR je dosiahnutá pred iniciáciou signálu AO1. Pre hodnotený scenár nebola nájdená žiadna jednoduchá porucha, ktorá by viedla ku ďalšiemu poklesu rezervy sledovaného kritéria prijateľnosti pred iniciáciou signálu AO1.

Varianty C, D: Jednoduchá porucha (zlyhanie PS-A PG2) bola zvolená na slučke č.2, pretože počas ustáleného stavu je na slučke č.2 najvyšší tlak.

Tab. 7.2.1.3.4-4 Strata napájania vlastnej spotreby

	Varianty A, B, C, D
SNVS	Neuvažuje sa

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie AO1 signálov volené za účelom oneskorenia odstavenia reaktora a za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

V analyzovaných variantoch bolo nastavenie ESFAS signálov volené za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

Nastavenie bezpečnostných a riadiacich systémov bolo v analyzovaných variantoch volené za účelom dosiahnutia maximálneho tlaku v I.O. a II.O..

7.2.1.3.4.6 Popis a rozbor výsledkov a vyhodnotenie kritérií prijateľnosti

7.2.1.3.4.6.1 Popis a rozbor výsledkov pre variant A

Iniciačnou udalosťou je výpadok 2 zo 6 pracujúcich HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T1 (DNBR) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). SNVS sa počas celého procesu neuvažuje. Prechodový proces začína súčasným výpadkom HCČ 4 a 6 v 0 s procesu, následkom čoho dochádza v postihnutých slučkách a v aktívnej zóne k prudkému poklesu prietoku.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 52 s. Po zásahu AO1 dochádza k postupnému stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 28 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 74 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 52 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 05.

7.2.1.3.4.6.2 Popis a rozbor výsledkov pre variant B

Iniciačnou udalosťou je výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T1 (DNBR) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). SNVS sa počas celého procesu neuvažuje. Prechodový proces začína súčasným výpadkom HCČ 3, 4 a 6 v 0 s procesu, následkom čoho dochádza v postihnutých slučkách a v aktívnej zóne k prudkému poklesu prietoku.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 52 s. Po zásahu AO1 dochádza k postupnému stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 45 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 72 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 52 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 06.

7.2.1.3.4.6.3 Popis a rozbor výsledkov pre variant C

Iniciačnou udalosťou je výpadok 2 z 5 pracujúcich HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T3 (maximálny tlak v I.O. a v II.O.) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). SNVS sa počas celého procesu neuvažuje. Ako jednoduchá porucha sa uvažuje zlyhanie PS-A na PG2.

Za počiatočný stav bloku je uvažovaný ustálený stav bloku pri činnosti 5 HCČ. V analýza sa uvažuje, že HCČ3 je odstavené a HUA na studenej vetve č. 3 je úplne uzatvorená. Počiatočný výkon reaktora je nastavený na dovolenú hodnotu výkonu reaktora prislúchajúcu činnosti 5 HCČ. Ostatné parametre primárneho a sekundárneho okruhu sú nastavené na hodnoty prislúchajúce stavu bloku na nominálnom výkone pri činnosti 6 HCČ. Prechodový proces začína súčasným výpadkom HCČ 4 a 6 v 0 s procesu, následkom čoho dochádza v postihnutých slučkách a v aktívnej zóne k prudkému poklesu prietoku.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 31 s. Po zásahu AO1 dochádza k postupnému stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 32 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 640 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 31 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 07.

7.2.1.3.4.6.4 Popis a rozbor výsledkov pre variant D

Iniciačnou udalosťou je výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ. Počiatočné a okrajové podmienky boli definované tak, aby sa overilo kritérium DB-T3 (maximálny tlak v I.O. a v II.O.) a DB-T2 (maximálna teplota paliva). SNVS sa počas celého procesu neuvažuje. Ako jednoduchá porucha sa uvažuje zlyhanie PS-A na PG2. Prechodový proces začína súčasným výpadkom HCČ 3, 4 a 6 v 0 s procesu, následkom čoho dochádza v postihnutých slučkách a v aktívnej zóne k prudkému poklesu prietoku.

Výkon reaktora dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku procesu a teda hodnota parametra kritéria prijateľnosti DB-T2 (maximálna teplota paliva) dosahuje maximálnu hodnotu na začiatku iniciačnej udalosti.

Reaktor bol bezpečne odstavený v 24 s. Po zásahu AO1 dochádza k postupnému stabilizovaniu teploty a tlaku v primárnom okruhu. Maximálna hodnota tlaku I.O. bola dosiahnutá v 26 s, maximálna hodnota tlaku II.O. bola dosiahnutá v 670 s a minimálna hodnota DNBR bola dosiahnutá v 24 s.

Termohydraulické analýzy I.O. a II.O., ktoré hodnotia odozvu bloku ako celku, boli ukončené v 1800 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. mierne klesá. Činnosť operátora sa neuvažovala.

Výsledky výpočtu sú zobrazené v Prílohe 08.

7.2.1.3.4.7 Súhrnné zhodnotenie

Vo variantoch A - D bola analyzovaná iniciačná udalosť „Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel“, ktorá je zaradená do kategórie očakávaných udalostí. Cieľom výpočtov uvedených v tejto kapitole bolo vyhodnotiť najnepriaznivejšie prípady z hľadiska overenia relevantných kritérií prijateľnosti.

Priebeh iniciačnej udalosti „Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel“, pri uvažovaní primerane konzervatívnych počiatkových podmienok a nastavení ochranných a regulačných zariadení, je bezpečne zvládnuteľný. V priebehu tohto procesu, pri zadaných predpokladoch, nedôjde k porušeniu relevantných kritérií prijateľnosti.

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

Fyzikálne a technologické vlastnosti blokov MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti „Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel“, zaradenej do kategórie očakávaných udalostí, nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov.

LITERATÚRA

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

- [I.1] Kapitola 07.02.00 Súhrn vstupných dát pre deterministické analýzy bezpečnosti, PNM34361102.
- [I.2] PpBS pre 1. a 2. blok EMO, revízia 2 - zmena č. 71a/2011, apríl 2011.
- [I.3] 6-BSP-001, Bezpečnostná správa JE V-2, 1. vydanie / revízia 2, máj 2012.

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

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

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

- [III.1] RELAP5/MOD3.2.2 Manuál, NUREG/CR-5535-Vol. I.-VII.
- [III.2] PAA-22-BSMO34-kap7-2-1-3-JRE (in Slovak), Internal document VUJE, 2013.

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 01	Variant A – Chybné uzatvorenie HUA na studenej slučke č.4 (Max. tlak)
Príloha 02	Variant A – Zadretie rotora HCČ na slučke č.4 (Max. tlak)
Príloha 03	Variant A – Zlomenie hriadeľa HCČ na slučke č.4 (DNBR)
Príloha 04	Variant B – Zlomenie hriadeľa HCČ na slučke č.4 (Max. tlak)
Príloha 05	Variant A - Výpadok 2 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 4 a 6) (DNBR)
Príloha 06	Variant B - Výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 3, 4 a 6) (DNBR)
Príloha 07	Variant C - Výpadok 2 z 5 pracujúcich HCČ (HCČ 4 a 6) (Max. tlak)
Príloha 08	Variant D - Výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 3, 4 a 6) (Max. tlak)

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 7.2.1.3.1-1	Pripravenosť bezpečnostných systémov.....	8
Tab. 7.2.1.3.1-2	Pripravenosť riadiacich systémov	8
Tab. 7.2.1.3.1-3	Jednoduchá porucha	8
Tab. 7.2.1.3.1-4	Strata napájania vlastnej spotreby	9
Tab. 7.2.1.3.2-1	Pripravenosť bezpečnostných systémov.....	14
Tab. 7.2.1.3.2-2	Pripravenosť riadiacich systémov	14
Tab. 7.2.1.3.2-3	Jednoduchá porucha	14
Tab. 7.2.1.3.2-4	Strata napájania vlastnej spotreby	15
Tab. 7.2.1.3.3-1	Pripravenosť bezpečnostných systémov.....	21
Tab. 7.2.1.3.3-2	Pripravenosť riadiacich systémov	21
Tab. 7.2.1.3.3-3	Jednoduchá porucha	22
Tab. 7.2.1.3.3-4	Strata napájania vlastnej spotreby	22
Tab. 7.2.1.3.4-1	Pripravenosť bezpečnostných systémov.....	28
Tab. 7.2.1.3.4-2	Pripravenosť riadiacich systémov	29
Tab. 7.2.1.3.4-3	Jednoduchá porucha	29
Tab. 7.2.1.3.4-4	Strata napájania vlastnej spotreby	29

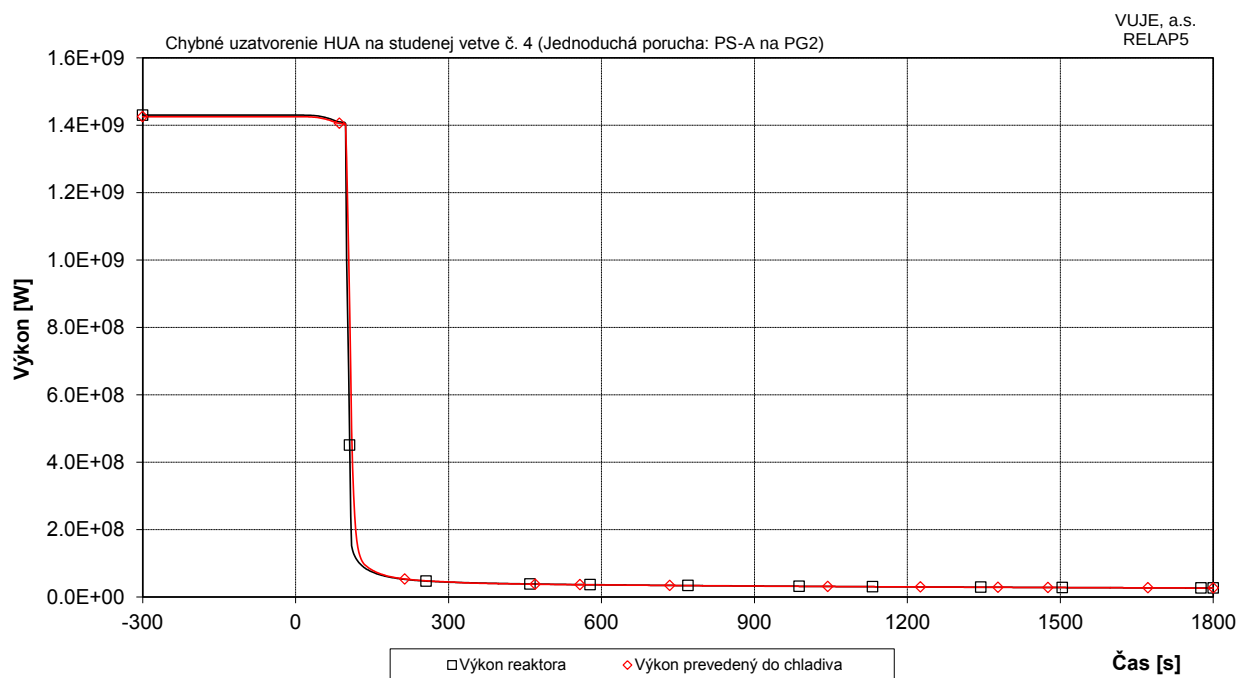
Príloha č. 01

7.2.1.3.1 Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke

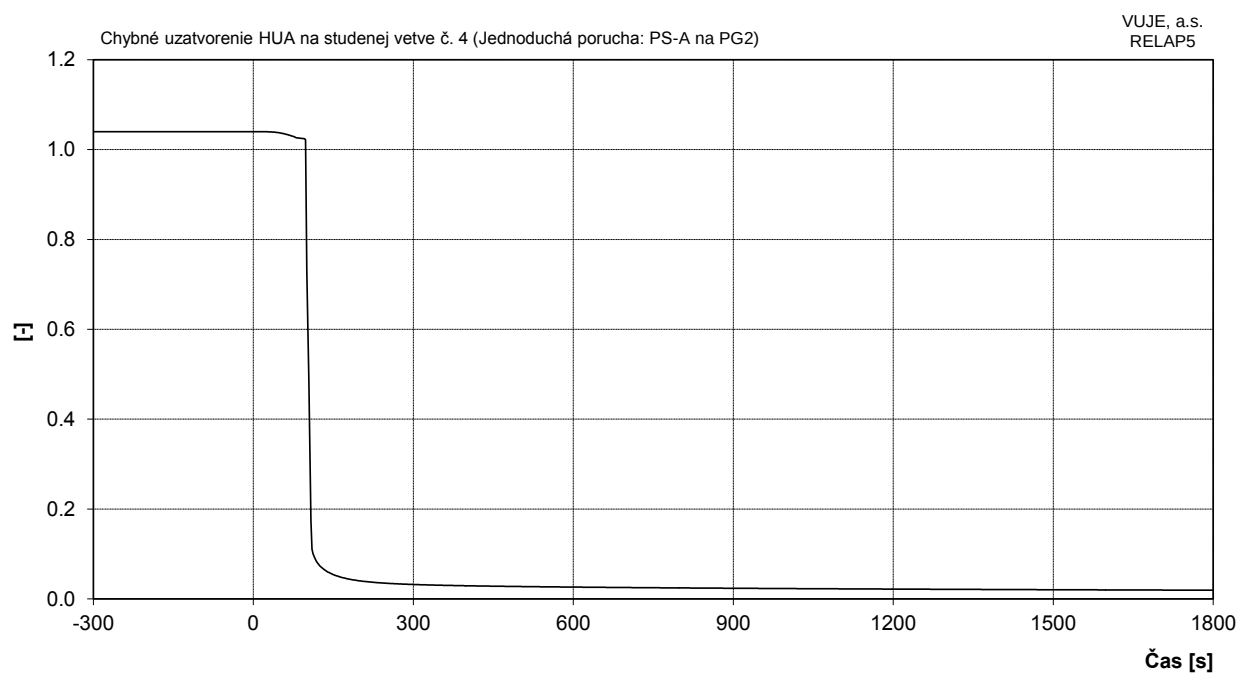
Scenár A Chybné uzatvorenie HUA na studenej vetve č. 4

ZOZNAM OBRÁZKOV

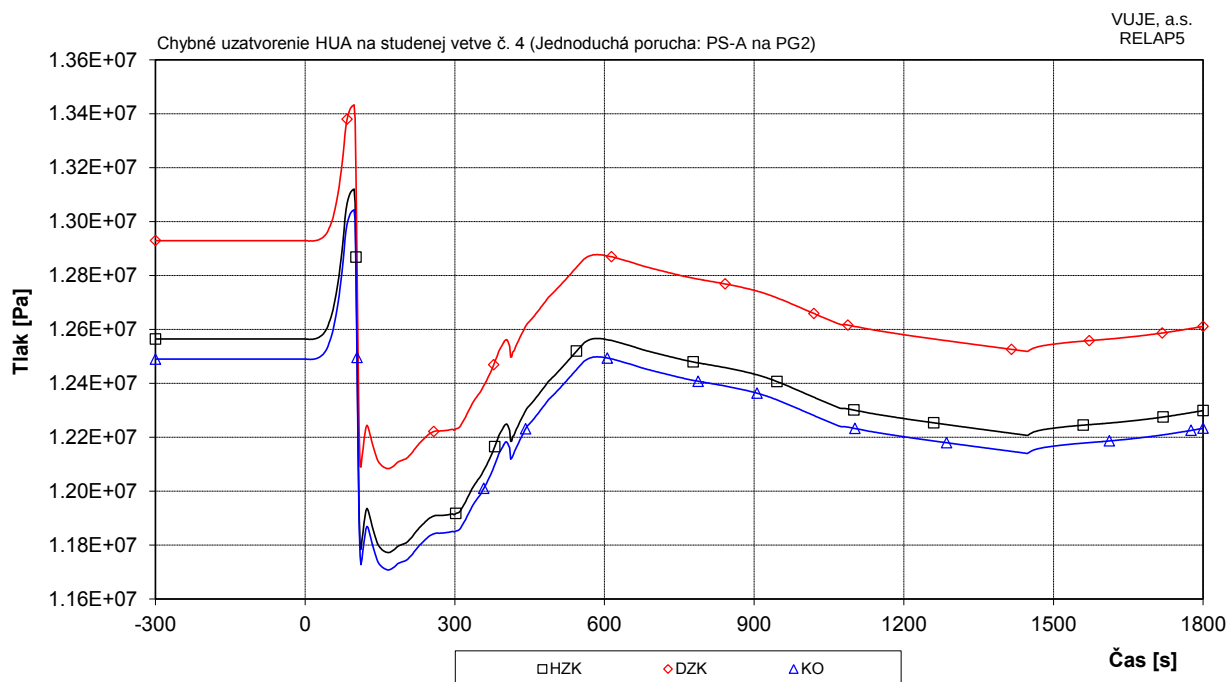
Obr. 7.2.1.3.1-A-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.1-A-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.1-A-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.1-A-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.1-A-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.1-A-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.1-A-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.1-A-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.1-A-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.1-A-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.1-A-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR	7
Obr. 7.2.1.3.1-A-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.1-A-13:	Teplota chladiva v TNR	8
Obr. 7.2.1.3.1-A-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.1-A-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG	9
Obr. 7.2.1.3.1-A-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.1-A-17:	Prietok pary do TG	10
Obr. 7.2.1.3.1-A-18:	Prietok pary z PG	10
Obr. 7.2.1.3.1-A-19:	Tlak v HPK	11
Obr. 7.2.1.3.1-A-20:	Tlak na výstupe z PG	11
Obr. 7.2.1.3.1-A-21:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.1-A-22:	Prietok pary cez PV1 PG	12
Obr. 7.2.1.3.1-A-23:	Celkový výkon EOKO	13



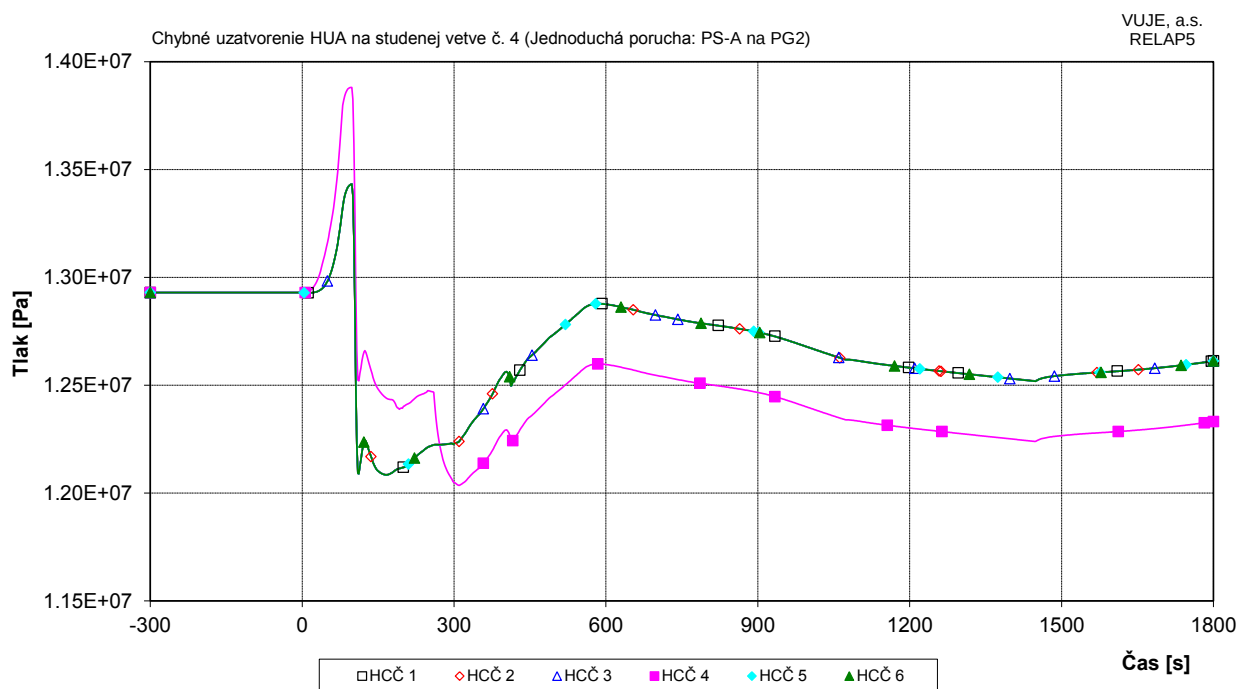
Obr. 7.2.1.3.1-A-1: Výkon reaktora



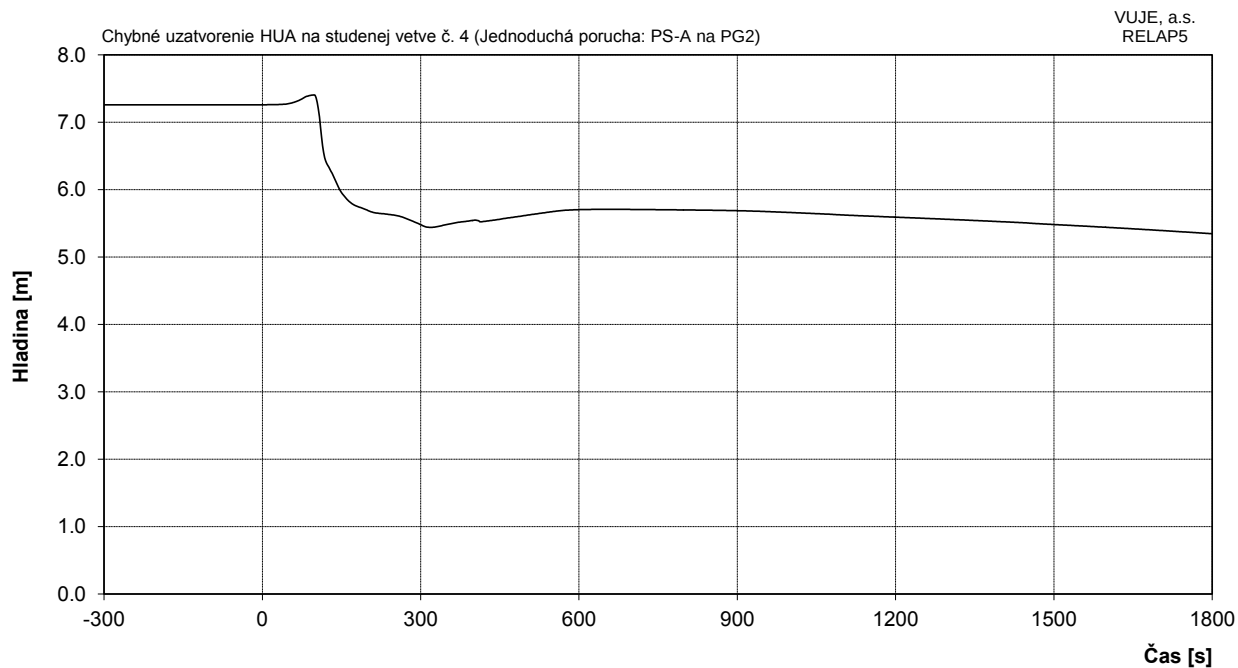
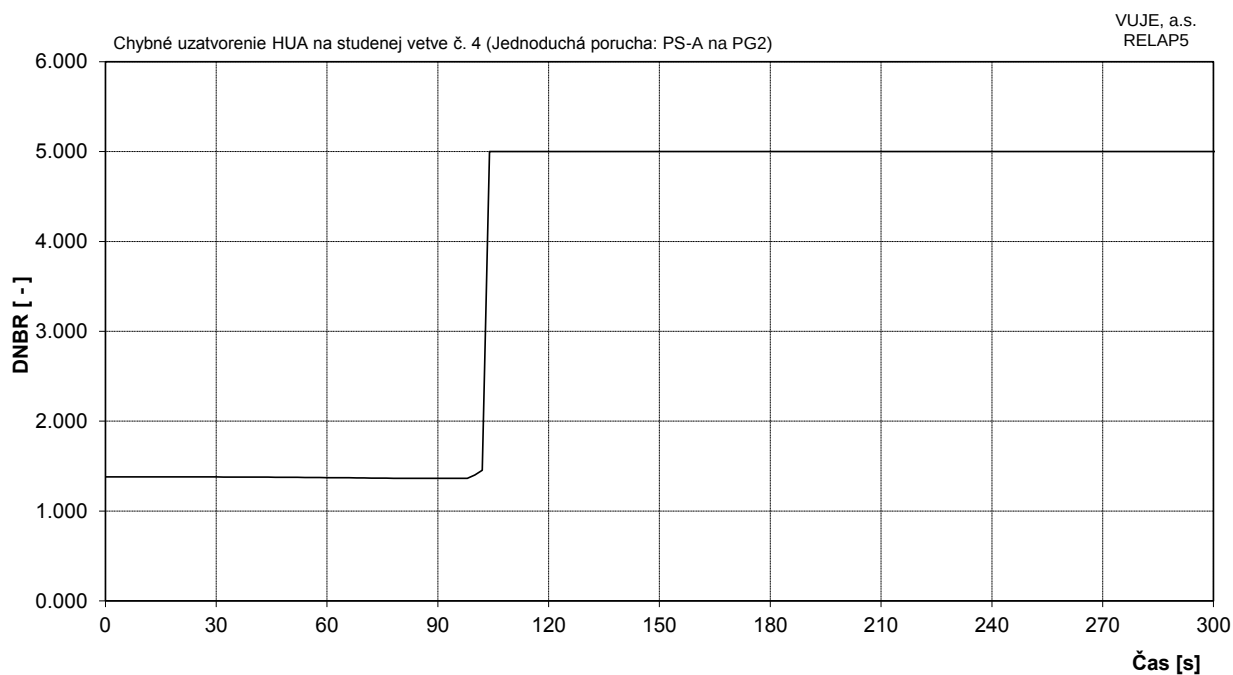
Obr. 7.2.1.3.1-A-2: Pomerný výkon reaktora

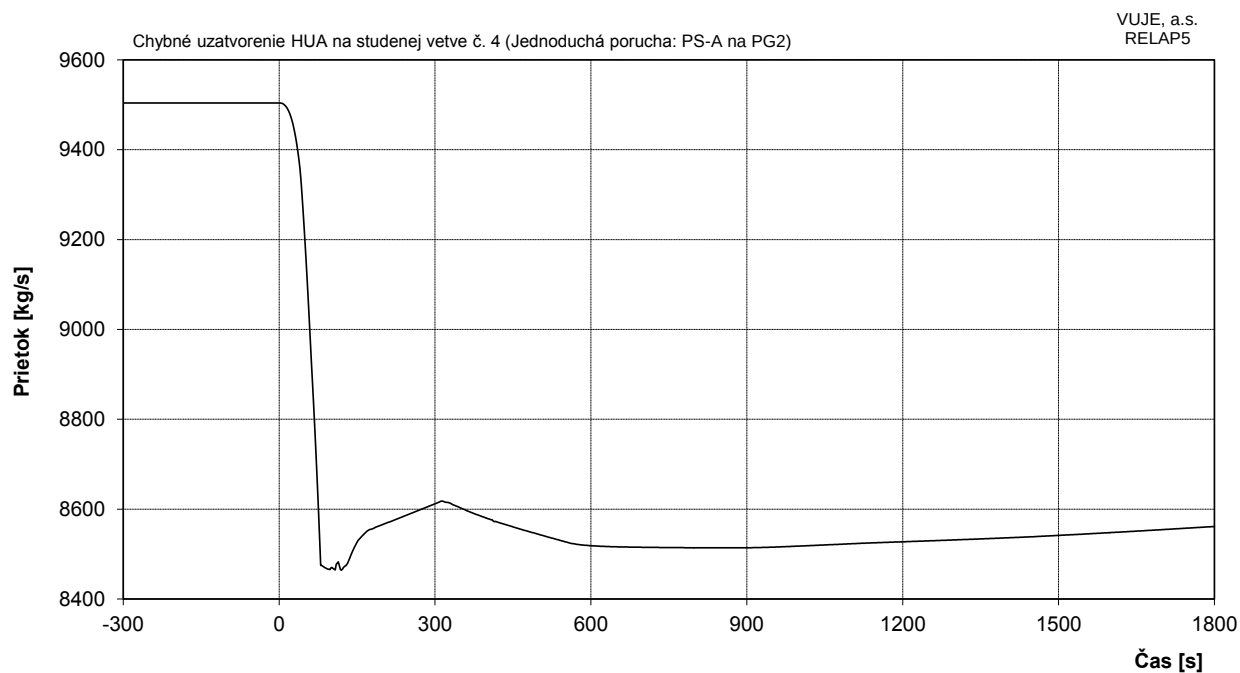


Obr. 7.2.1.3.1-A-3: Tlak v I.O.

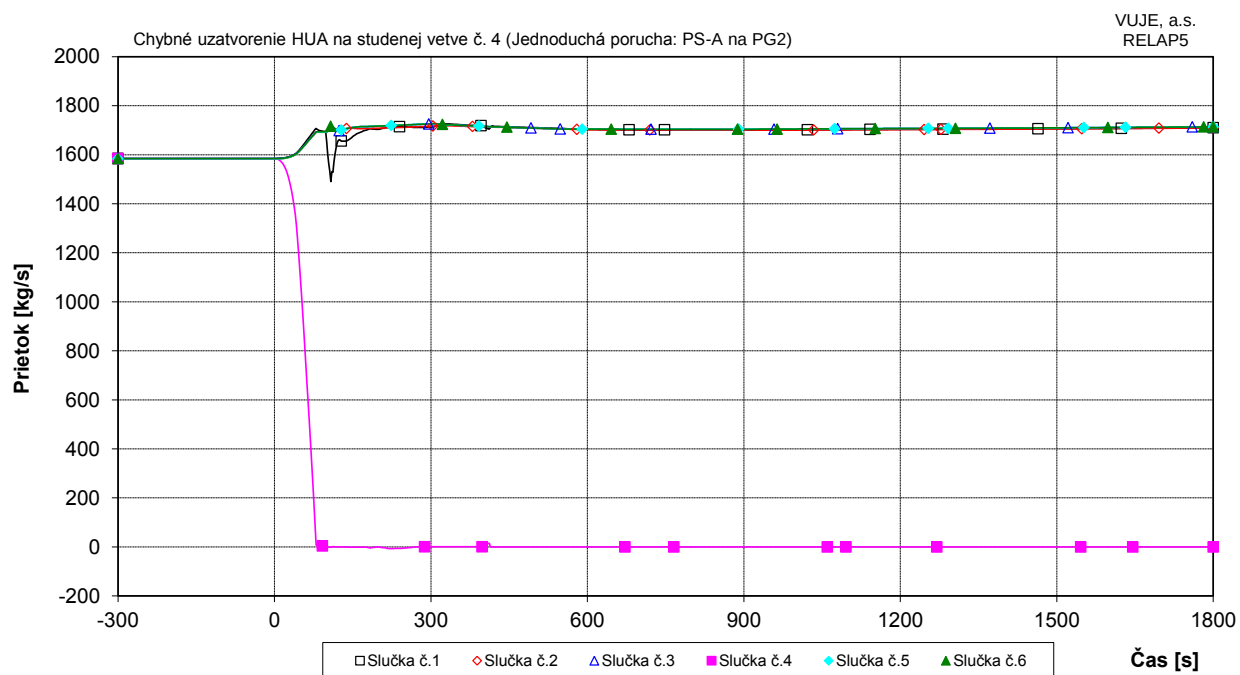


Obr. 7.2.1.3.1-A-4: Tlak na výtlaku HCČ

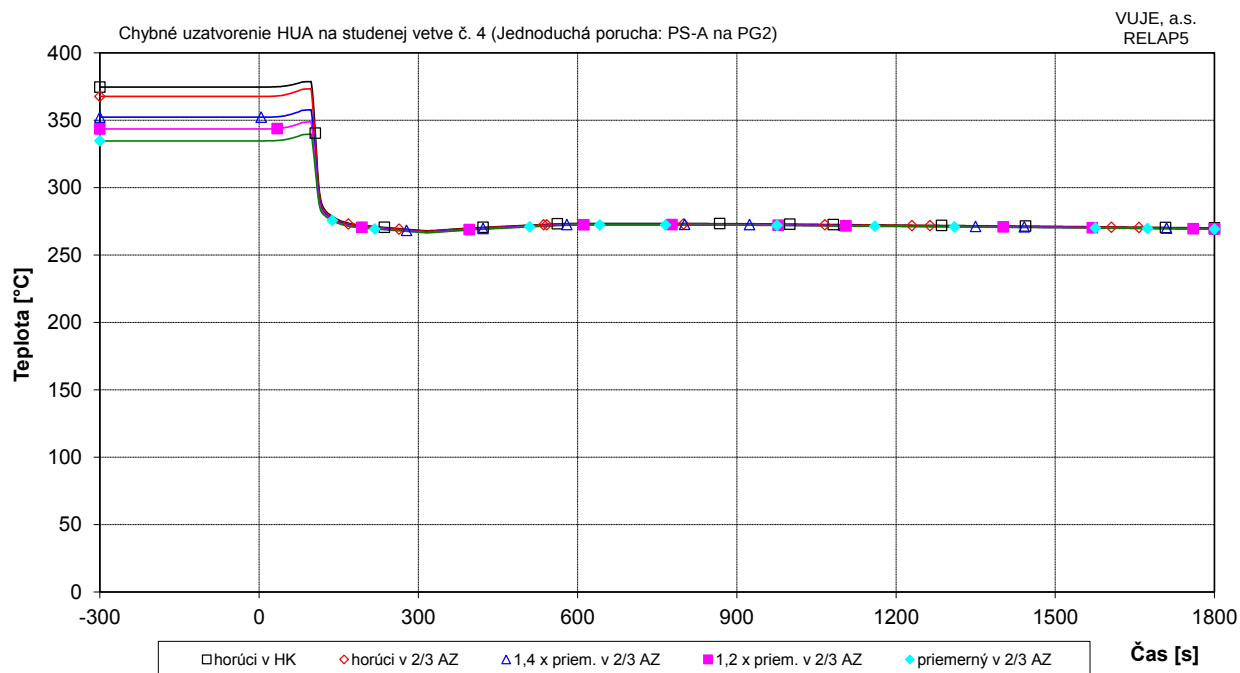
**Obr. 7.2.1.3.1-A-5: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.3.1-A-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ**



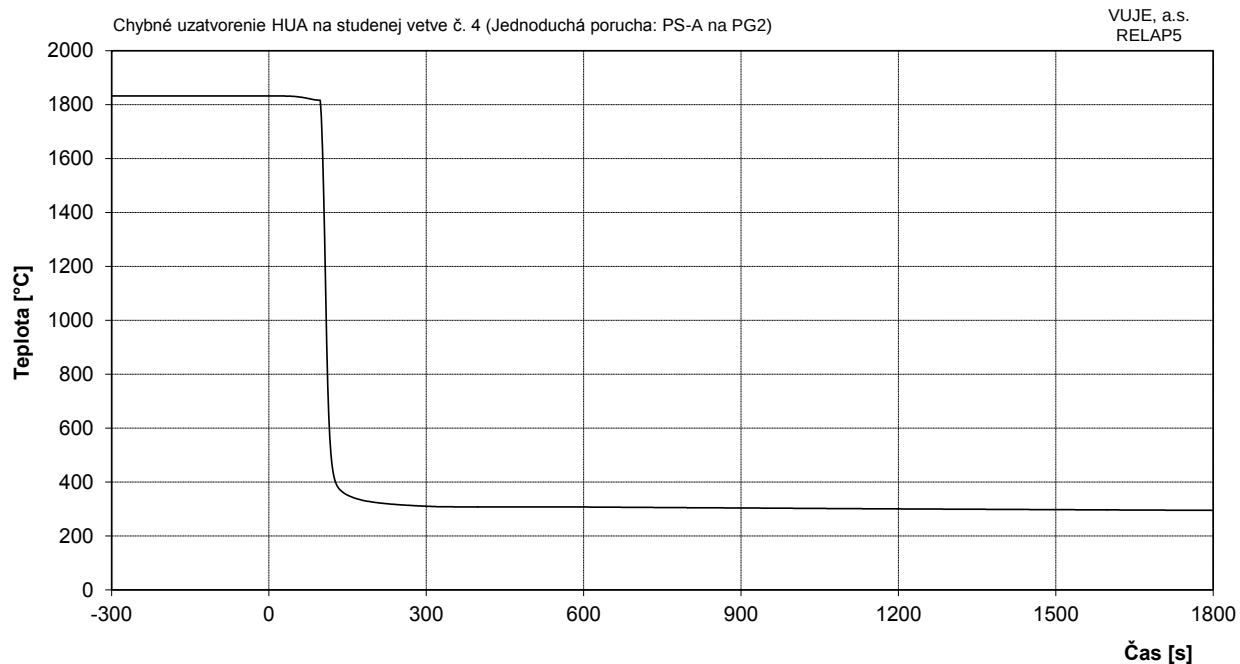
Obr. 7.2.1.3.1-A-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



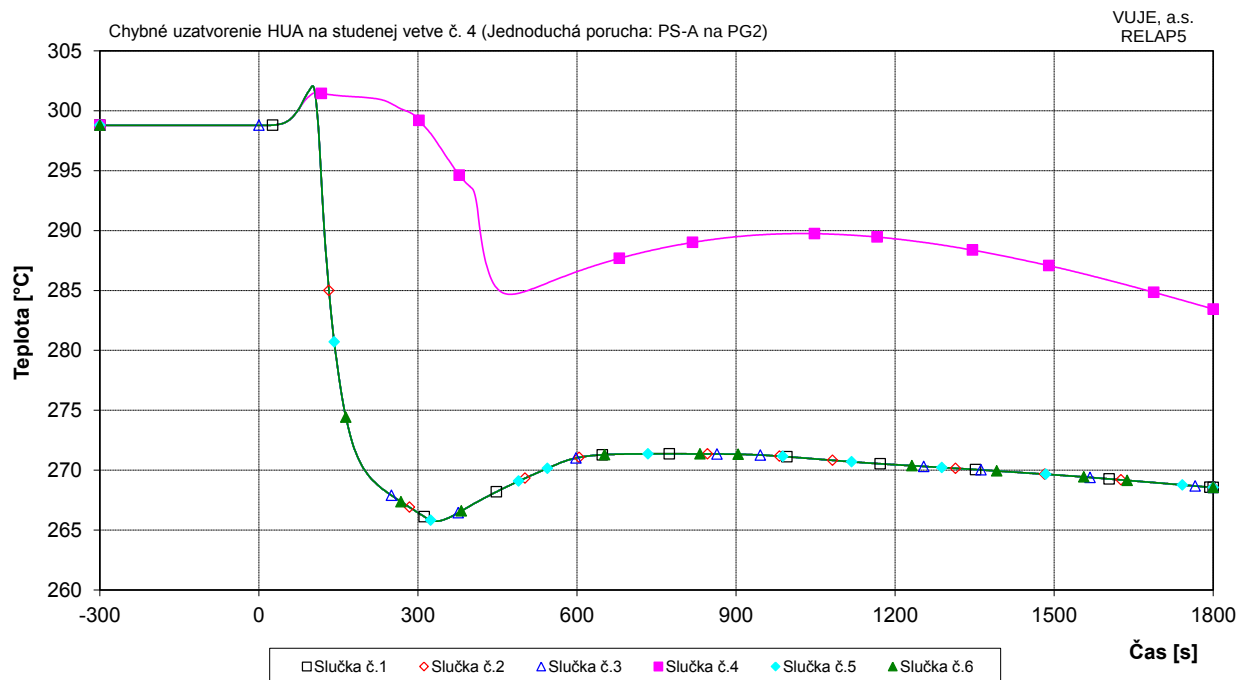
Obr. 7.2.1.3.1-A-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



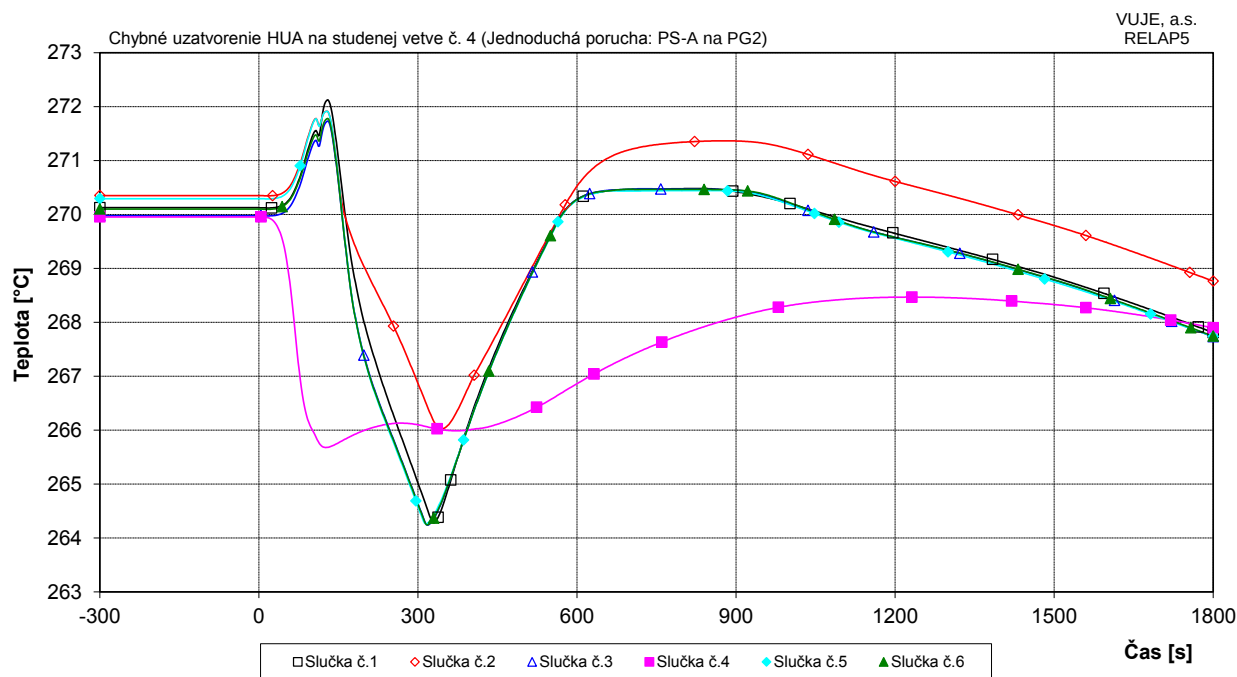
Obr. 7.2.1.3.1-A-9: Teplota pokrytia



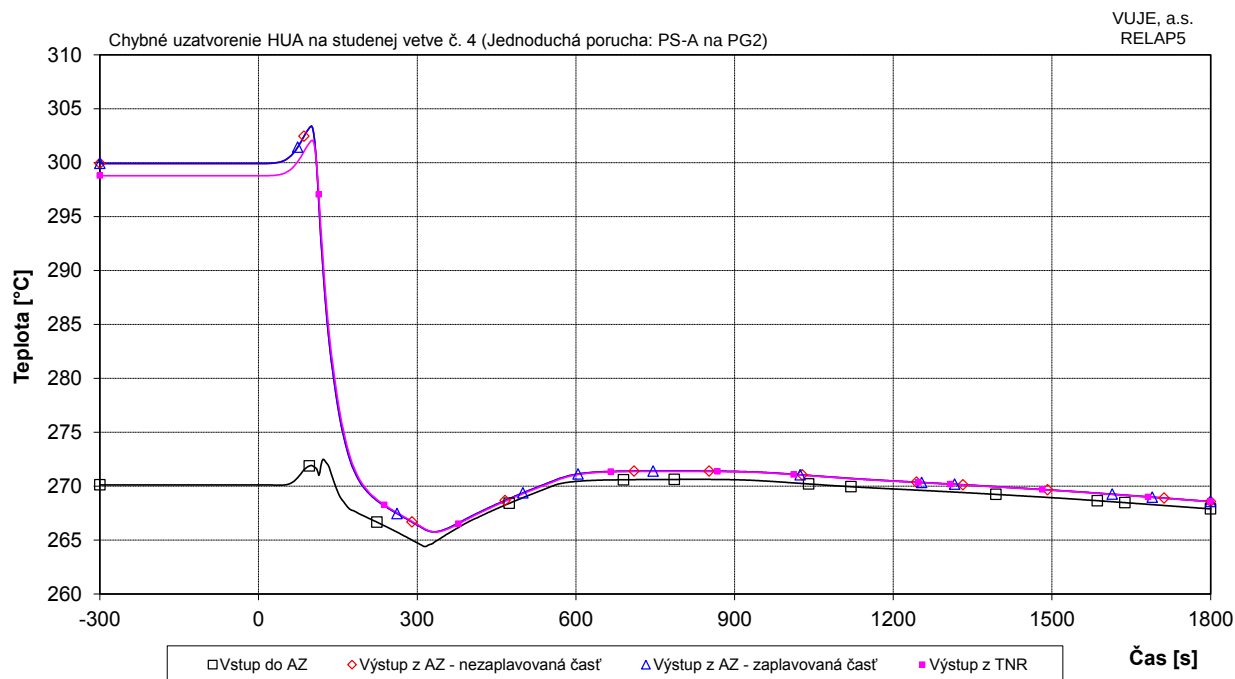
Obr. 7.2.1.3.1-A-10: Maximálna teplota paliva



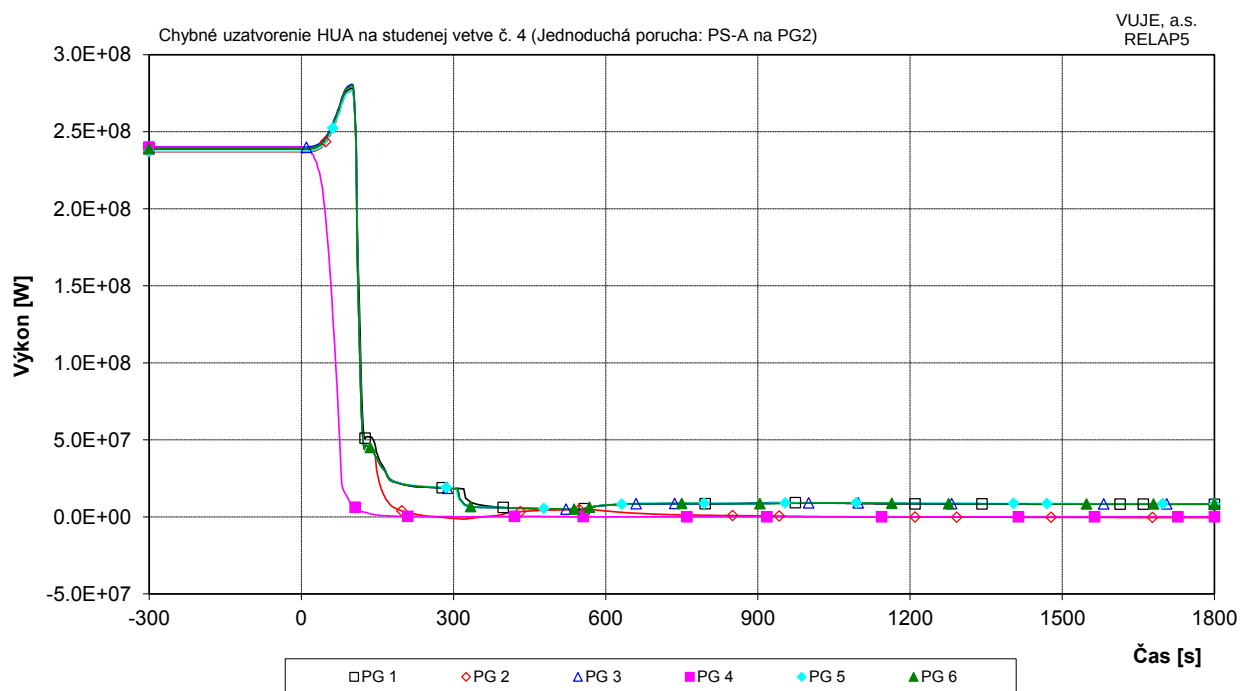
Obr. 7.2.1.3.1-A-11: Teplota chladiva na výstupe z TNR



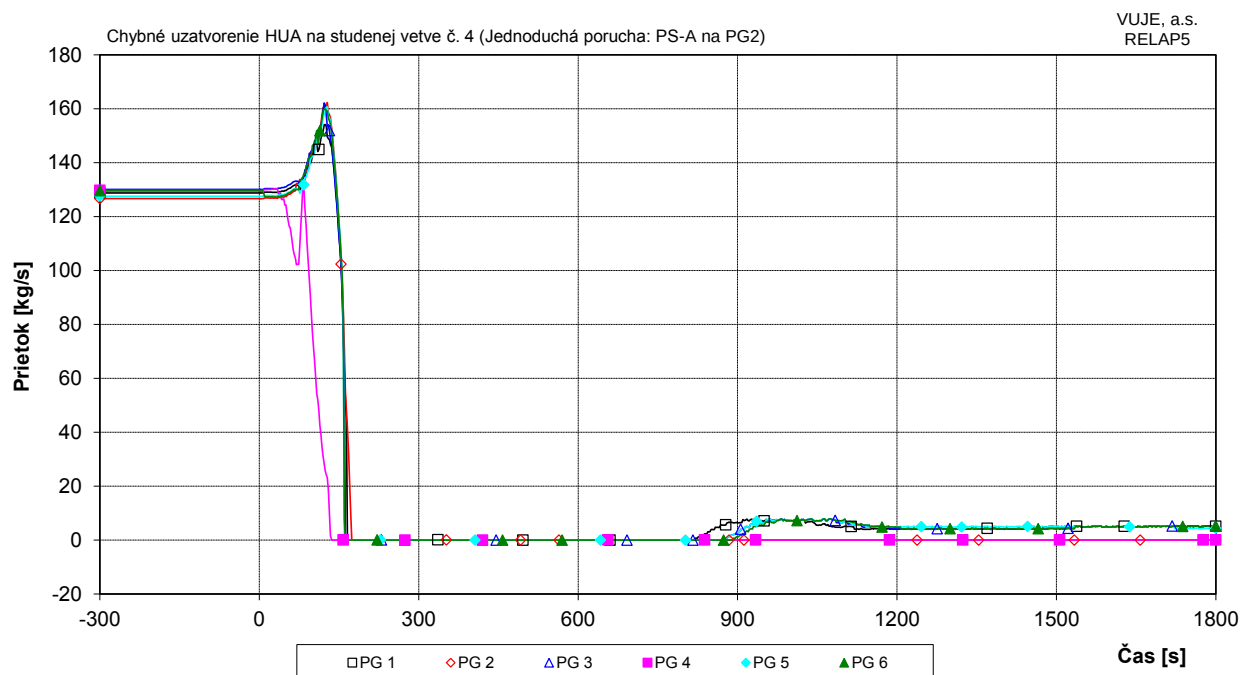
Obr. 7.2.1.3.1-A-12: Teplota chladiva na vstupe do TNR



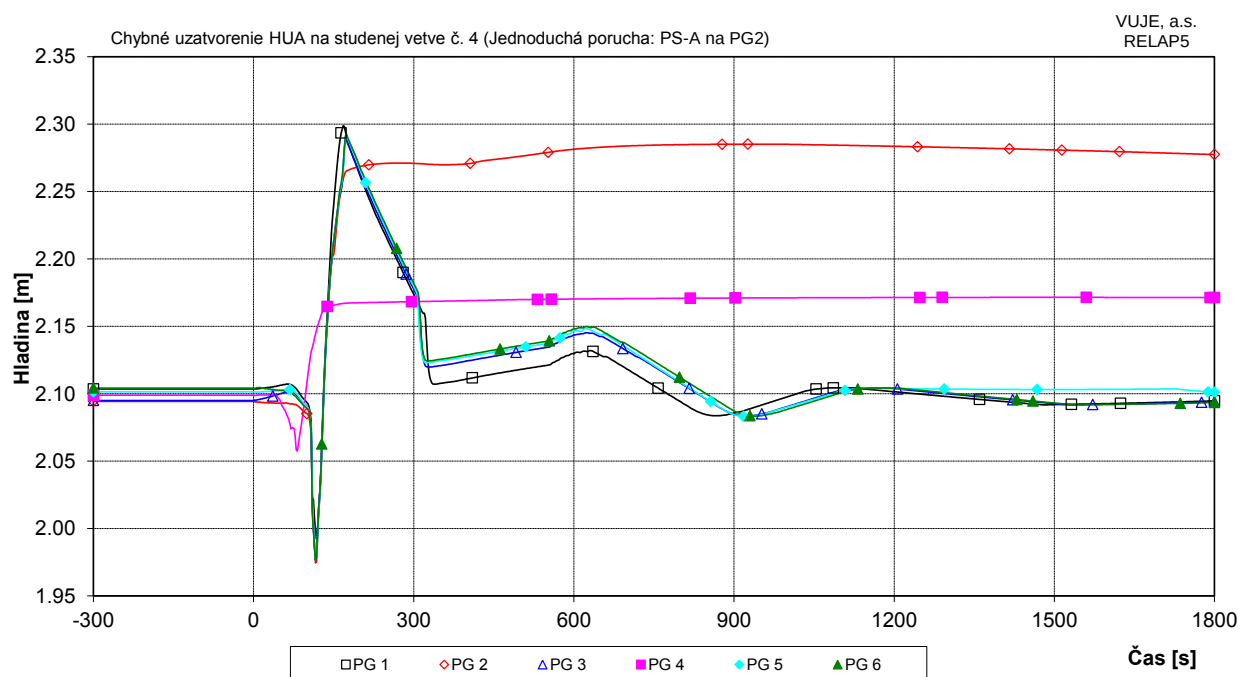
Obr. 7.2.1.3.1-A-13: Teplota chladiva v TNR



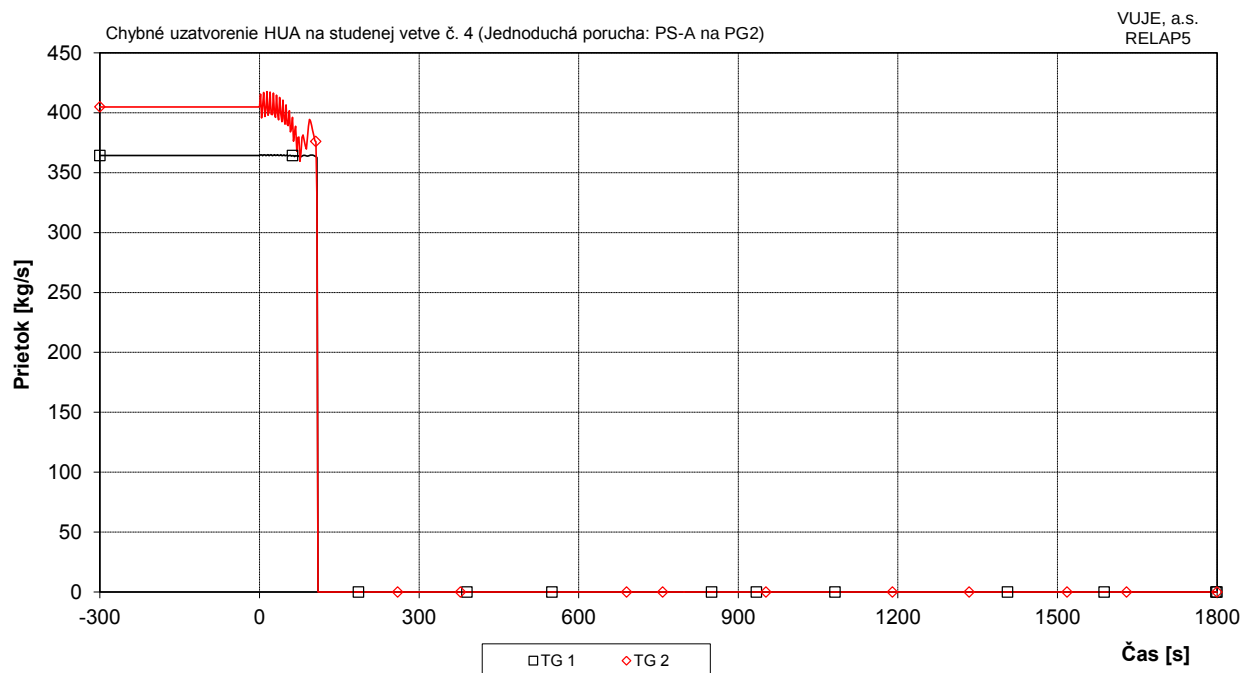
Obr. 7.2.1.3.1-A-14: Výkon PG



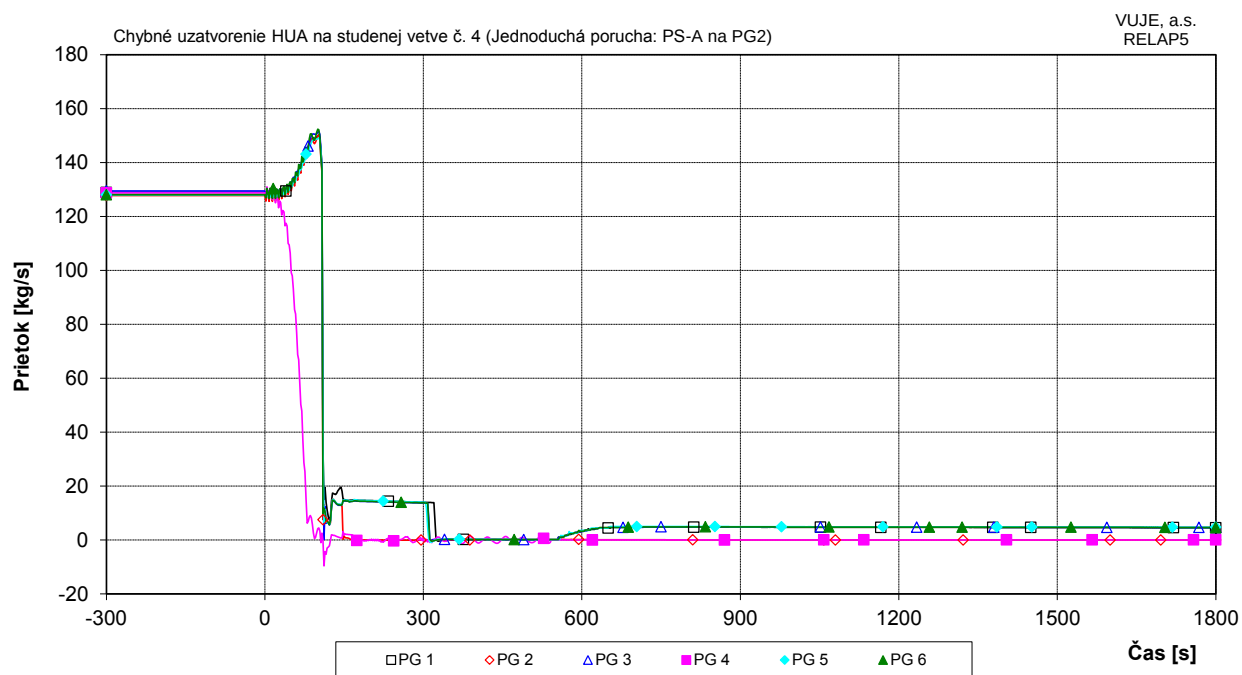
Obr. 7.2.1.3.1-A-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



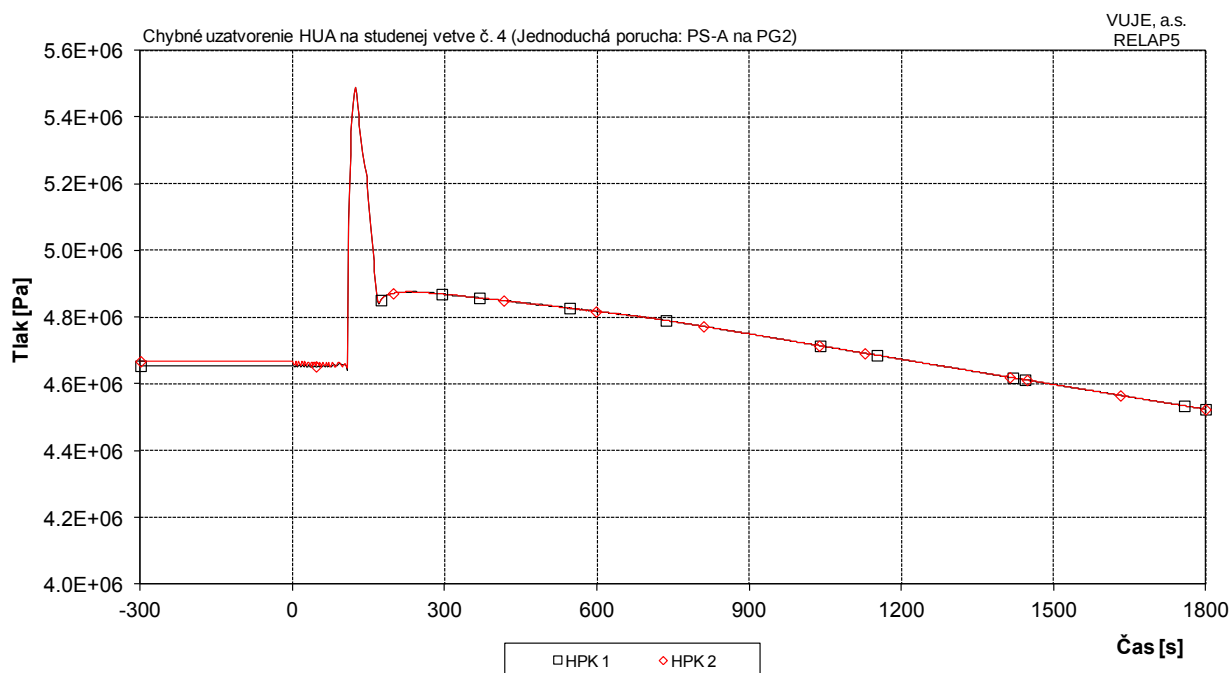
Obr. 7.2.1.3.1-A-16: Celková hladina v PG



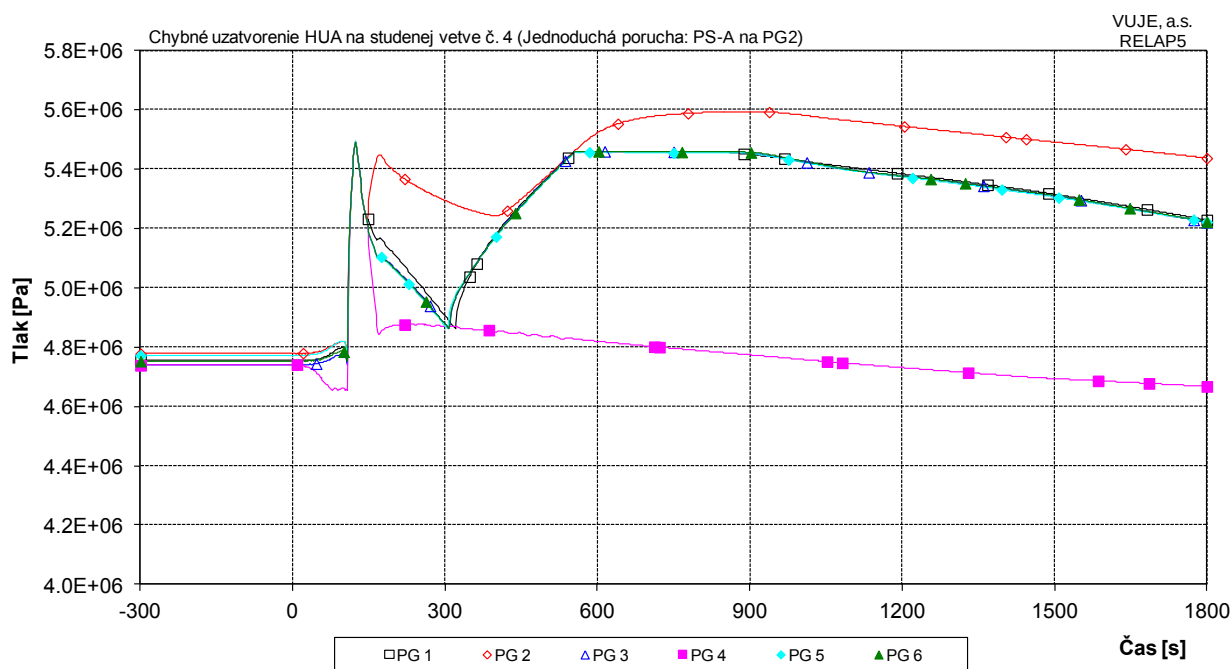
Obr. 7.2.1.3.1-A-17: Prietok pary do TG



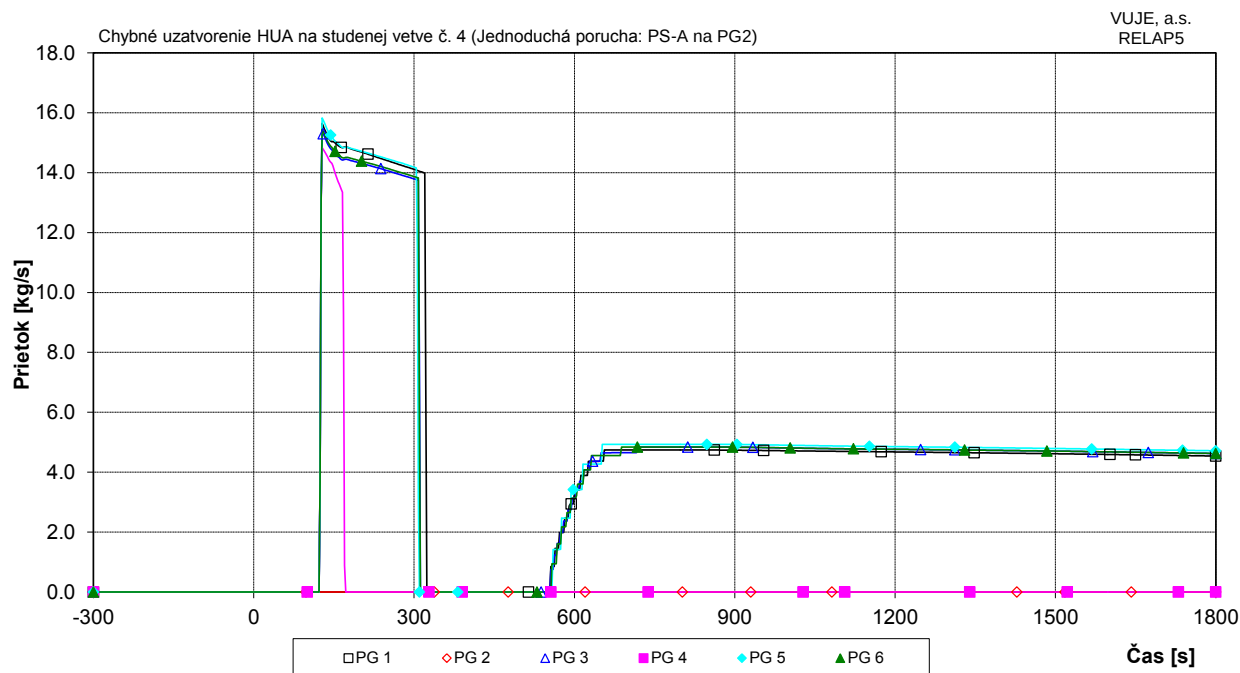
Obr. 7.2.1.3.1-A-18: Prietok pary z PG



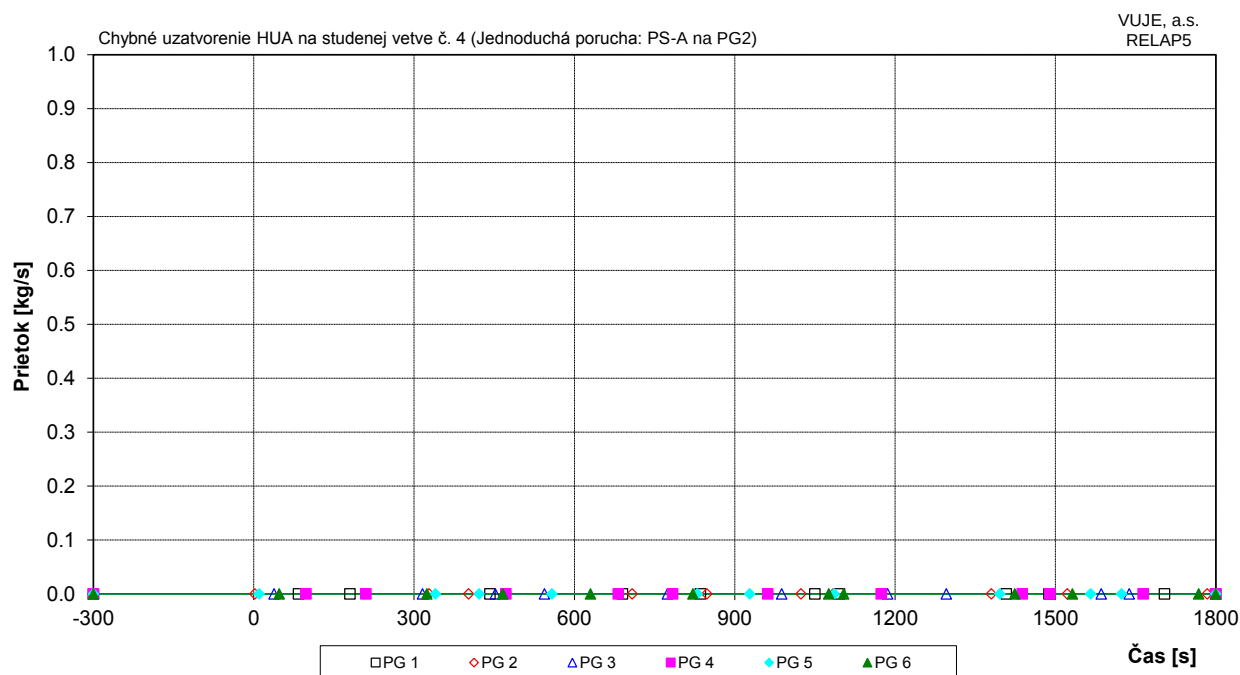
Obr. 7.2.1.3.1-A-19: Tlak v HPK



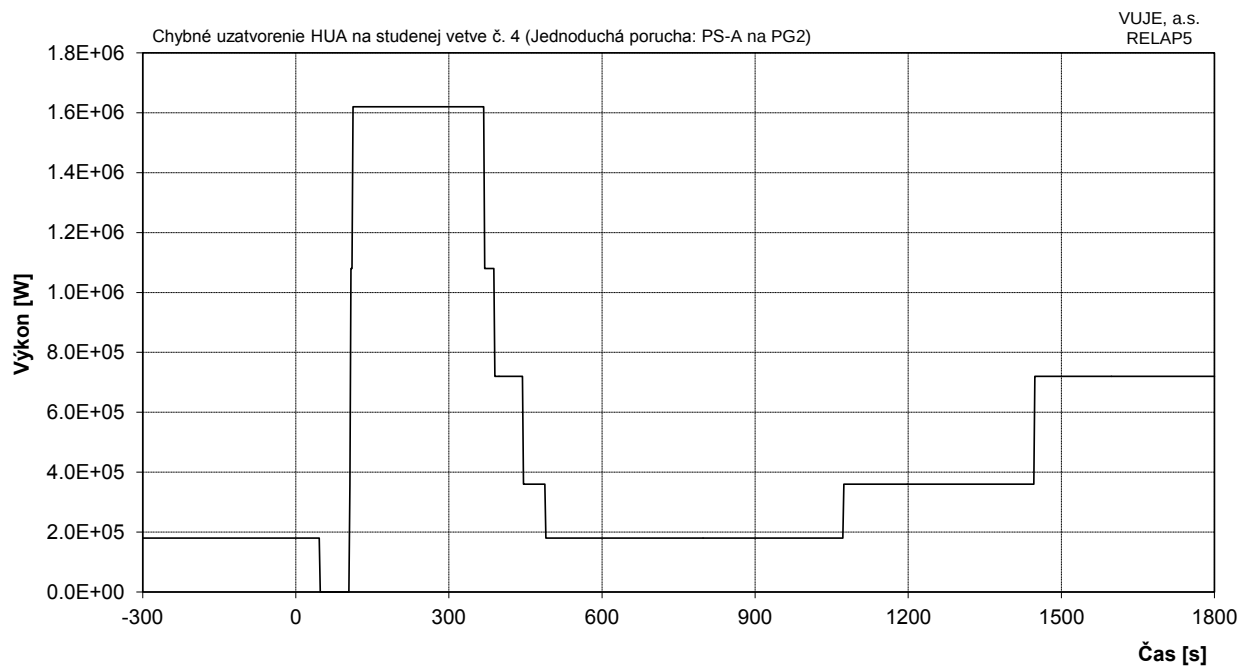
Obr. 7.2.1.3.1-A-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.1-A-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.3.1-A-22: Prietok pary cez PV1 PG

**Obr. 7.2.1.3.1-A-23: Celkový výkon EOKO**

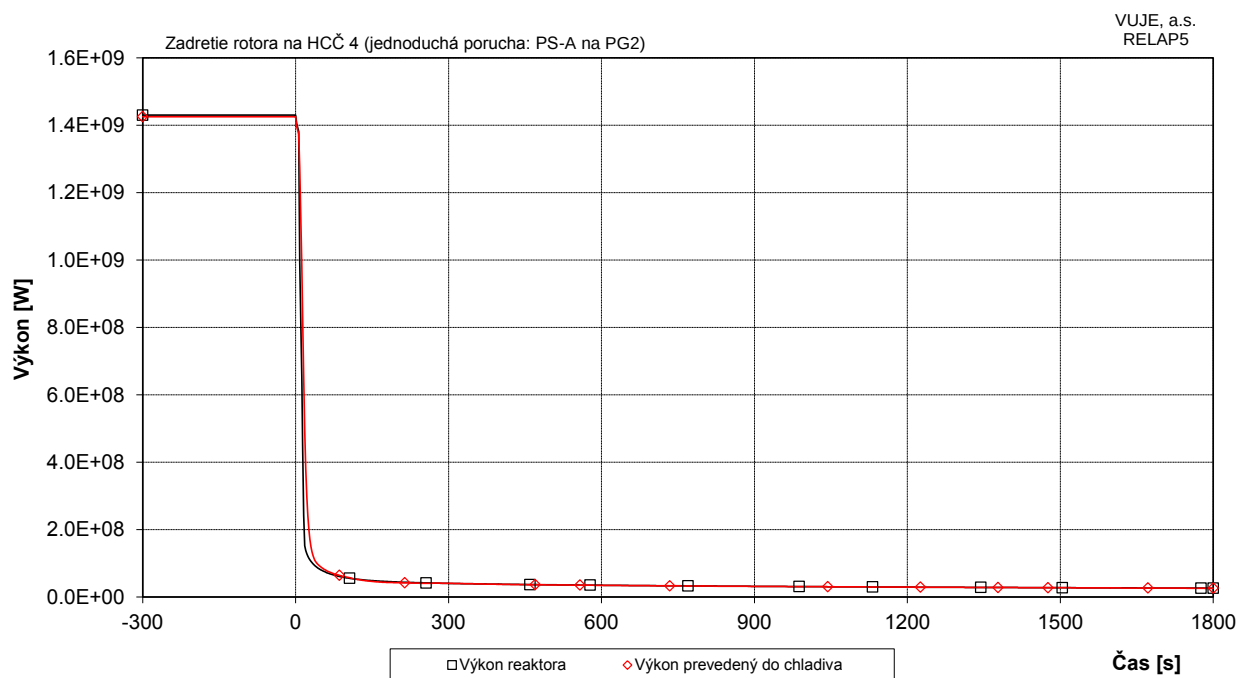
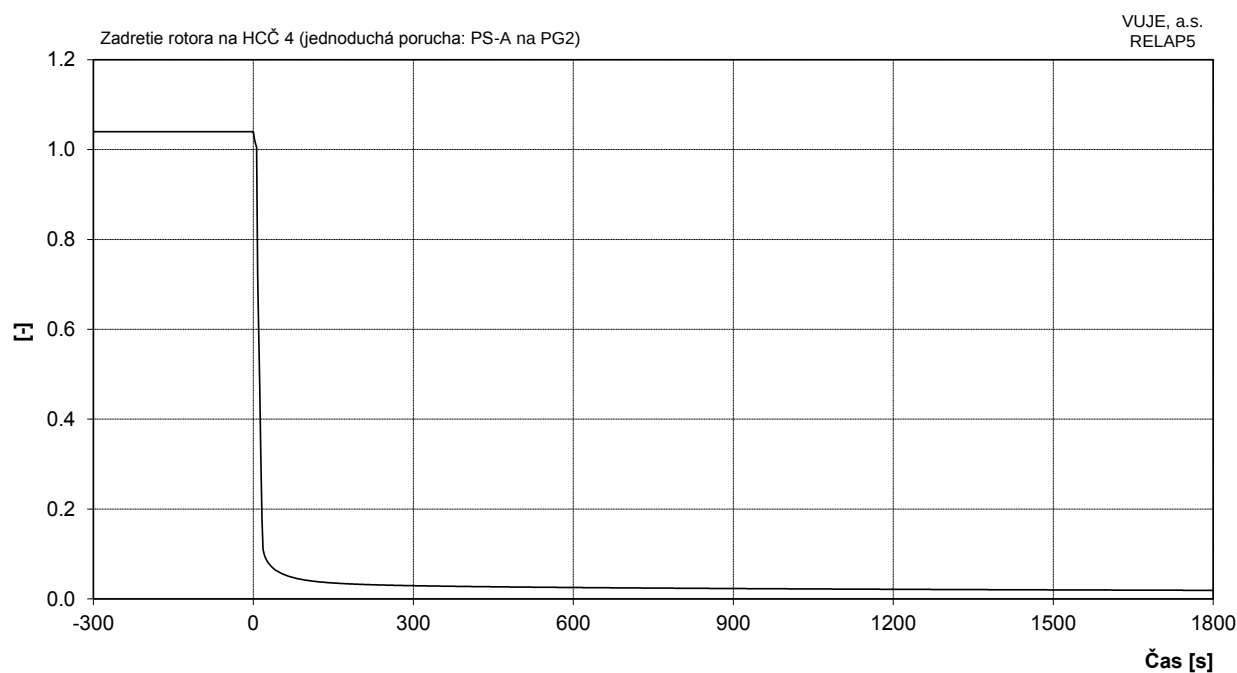
Príloha č. 02

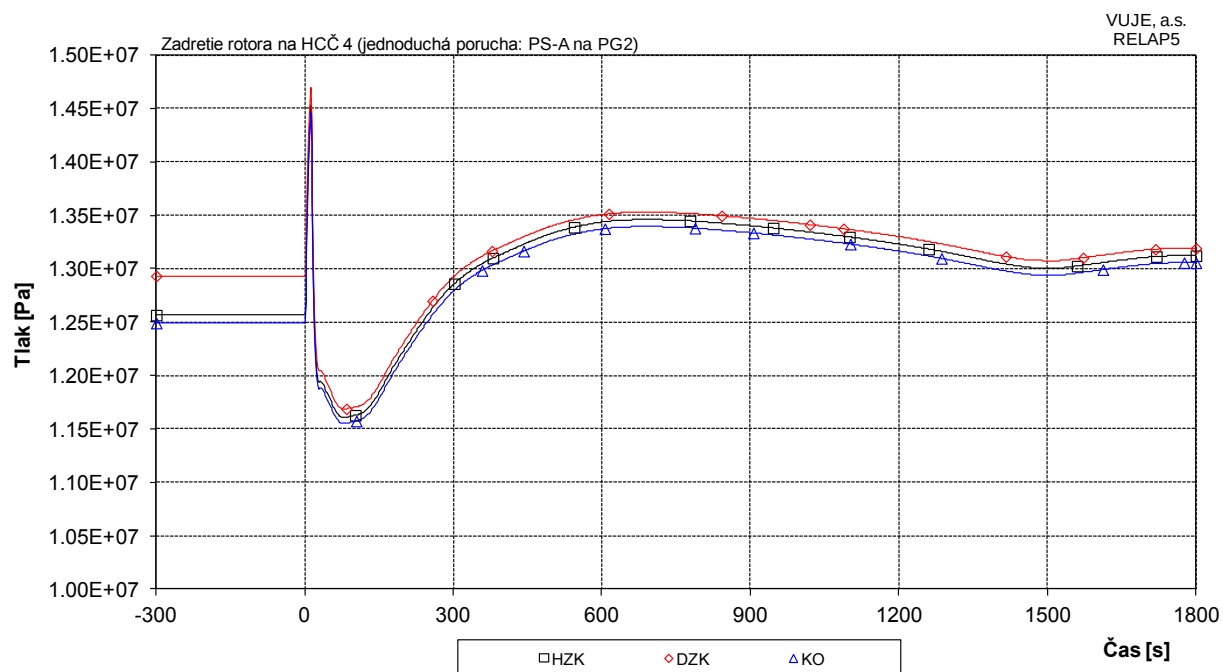
7.2.1.3.2 Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla

Scenár A Zadretie rotora na HCČ 4

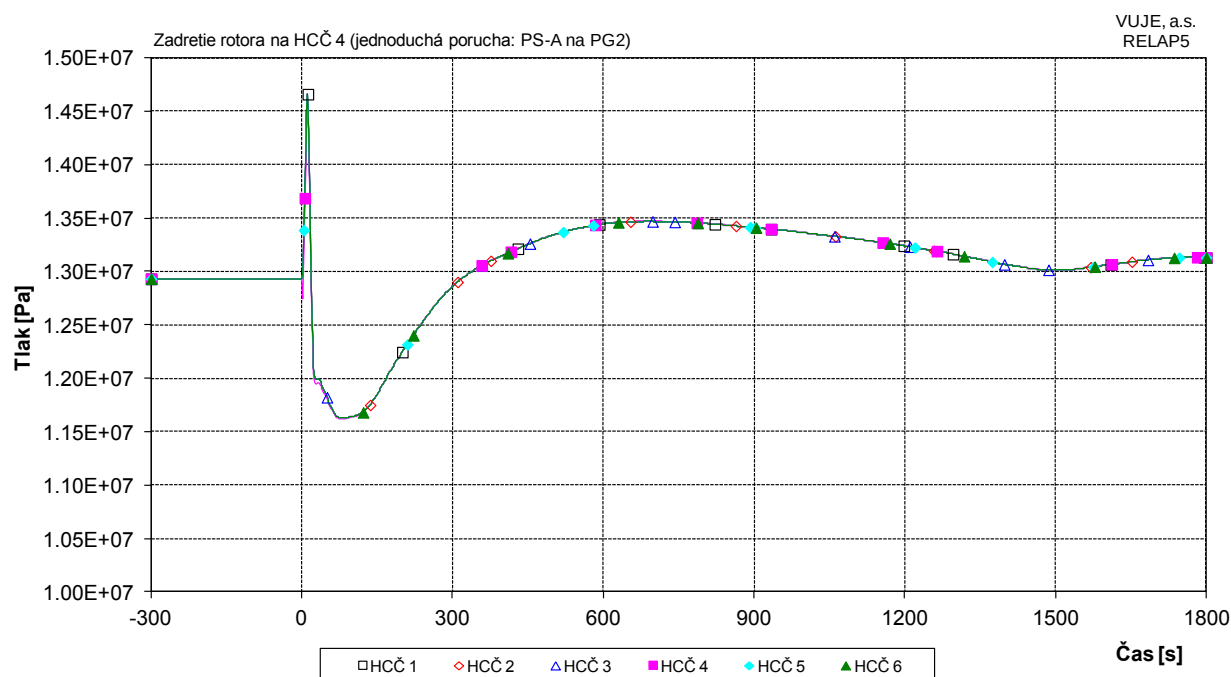
ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 7.2.1.3.2-A-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.2-A-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.2-A-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.2-A-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.2-A-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.2-A-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.2-A-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.2-A-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.2-A-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.2-A-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.2-A-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.2-A-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.2-A-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.2-A-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.2-A-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.2-A-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.2-A-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.2-A-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.2-A-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.2-A-20:	Tlak na výstupe z PG.....	11
Obr. 7.2.1.3.2-A-21:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.2-A-22:	Prietok pary cez PV1 PG	12
Obr. 7.2.1.3.2-A-23:	Celkový výkon EOKO	13

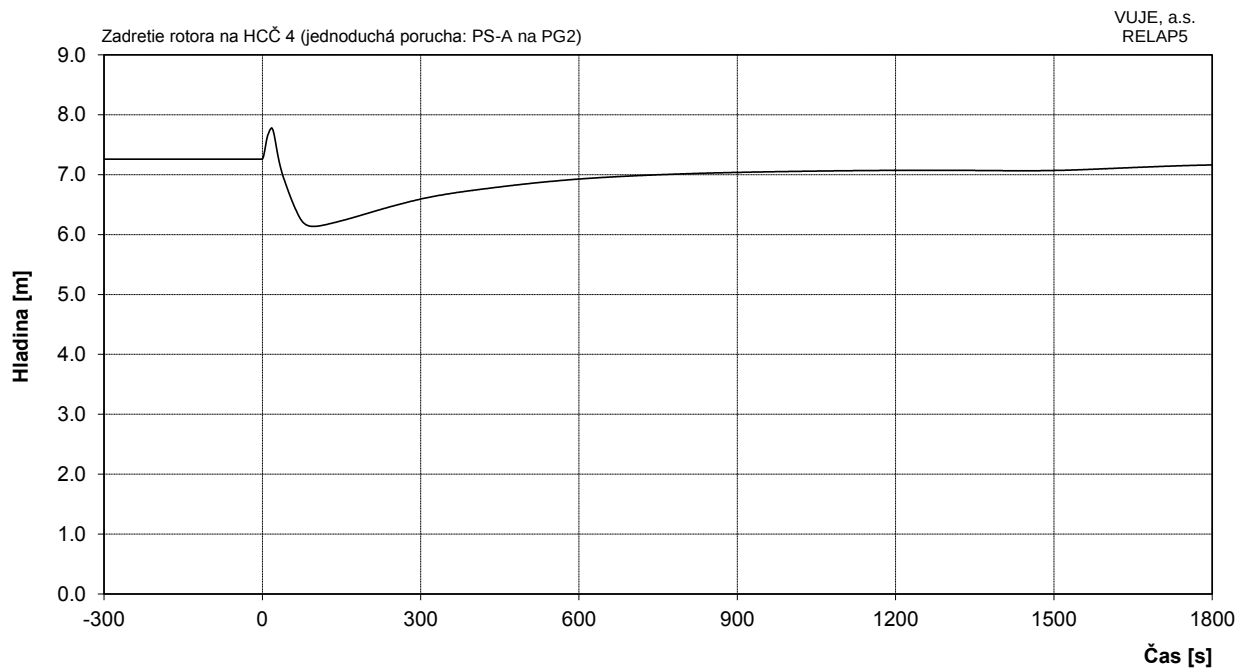
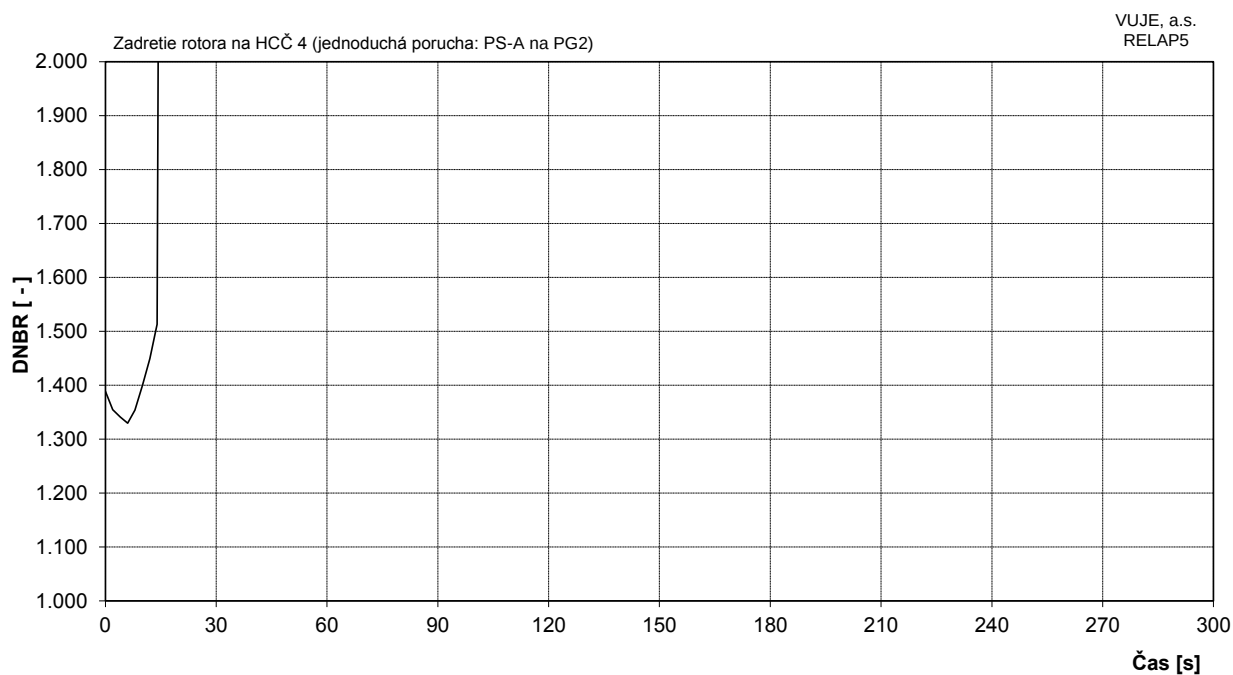
**Obr. 7.2.1.3.2-A-1: Výkon reaktora****Obr. 7.2.1.3.2-A-2: Pomerný výkon reaktora**

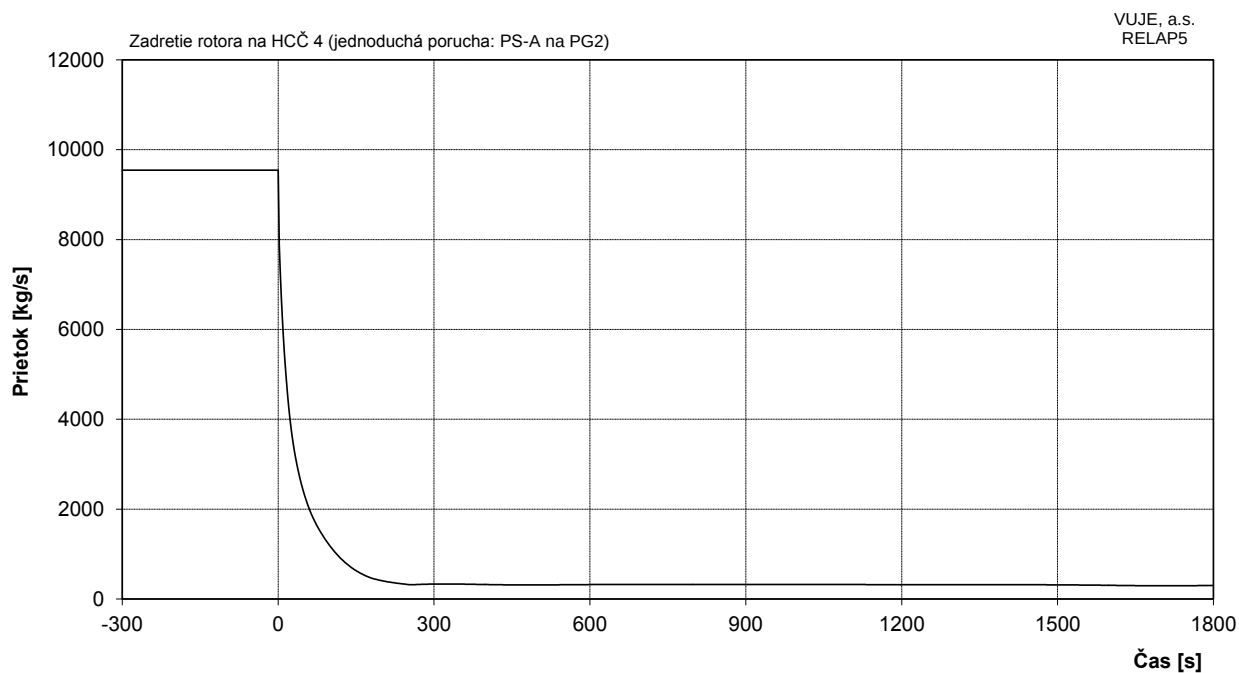


Obr. 7.2.1.3.2-A-3: Tlak v I.O.

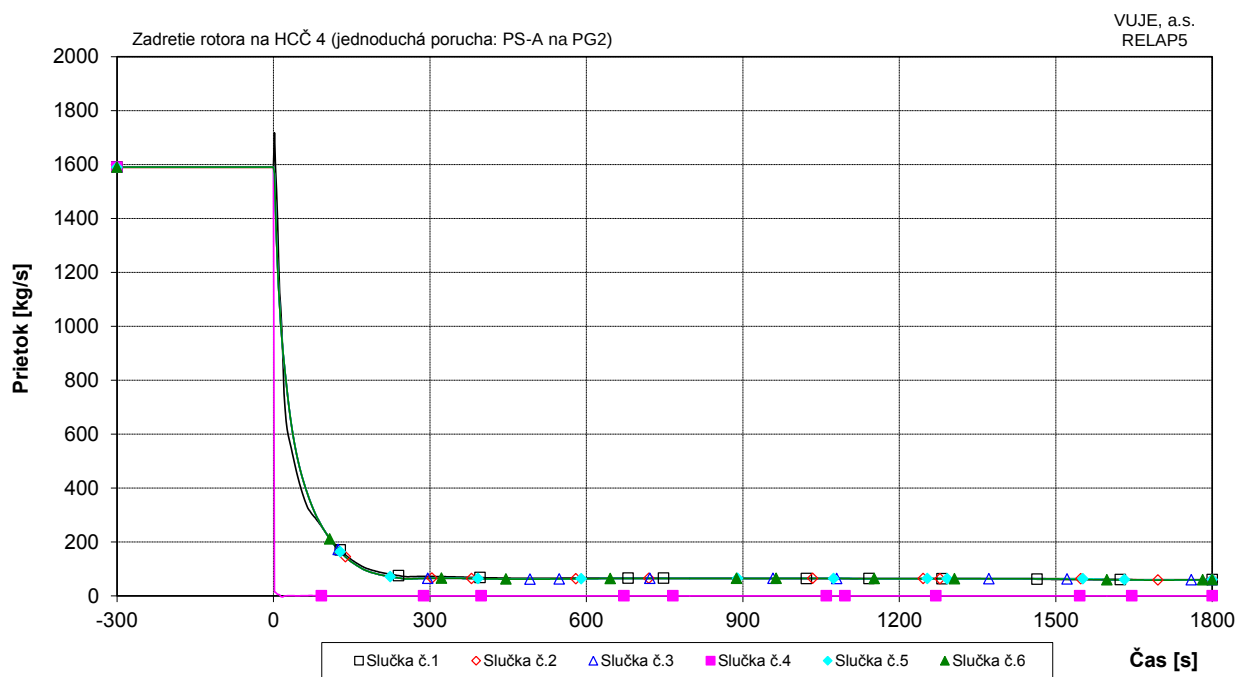


Obr. 7.2.1.3.2-A-4: Tlak na výtlaku HCČ

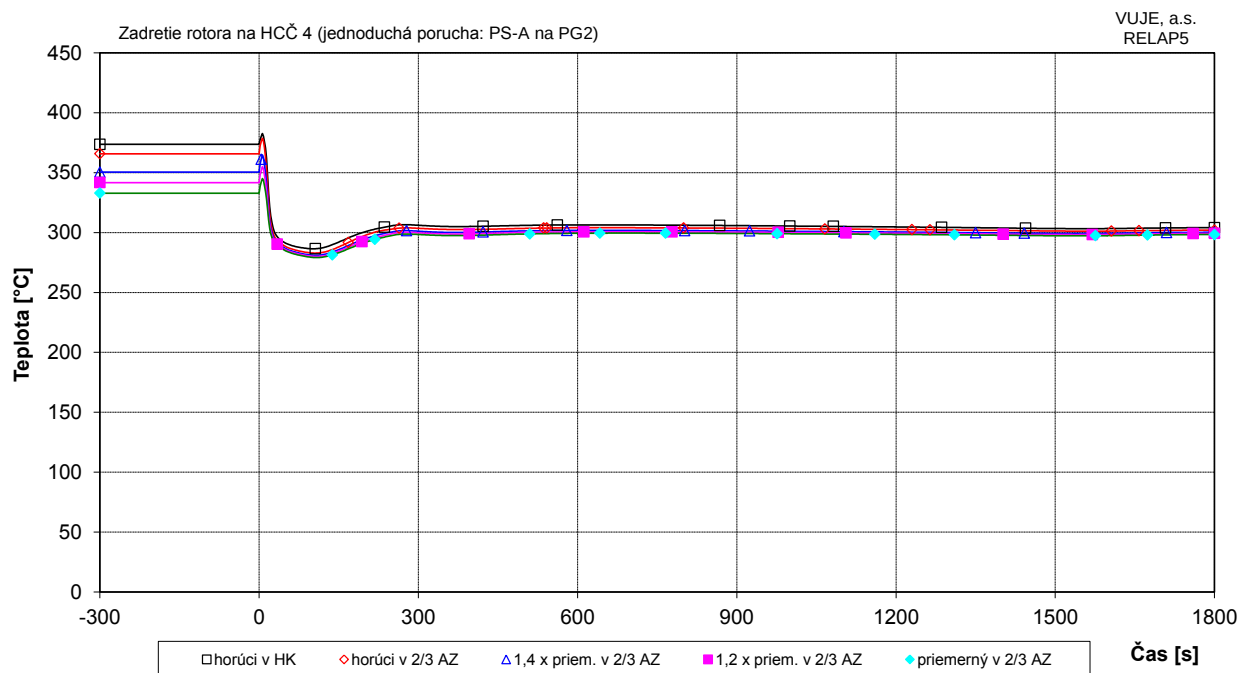
**Obr. 7.2.1.3.2-A-5: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.3.2-A-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ**



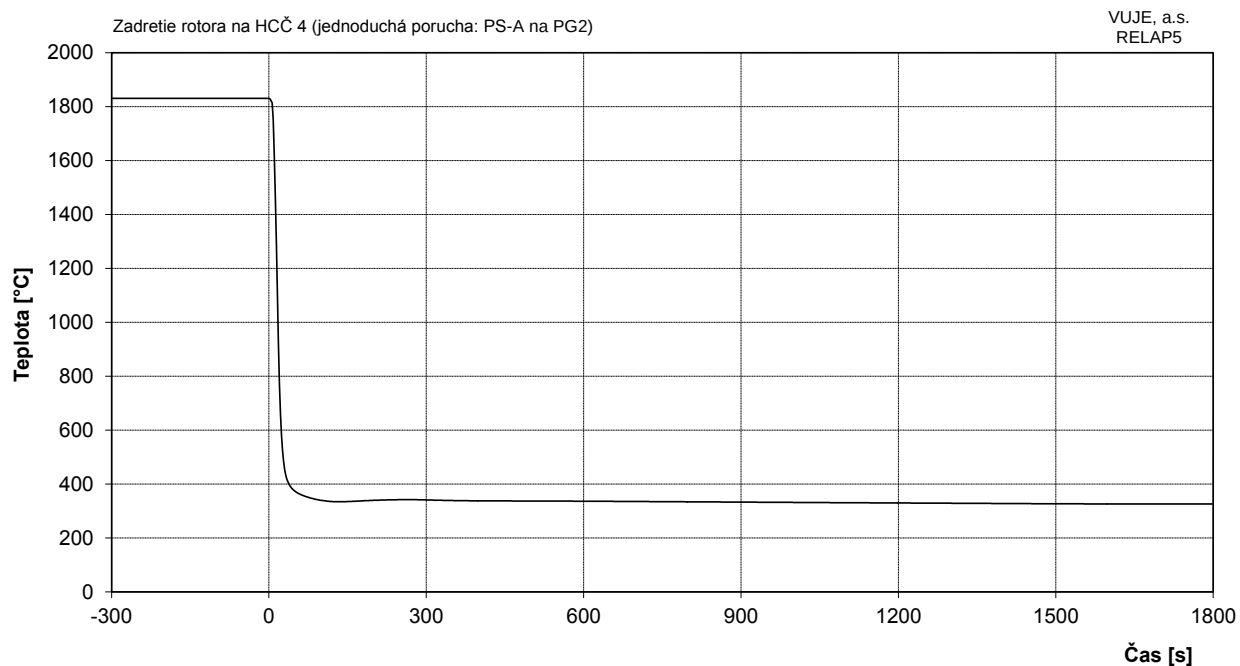
Obr. 7.2.1.3.2-A-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



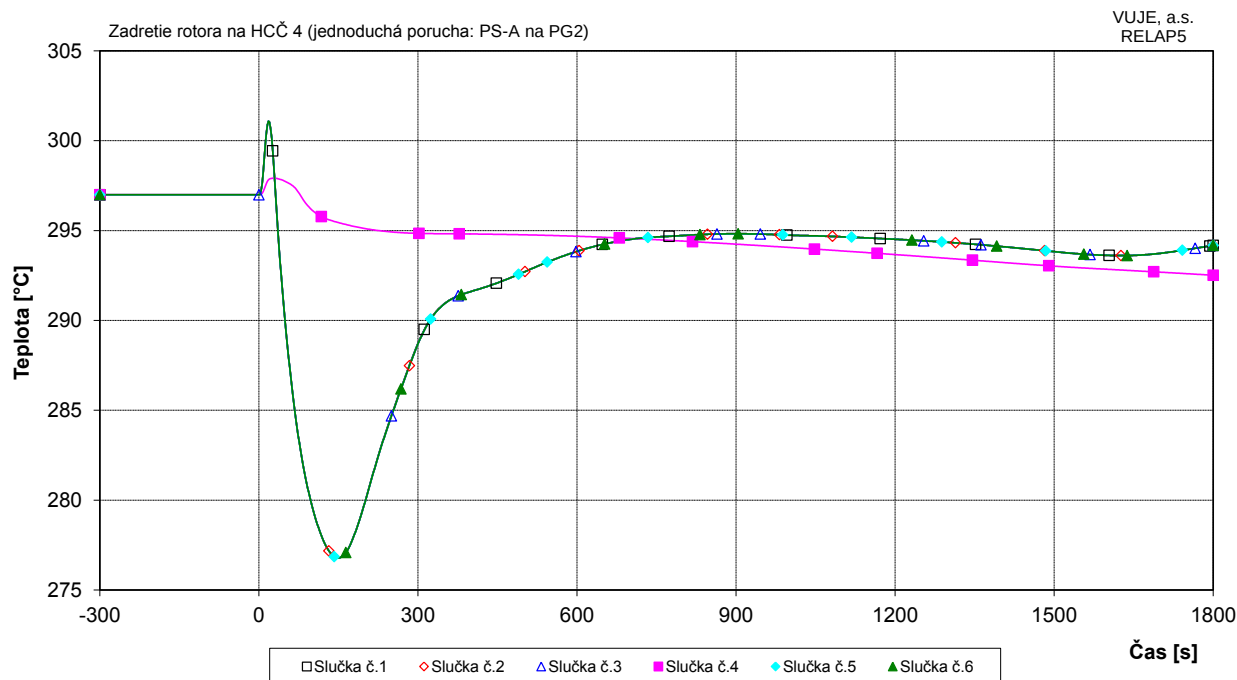
Obr. 7.2.1.3.2-A-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



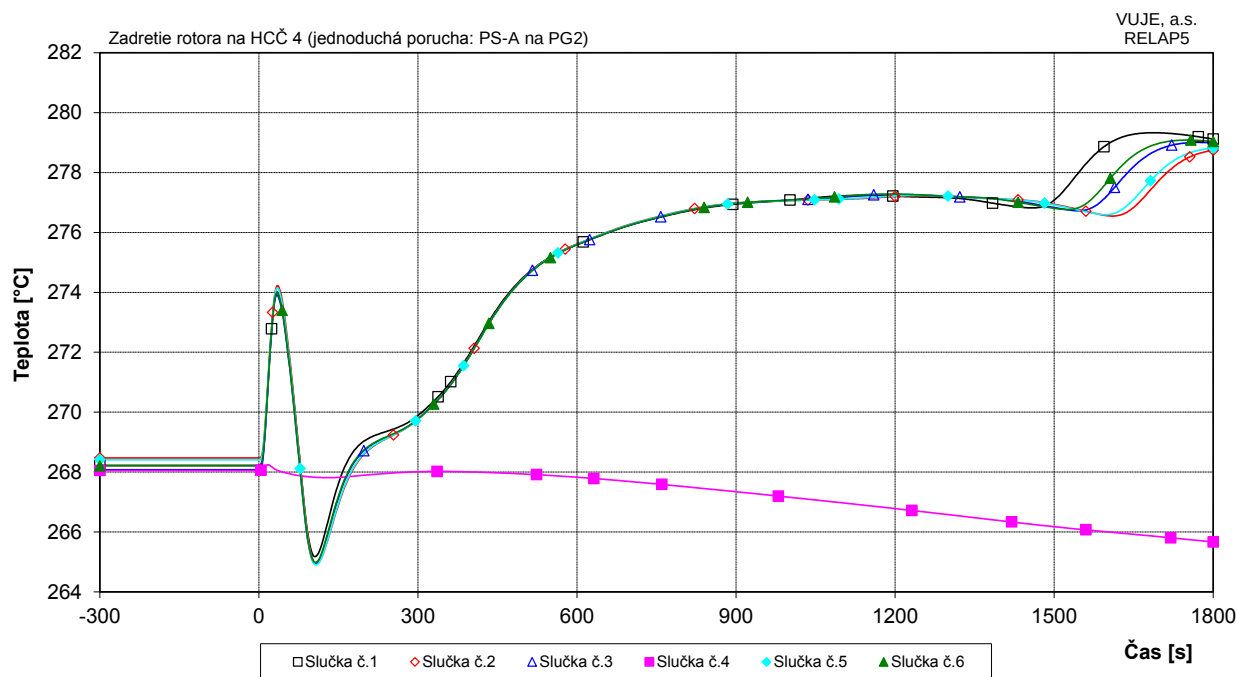
Obr. 7.2.1.3.2-A-9: Teplota pokrytia



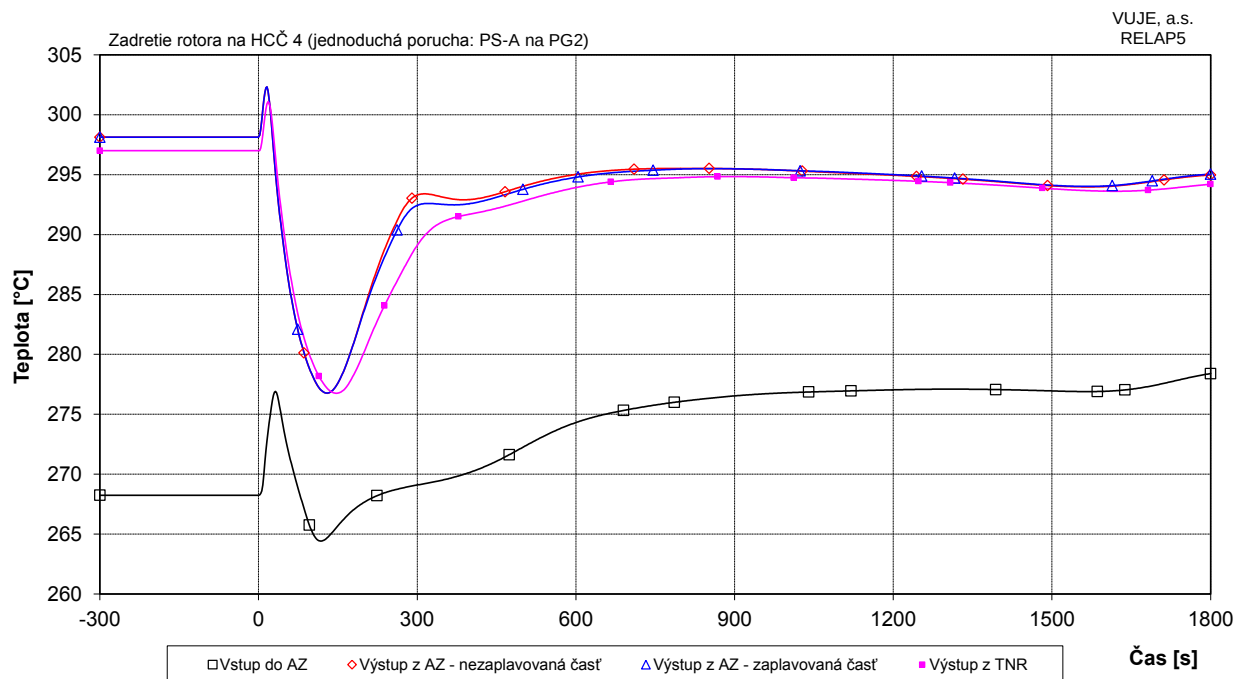
Obr. 7.2.1.3.2-A-10: Maximálna teplota paliva



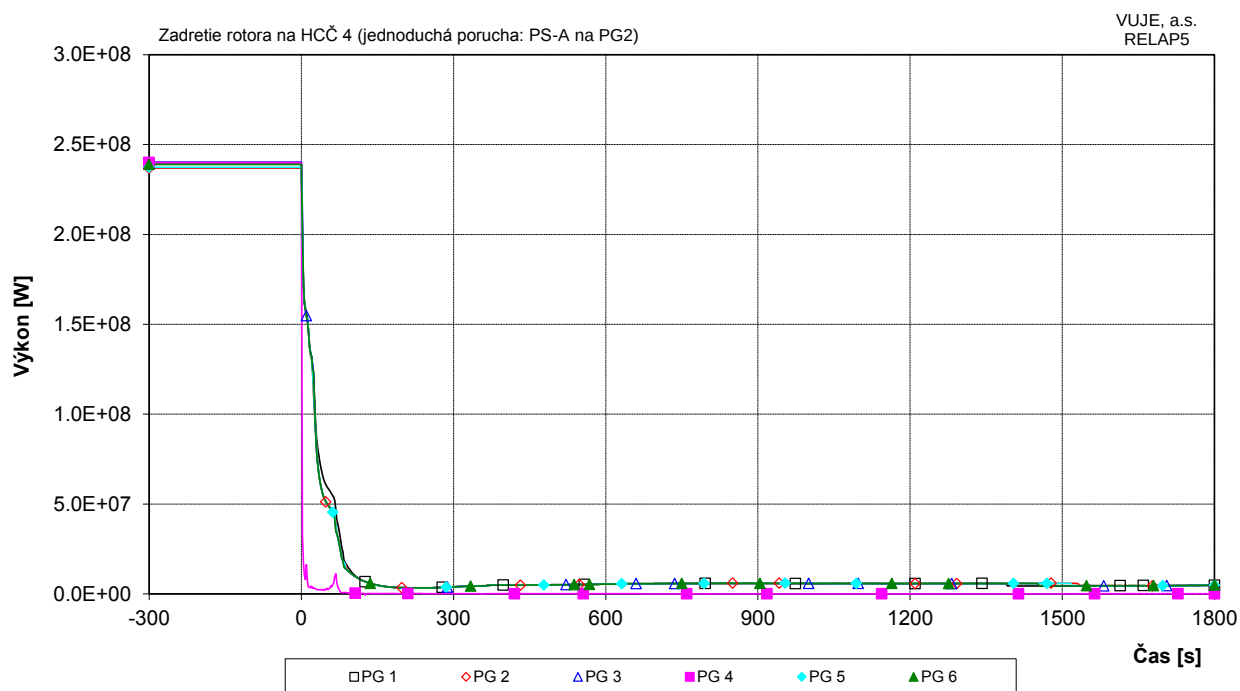
Obr. 7.2.1.3.2-A-11: Teplota chladiva na výstupe z TNR



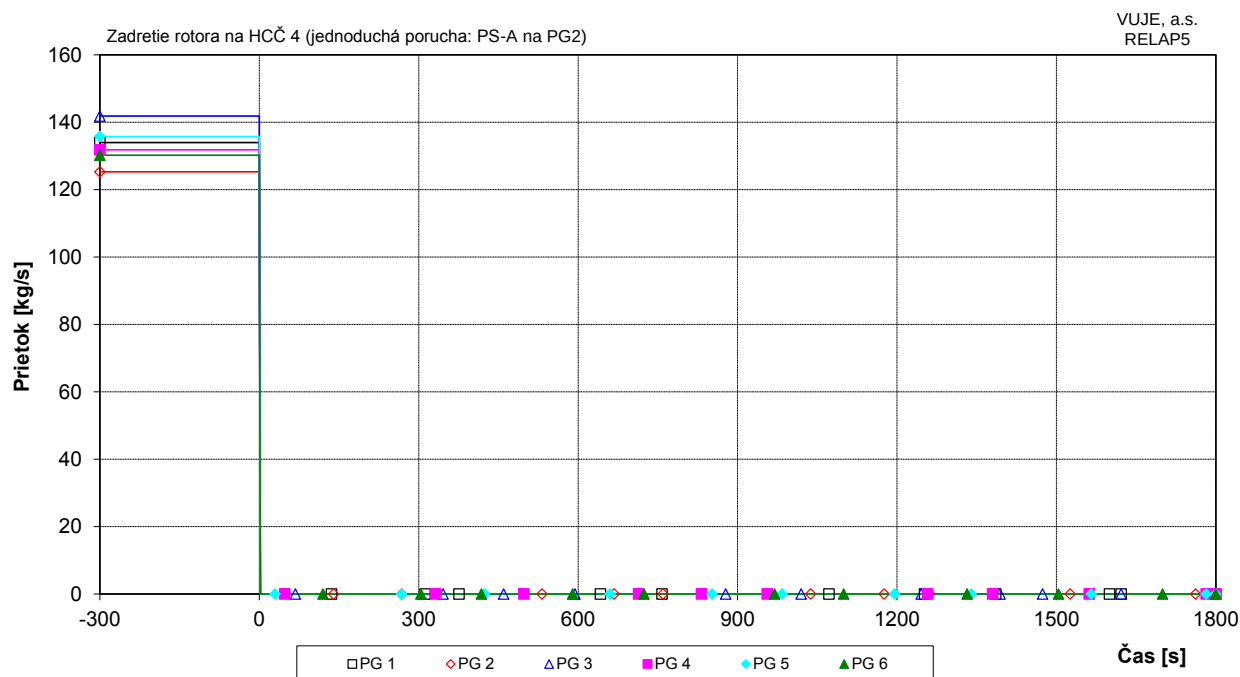
Obr. 7.2.1.3.2-A-12: Teplota chladiva na vstupe do TNR



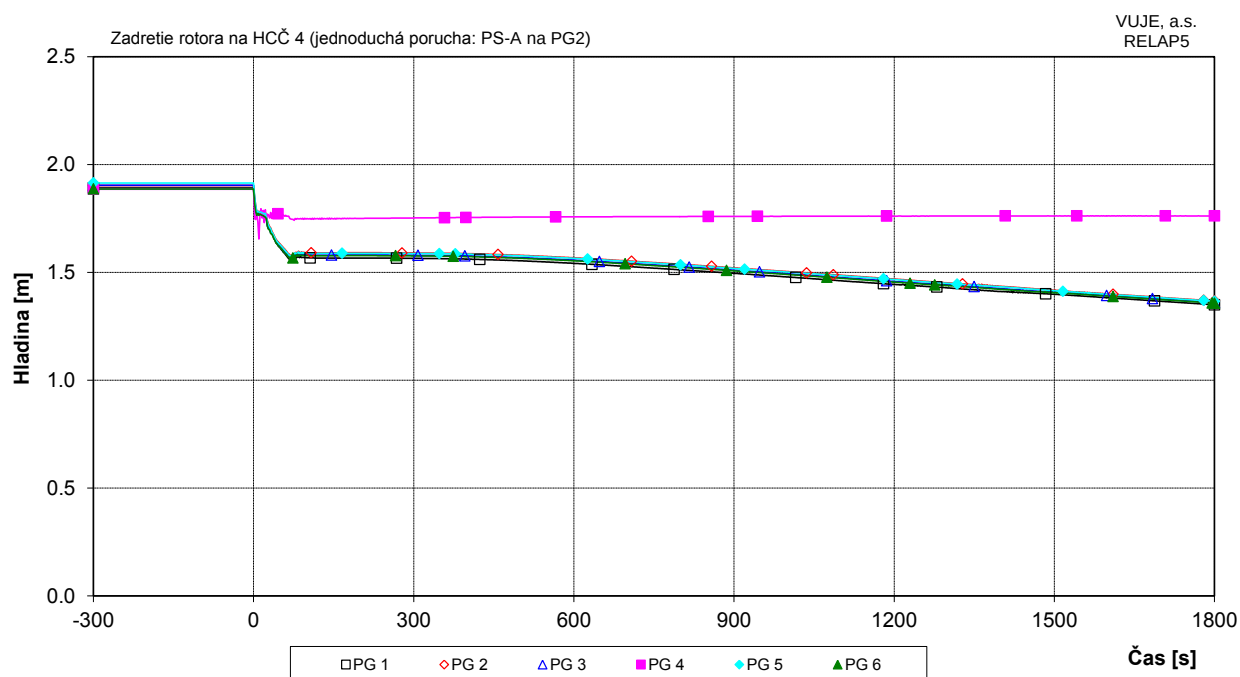
Obr. 7.2.1.3.2-A-13: Teplota chladiva v TNR



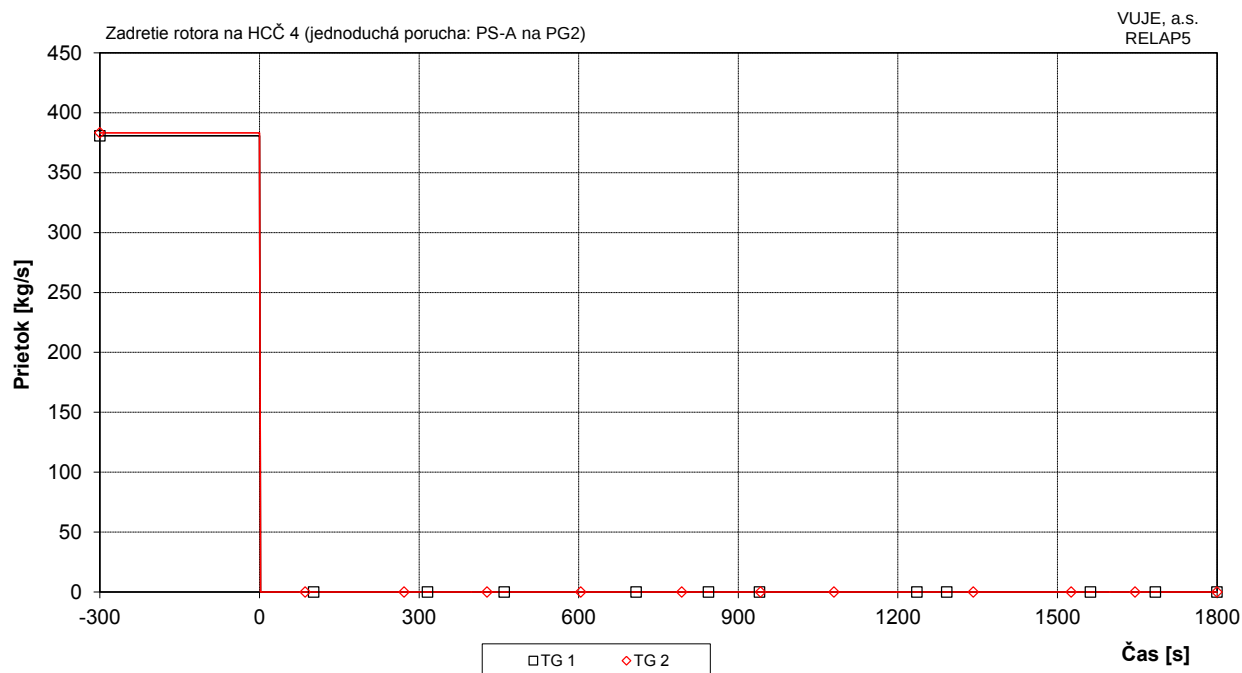
Obr. 7.2.1.3.2-A-14: Výkon PG



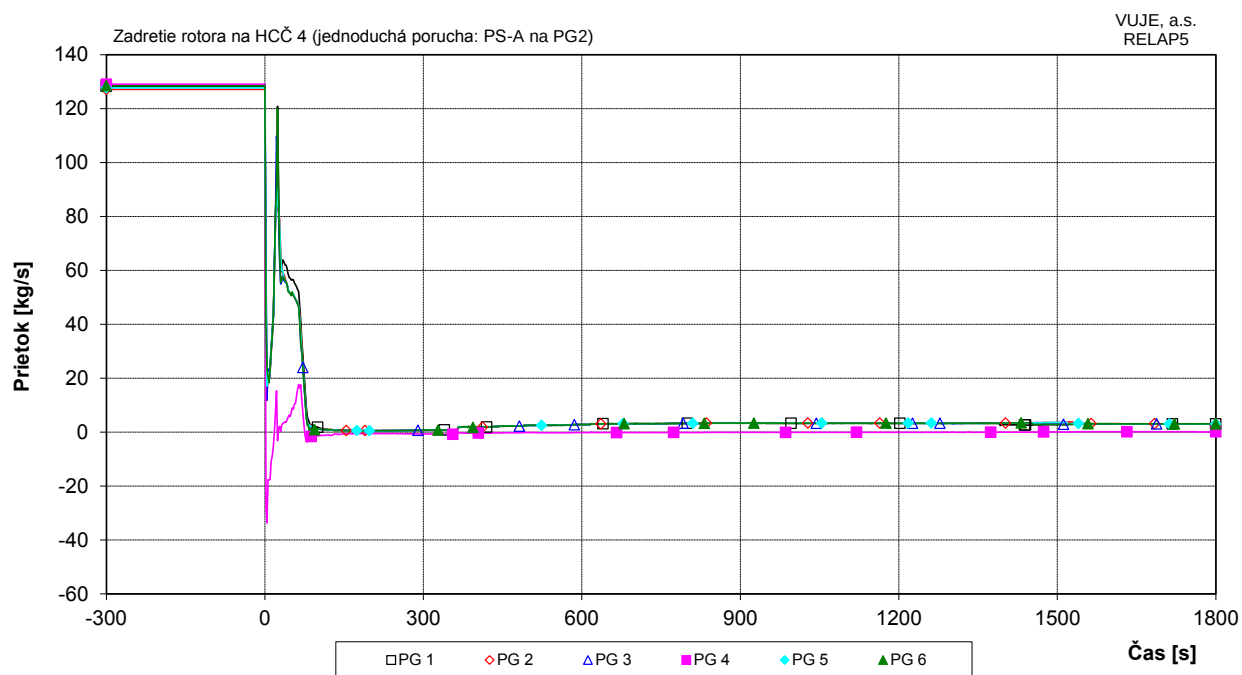
Obr. 7.2.1.3.2-A-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



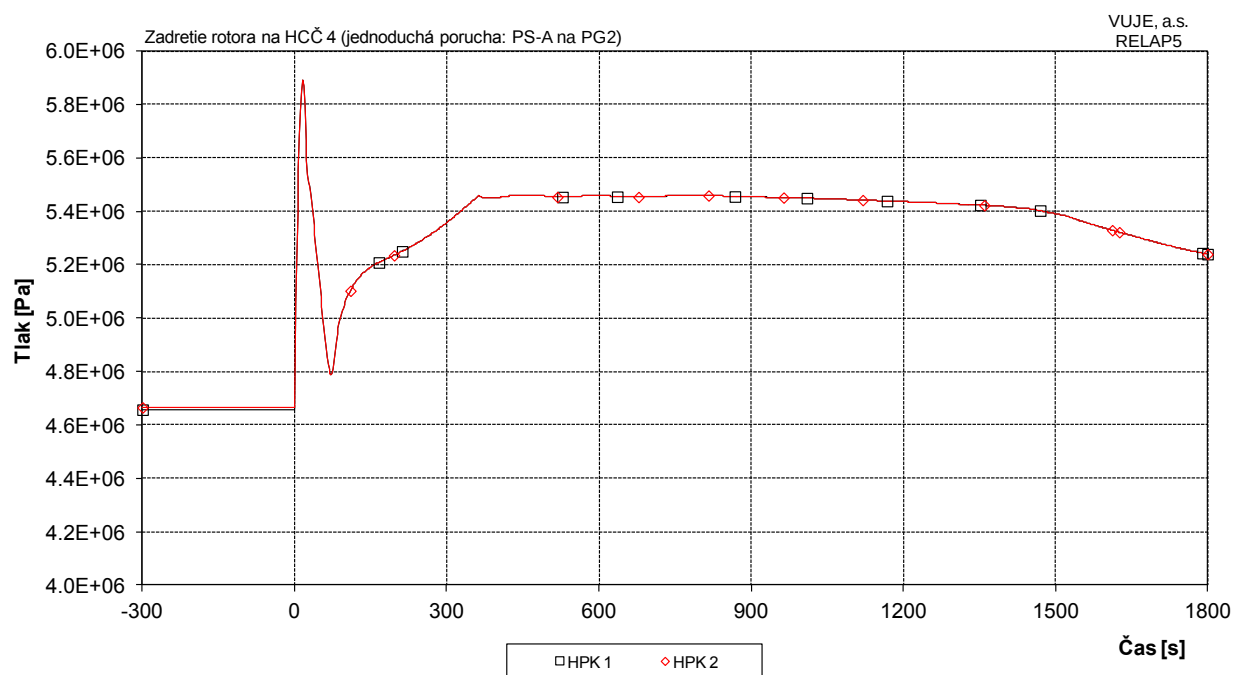
Obr. 7.2.1.3.2-A-16: Celková hladina v PG



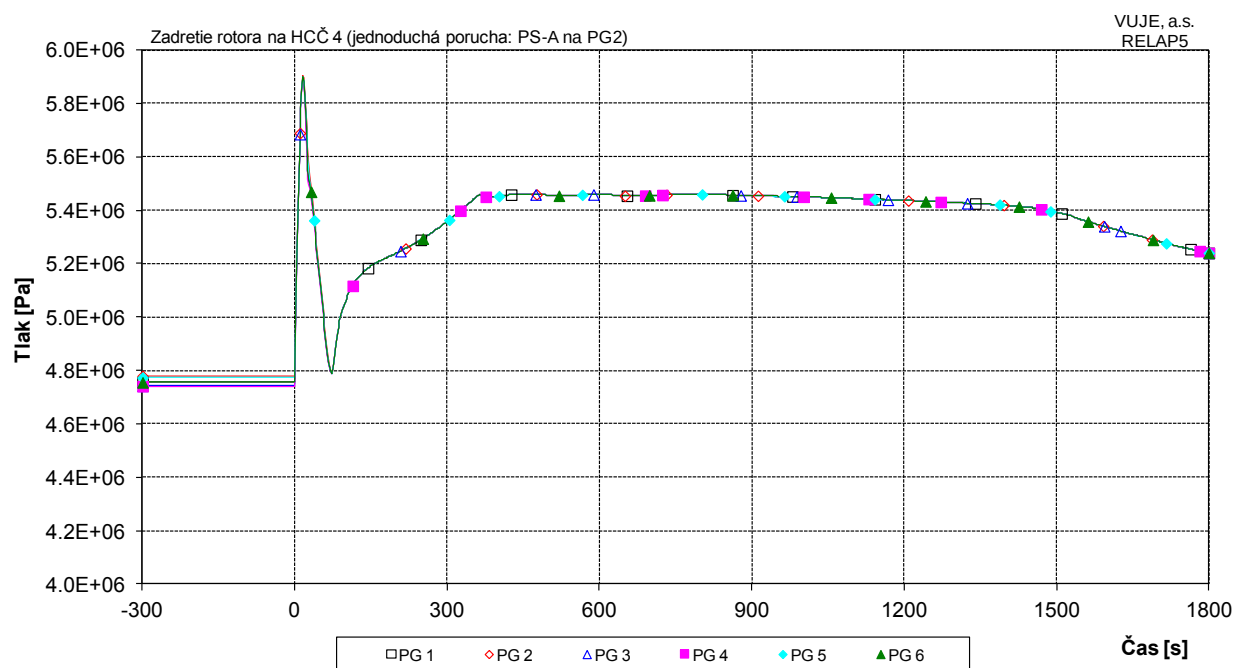
Obr. 7.2.1.3.2-A-17: Prietok pary do TG



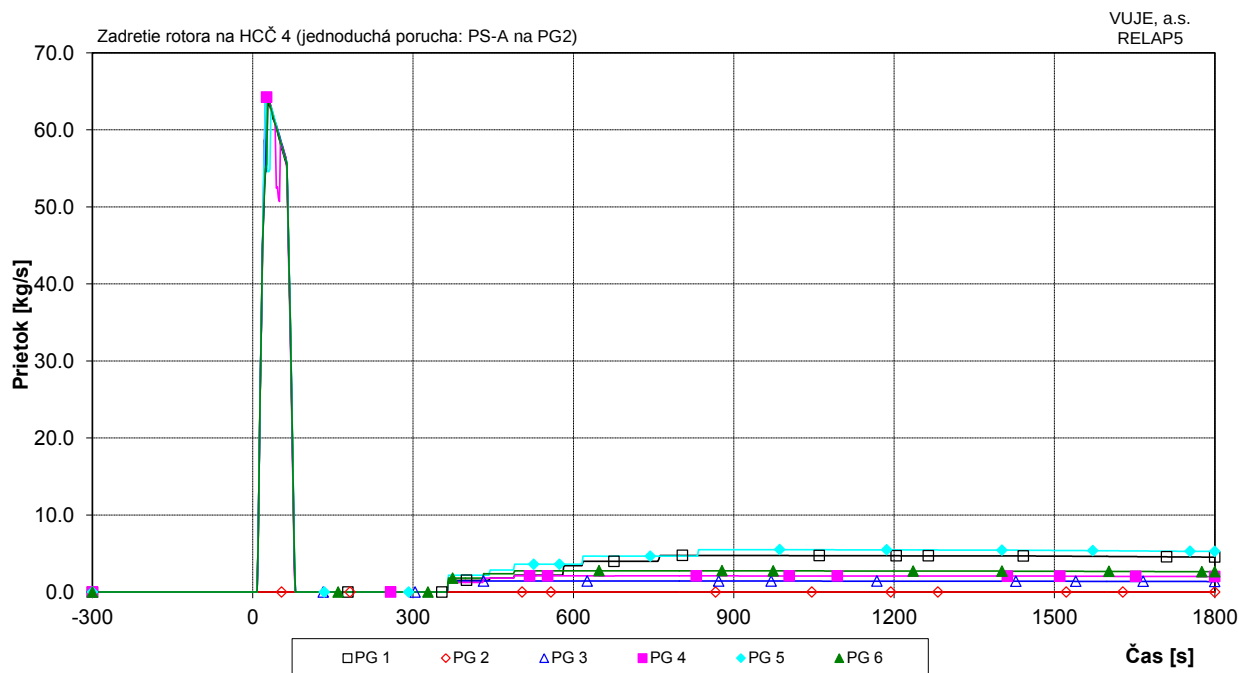
Obr. 7.2.1.3.2-A-18: Prietok pary z PG



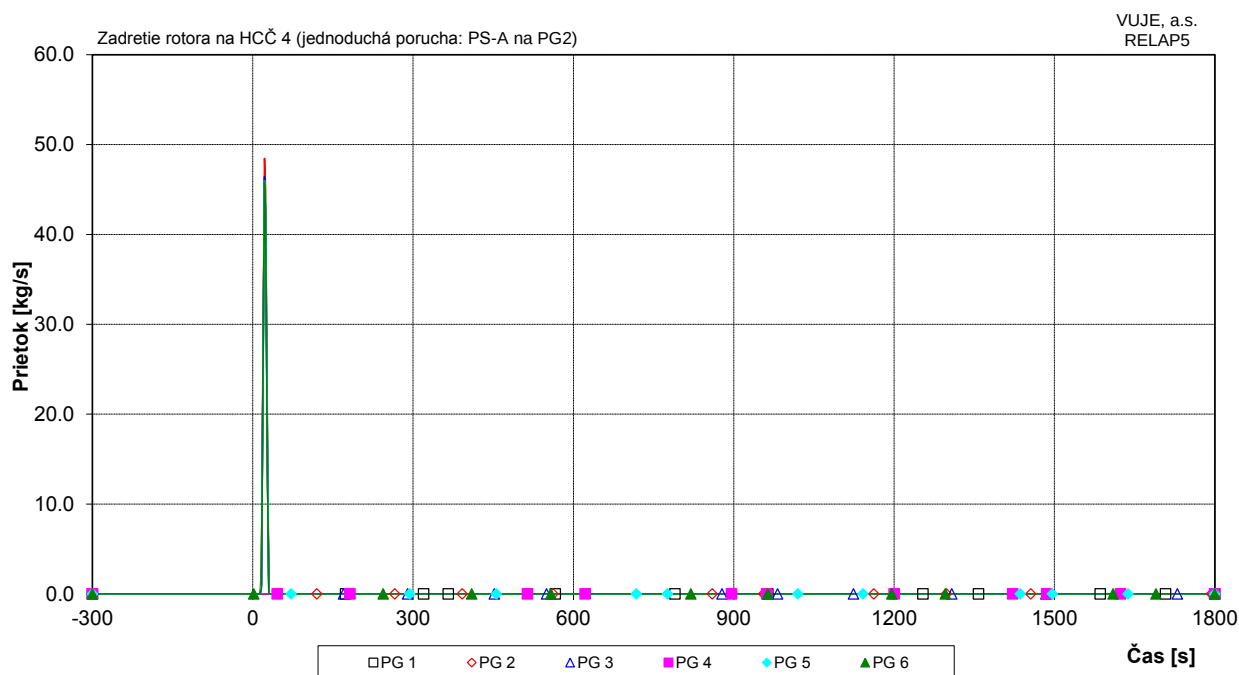
Obr. 7.2.1.3.2-A-19: Tlak v HPK



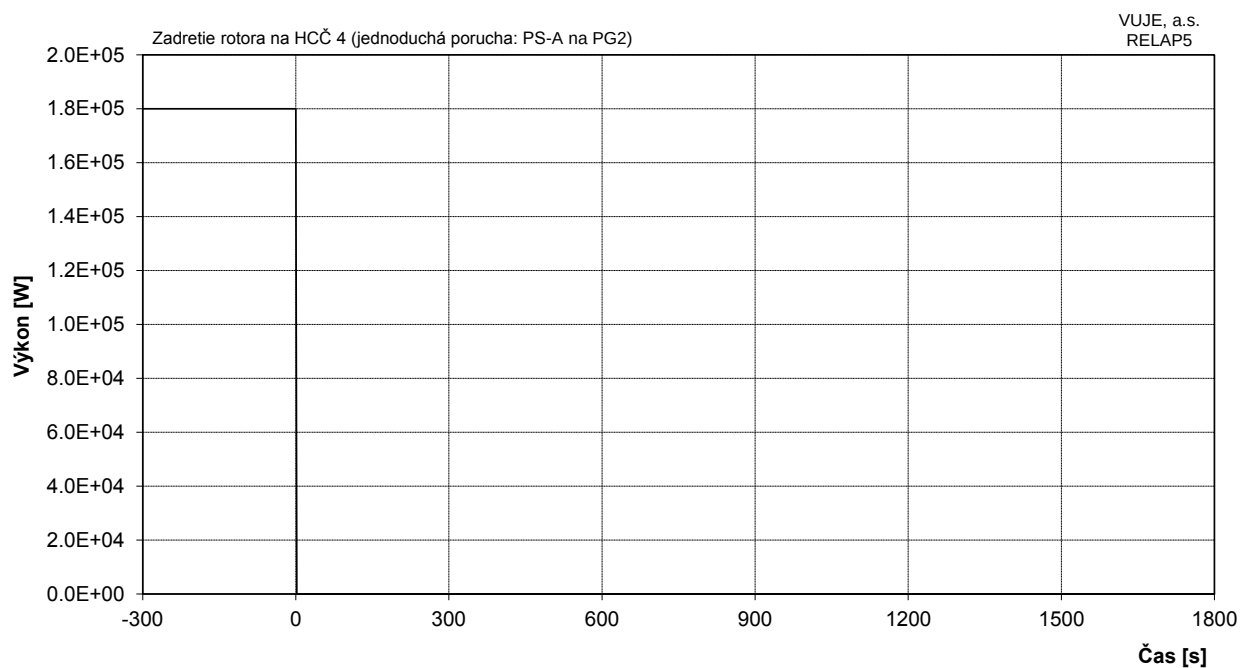
Obr. 7.2.1.3.2-A-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.2-A-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.3.2-A-22: Prietok pary cez PV1 PG

**Obr. 7.2.1.3.2-A-23: Celkový výkon EOKO**

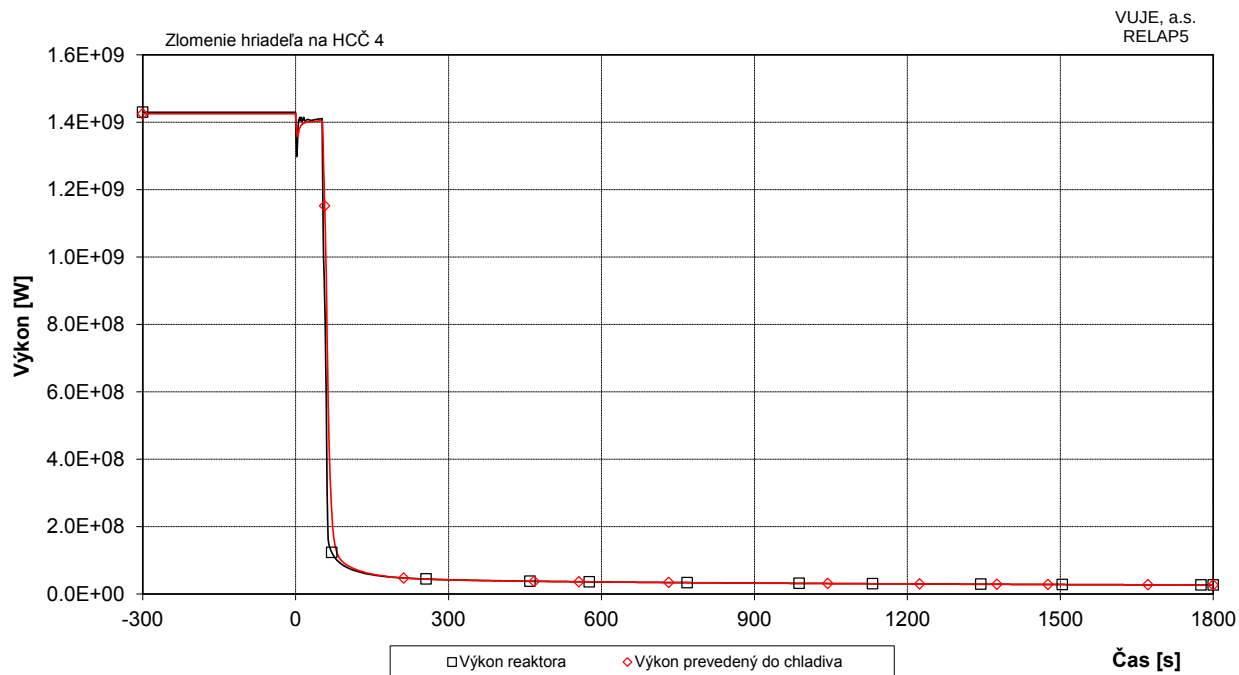
Príloha č. 03

7.2.1.3.3 Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle

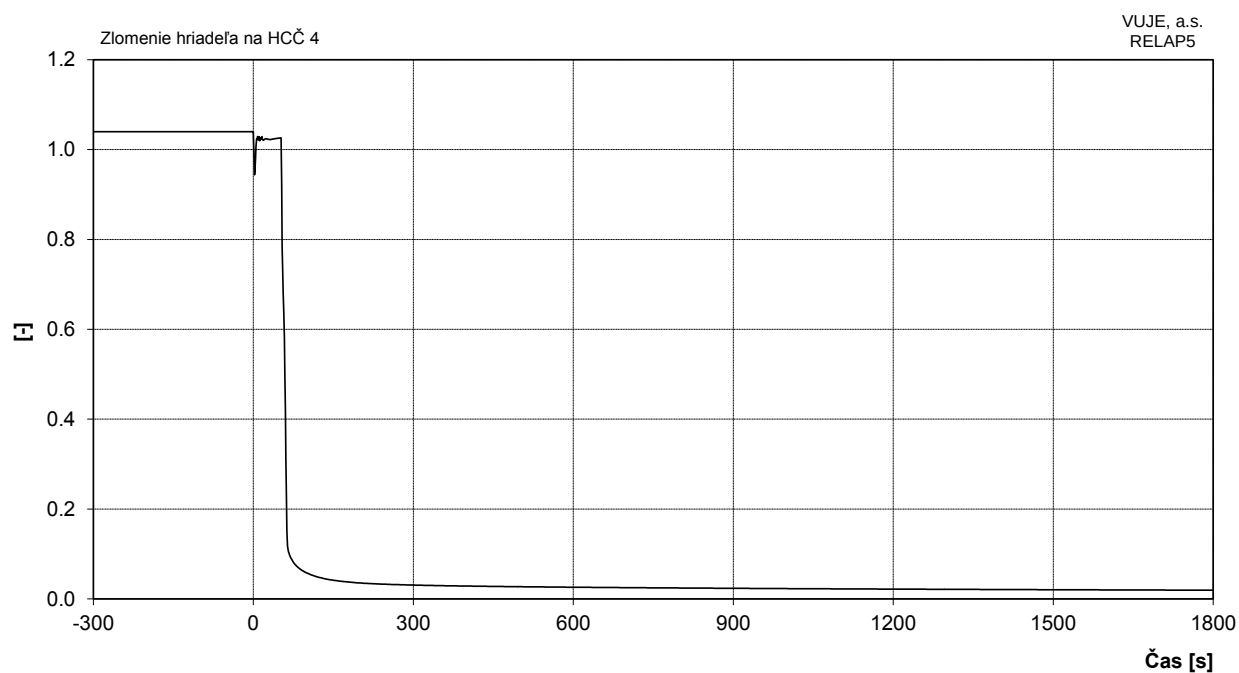
Scenár A Zlomenie hriadeľa na HCČ 4

ZOZNAM OBRÁZKOV

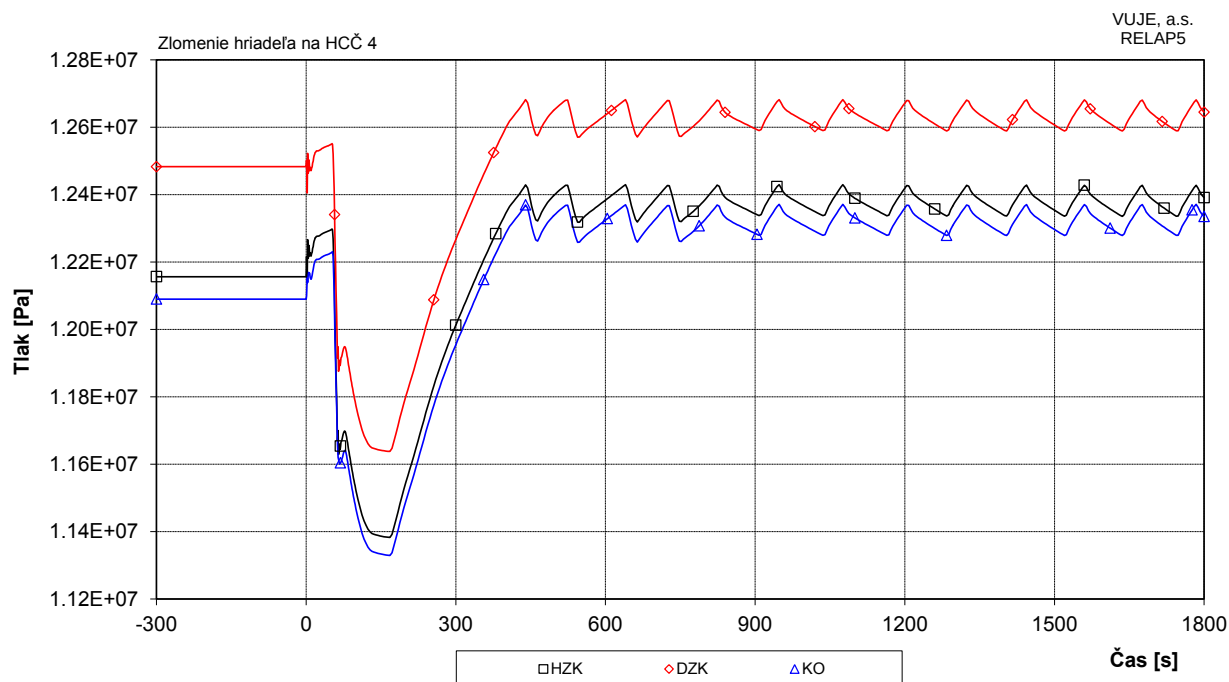
Obr. 7.2.1.3.3-A-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.3-A-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.3-A-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.3-A-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.3-A-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.3-A-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.3-A-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.3-A-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.3-A-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.3-A-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.3-A-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.3-A-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.3-A-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.3-A-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.3-A-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.3-A-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.3-A-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.3-A-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.3-A-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.3-A-20:	Tlak na výstupe z PG	11
Obr. 7.2.1.3.3-A-21:	Celkový prietok cez ventily vstreku do KO	12
Obr. 7.2.1.3.3-A-22:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12



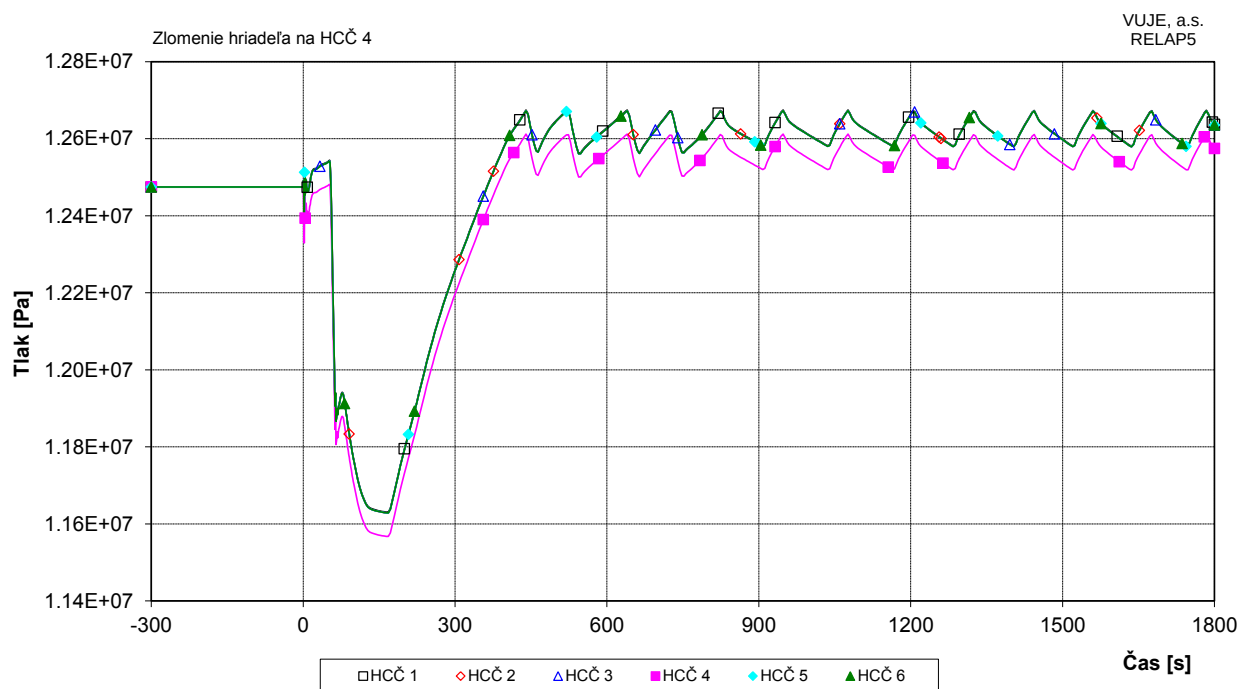
Obr. 7.2.1.3.3-A-1: Výkon reaktora



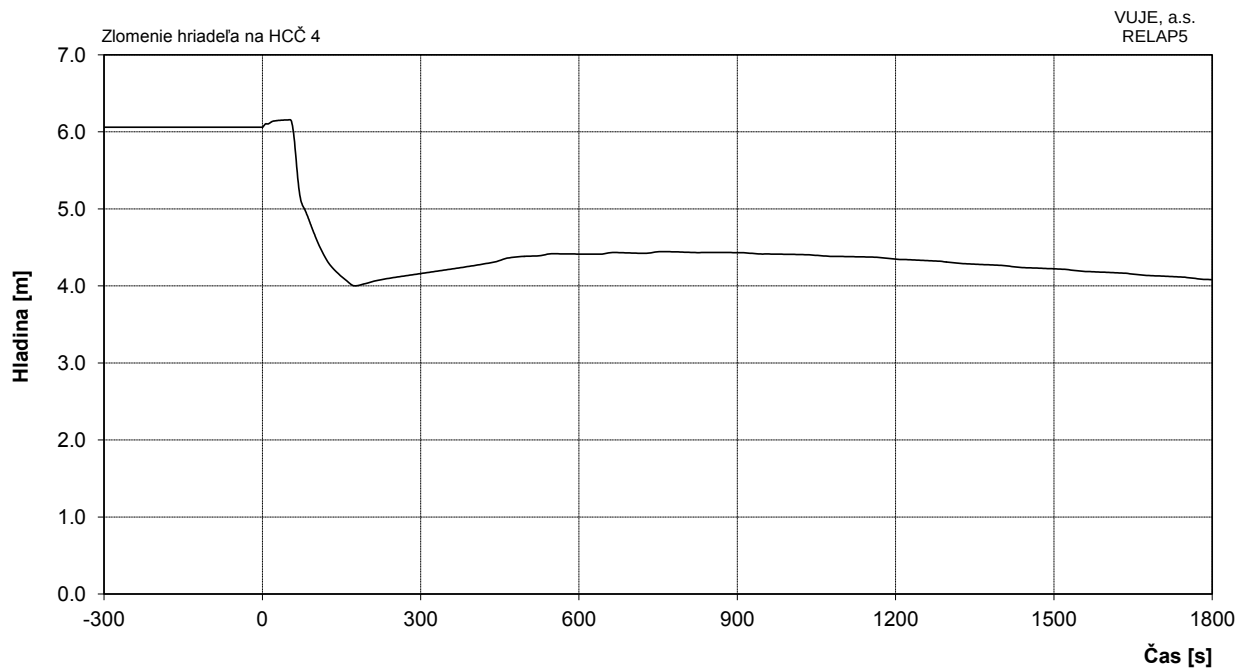
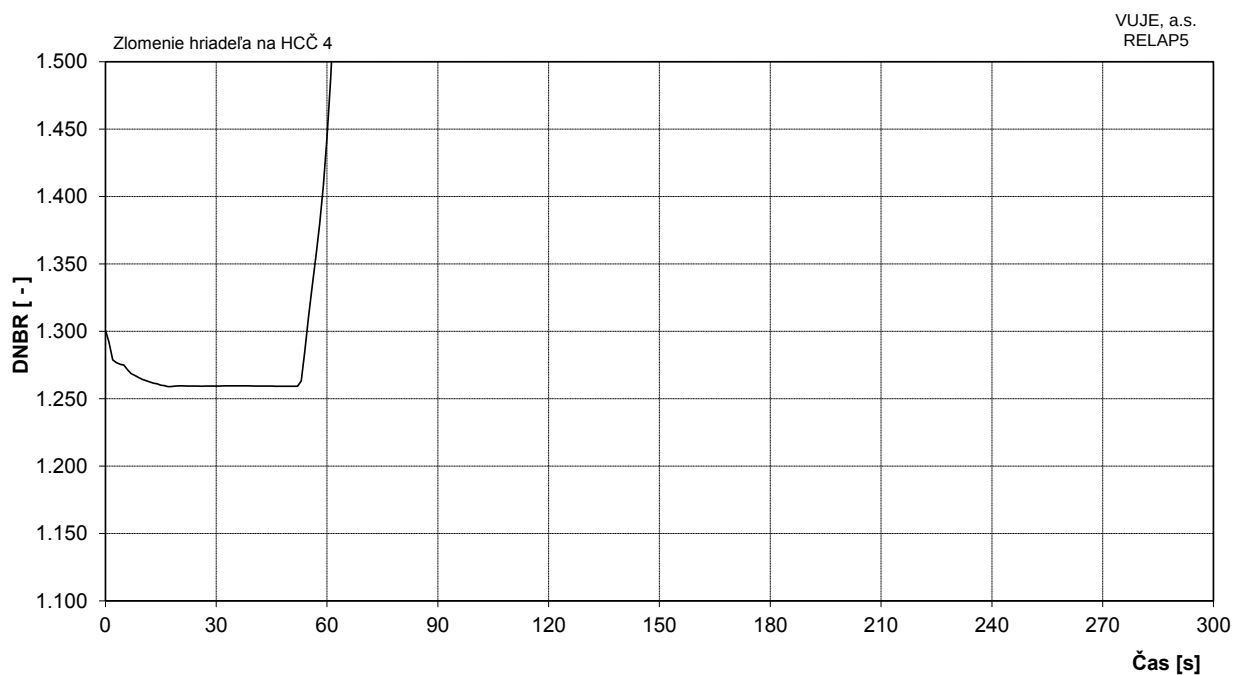
Obr. 7.2.1.3.3-A-2: Pomerný výkon reaktora

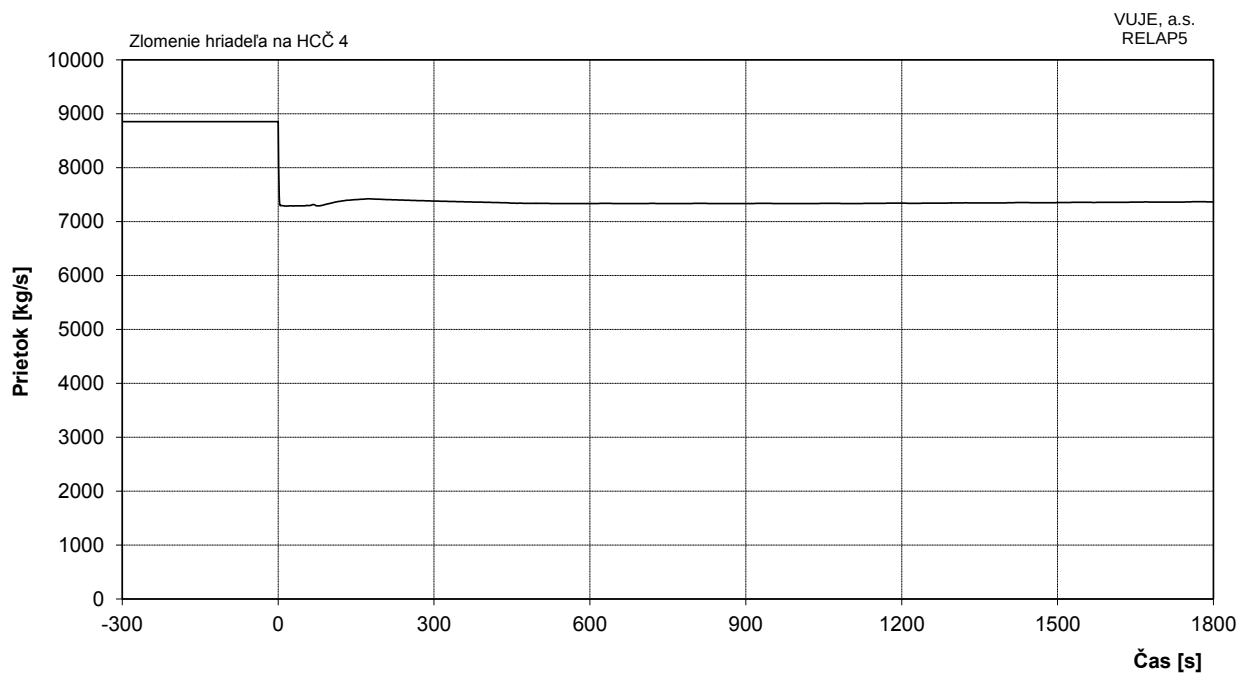


Obr. 7.2.1.3.3-A-3: Tlak v I.O.

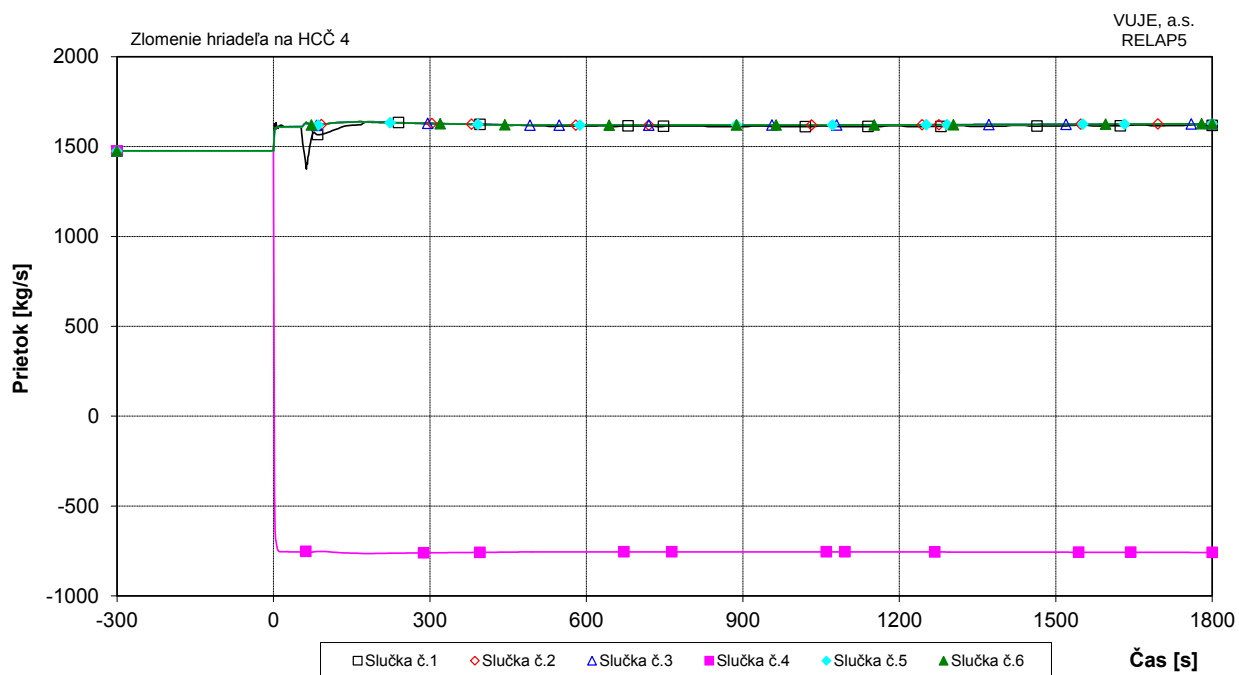


Obr. 7.2.1.3.3-A-4: Tlak na výtlaku HCČ

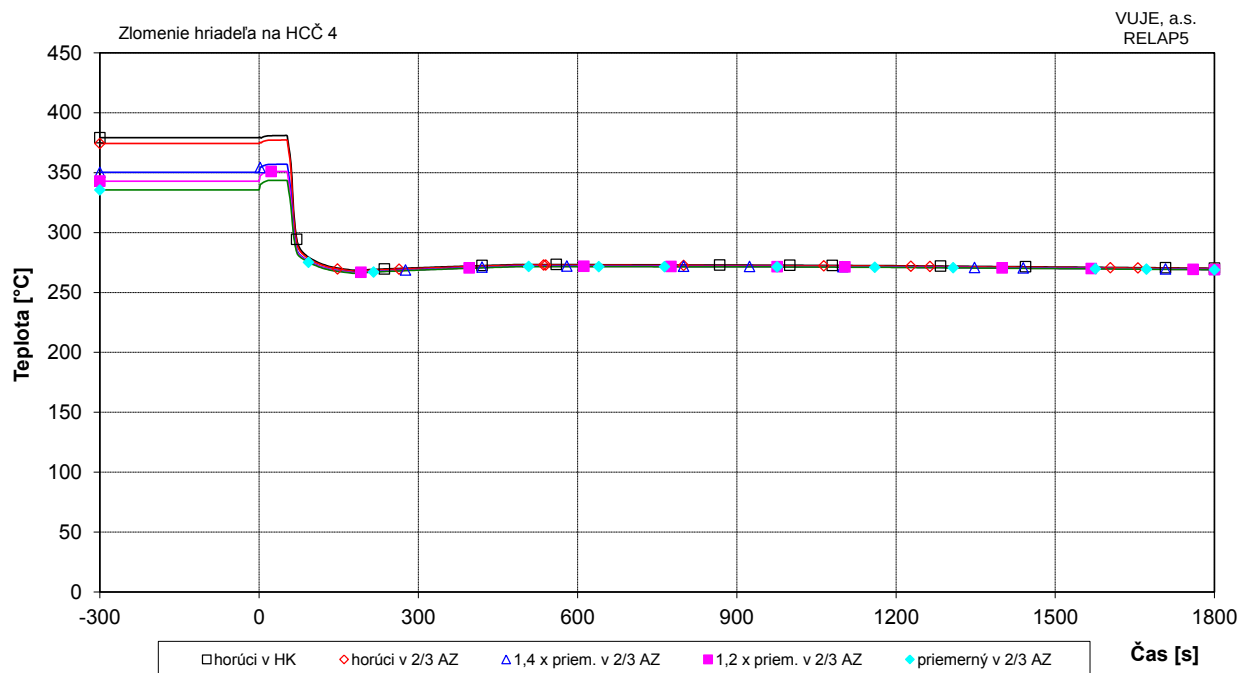
**Obr. 7.2.1.3.3-A-5: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.3.3-A-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ**



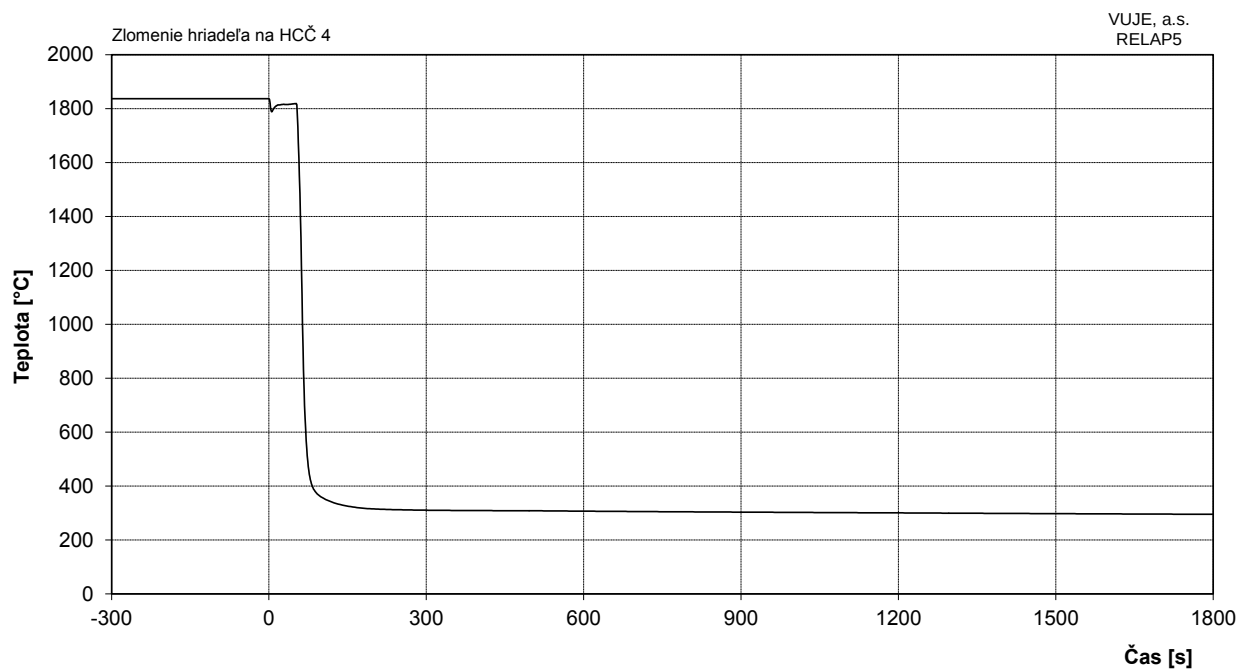
Obr. 7.2.1.3.3-A-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



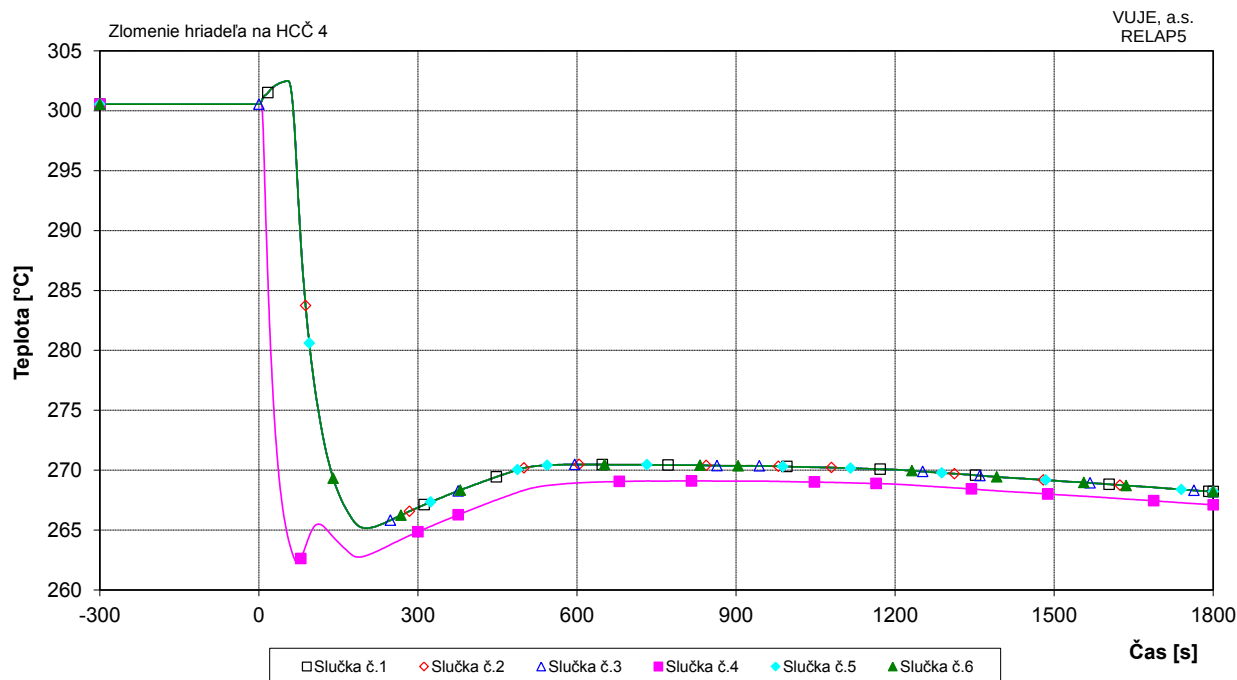
Obr. 7.2.1.3.3-A-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



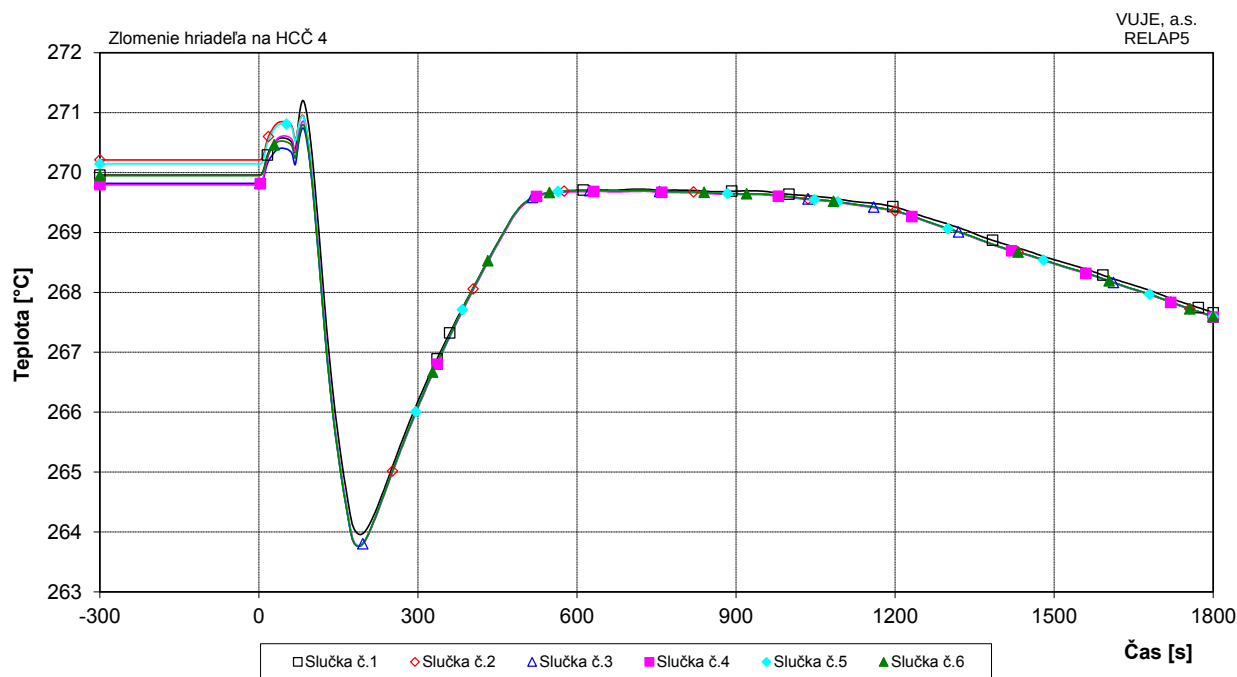
Obr. 7.2.1.3.3-A-9: Teplota pokrytia



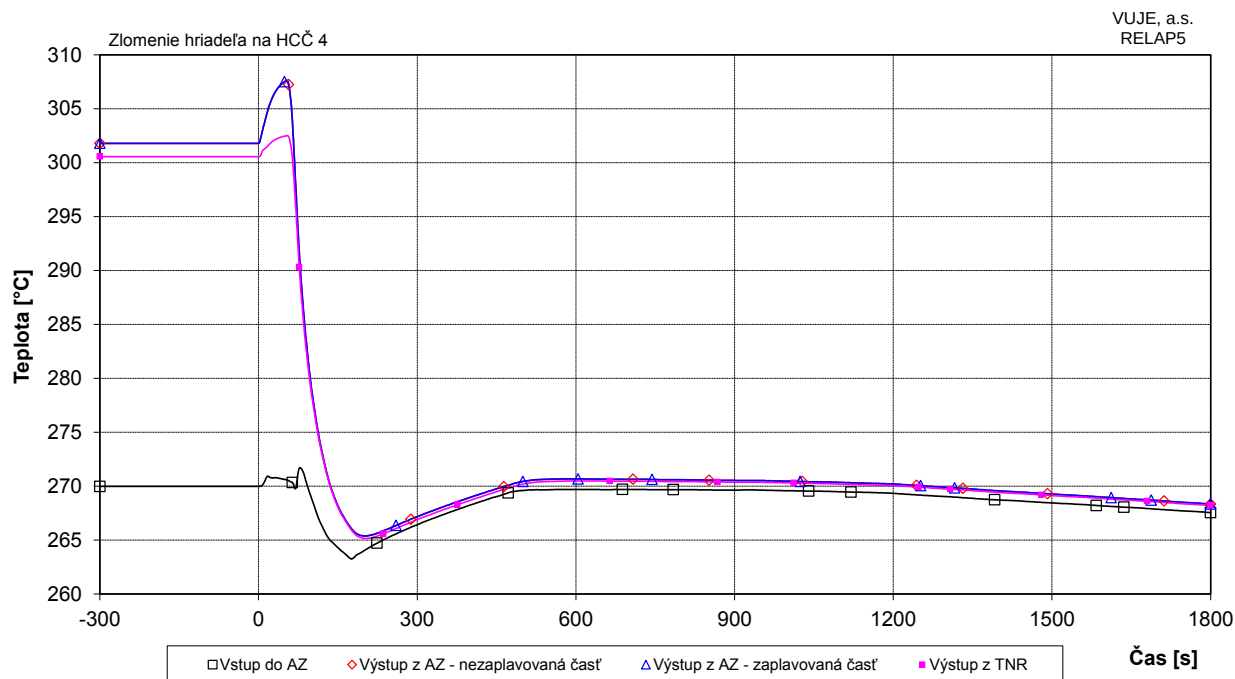
Obr. 7.2.1.3.3-A-10: Maximálna teplota paliva



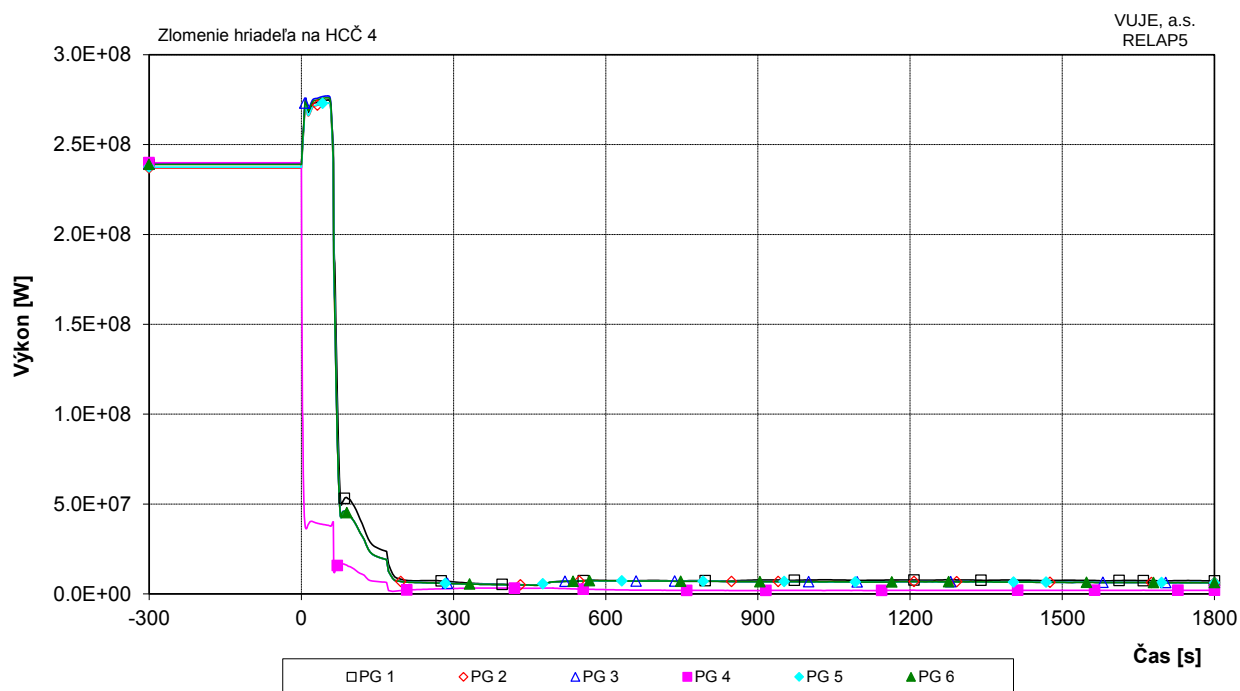
Obr. 7.2.1.3.3-A-11: Teplota chladiwa na výstupe z TNR



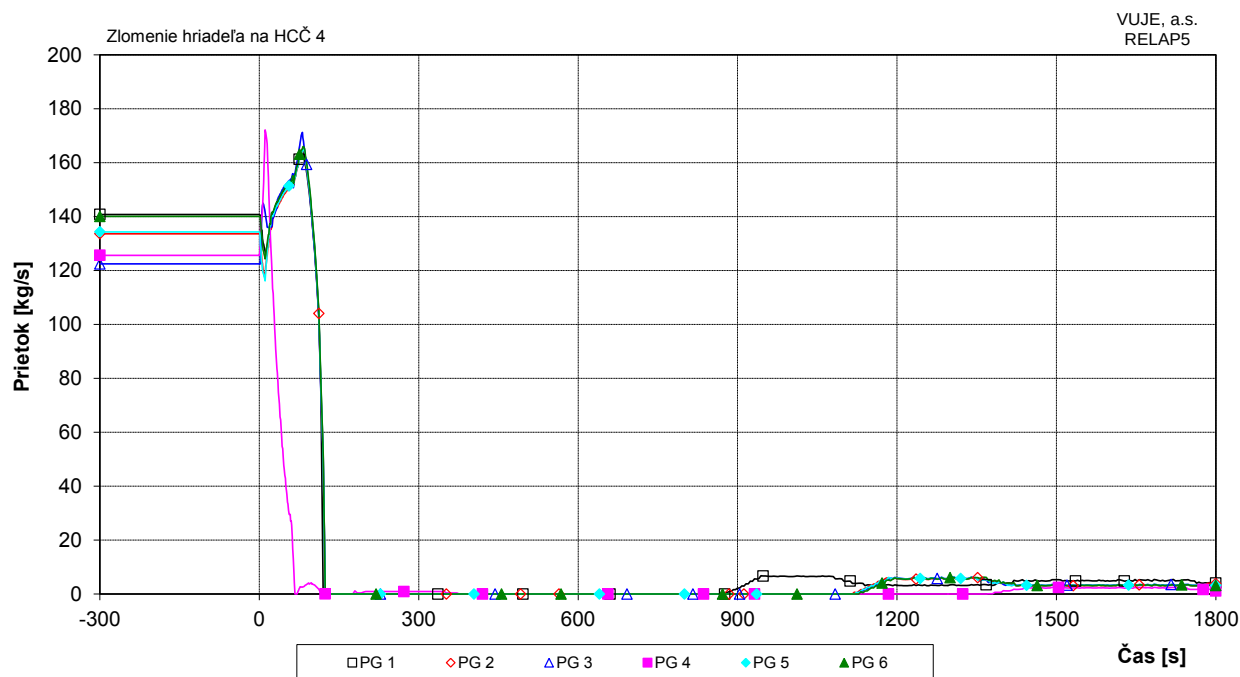
Obr. 7.2.1.3.3-A-12: Teplota chladiwa na vstupe do TNR



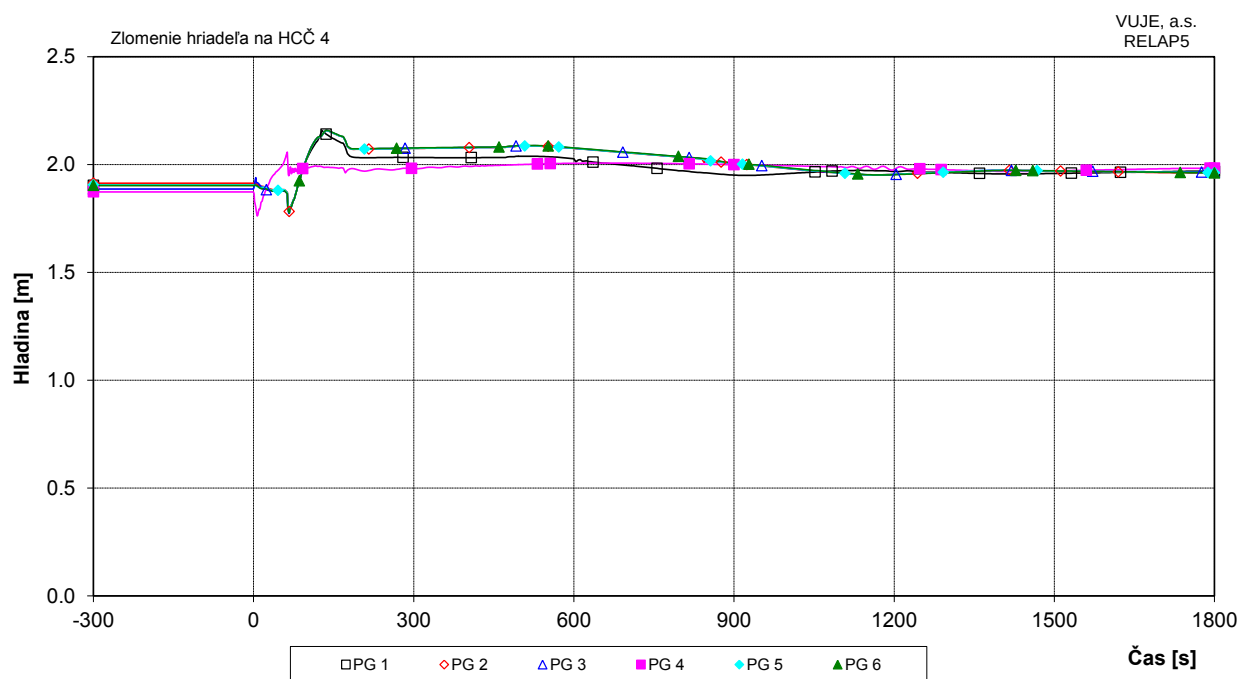
Obr. 7.2.1.3.3-A-13: Teplota chladiva v TNR



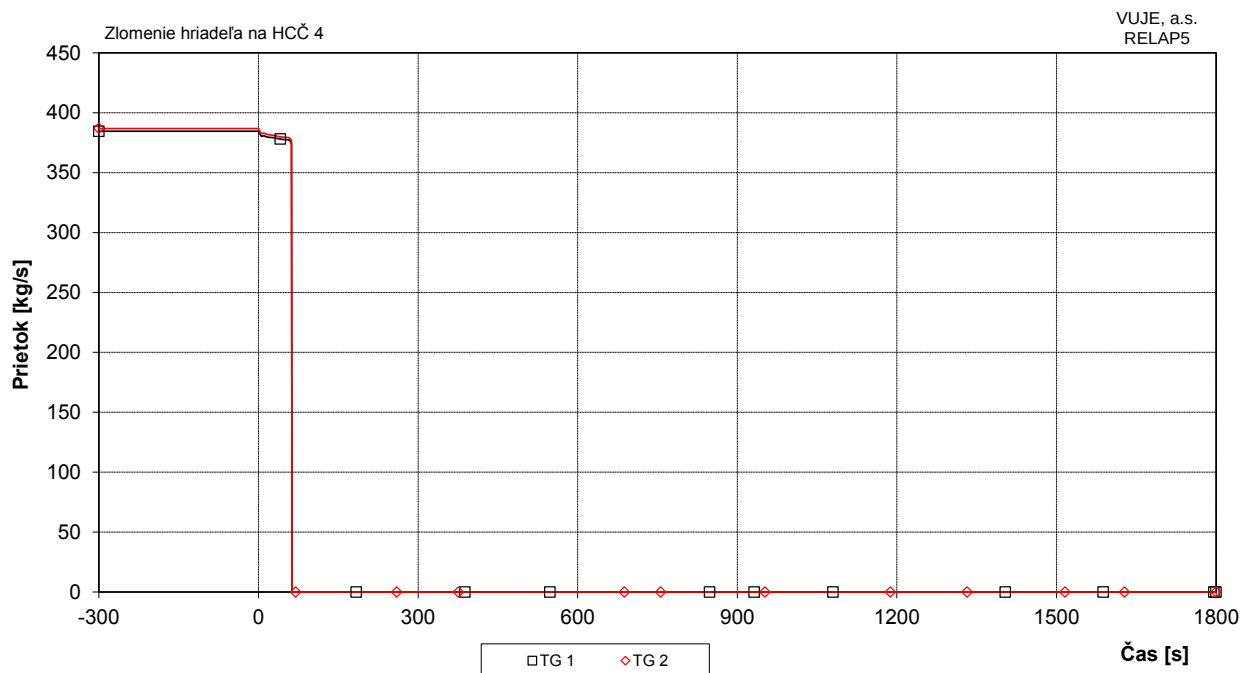
Obr. 7.2.1.3.3-A-14: Výkon PG



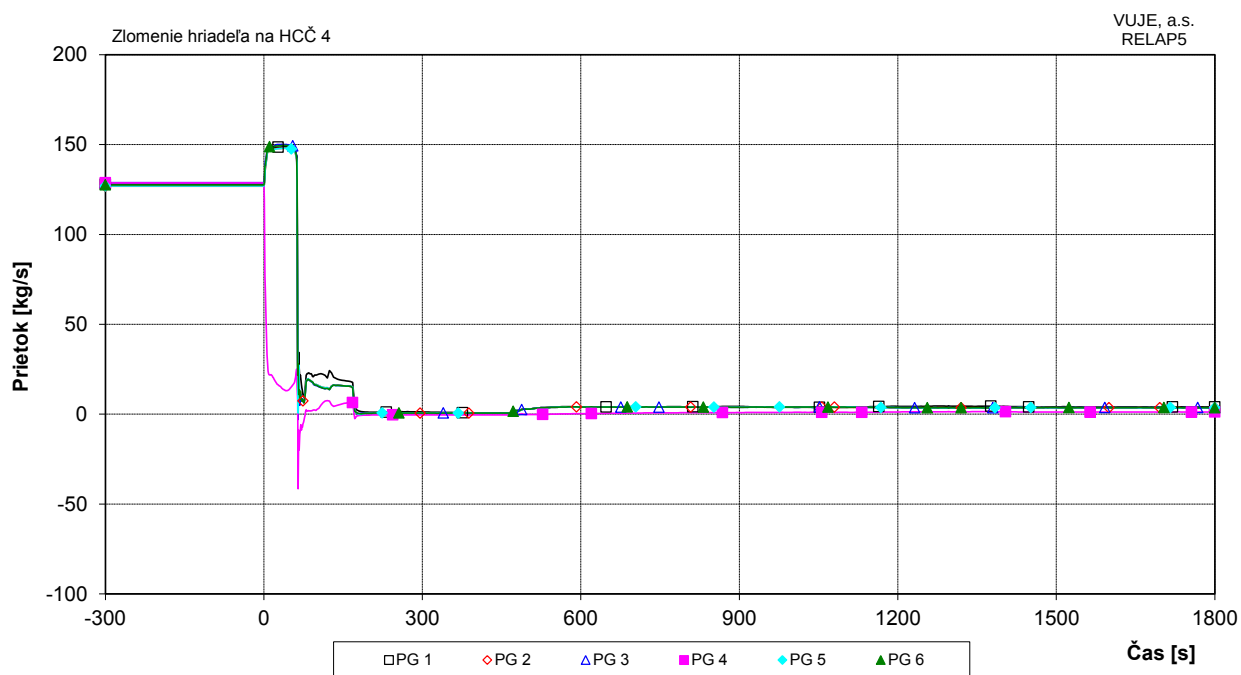
Obr. 7.2.1.3.3-A-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



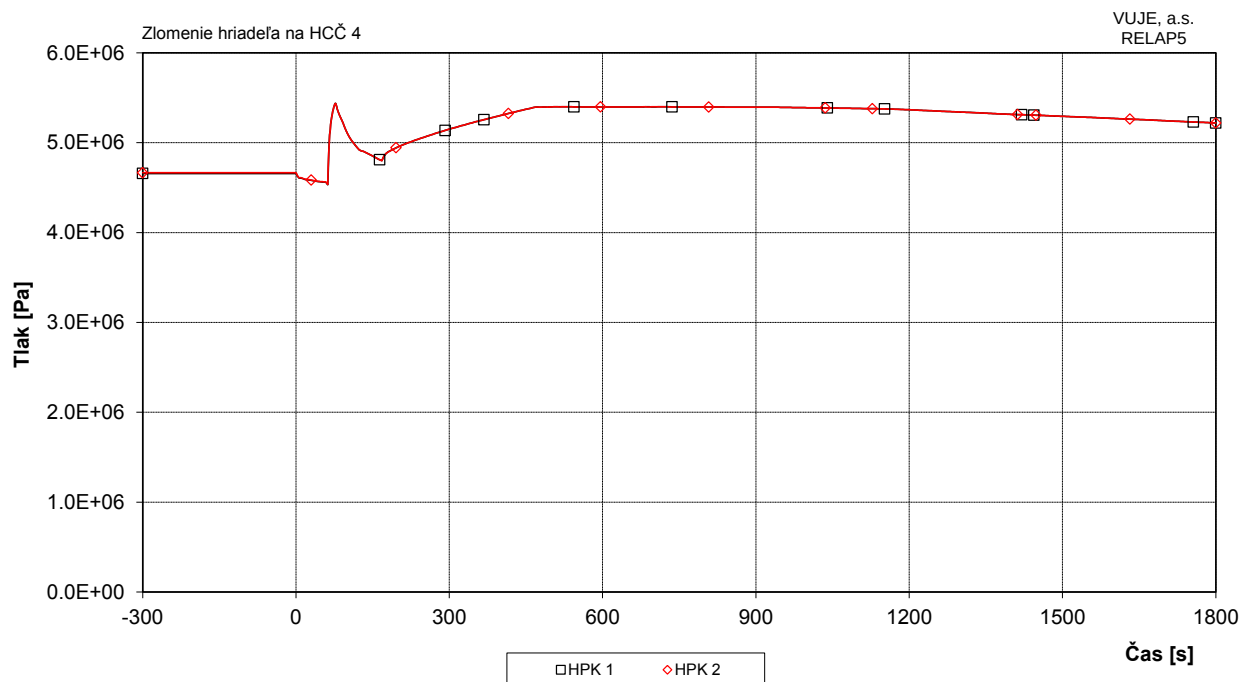
Obr. 7.2.1.3.3-A-16: Celková hladina v PG



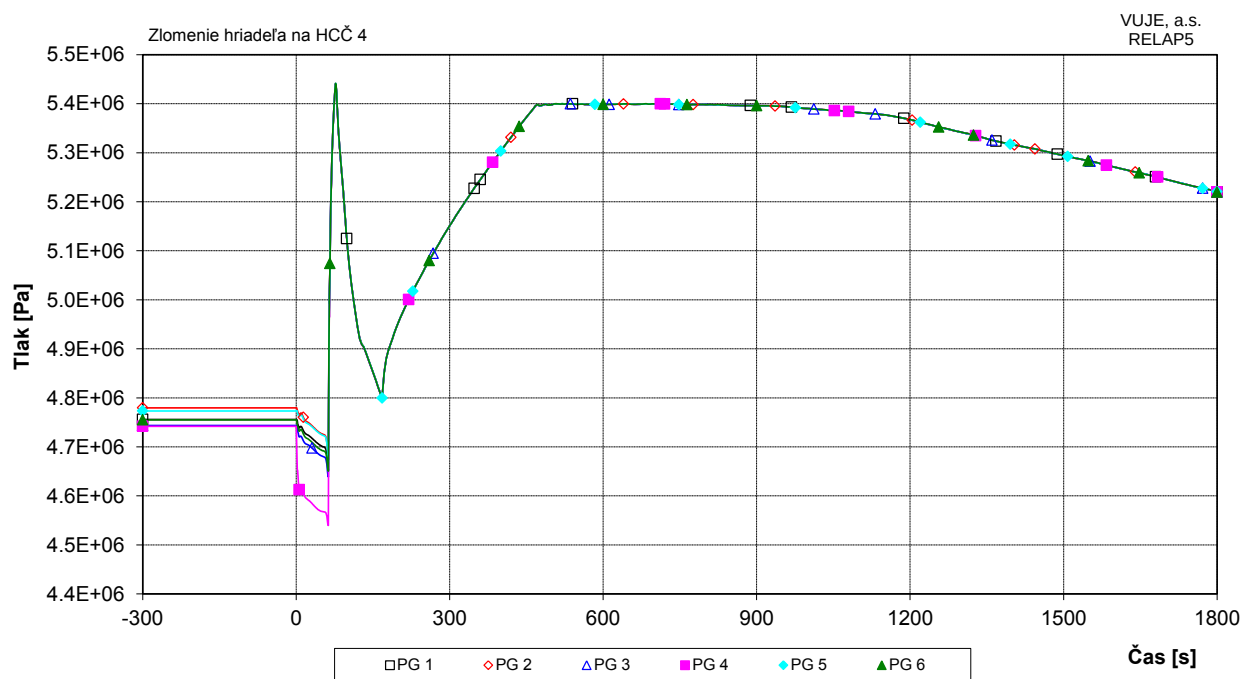
Obr. 7.2.1.3.3-A-17: Prietok pary do TG



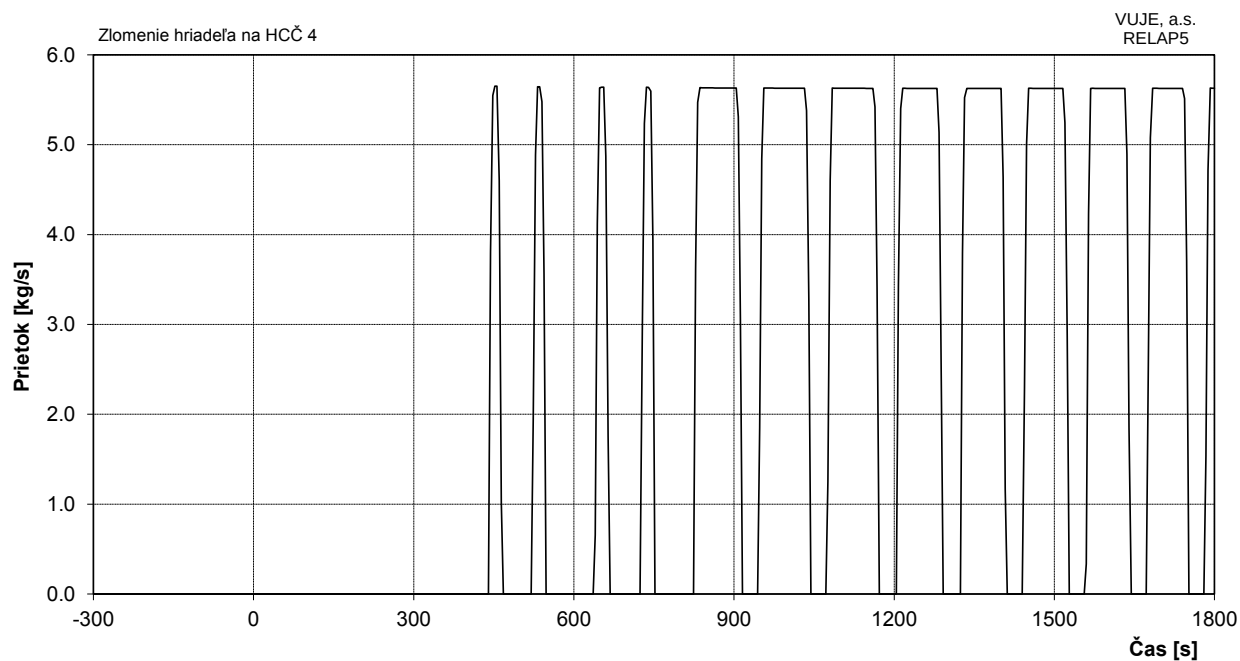
Obr. 7.2.1.3.3-A-18: Prietok pary z PG



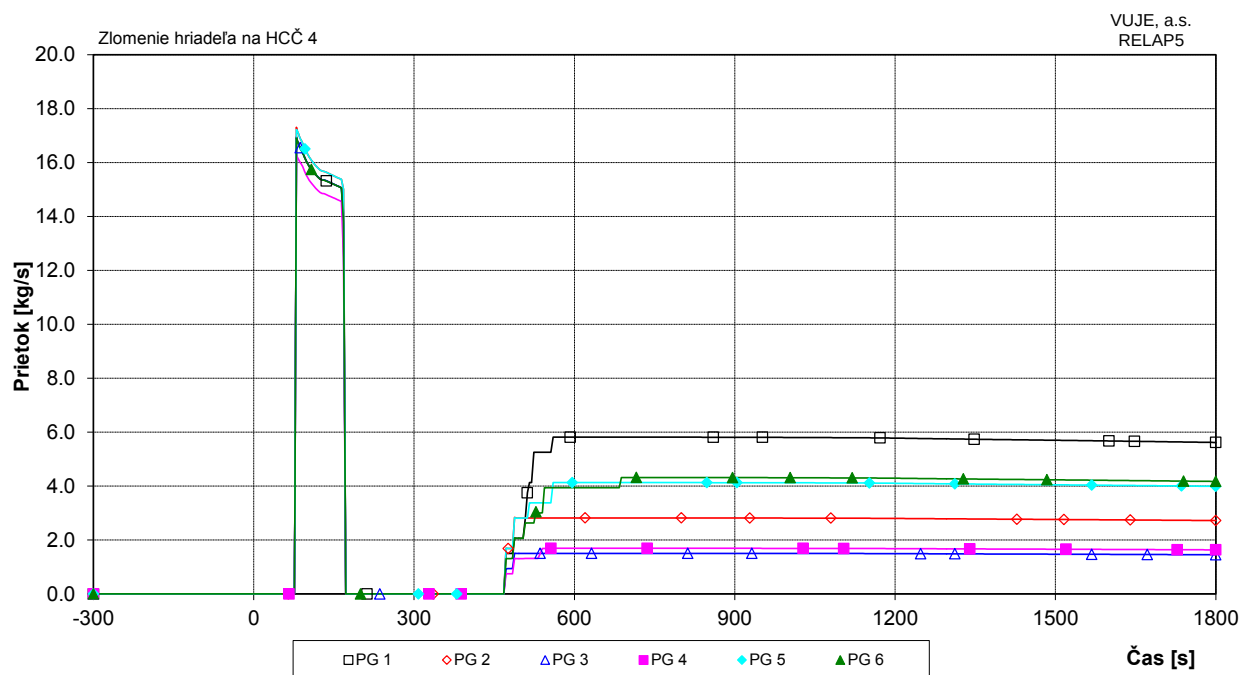
Obr. 7.2.1.3.3-A-19: Tlak v HPK



Obr. 7.2.1.3.3-A-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.3-A-21: Celkový prietok cez ventily vstreku do KO



Obr. 7.2.1.3.3-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch

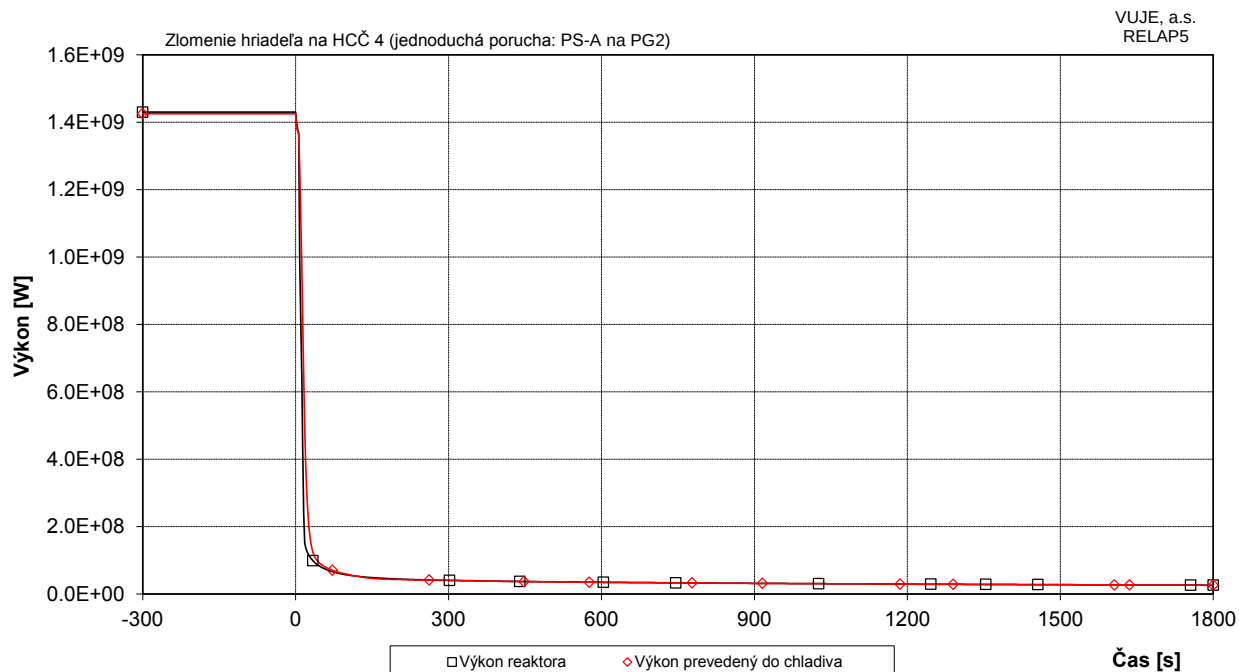
Príloha č. 04

7.2.1.3.3 Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle

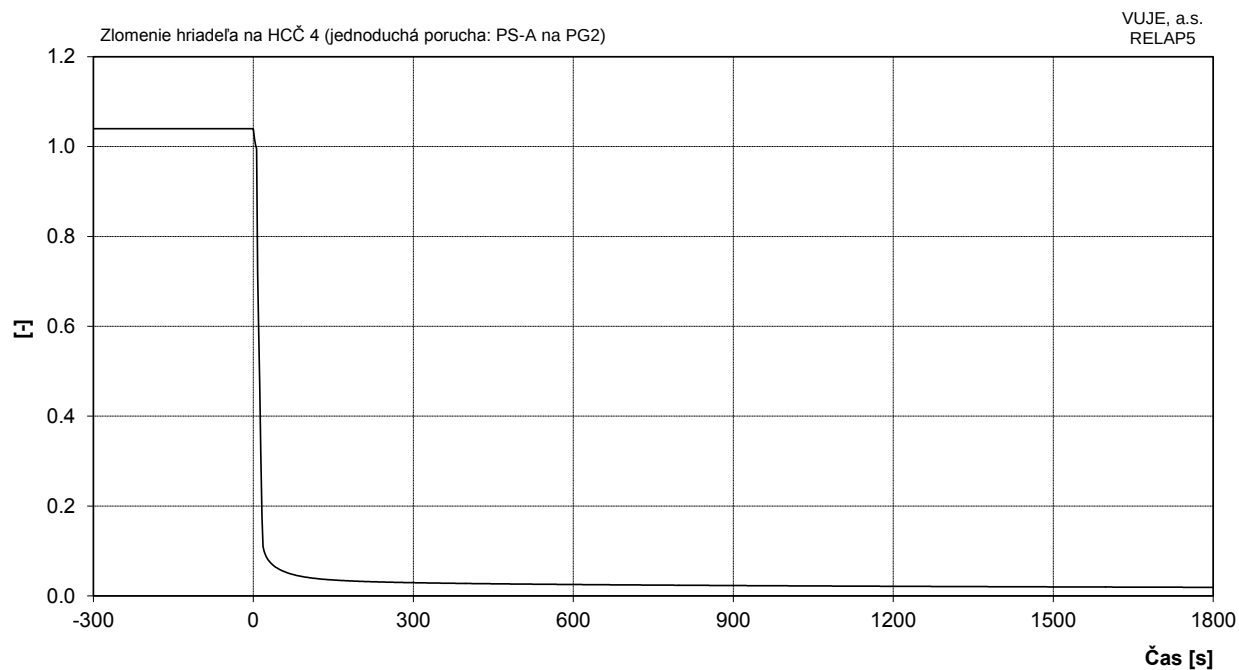
Scenár B Zlomenie hriadeľa na HCČ 4

ZOZNAM OBRÁZKOV

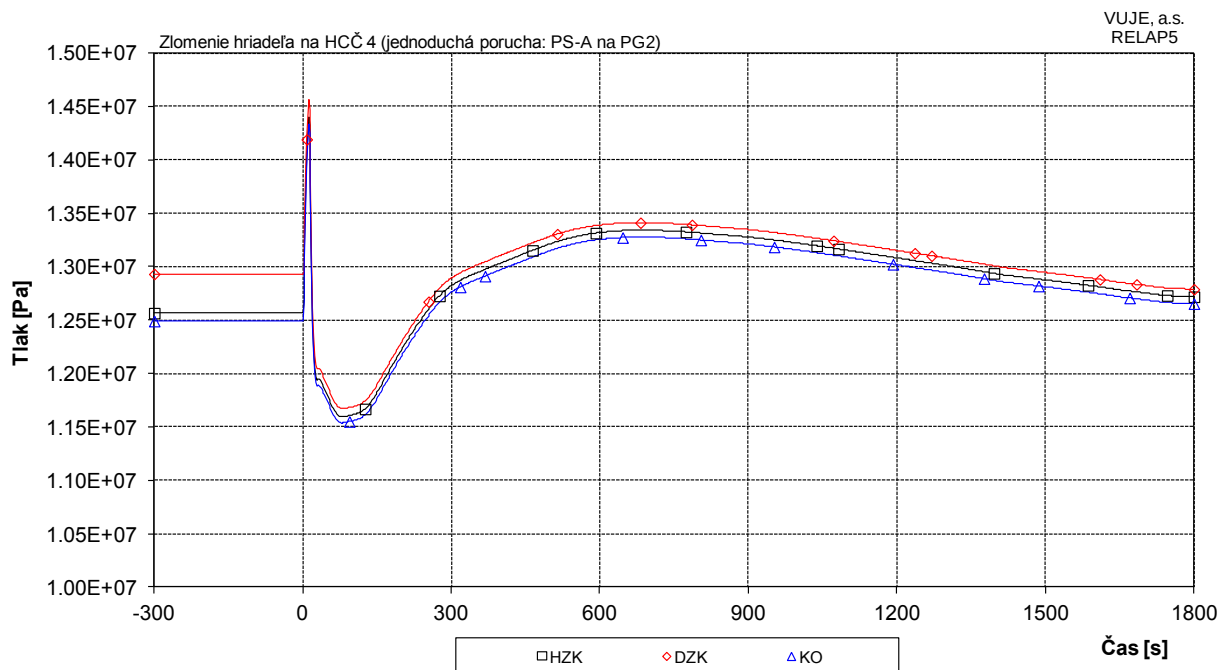
Obr. 7.2.1.3.3-B-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.3-B-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.3-B-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.3-B-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.3-B-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.3-B-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.3-B-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.3-B-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.3-B-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.3-B-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.3-B-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.3-B-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.3-B-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.3-B-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.3-B-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.3-B-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.3-B-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.3-B-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.3-B-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.3-B-20:	Tlak na výstupe z PG.....	11
Obr. 7.2.1.3.3-B-21:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.3-B-22:	Prietok pary cez PV1 PG	12
Obr. 7.2.1.3.3-B-23:	Celkový výkon EOKO	13



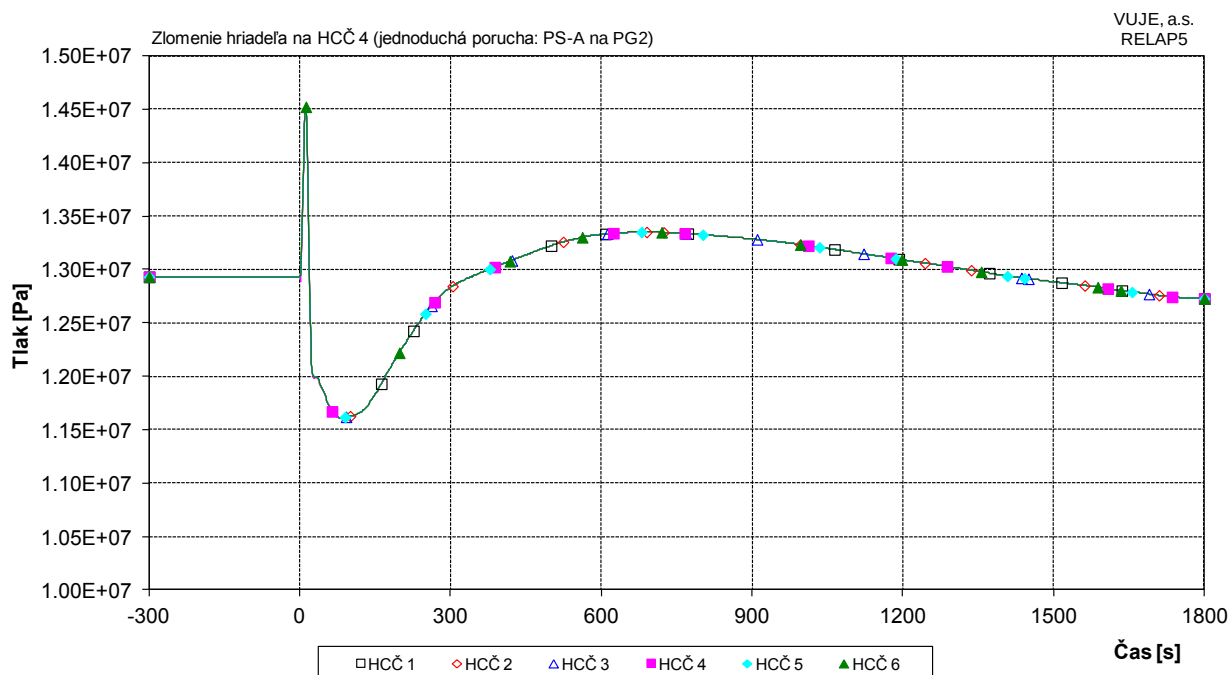
Obr. 7.2.1.3.3-B-1: Výkon reaktora



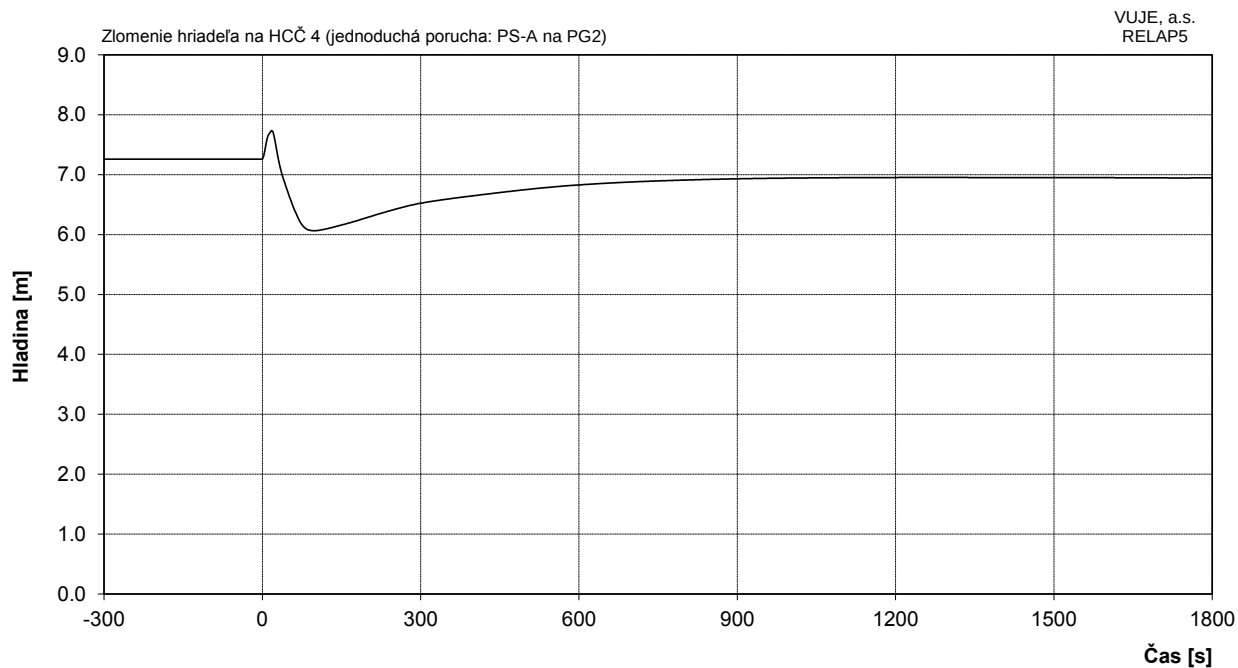
Obr. 7.2.1.3.3-B-2: Pomerný výkon reaktora



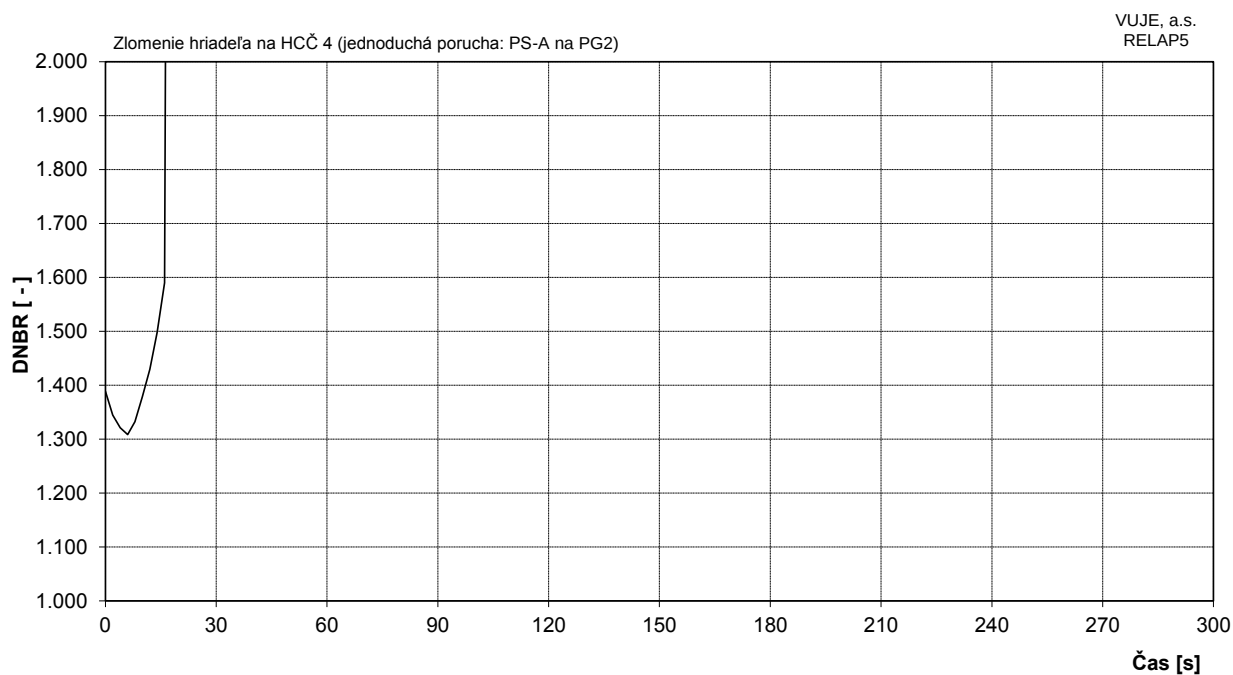
Obr. 7.2.1.3.3-B-3: Tlak v I.O.



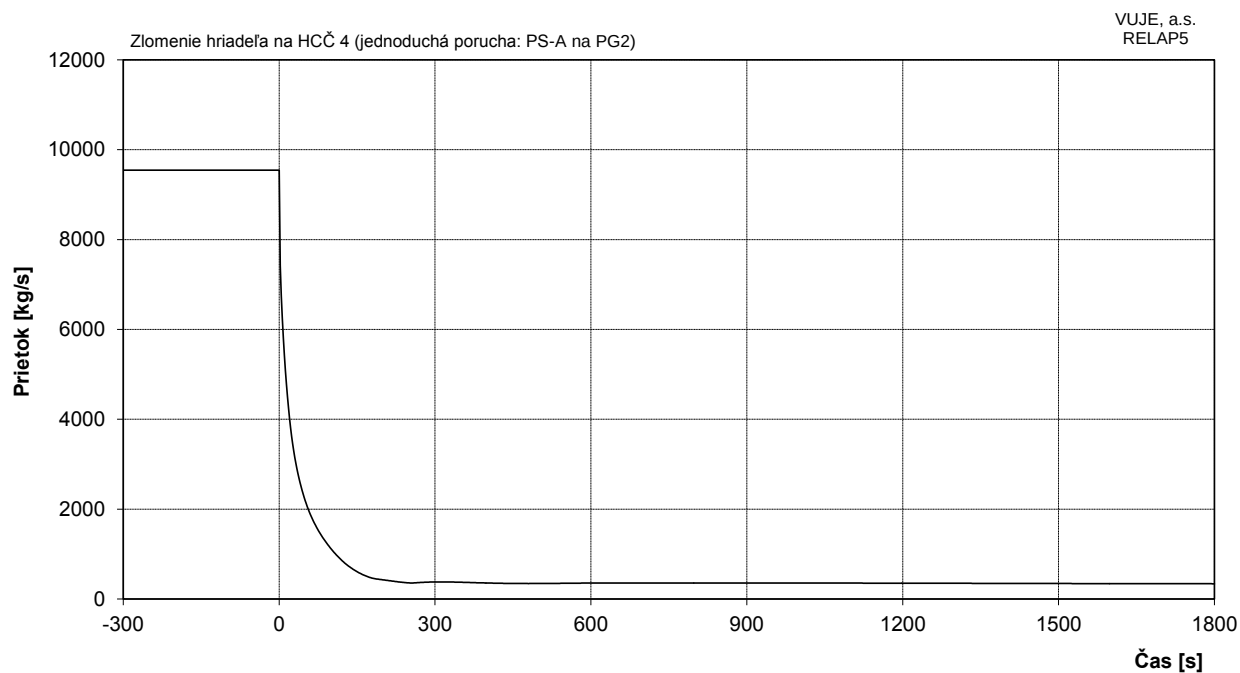
Obr. 7.2.1.3.3-B-4: Tlak na výtlaku HCČ



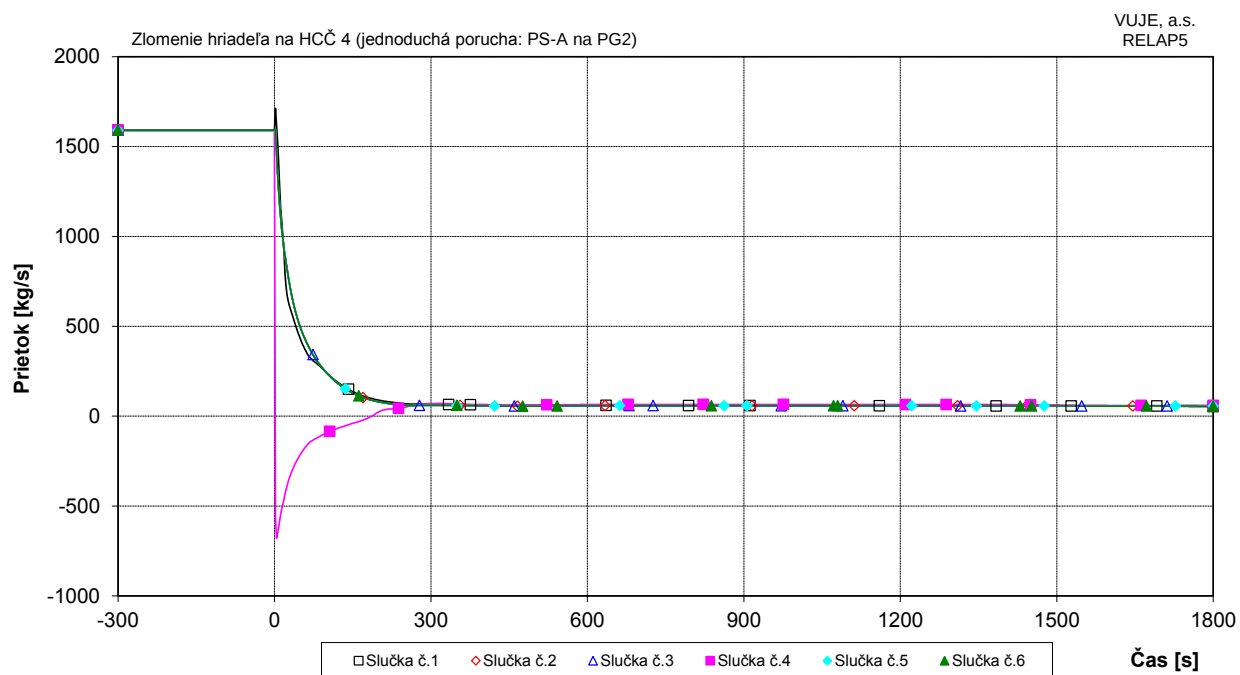
Obr. 7.2.1.3.3-B-5: Celková hladina v KO



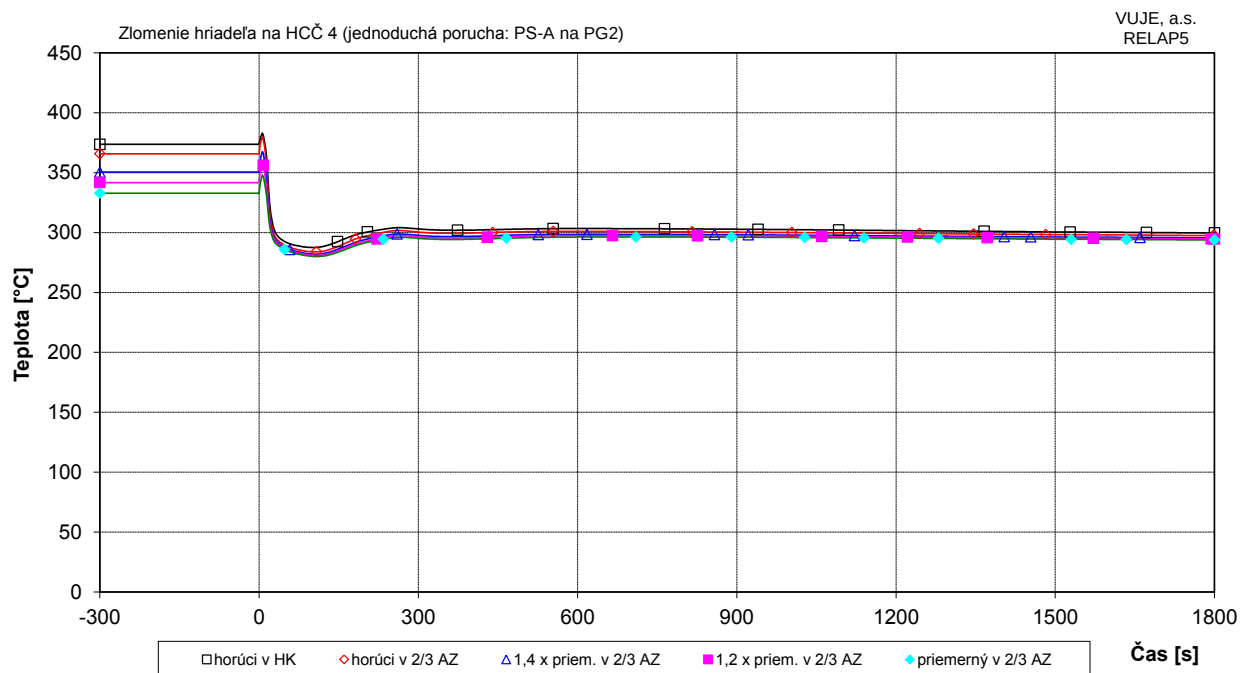
Obr. 7.2.1.3.3-B-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ



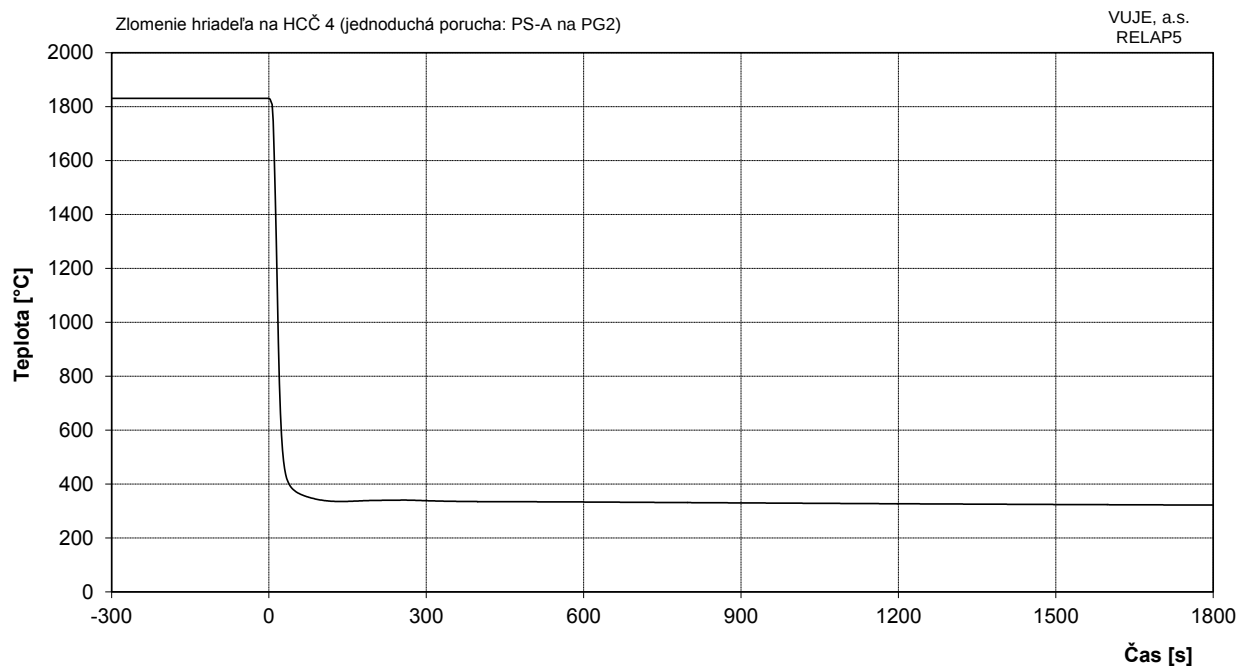
Obr. 7.2.1.3.3-B-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



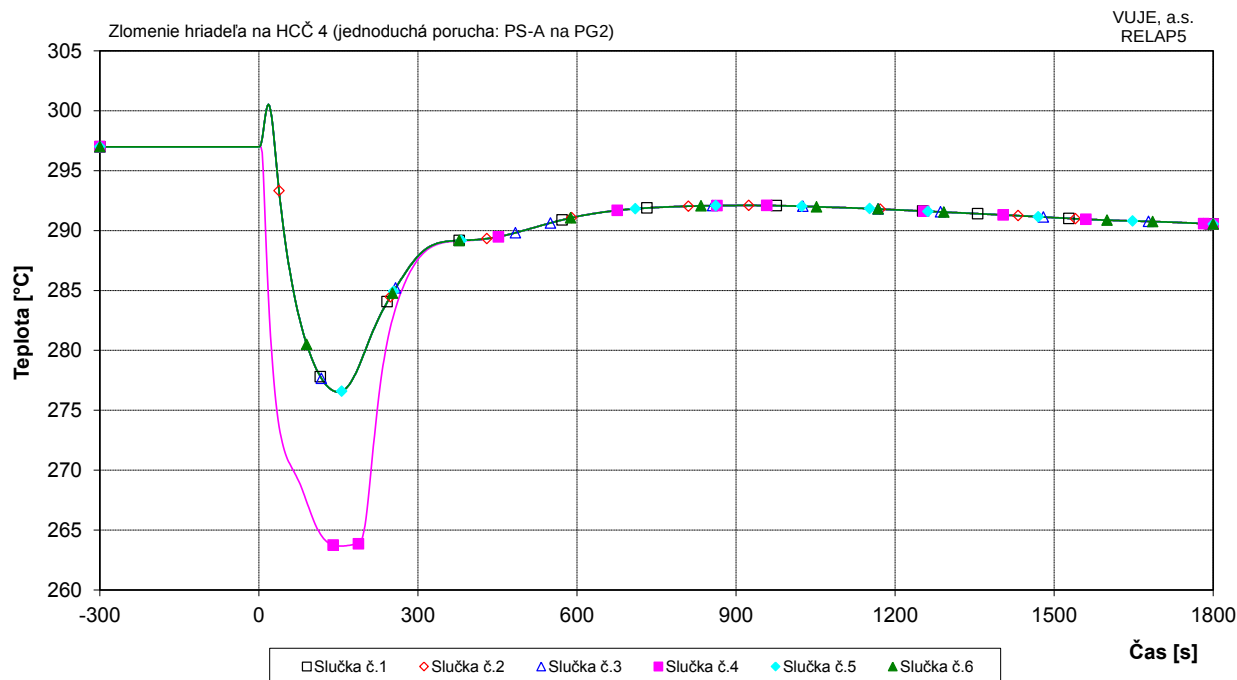
Obr. 7.2.1.3.3-B-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



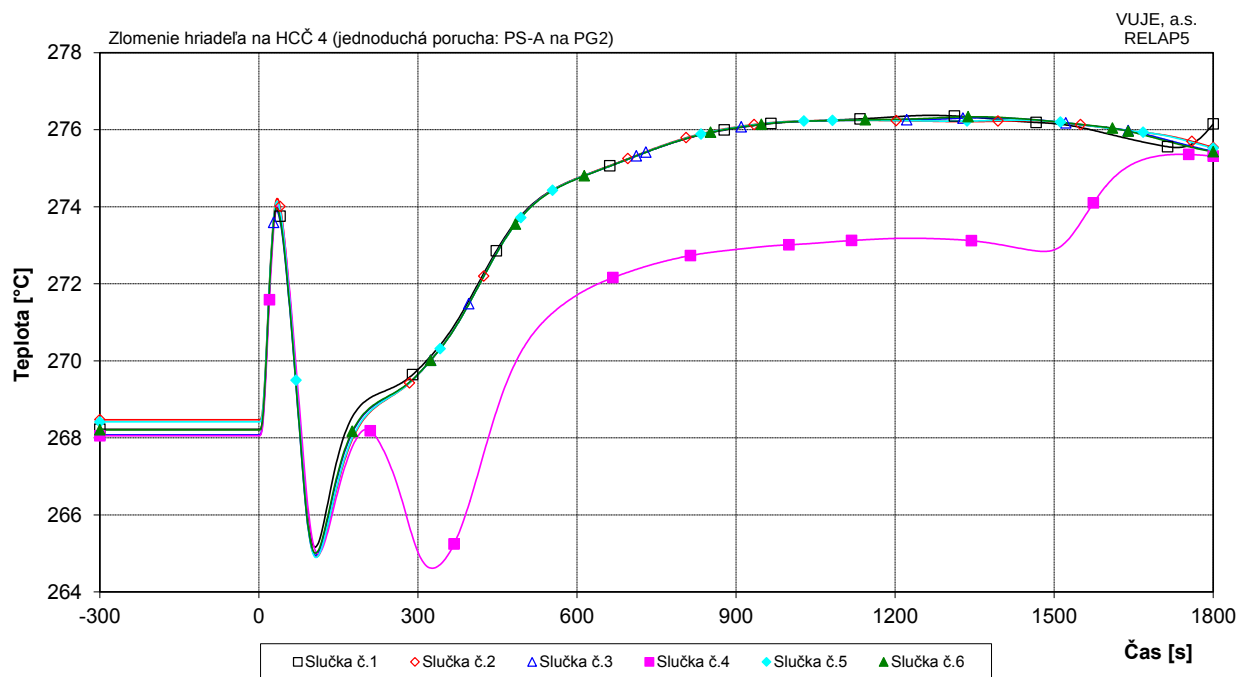
Obr. 7.2.1.3.3-B-9: Teplota pokrytia



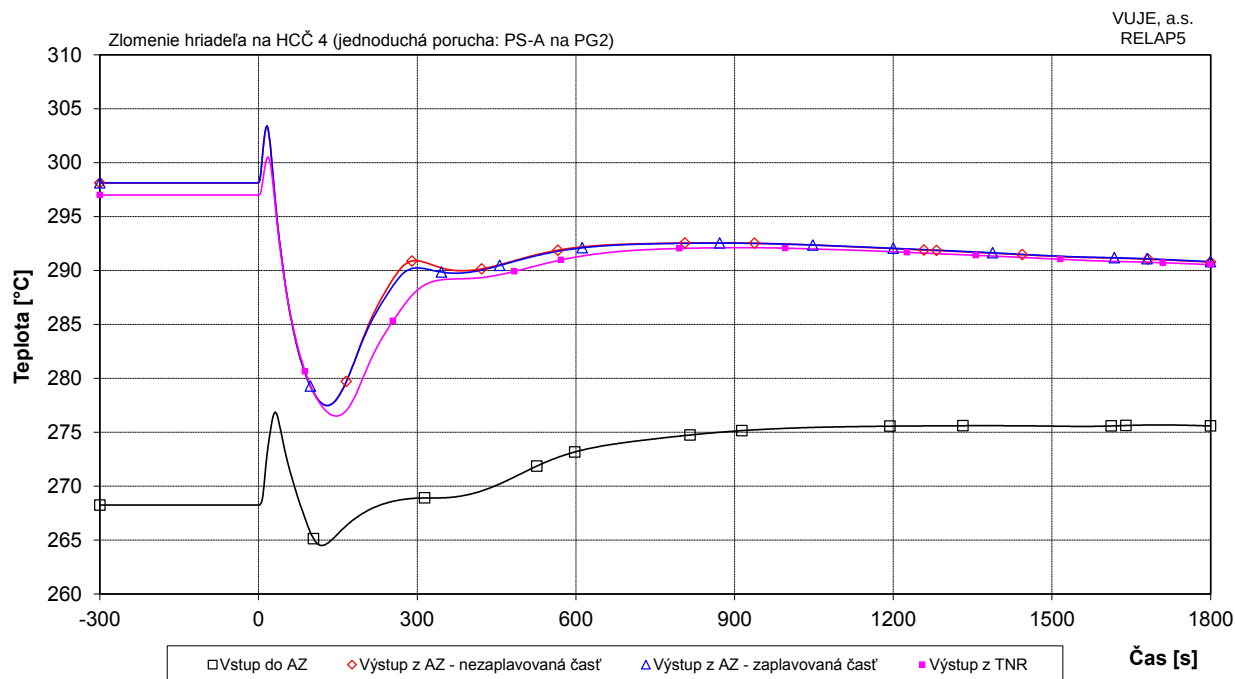
Obr. 7.2.1.3.3-B-10: Maximálna teplota paliva



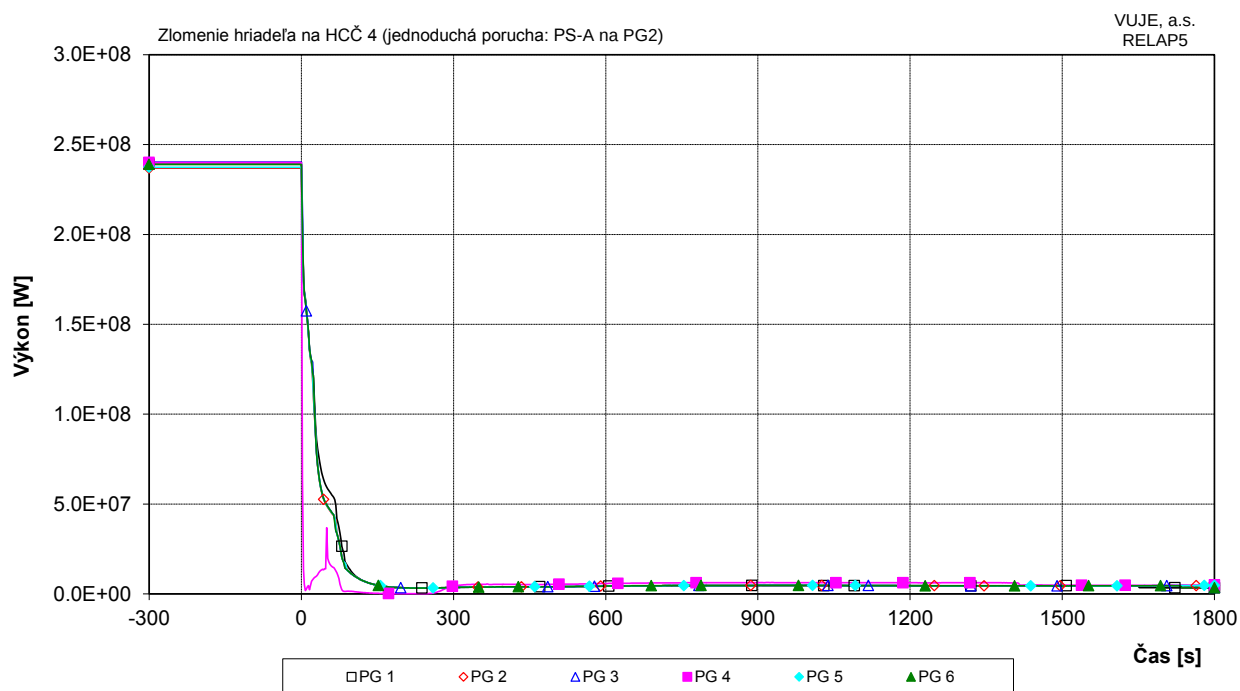
Obr. 7.2.1.3.3-B-11: Teplota chladiwa na výstupe z TNR



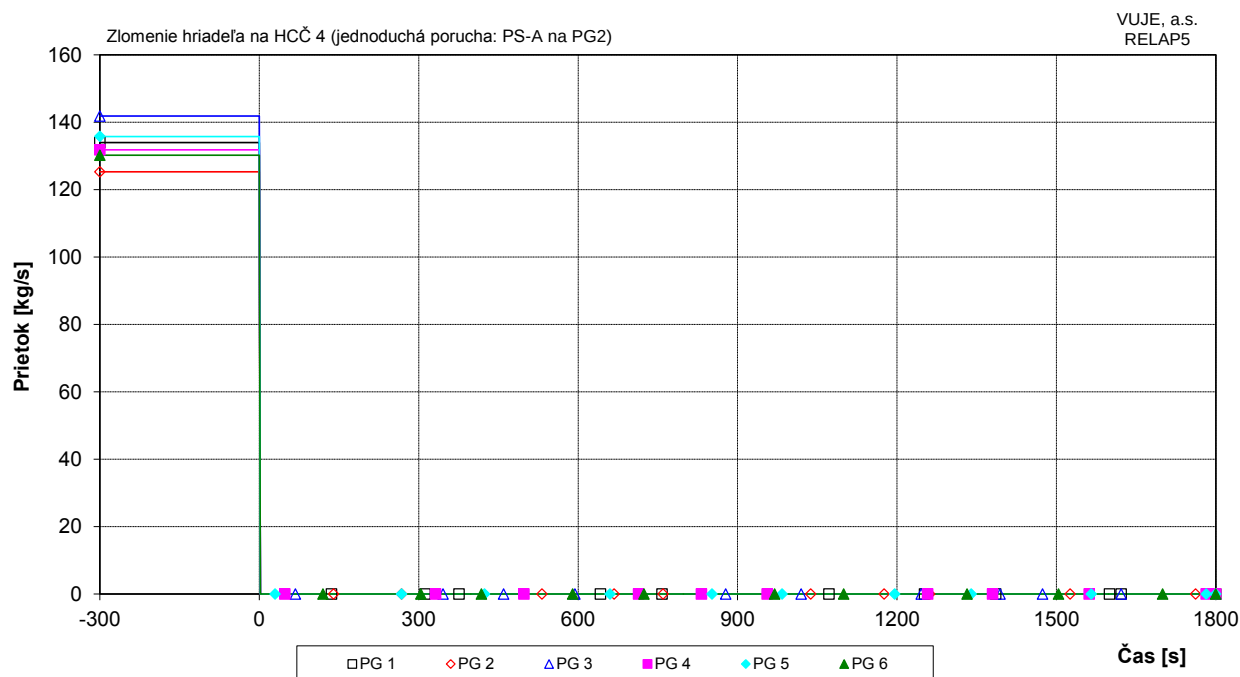
Obr. 7.2.1.3.3-B-12: Teplota chladiwa na vstupe do TNR



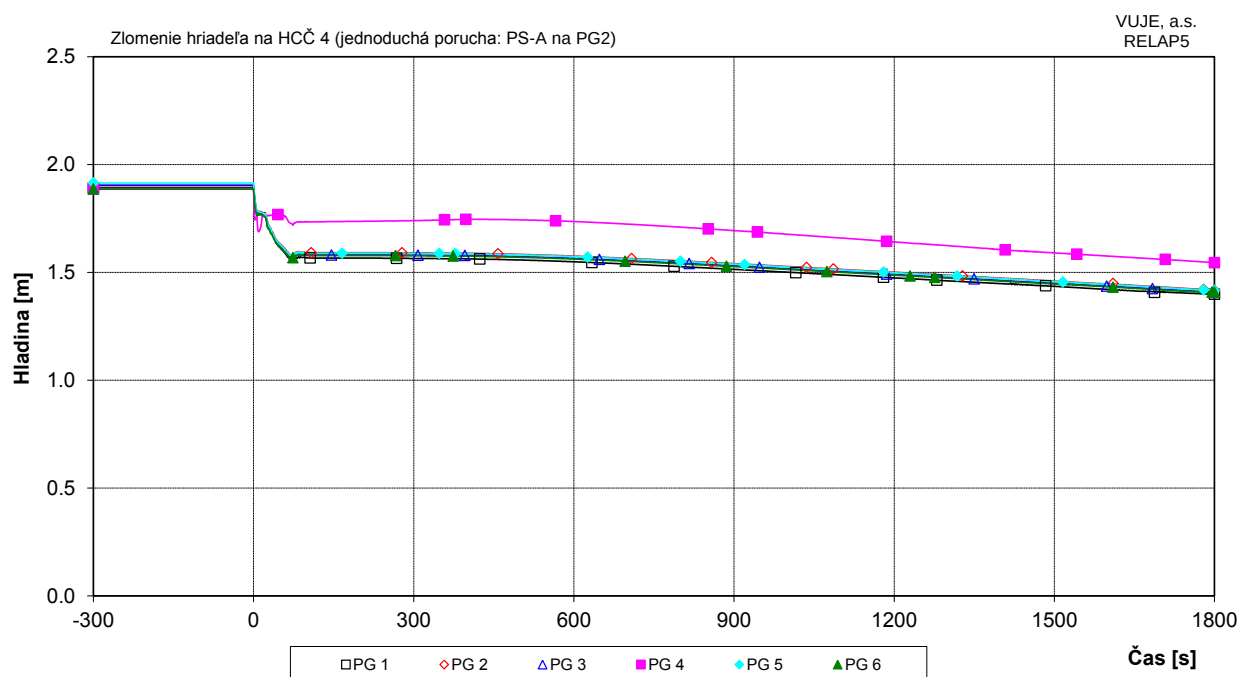
Obr. 7.2.1.3.3-B-13: Teplota chladiva v TNR



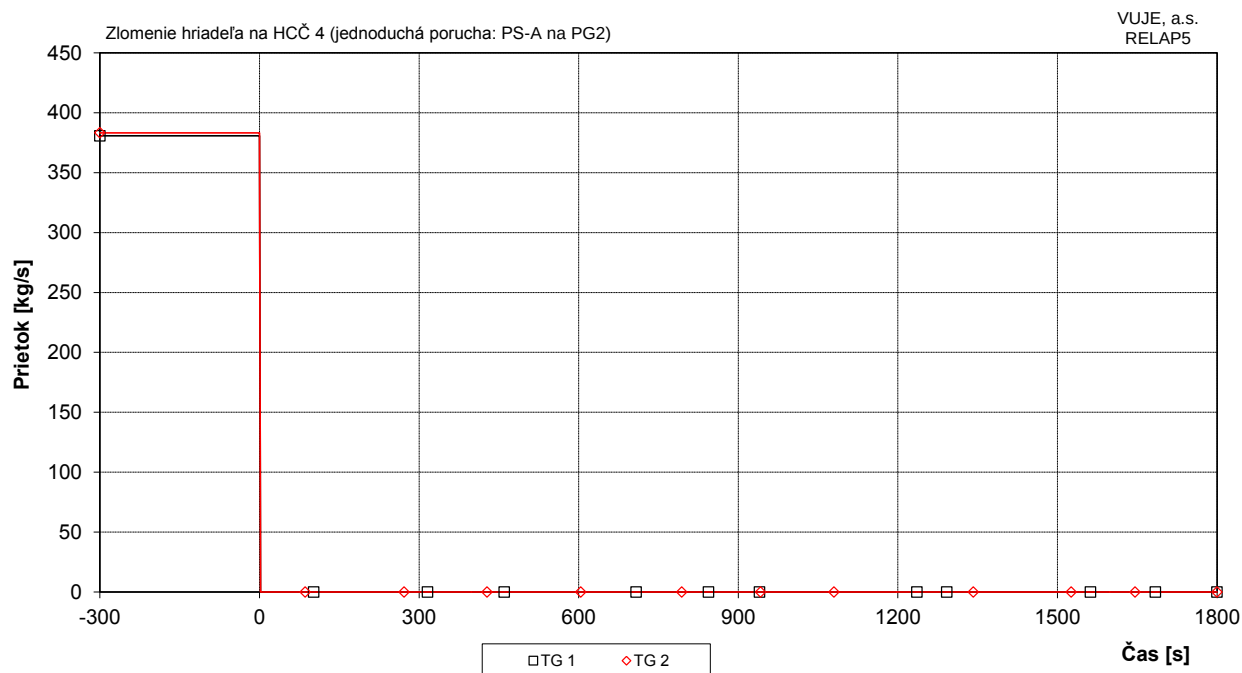
Obr. 7.2.1.3.3-B-14: Výkon PG



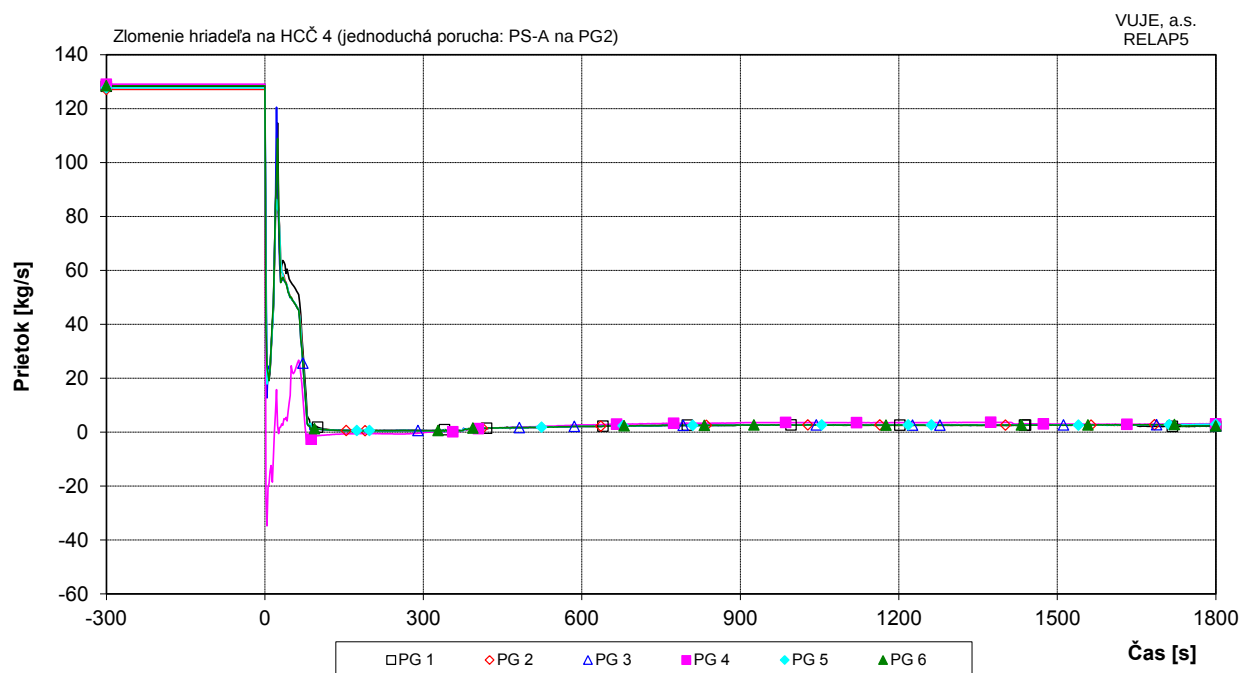
Obr. 7.2.1.3.3-B-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



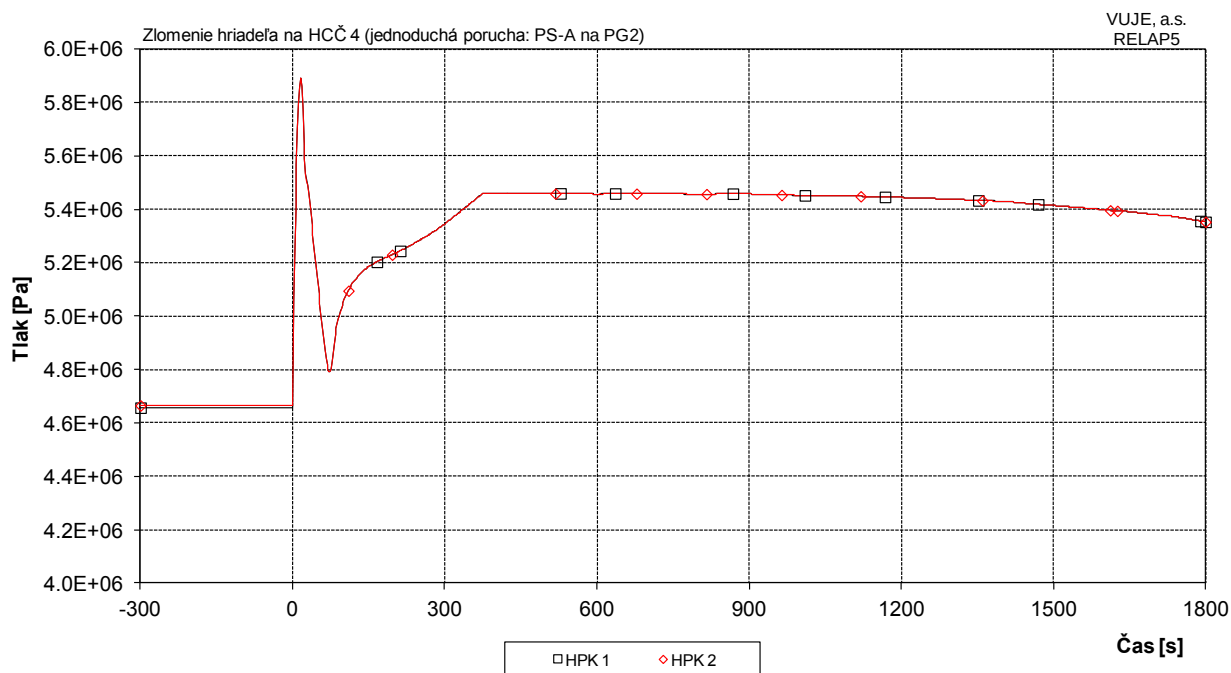
Obr. 7.2.1.3.3-B-16: Celková hladina v PG



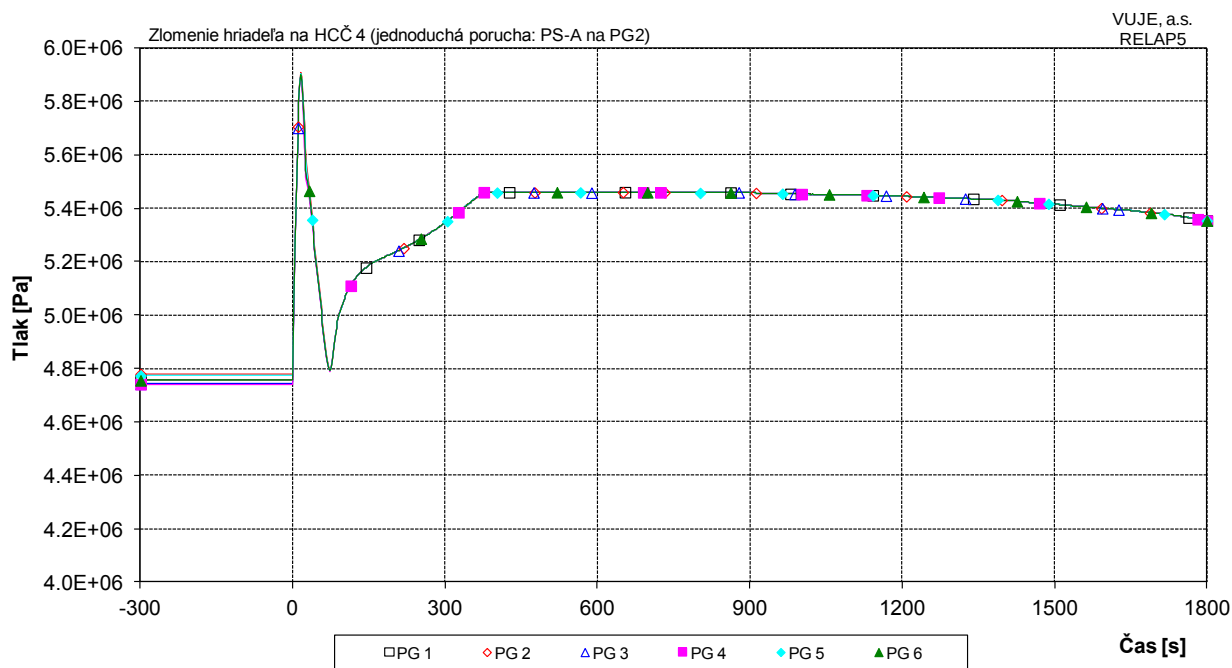
Obr. 7.2.1.3.3-B-17: Prietok pary do TG



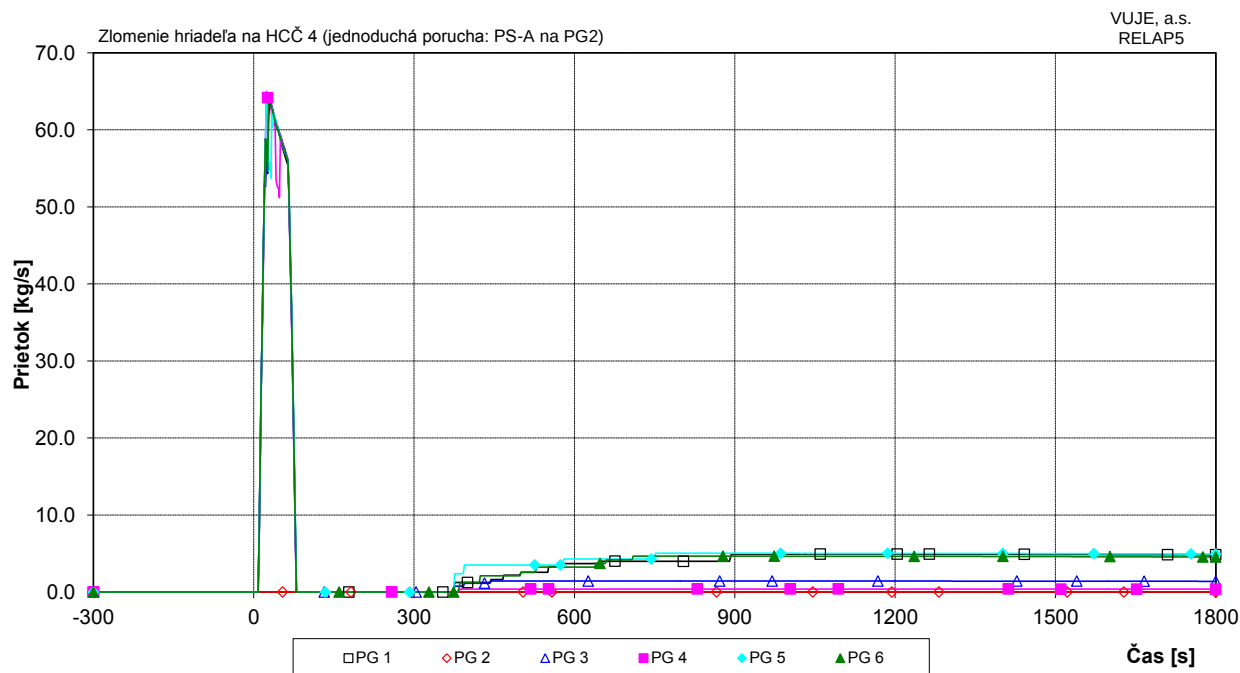
Obr. 7.2.1.3.3-B-18: Prietok pary z PG



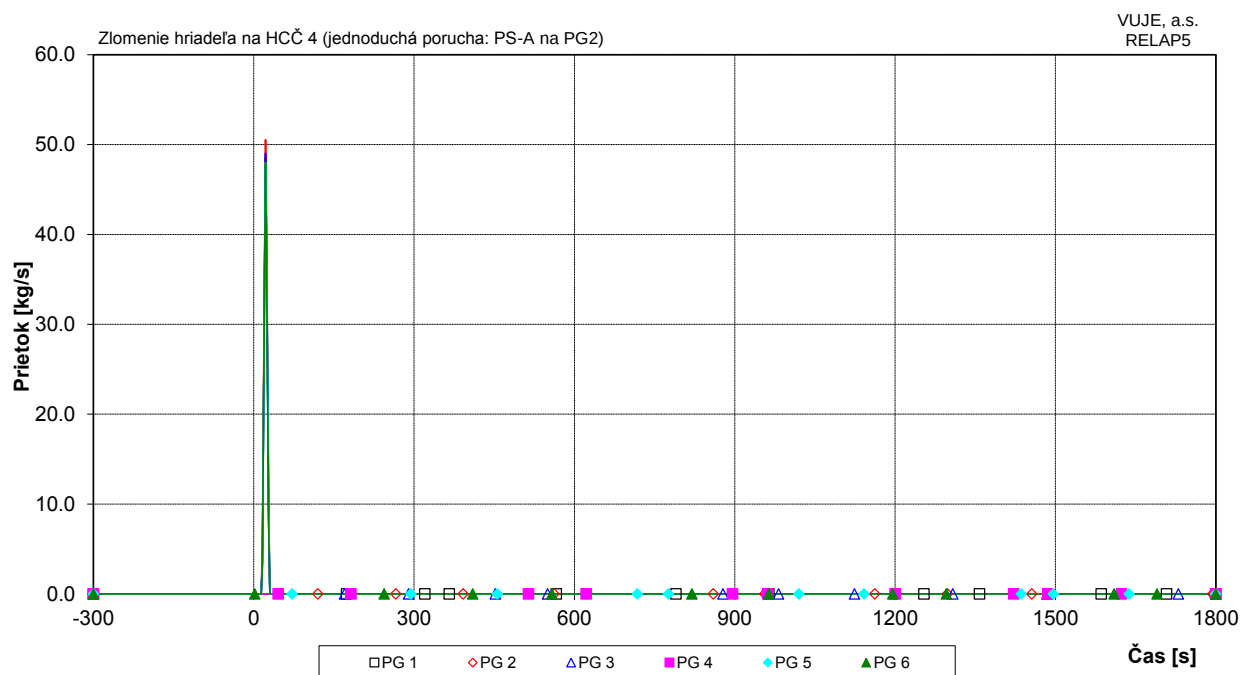
Obr. 7.2.1.3.3-B-19: Tlak v HPK



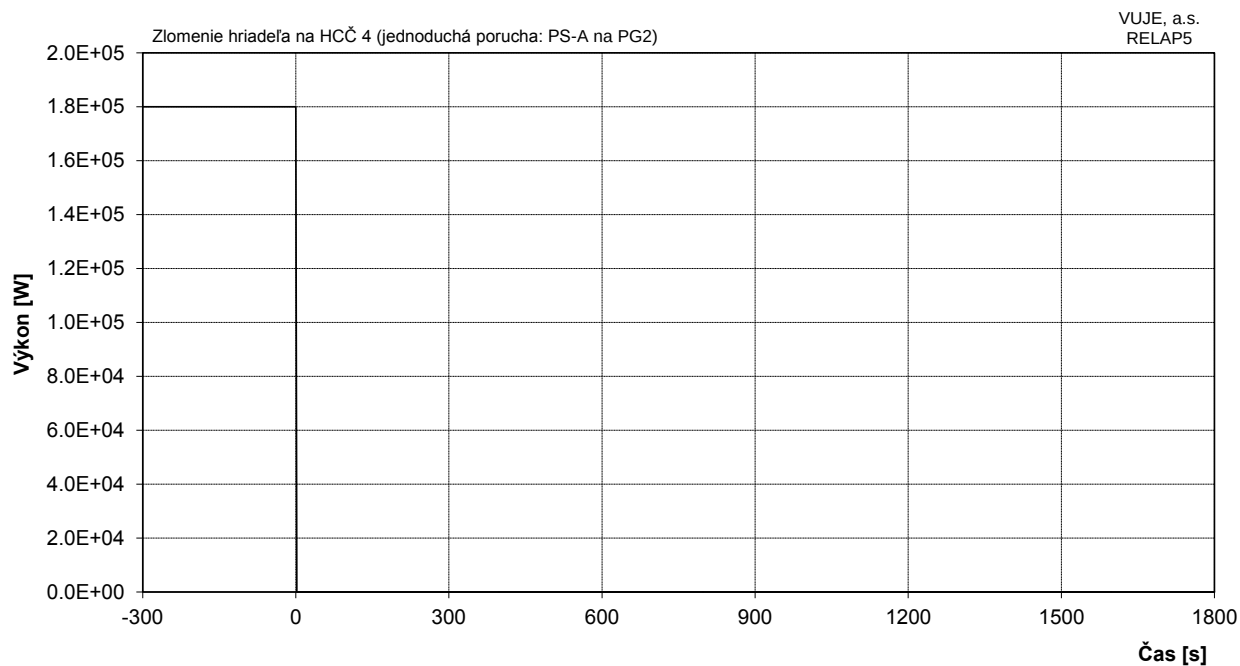
Obr. 7.2.1.3.3-B-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.3-B-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.3.3-B-22: Prietok pary cez PV1 PG

**Obr. 7.2.1.3.3-B-23: Celkový výkon EOKO**

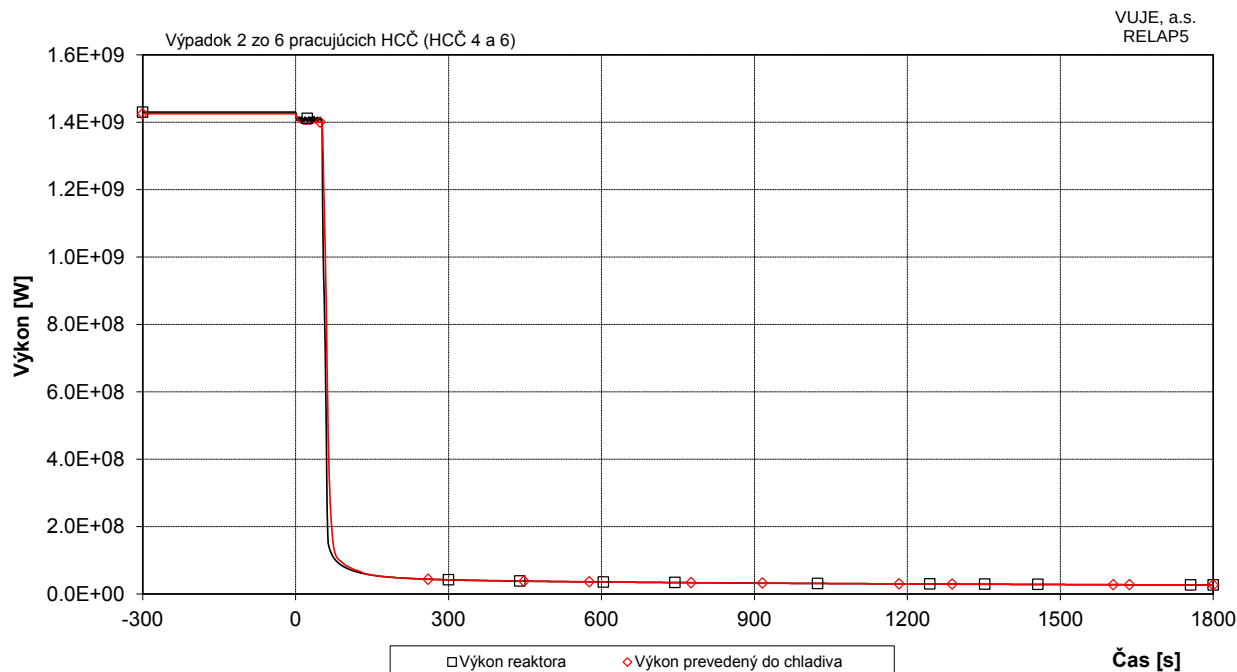
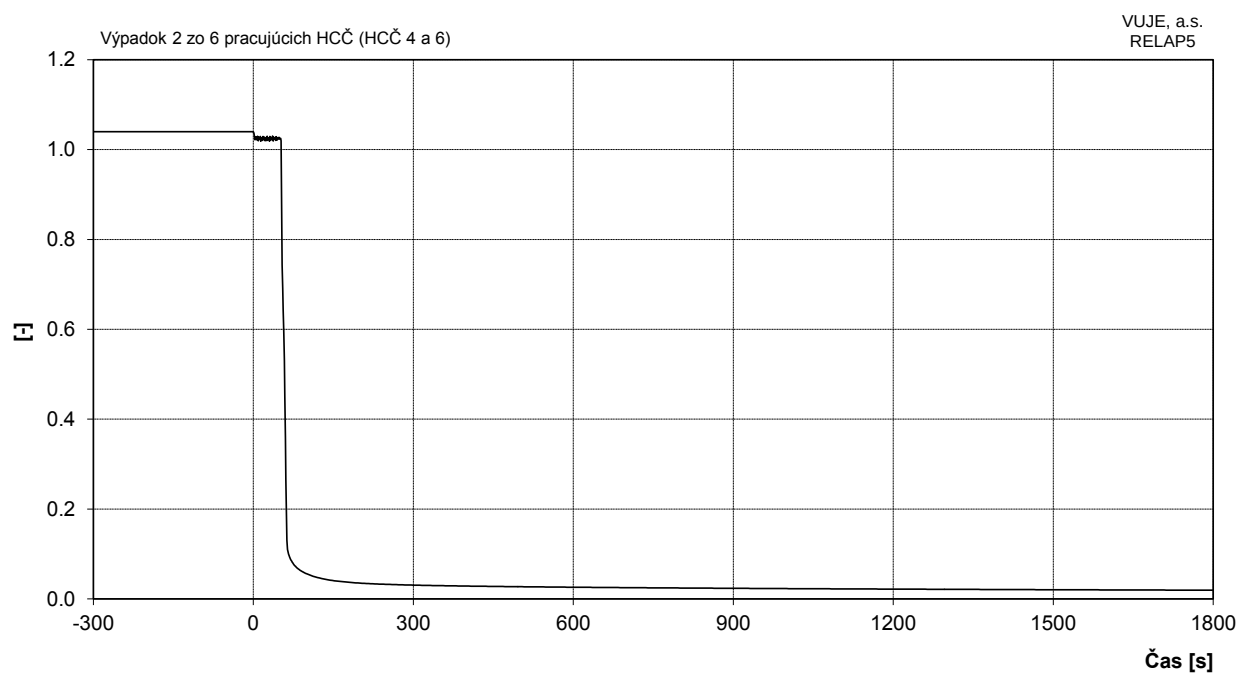
Príloha č. 05

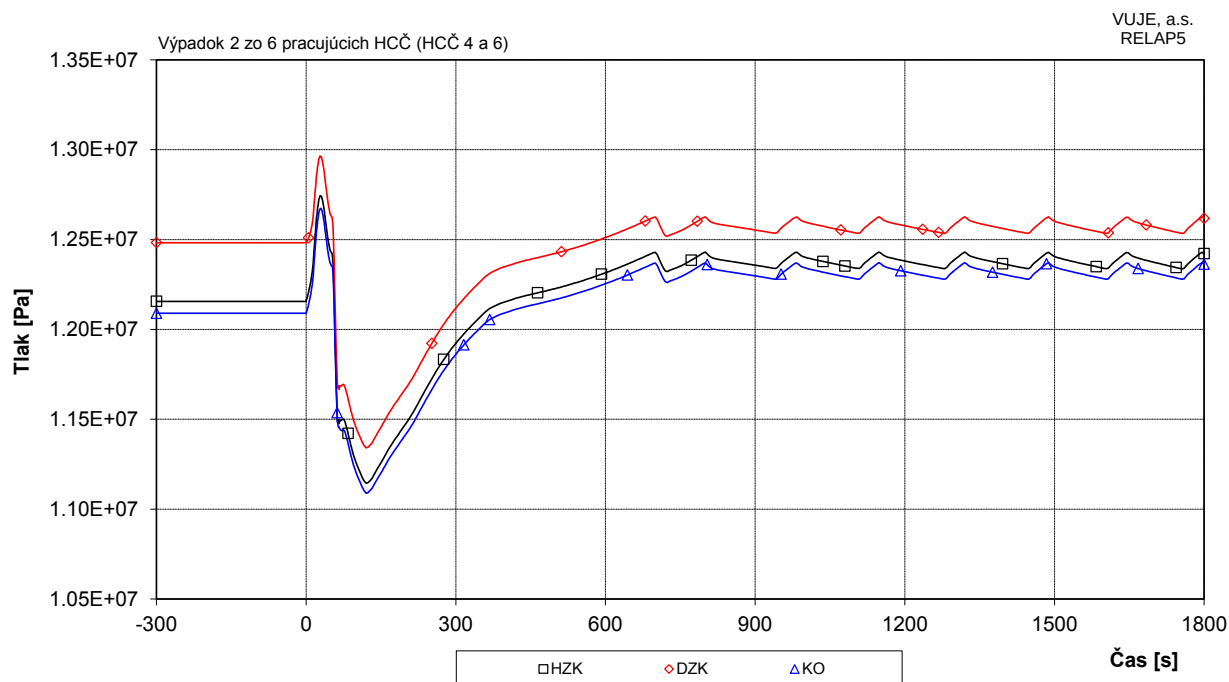
7.2.1.3.4 Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel

Scenár A Výpadok 2 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 4 a 6)

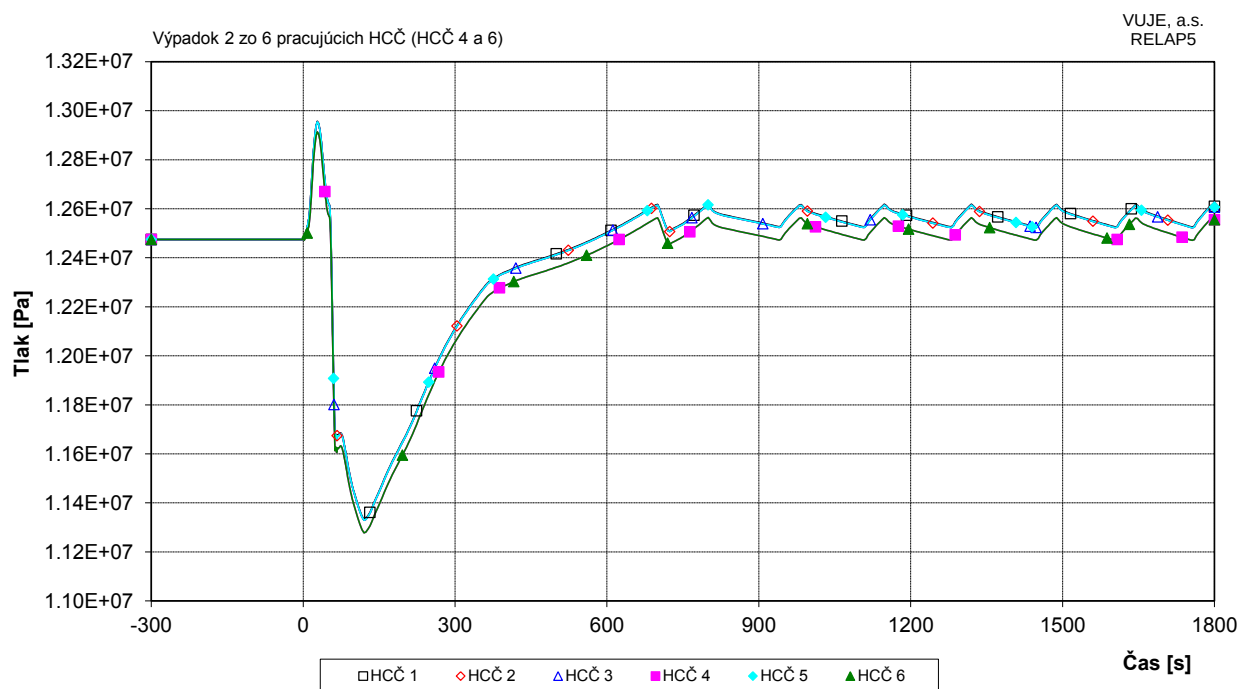
ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 7.2.1.3.4-A-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-A-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-A-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.4-A-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.4-A-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.4-A-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.4-A-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.4-A-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.4-A-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.4-A-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.4-A-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.4-A-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.4-A-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.4-A-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.4-A-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.4-A-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.4-A-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-A-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-A-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-A-20:	Tlak na výstupe z PG	11
Obr. 7.2.1.3.4-A-21:	Celkový prietok cez ventily vstreku do KO	12
Obr. 7.2.1.3.4-A-22:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.4-A-23:	Poloha HRK.....	13

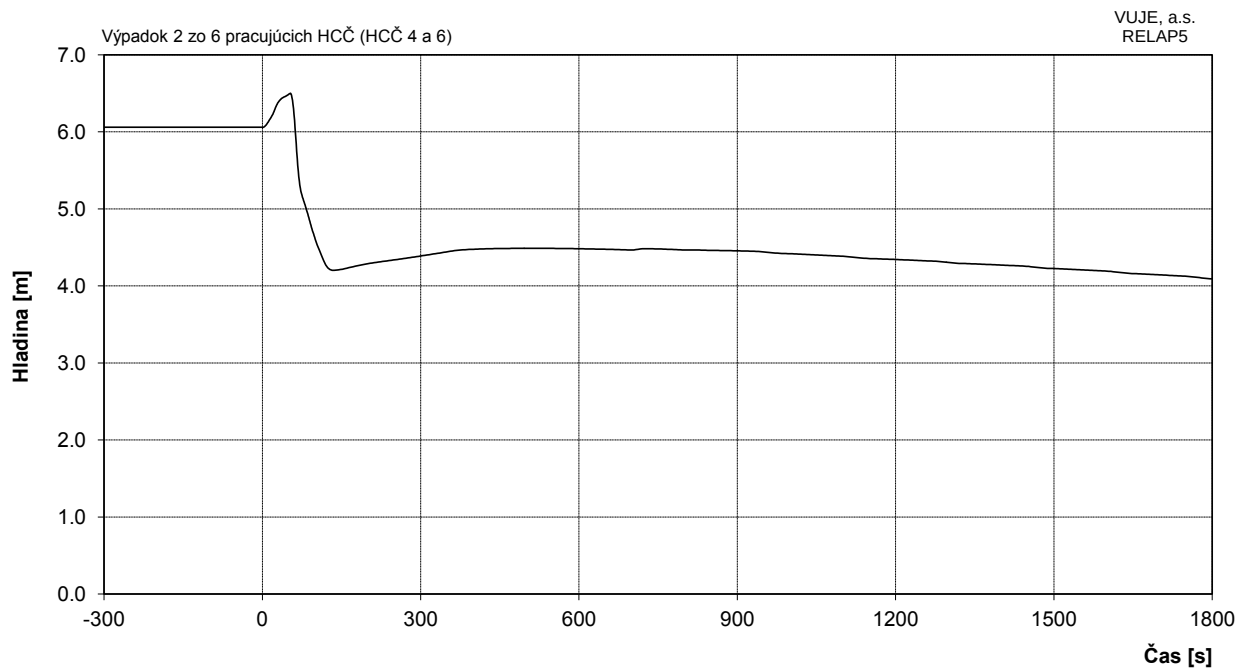
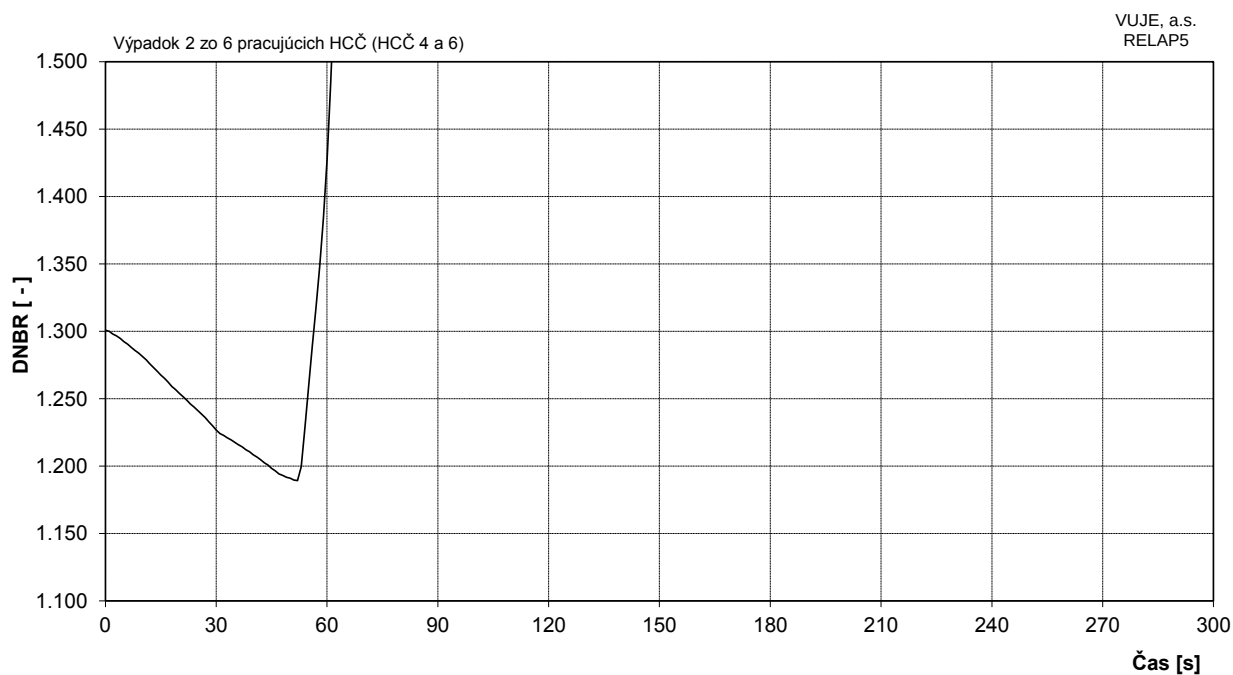
**Obr. 7.2.1.3.4-A-1: Výkon reaktora****Obr. 7.2.1.3.4-A-2: Pomerný výkon reaktora**

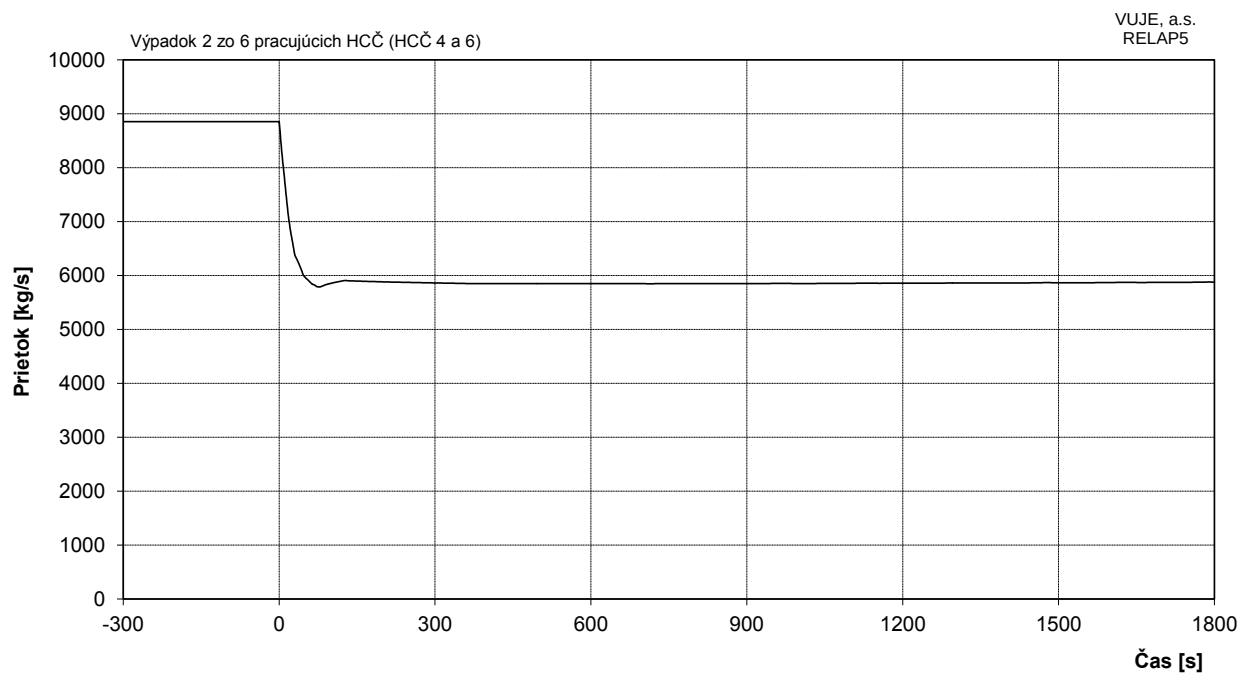


Obr. 7.2.1.3.4-A-3: Tlak v I.O.

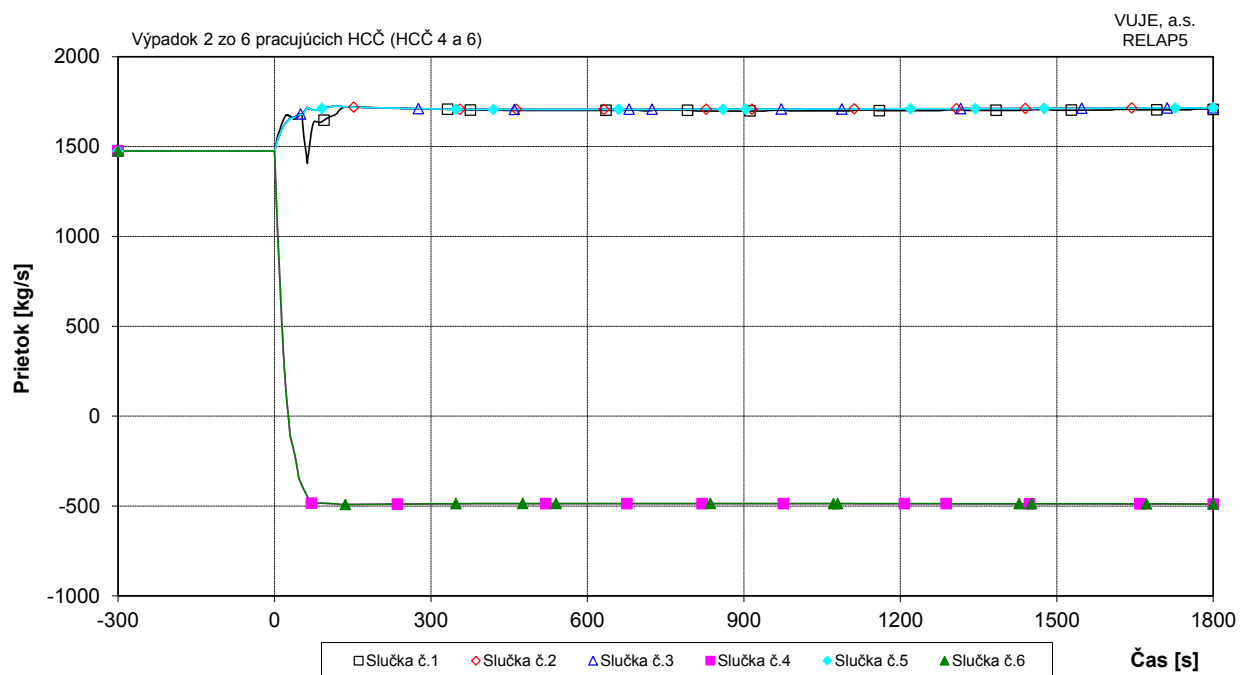


Obr. 7.2.1.3.4-A-4: Tlak na výtlaku HCČ

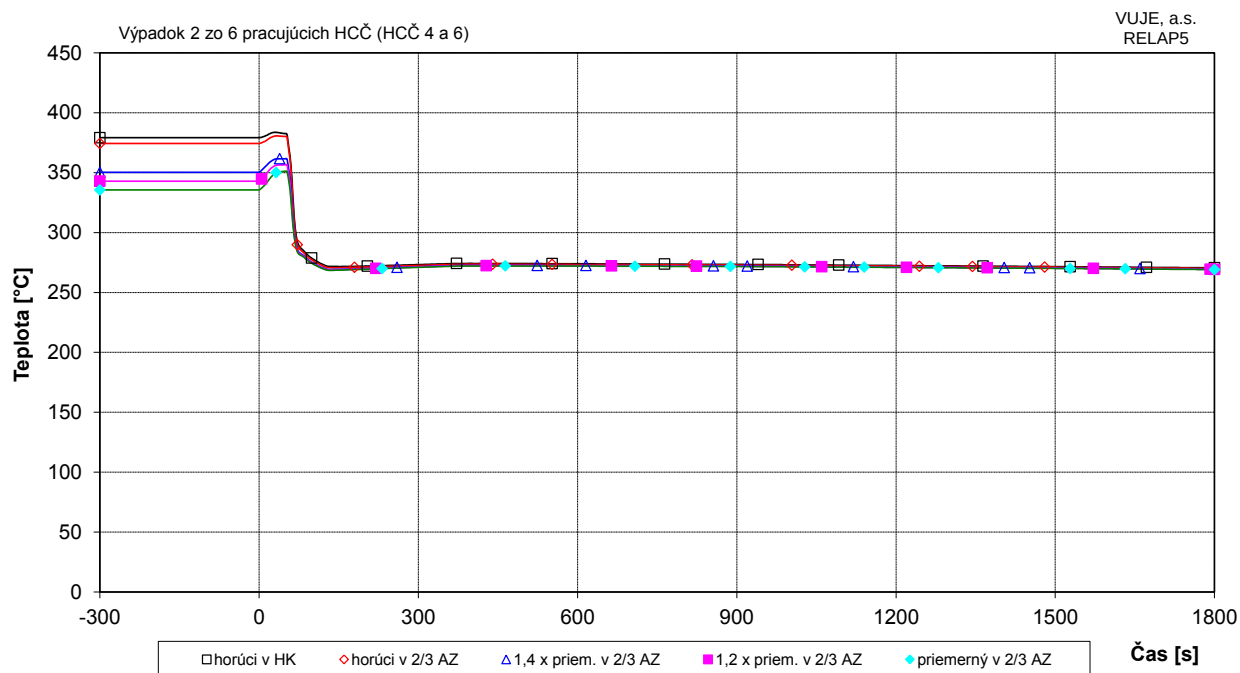
**Obr. 7.2.1.3.4-A-5: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.3.4-A-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ**



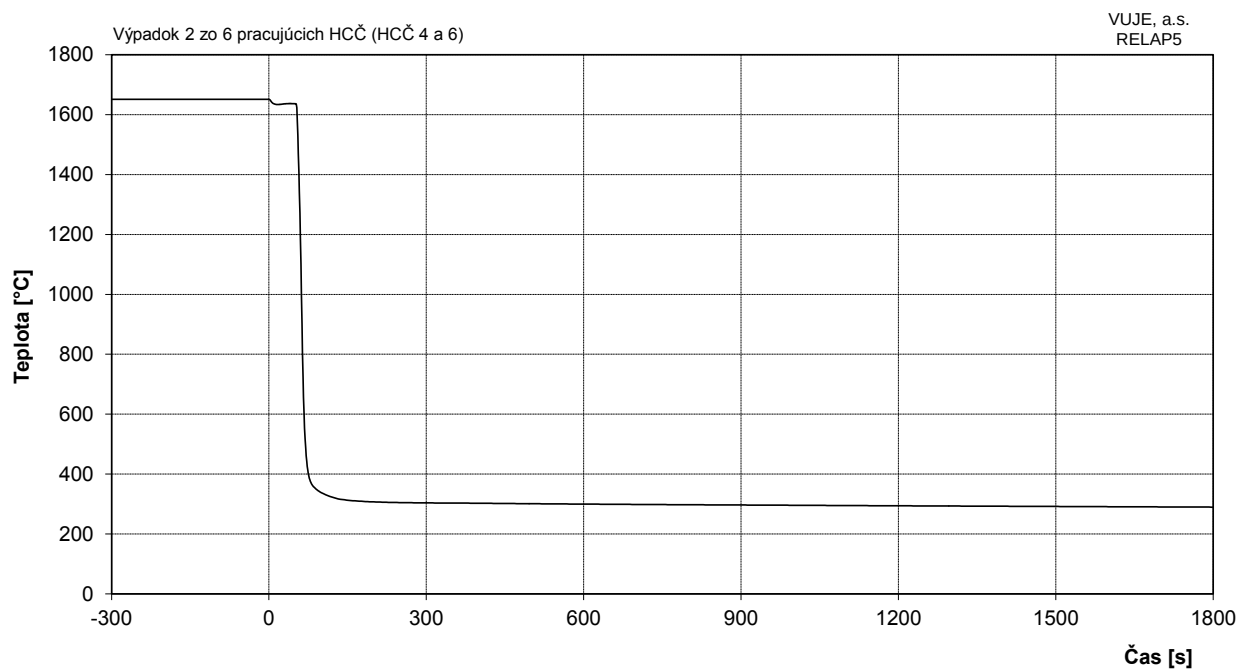
Obr. 7.2.1.3.4-A-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



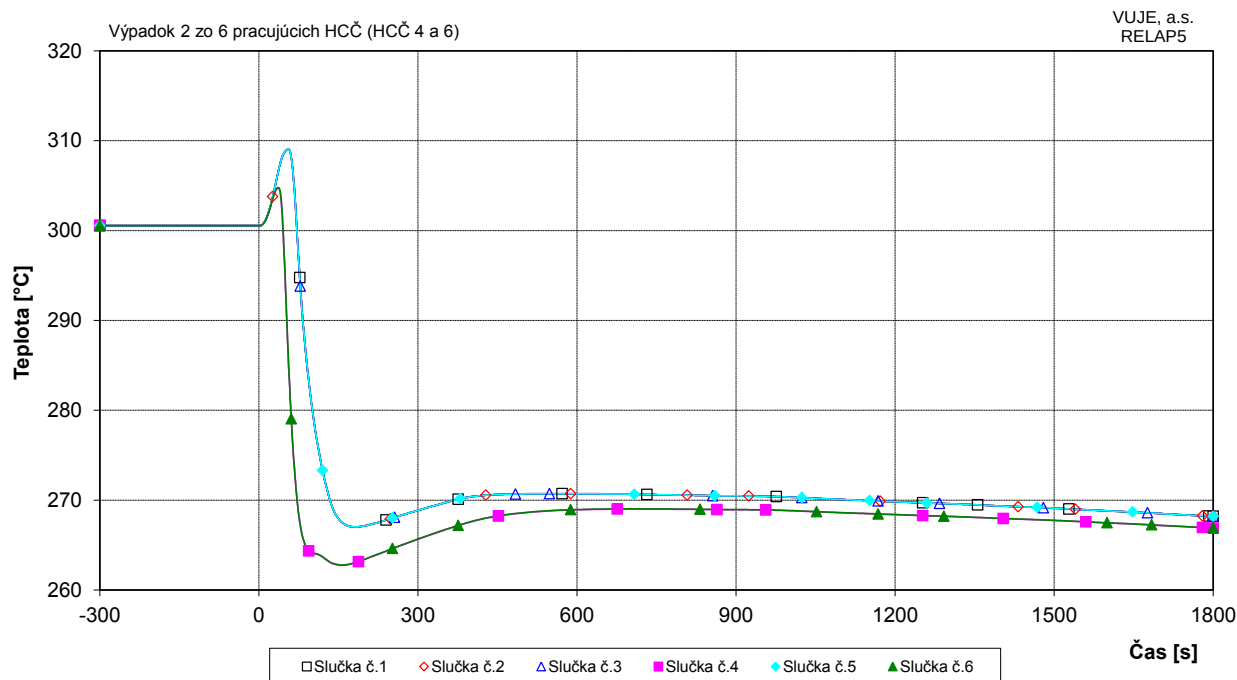
Obr. 7.2.1.3.4-A-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



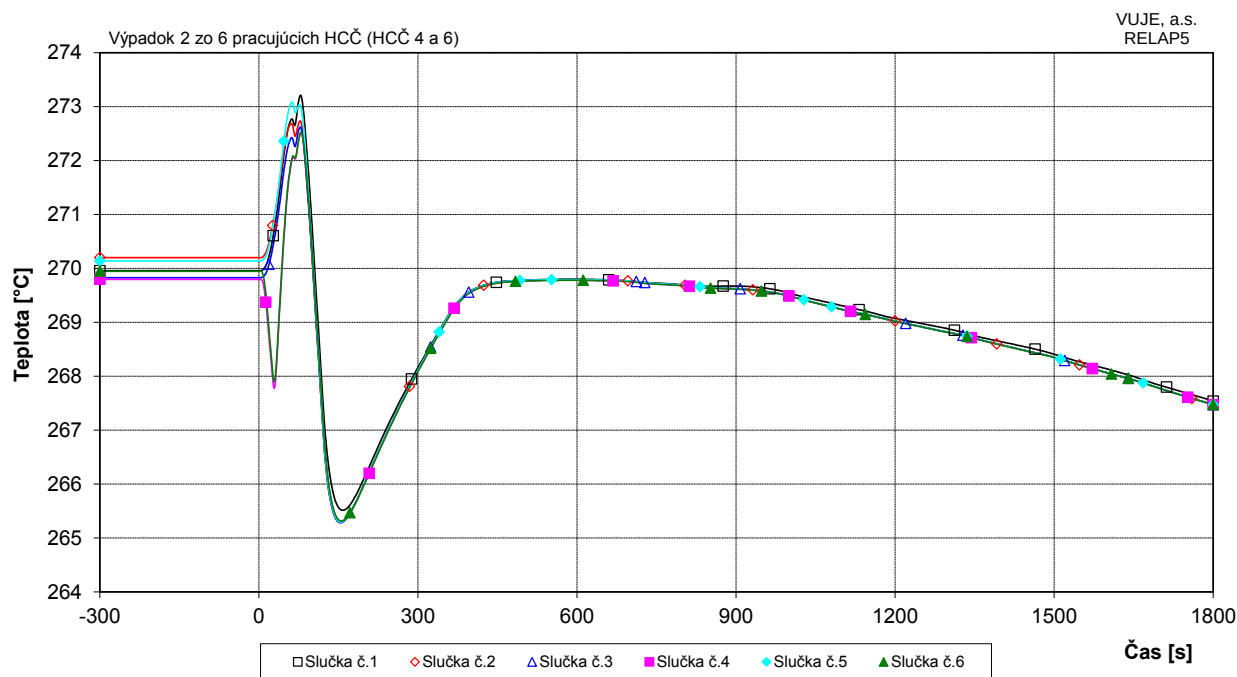
Obr. 7.2.1.3.4-A-9: Teplota pokrytia



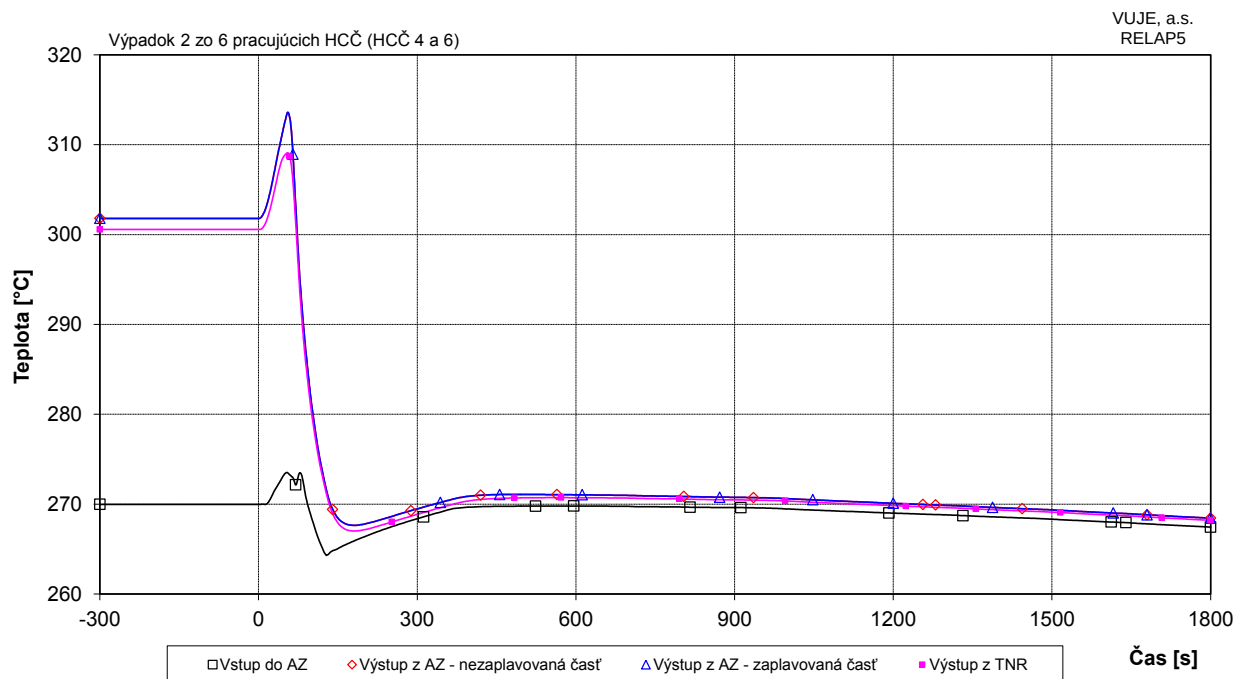
Obr. 7.2.1.3.4-A-10: Maximálna teplota paliva



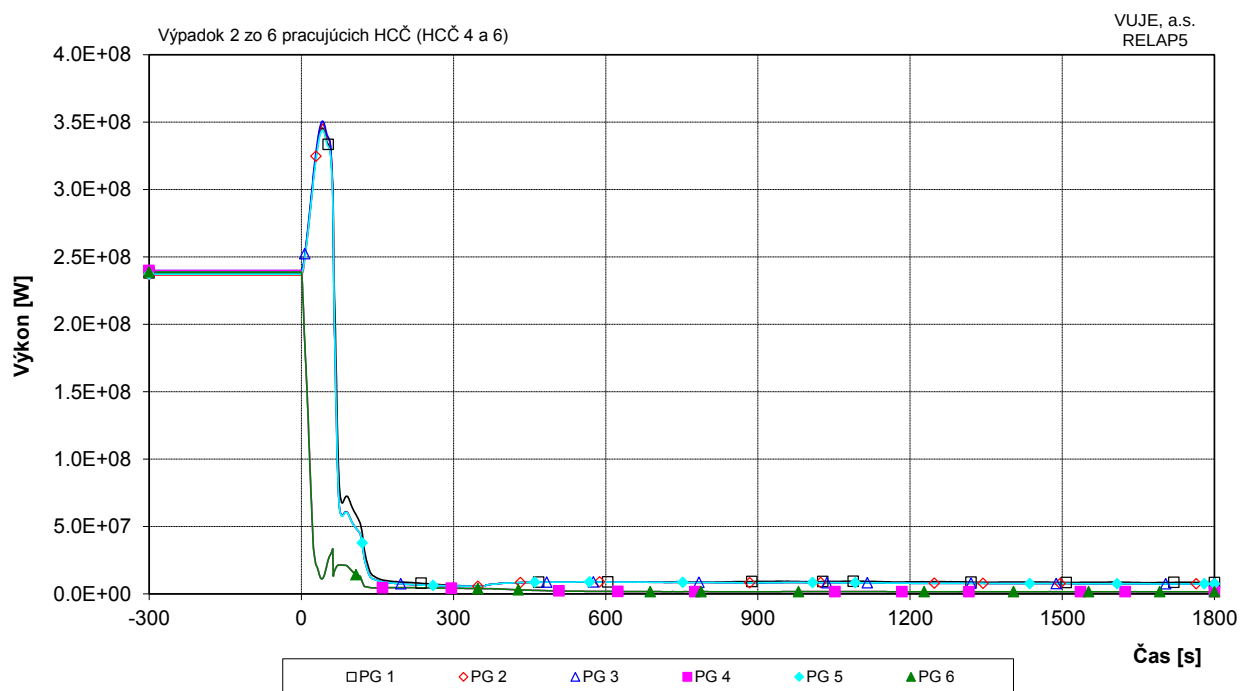
Obr. 7.2.1.3.4-A-11: Teplota chladiva na výstupe z TNR



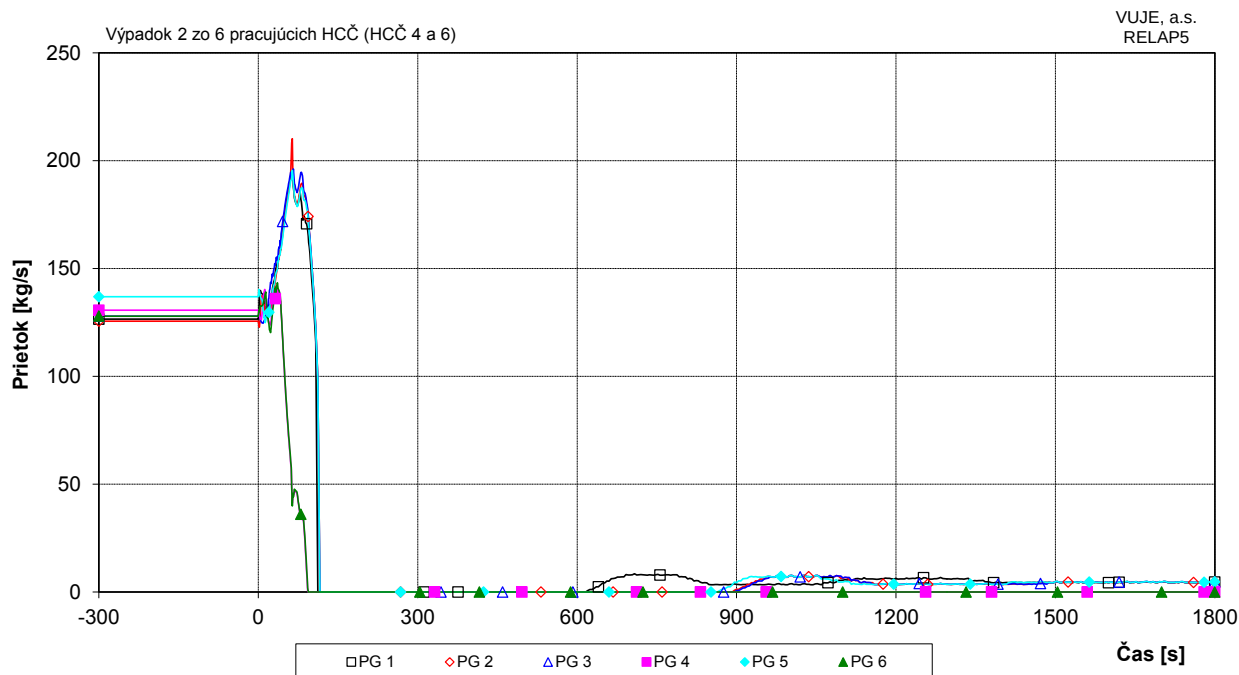
Obr. 7.2.1.3.4-A-12: Teplota chladiva na vstupe do TNR



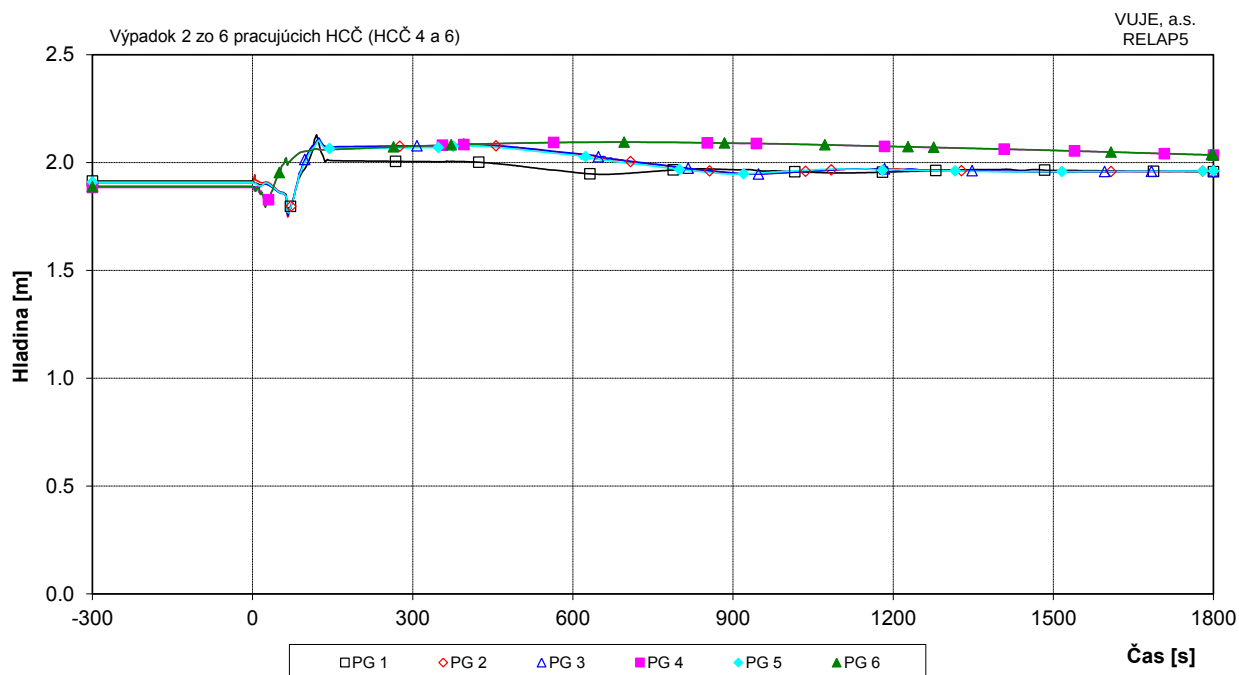
Obr. 7.2.1.3.4-A-13: Teplota chladiva v TNR



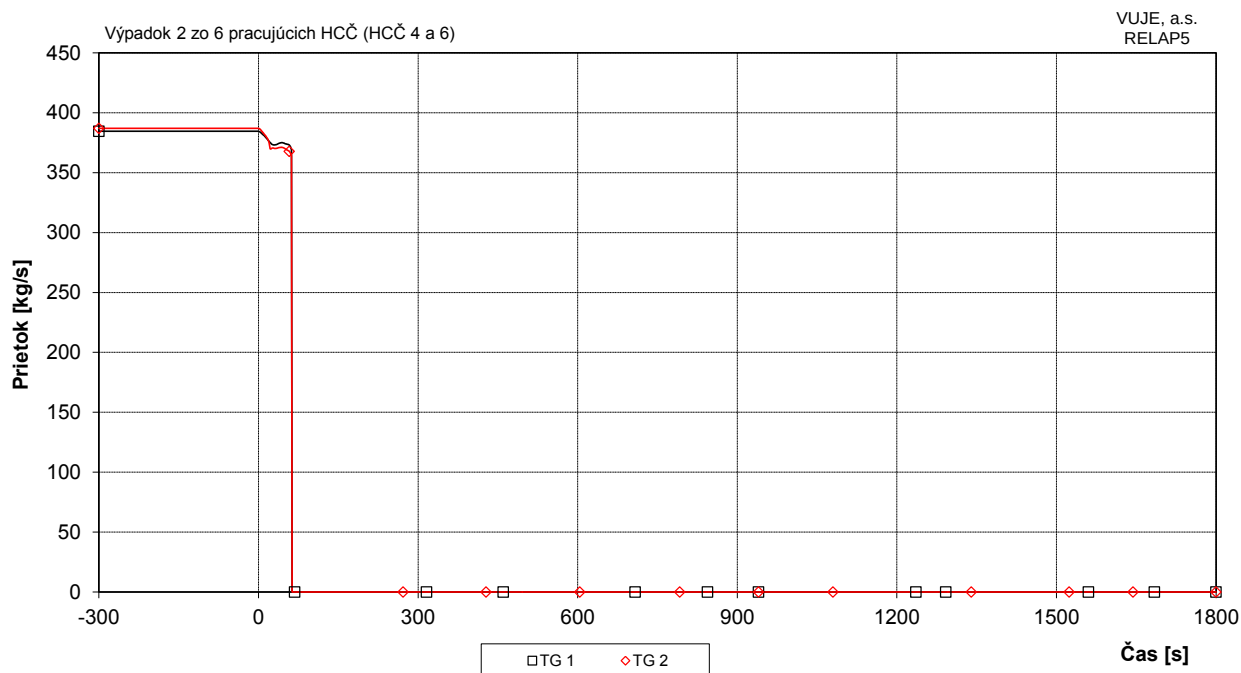
Obr. 7.2.1.3.4-A-14: Výkon PG



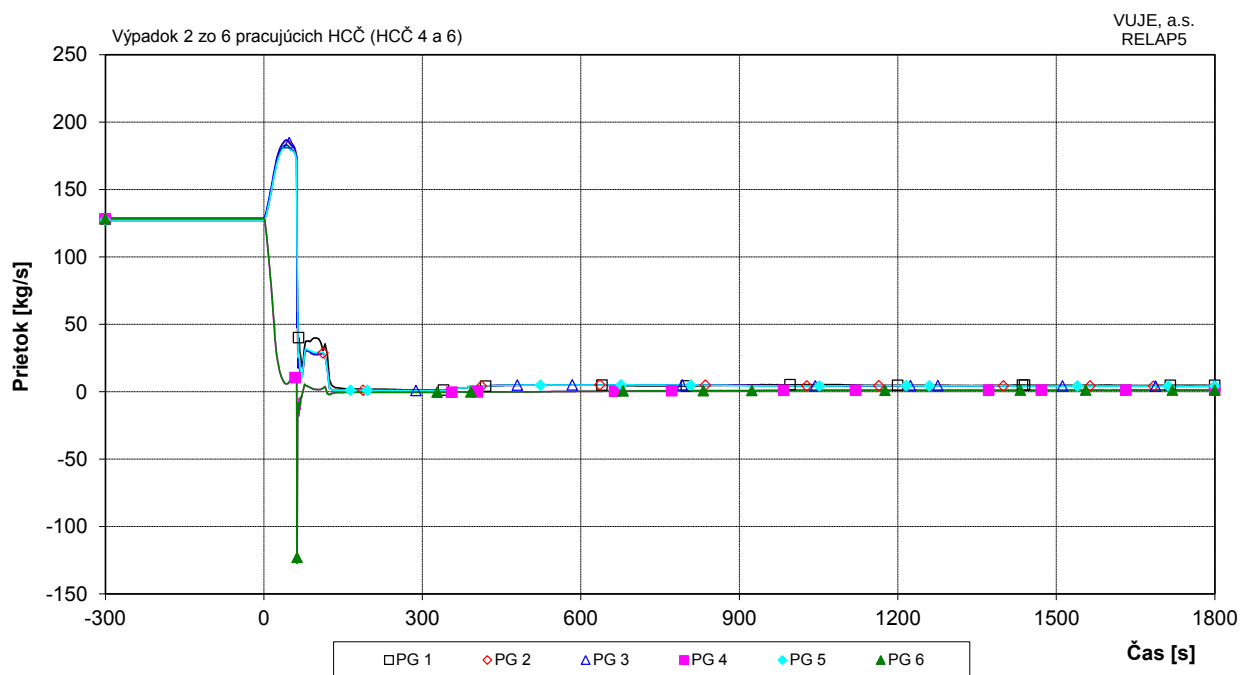
Obr. 7.2.1.3.4-A-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



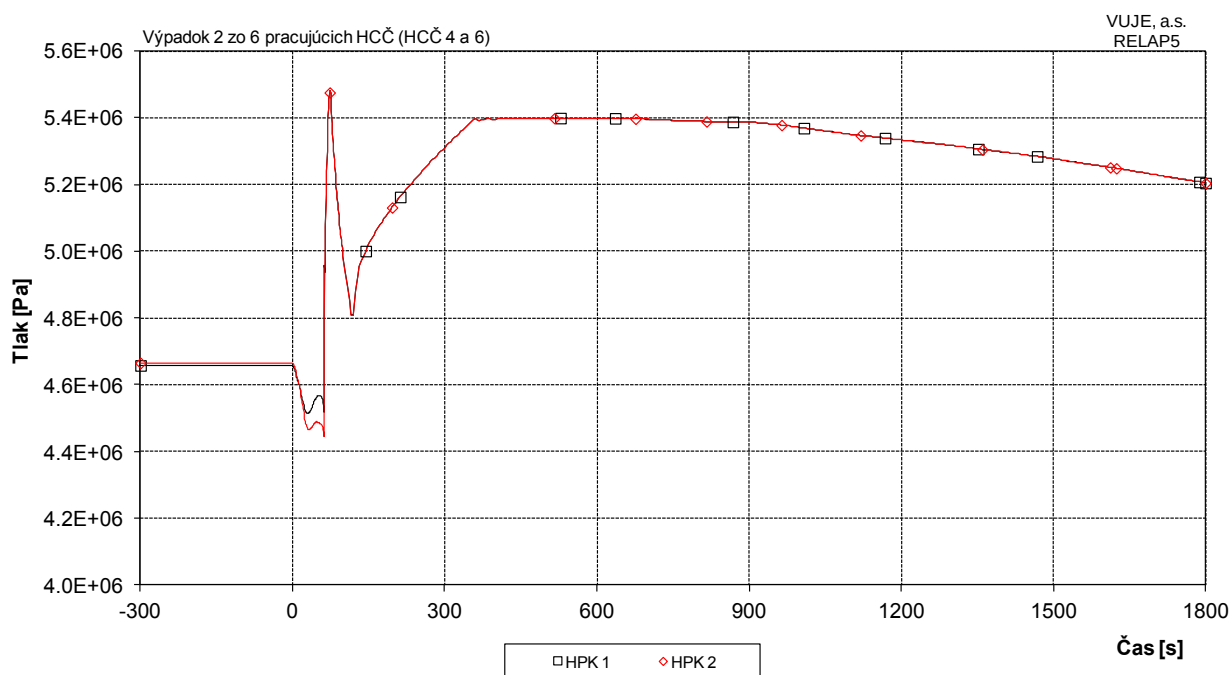
Obr. 7.2.1.3.4-A-16: Celková hladina v PG



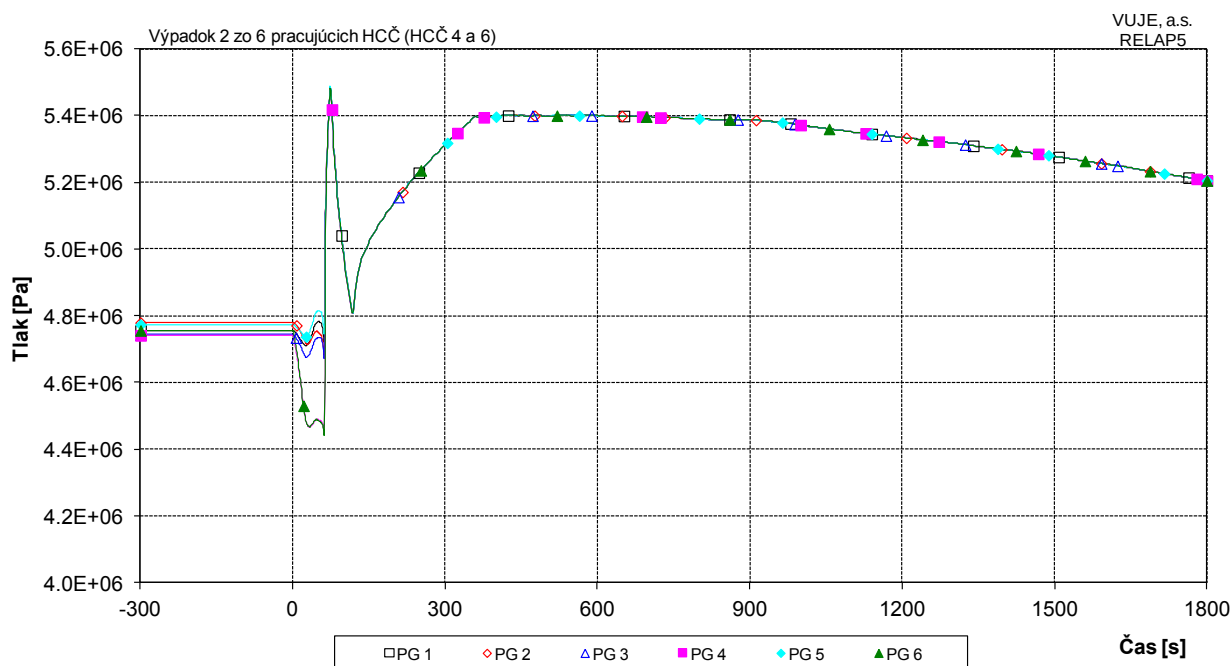
Obr. 7.2.1.3.4-A-17: Prietok pary do TG



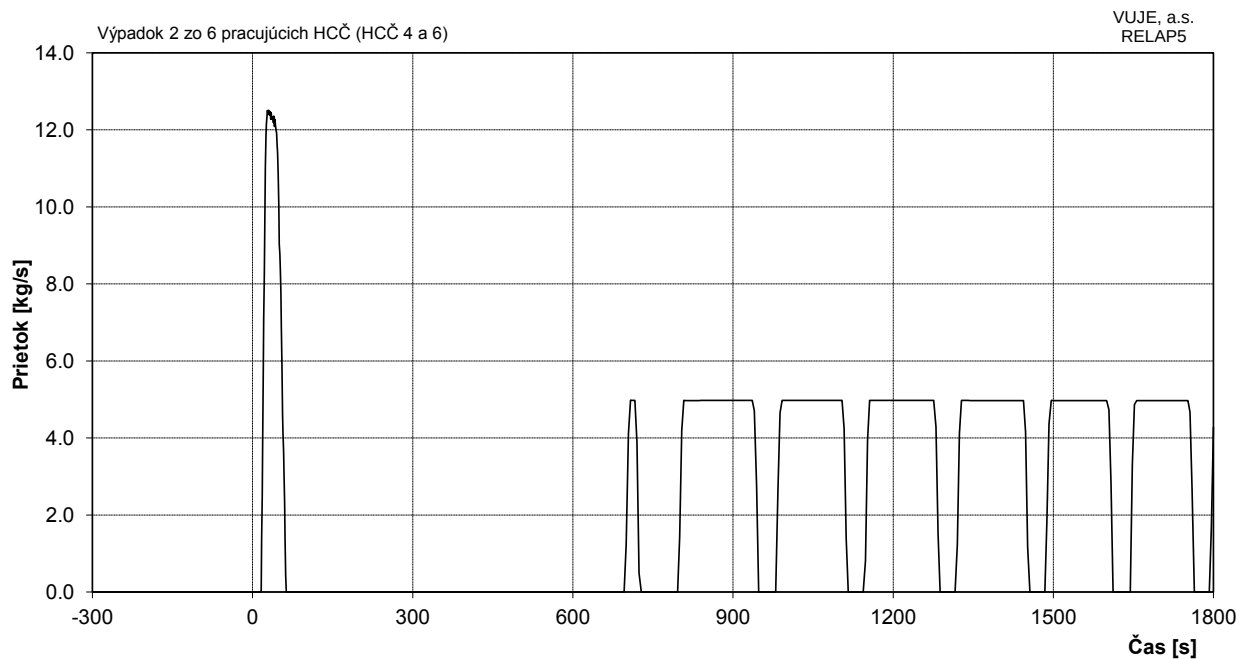
Obr. 7.2.1.3.4-A-18: Prietok pary z PG



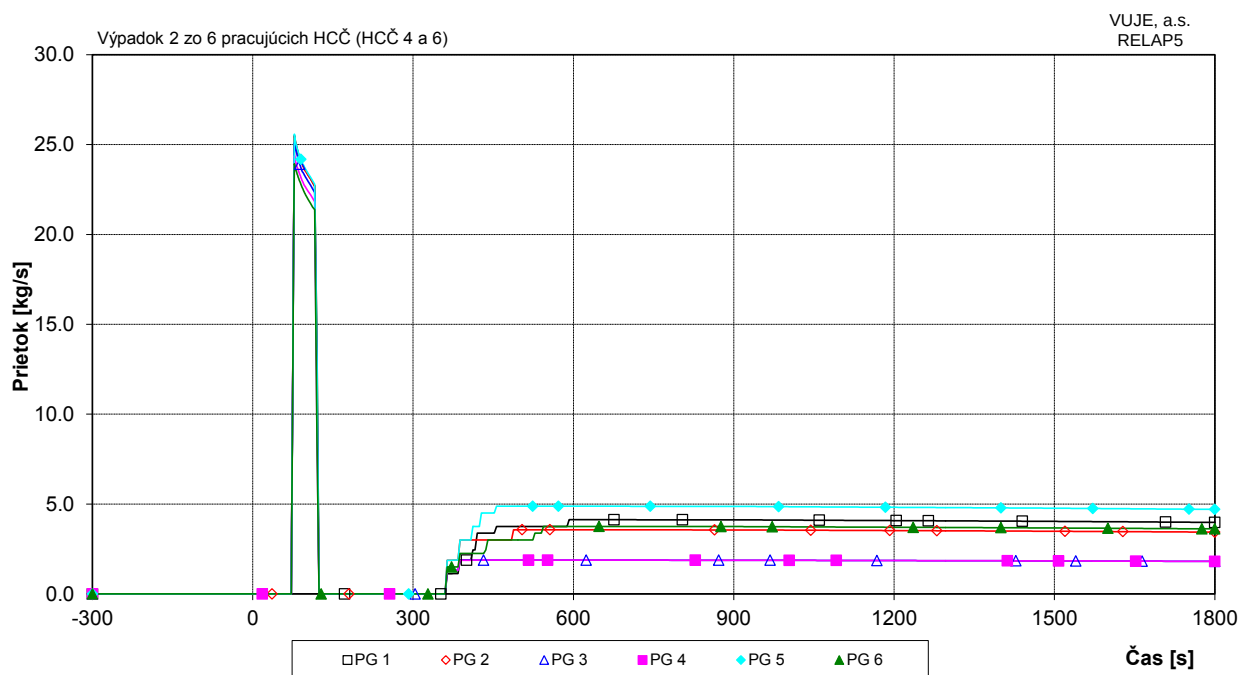
Obr. 7.2.1.3.4-A-19: Tlak v HPK



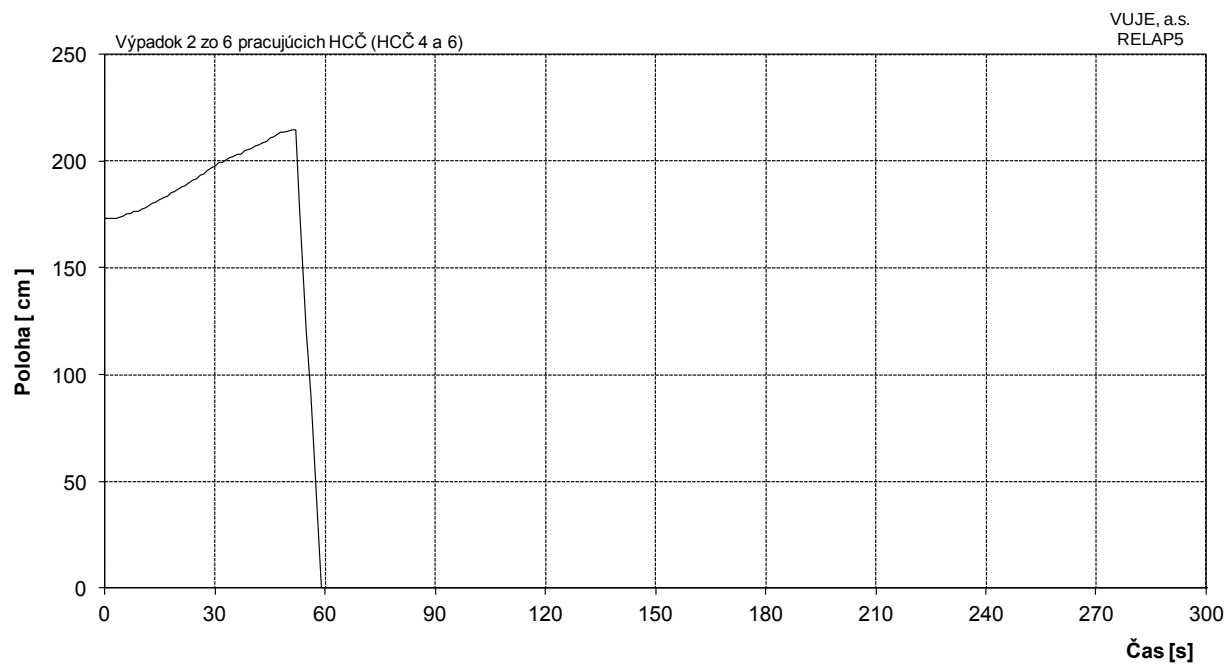
Obr. 7.2.1.3.4-A-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.4-A-21: Celkový prietok cez ventily vstreku do KO



Obr. 7.2.1.3.4-A-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch

**Obr. 7.2.1.3.4-A-23: Poloha HRK**

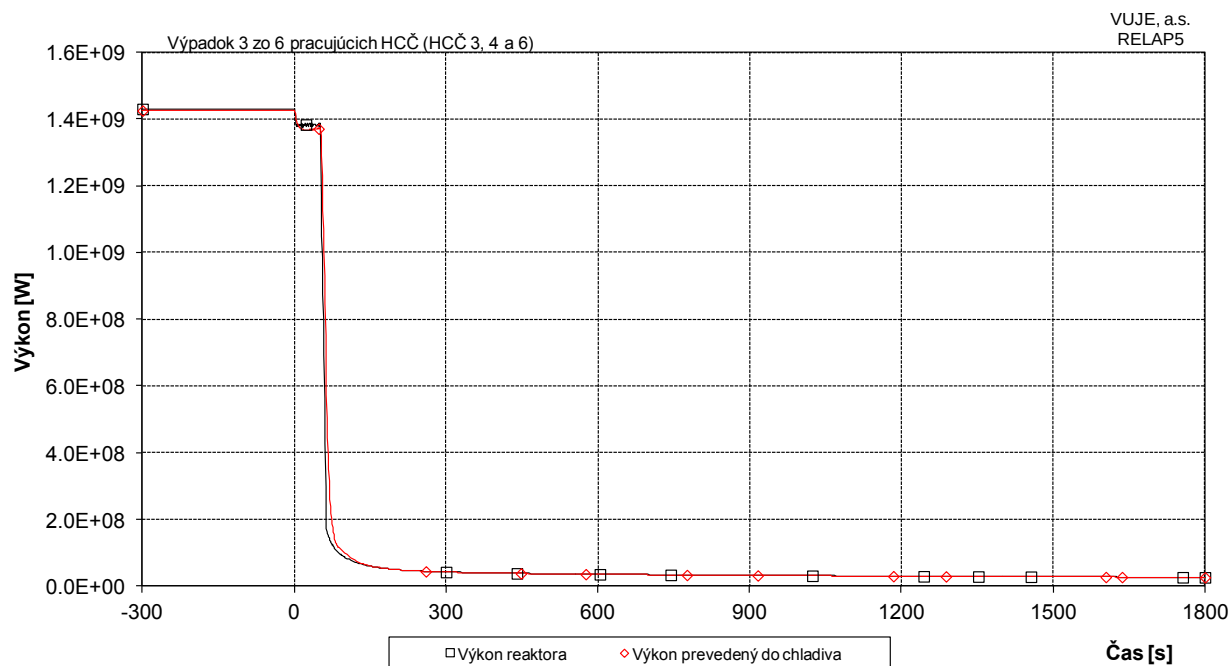
Príloha č. 06

7.2.1.3.4 Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel

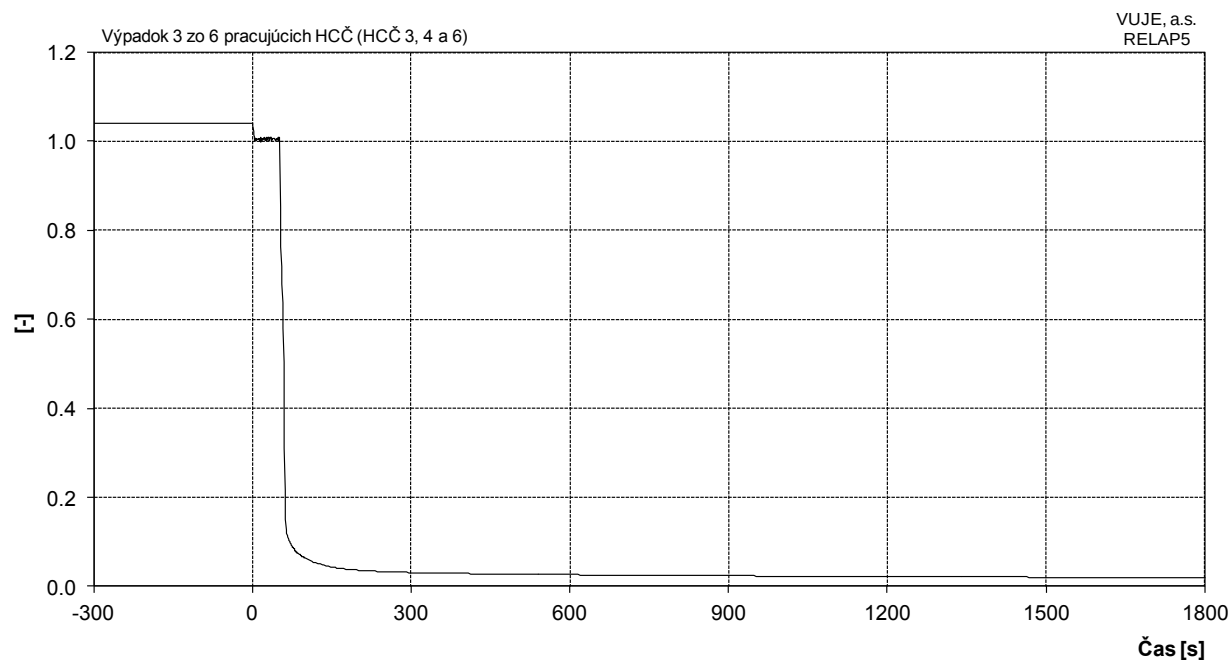
Scenár B Výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 3, 4 a 6)

ZOZNAM OBRÁZKOV

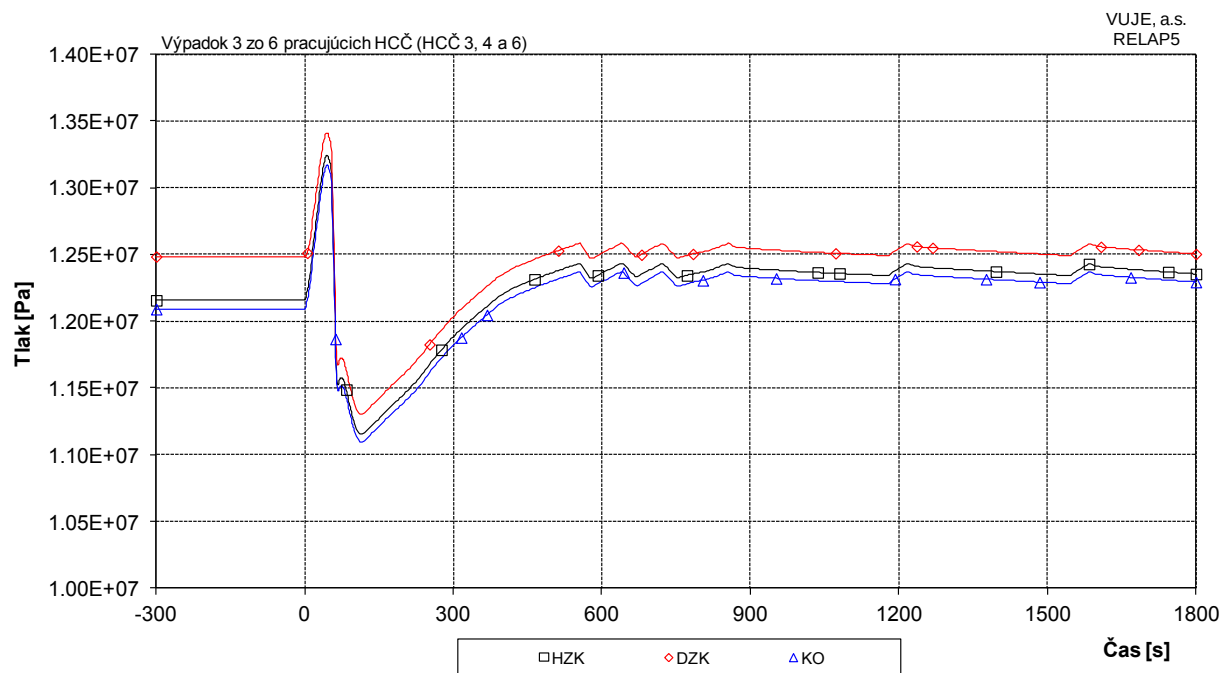
Obr. 7.2.1.3.4-B-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-B-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-B-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.4-B-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.4-B-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.4-B-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.4-B-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.4-B-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.4-B-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.4-B-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.4-B-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.4-B-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.4-B-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.4-B-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.4-B-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.4-B-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.4-B-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-B-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-B-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-B-20:	Tlak na výstupe z PG.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-B-21:	Celkový prietok cez ventily vstreku do KO	12
Obr. 7.2.1.3.4-B-22:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.4-B-23:	Poloha HRK.....	13



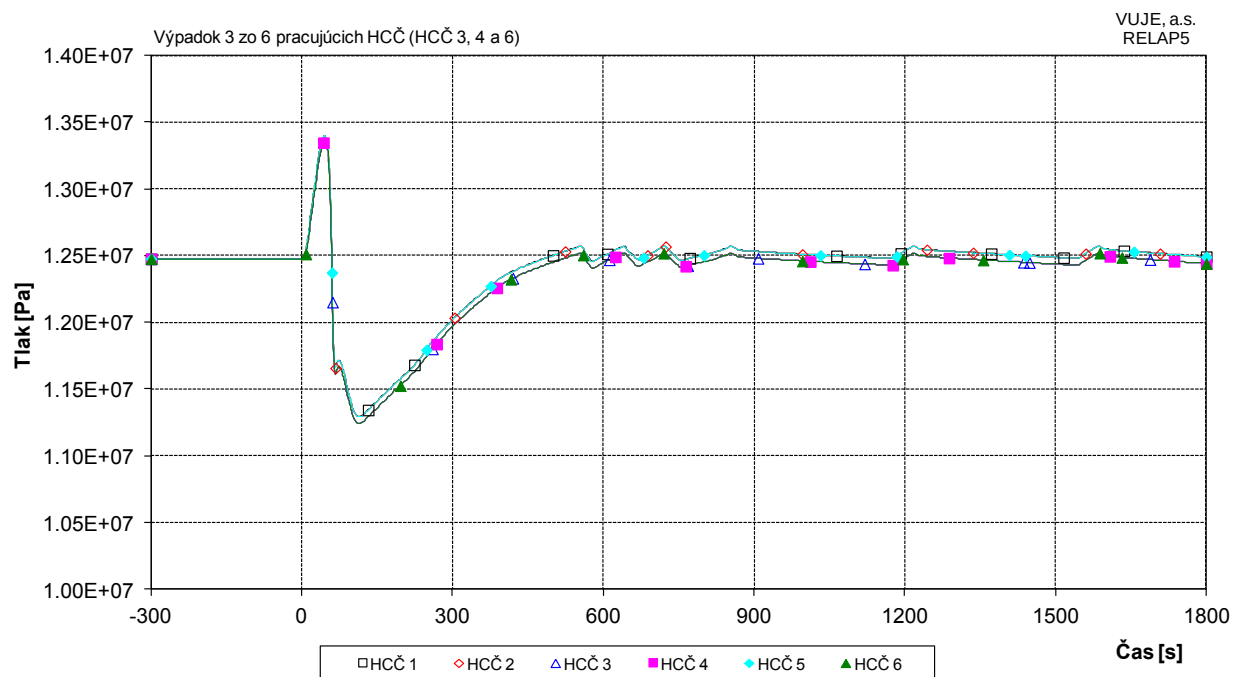
Obr. 7.2.1.3.4-B-1: Výkon reaktora



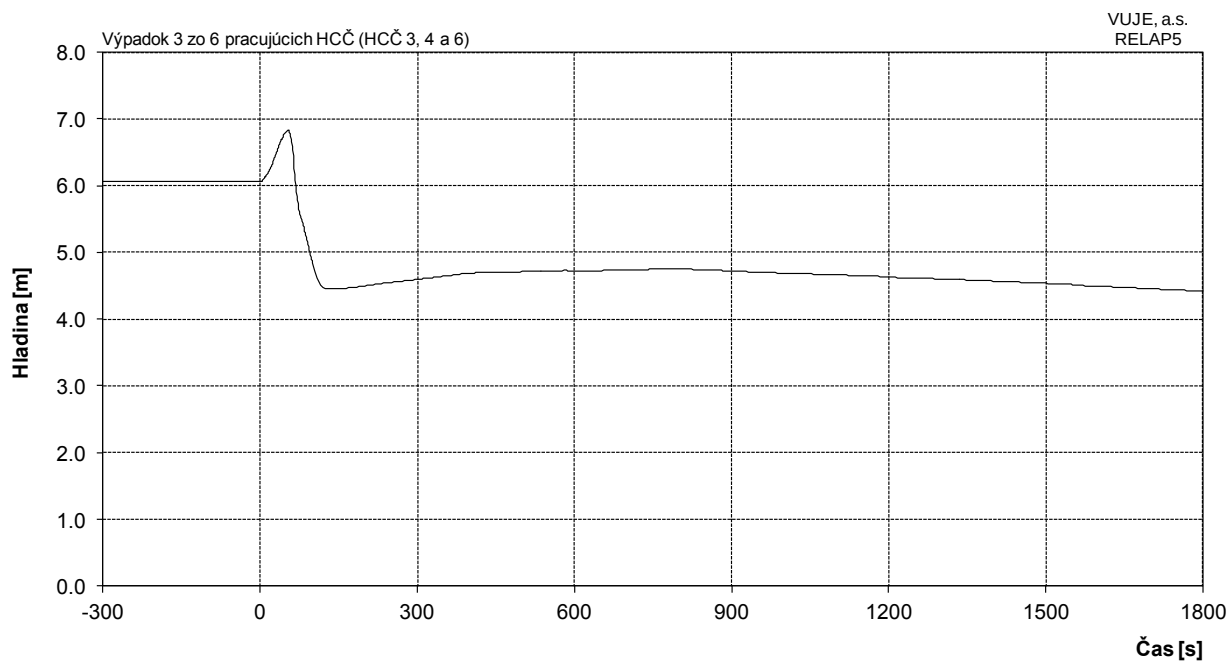
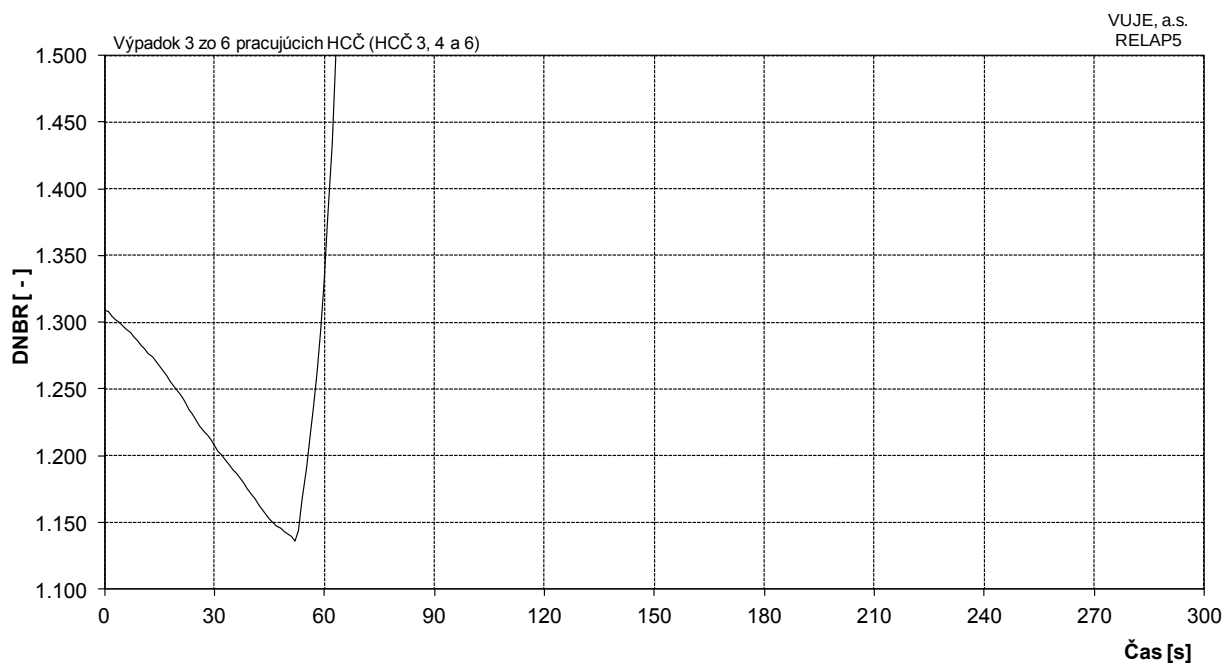
Obr. 7.2.1.3.4-B-2: Pomerný výkon reaktora

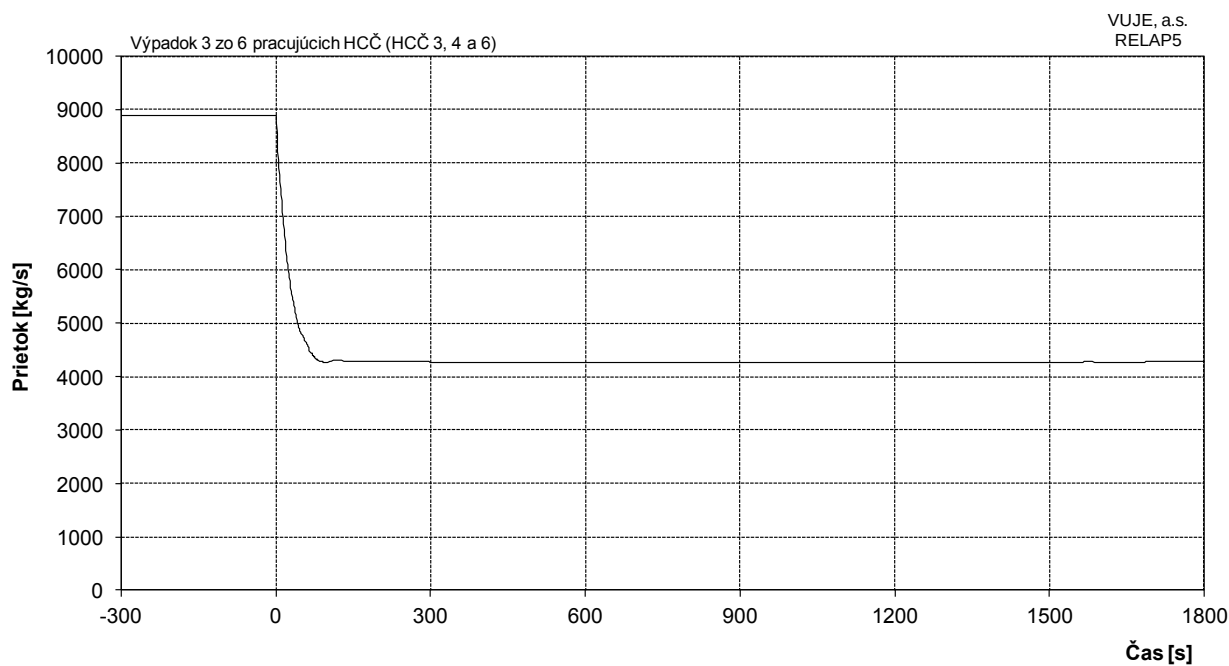


Obr. 7.2.1.3.4-B-3: Tlak v I.O.

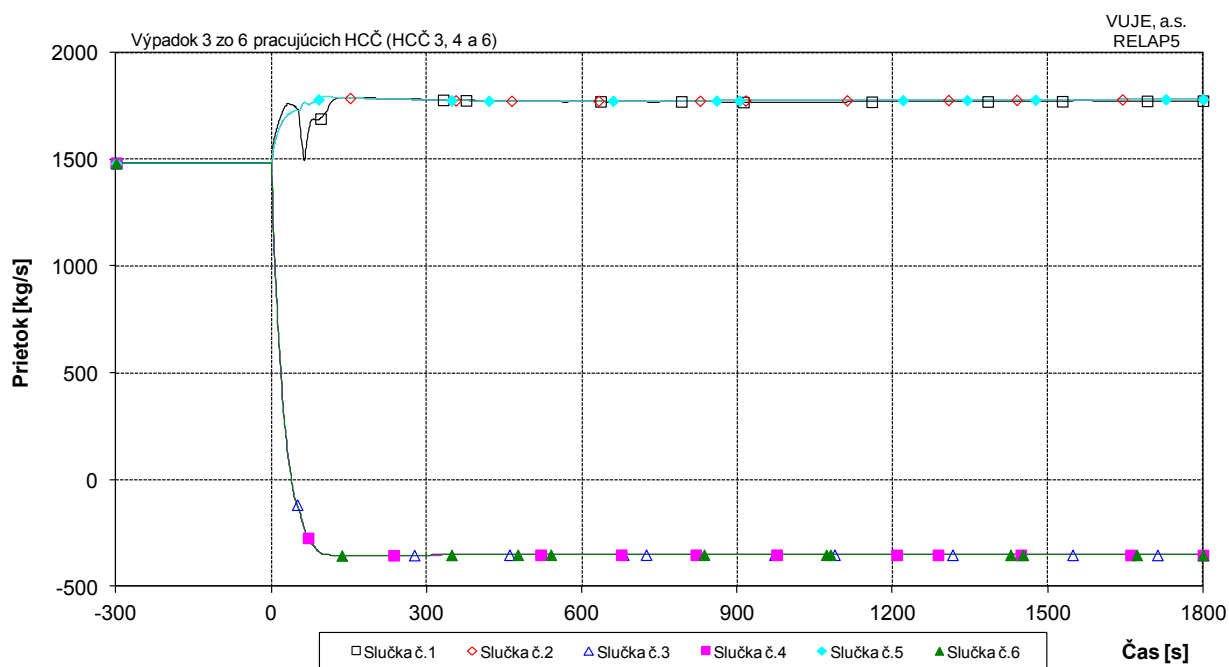


Obr. 7.2.1.3.4-B-4: Tlak na výtlaku HCČ

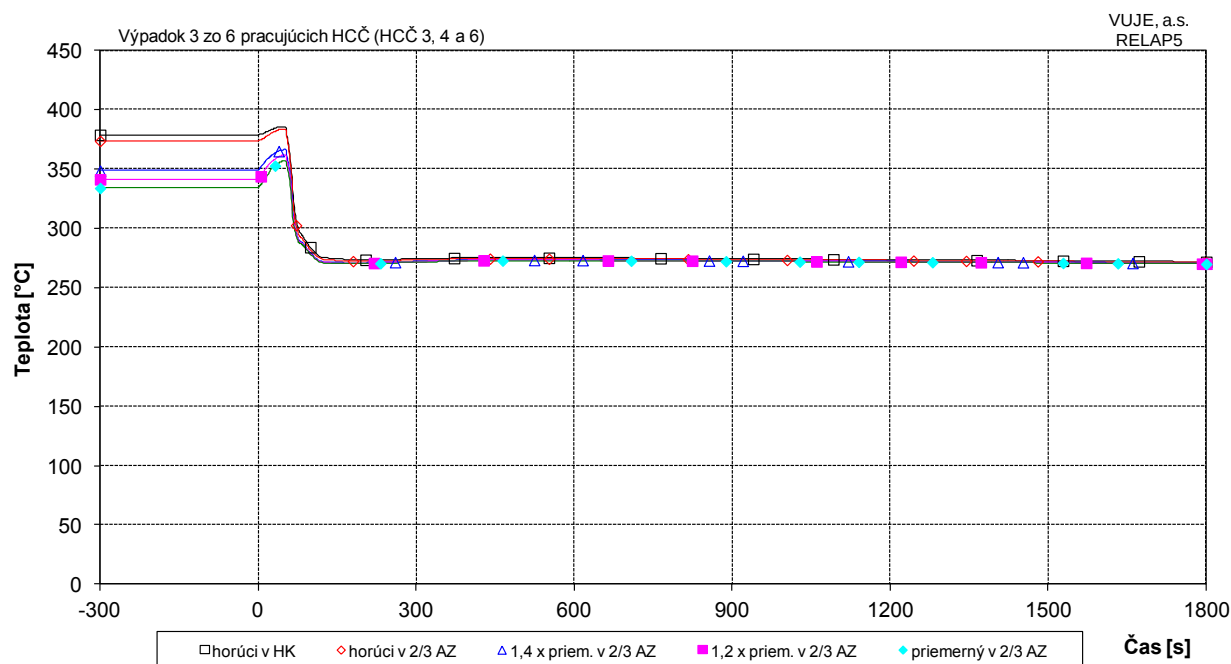
**Obr. 7.2.1.3.4-B-5: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.3.4-B-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ**



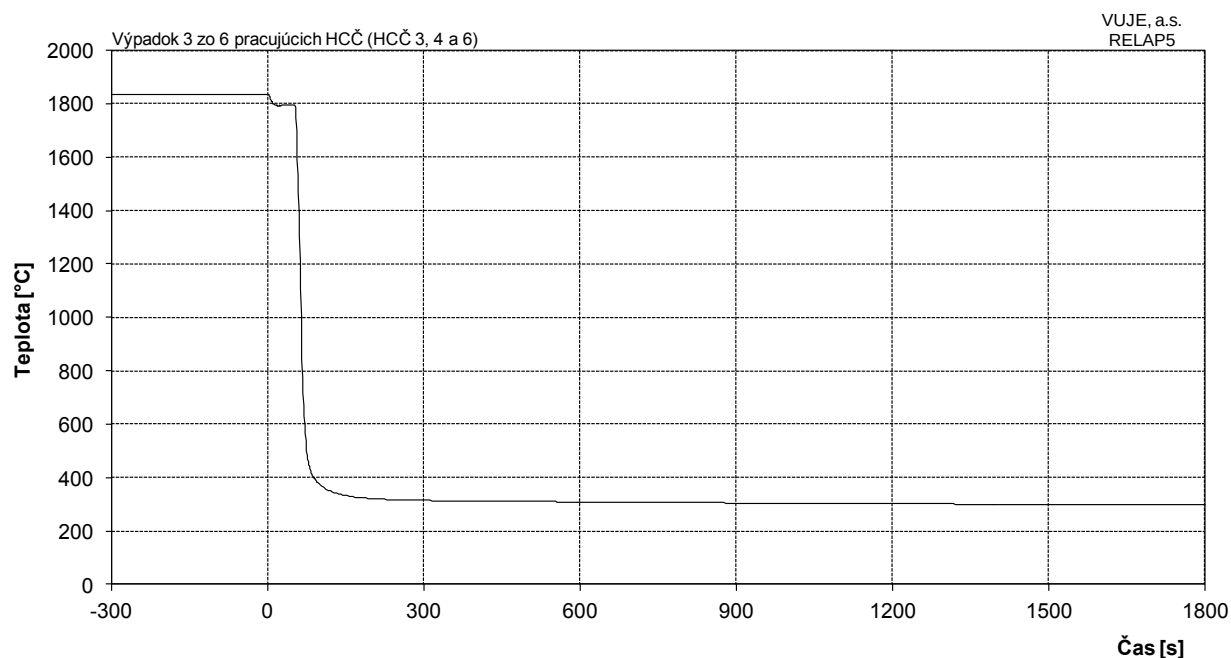
Obr. 7.2.1.3.4-B-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



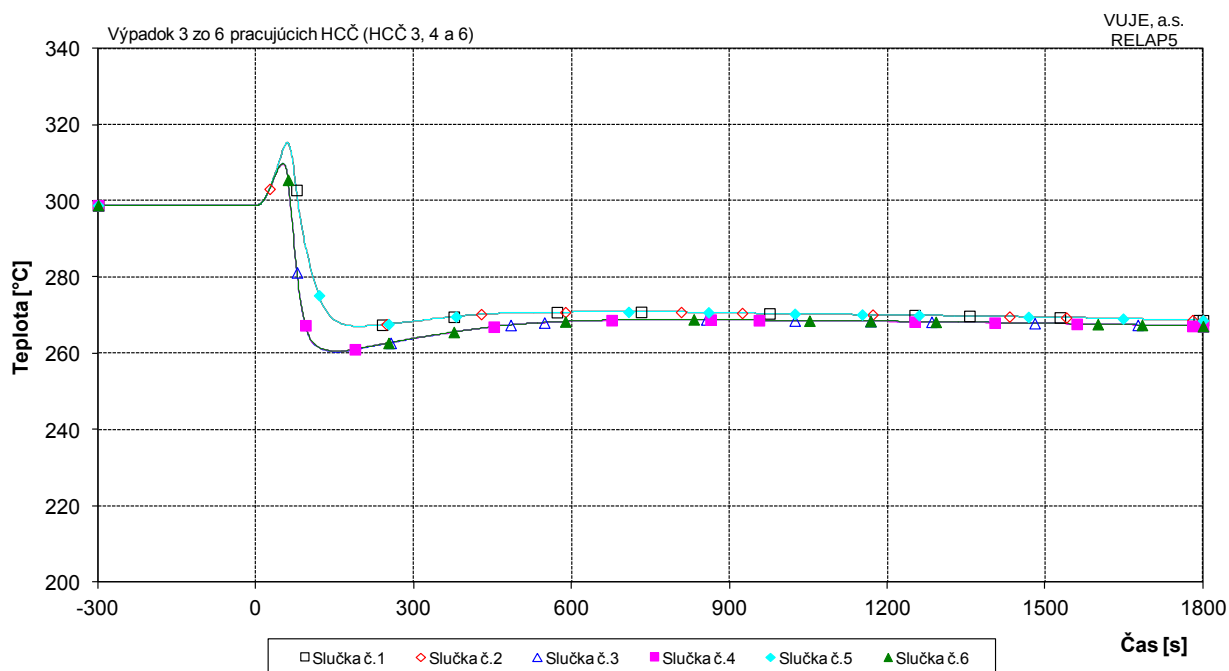
Obr. 7.2.1.3.4-B-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



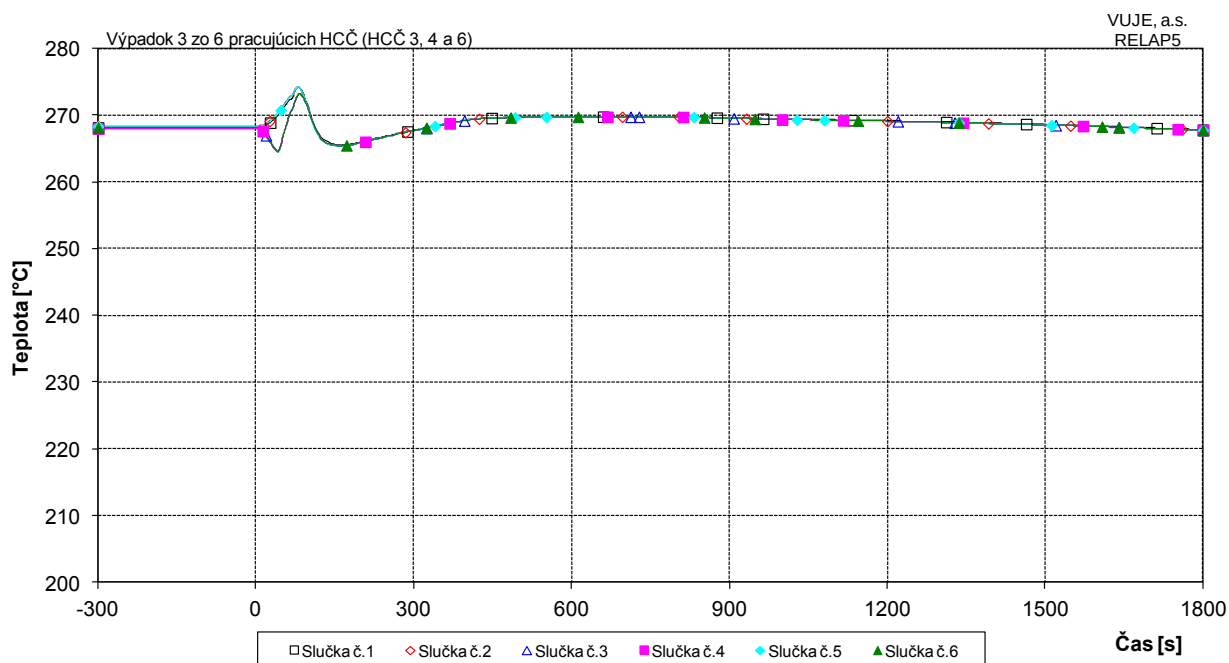
Obr. 7.2.1.3.4-B-9: Teplota pokrytia



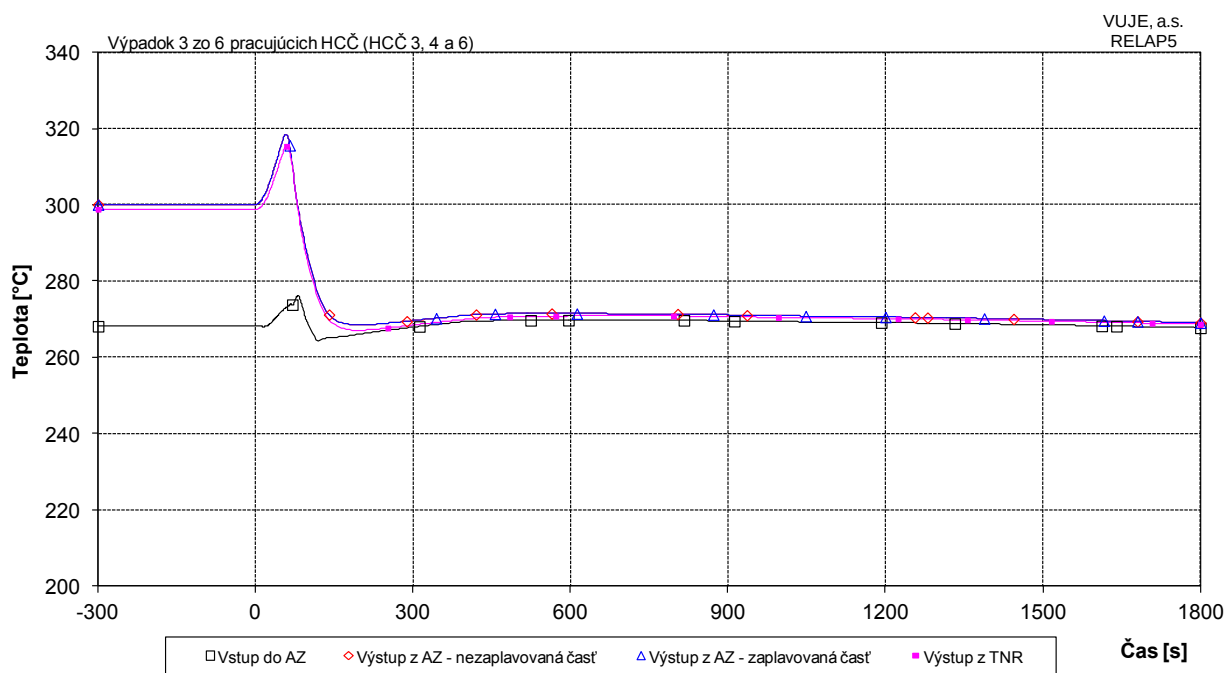
Obr. 7.2.1.3.4-B-10: Maximálna teplota paliva



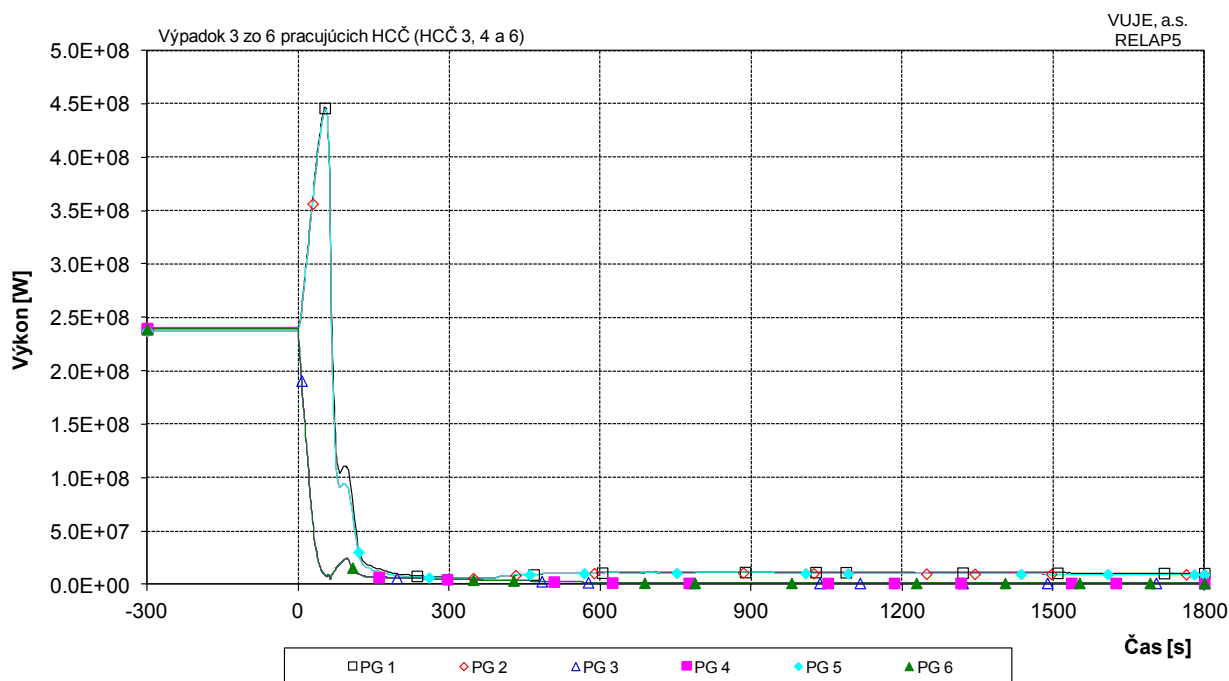
Obr. 7.2.1.3.4-B-11: Teplota chladiva na výstupe z TNR



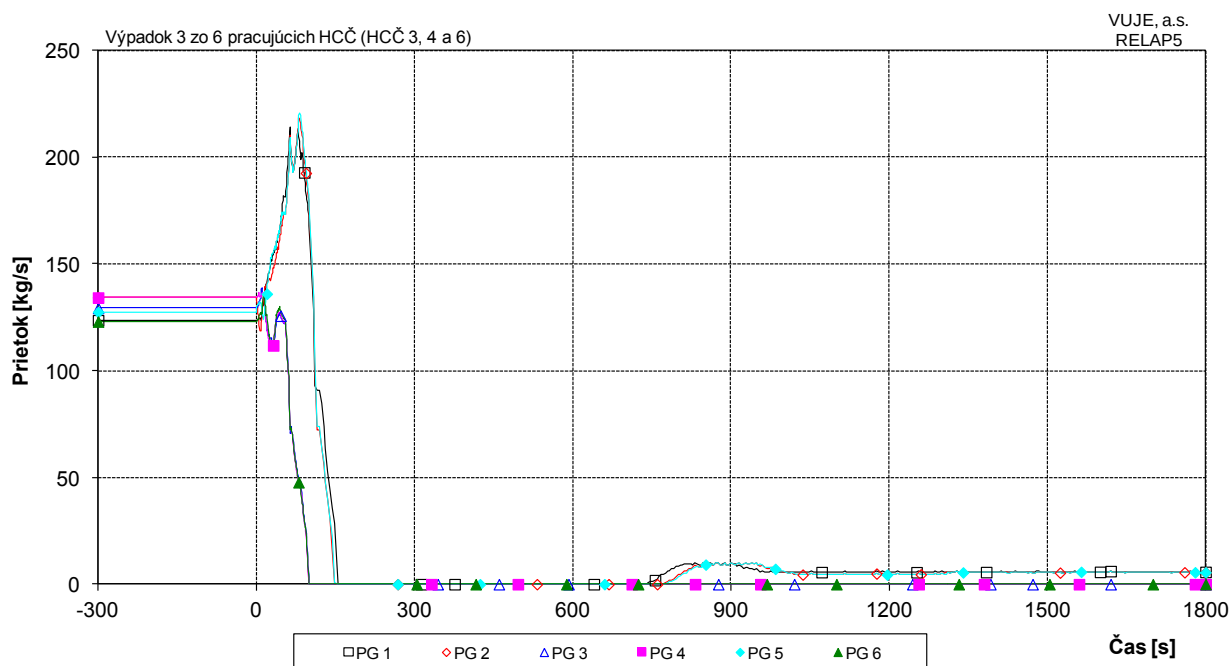
Obr. 7.2.1.3.4-B-12: Teplota chladiva na vstupe do TNR



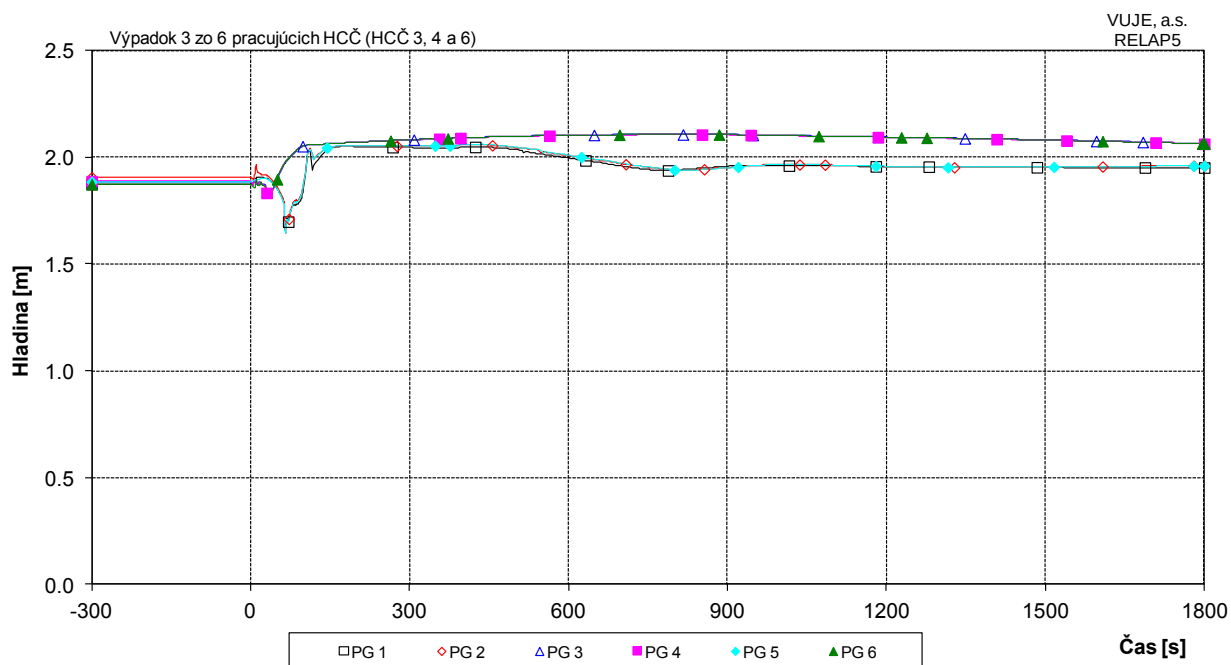
Obr. 7.2.1.3.4-B-13: Teplota chladiva v TNR



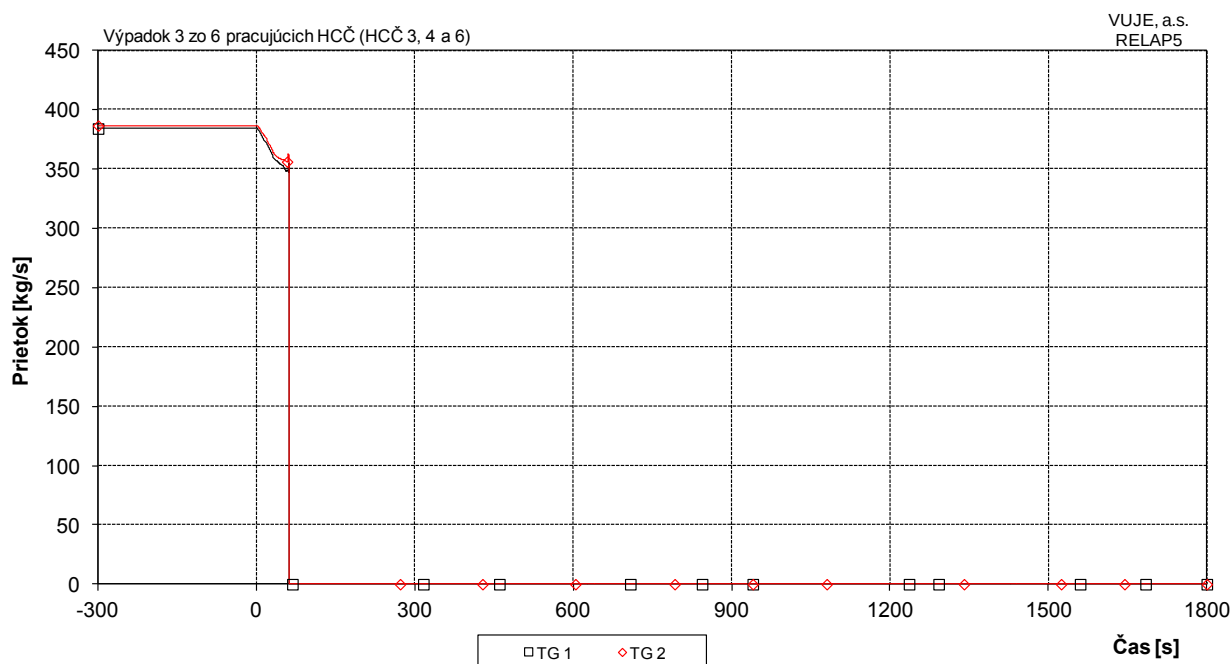
Obr. 7.2.1.3.4-B-14: Výkon PG



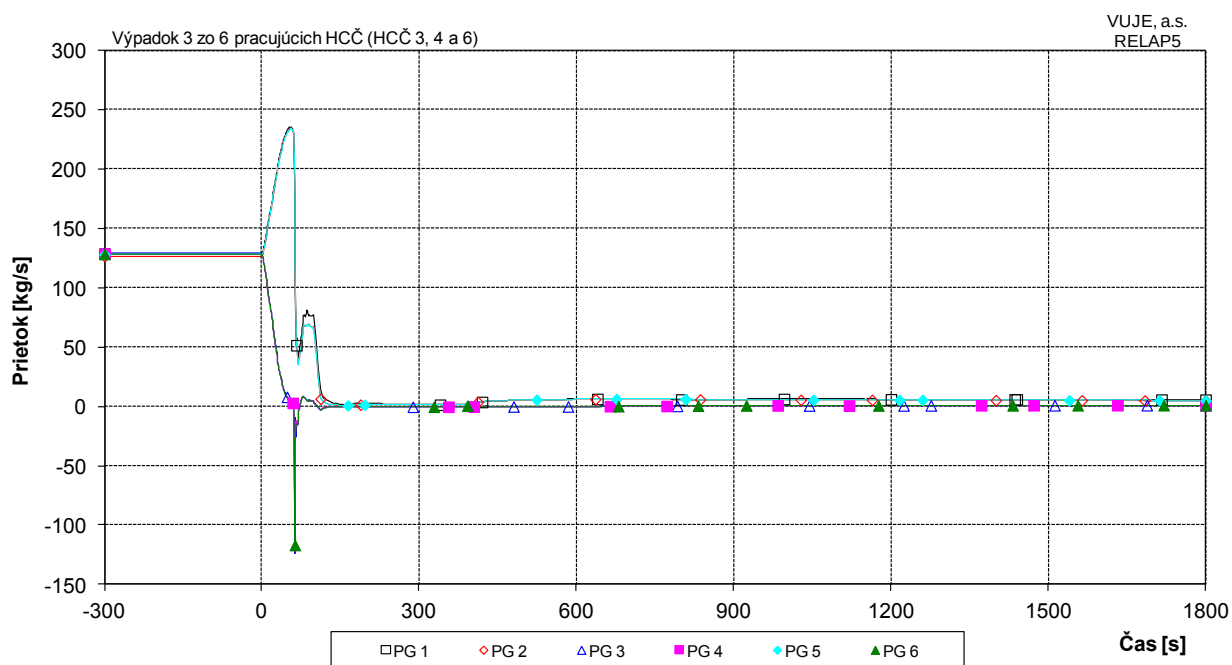
Obr. 7.2.1.3.4-B-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



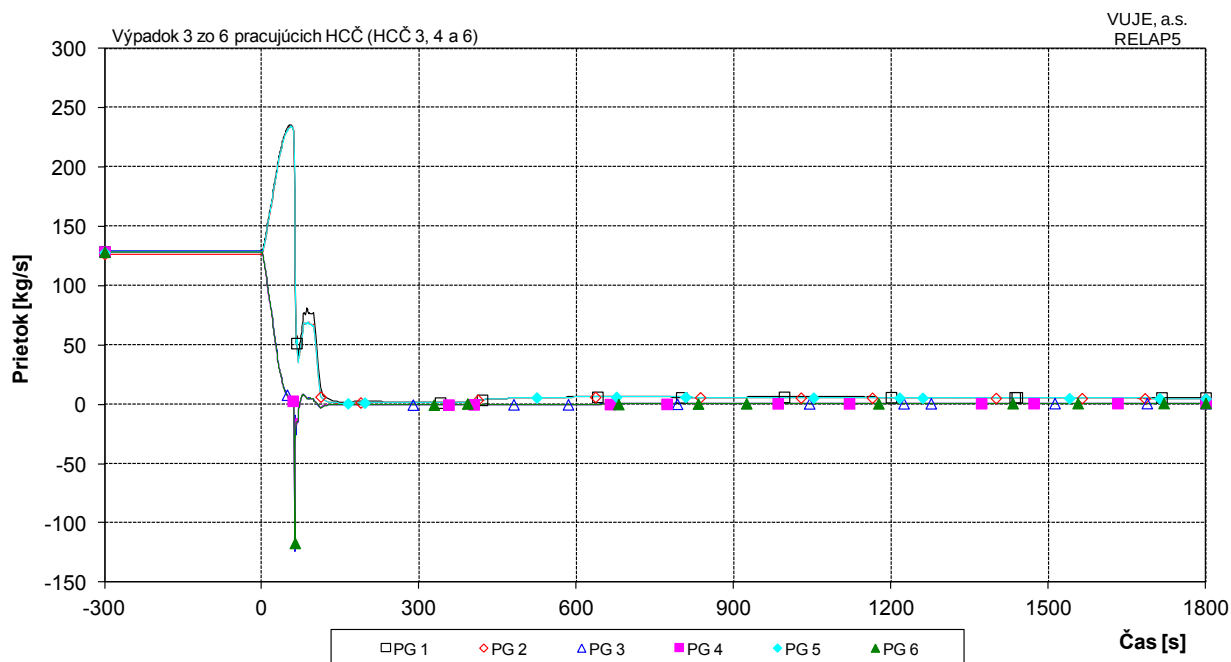
Obr. 7.2.1.3.4-B-16: Celková hladina v PG



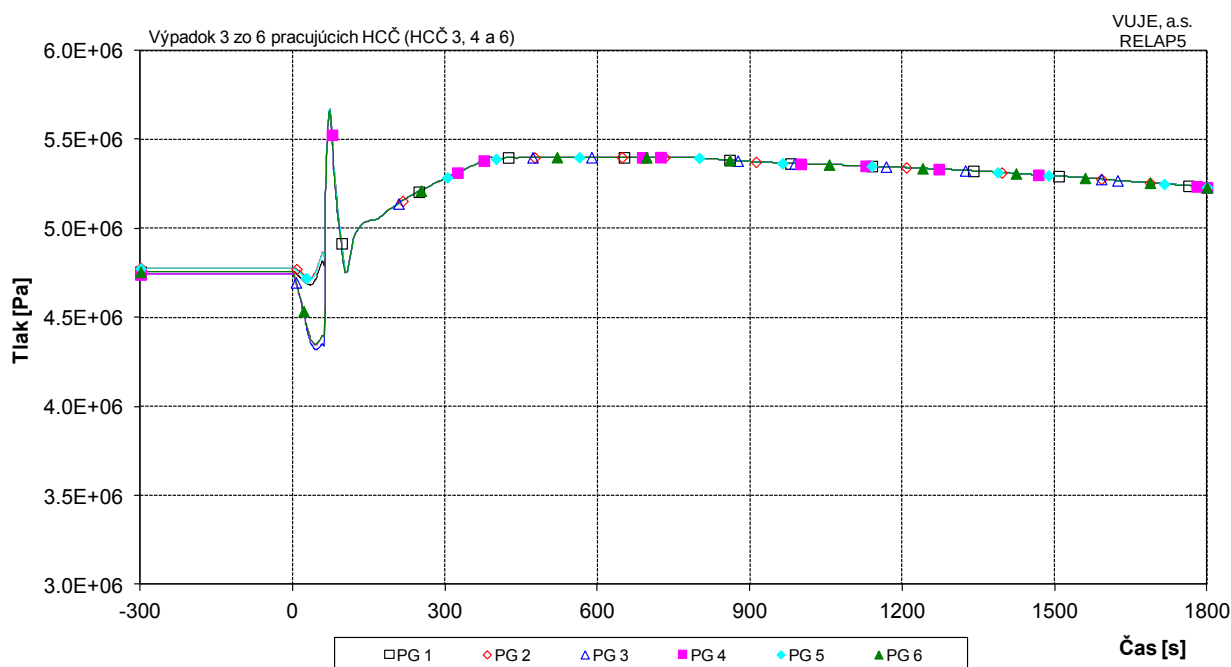
Obr. 7.2.1.3.4-B-17: Prietok pary do TG



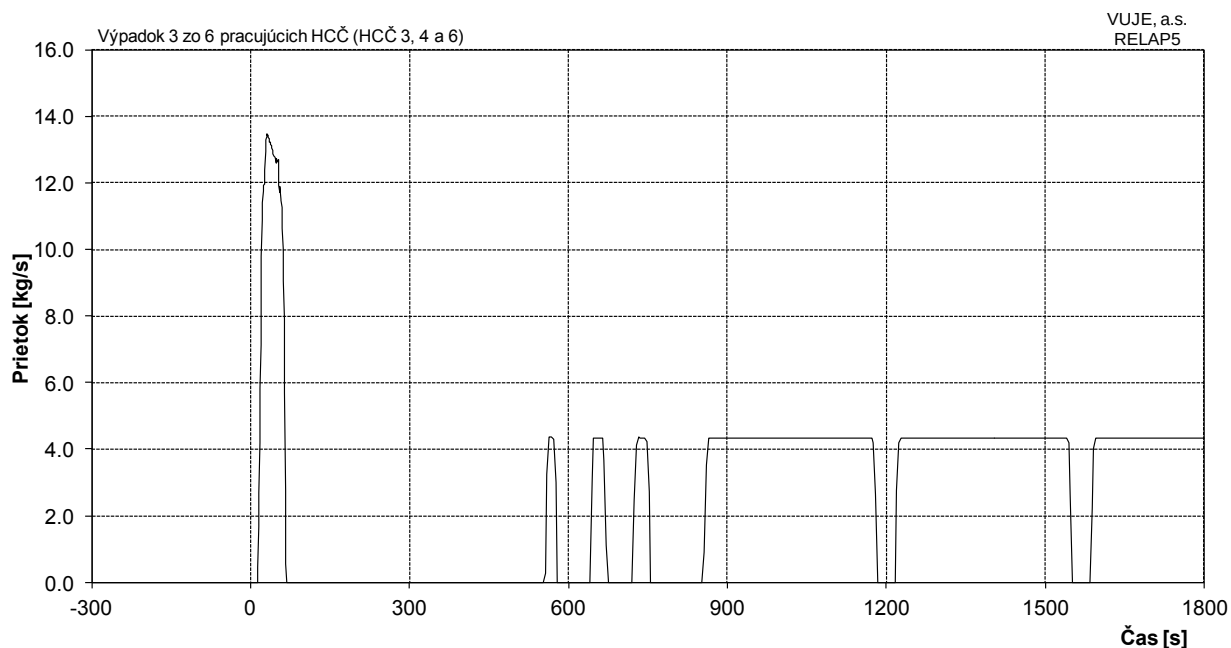
Obr. 7.2.1.3.4-B-18: Prietok pary z PG



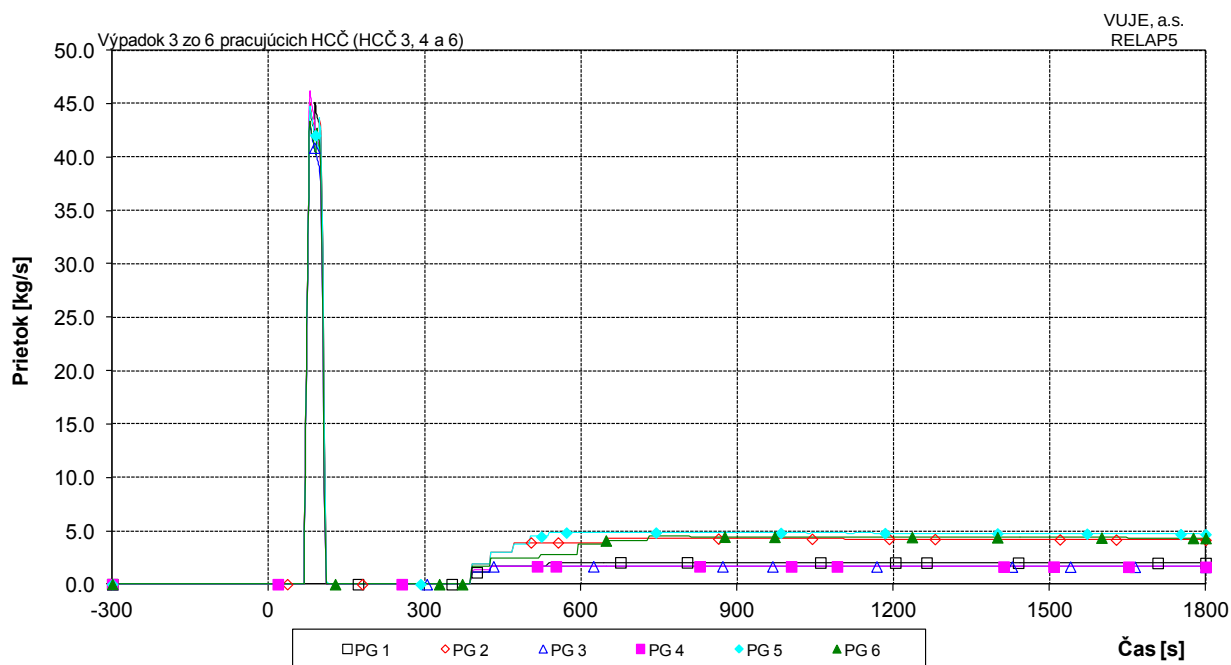
Obr. 7.2.1.3.4-B-19: Tlak v HPK



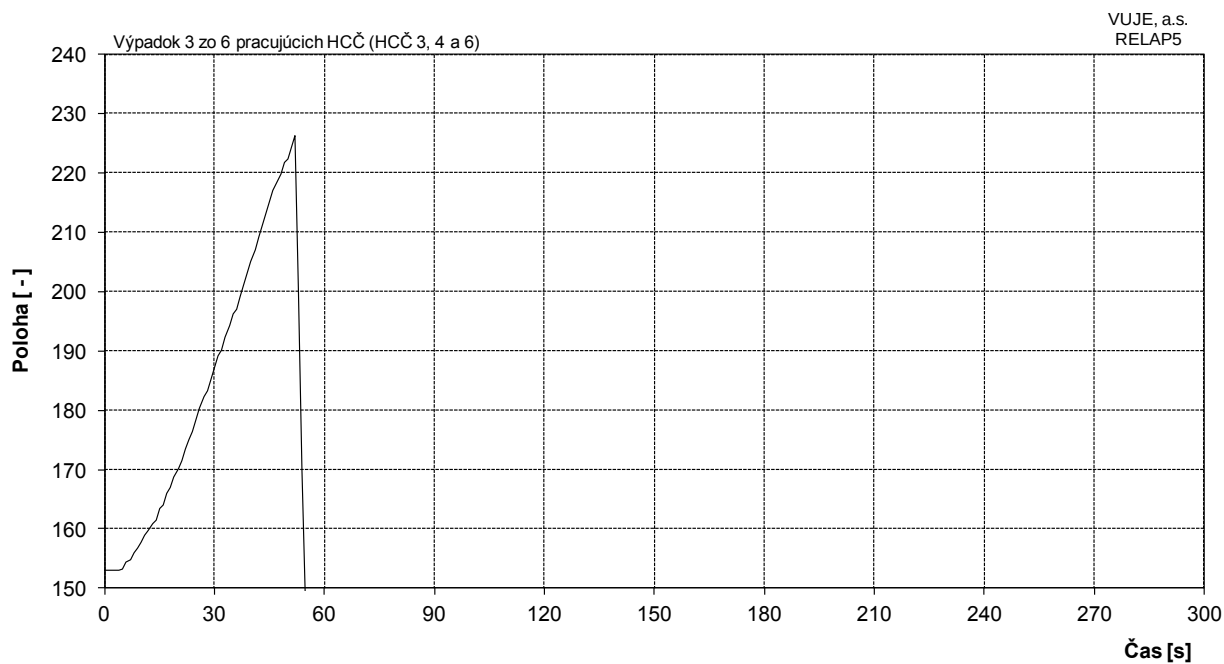
Obr. 7.2.1.3.4-B-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.4-B-21: Celkový prietok cez ventily vstreku do KO



Obr. 7.2.1.3.4-B-22: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.3.4-B-23: Poloha HRK

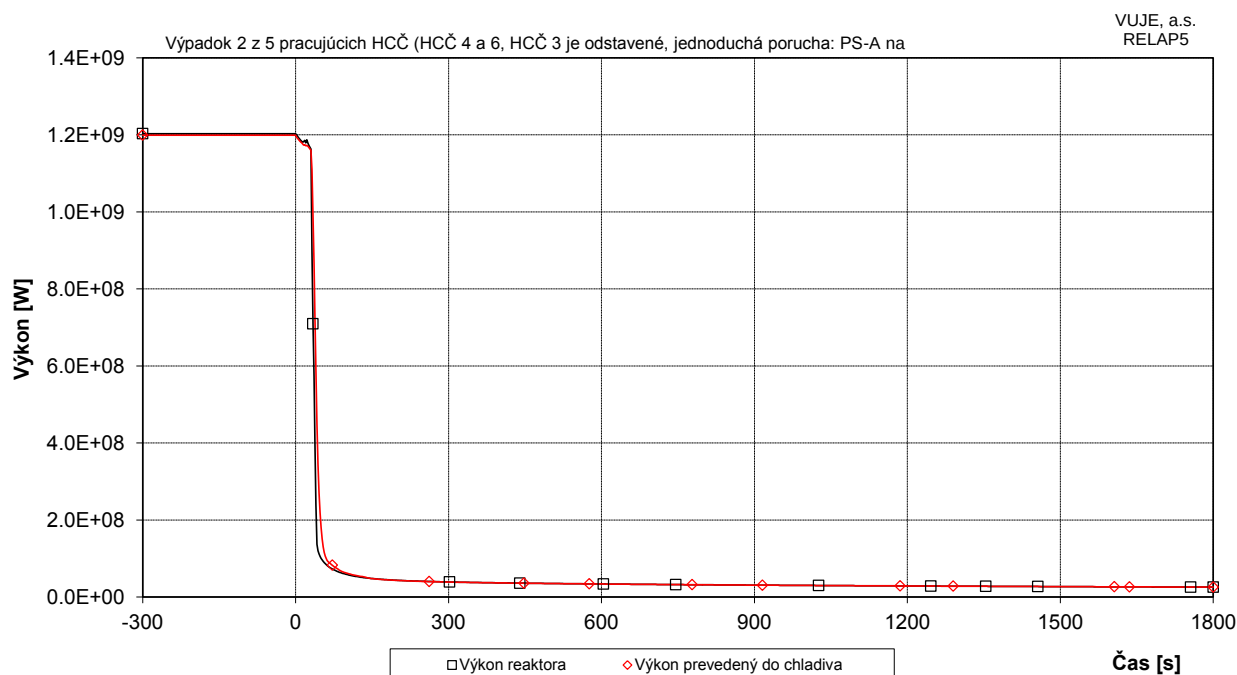
Príloha č. 07

7.2.1.3.4 Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel

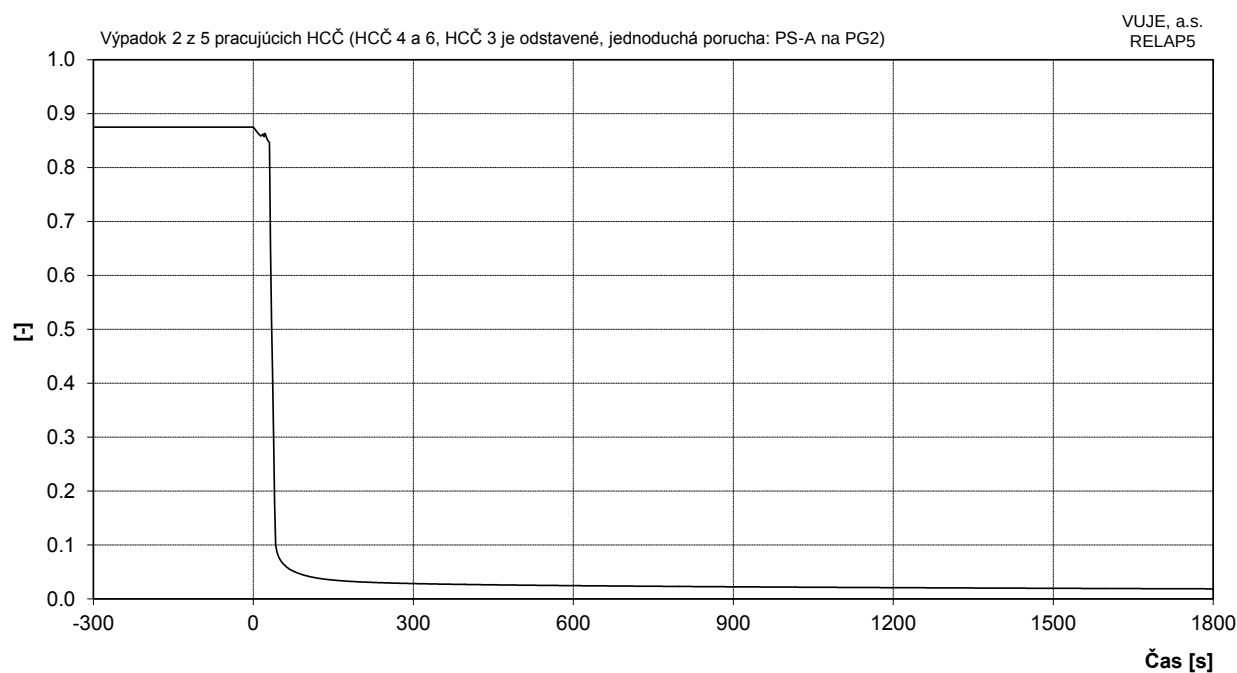
Scenár C Výpadok 2 z 5 pracujúcich HCČ (HCČ 4 a 6), HCČ 3 je odstavené

ZOZNAM OBRÁZKOV

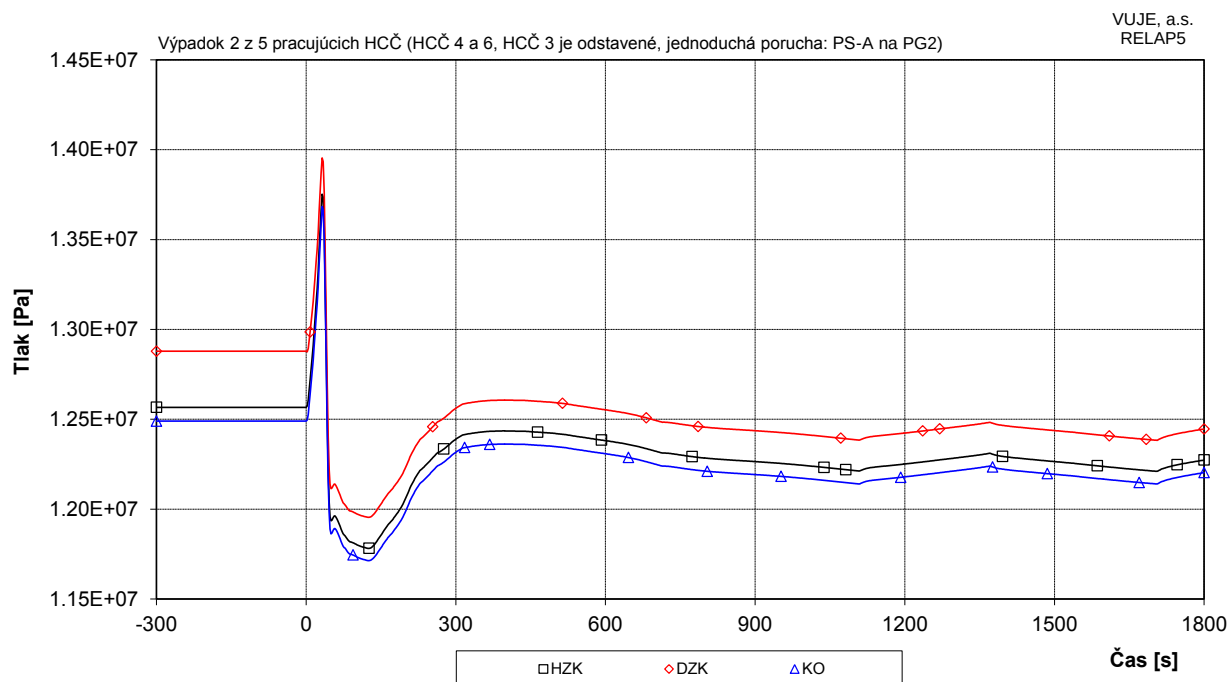
Obr. 7.2.1.3.4-C-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-C-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-C-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.4-C-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.4-C-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.4-C-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.4-C-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.4-C-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.4-C-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.4-C-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.4-C-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.4-C-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.4-C-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.4-C-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.4-C-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.4-C-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.4-C-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-C-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-C-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-C-20:	Tlak na výstupe z PG.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-C-21:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.4-C-22:	Prietok pary cez PV1 PG	12
Obr. 7.2.1.3.4-C-23:	Celkový výkon EOKO	13



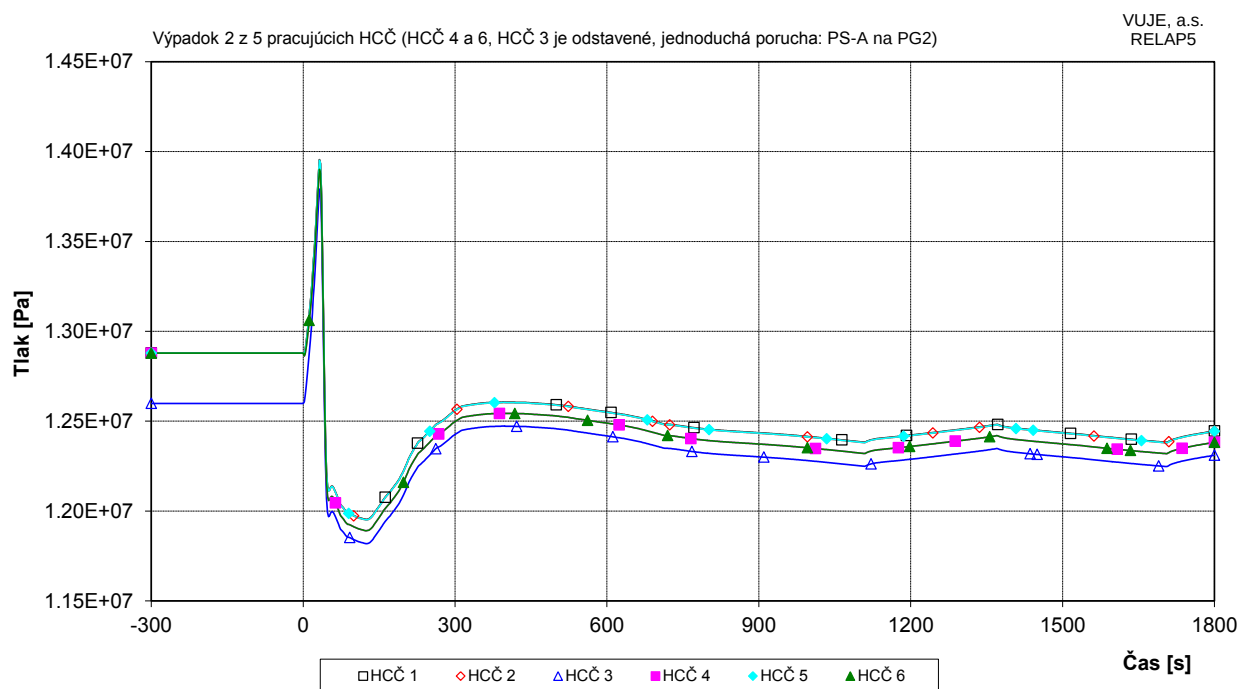
Obr. 7.2.1.3.4-C-1: Výkon reaktora



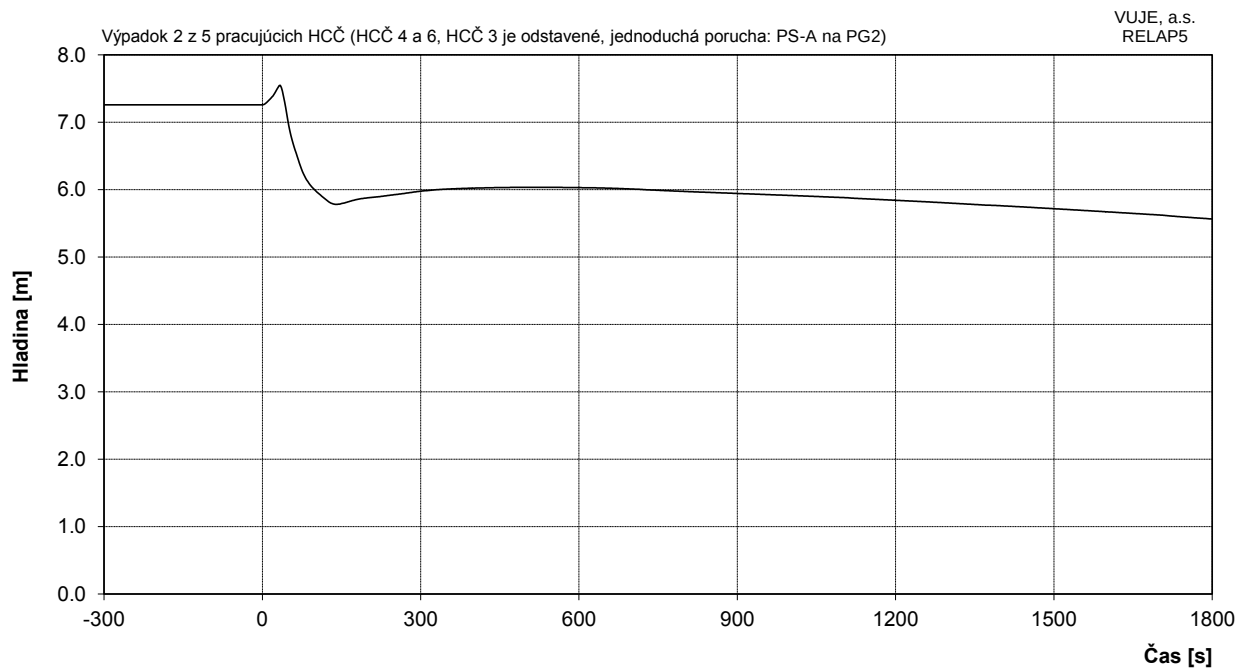
Obr. 7.2.1.3.4-C-2: Pomerný výkon reaktora



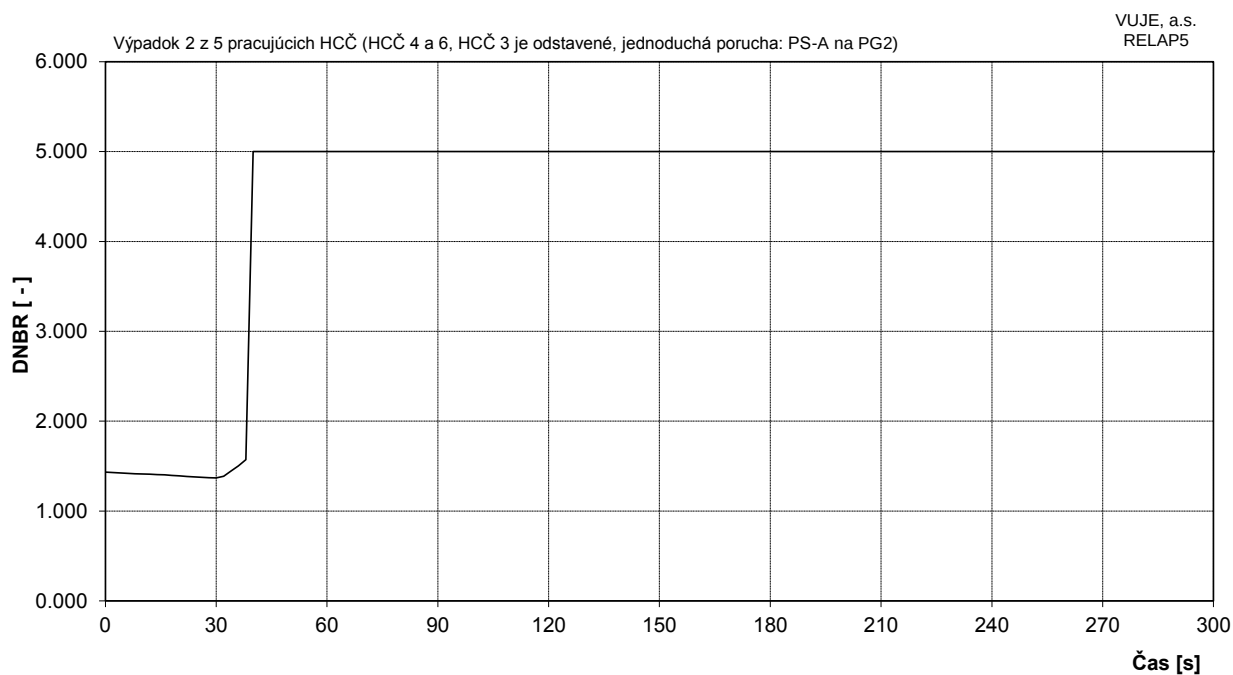
Obr. 7.2.1.3.4-C-3: Tlak v I.O.



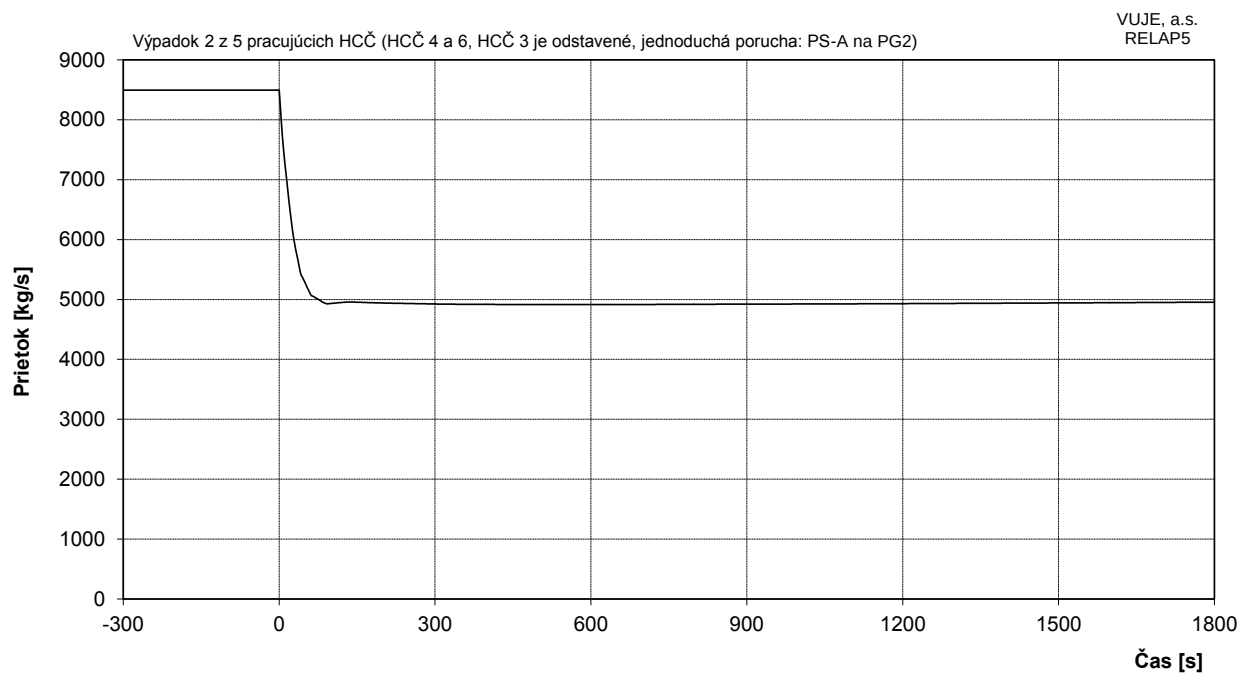
Obr. 7.2.1.3.4-C-4: Tlak na výtlaku HCČ



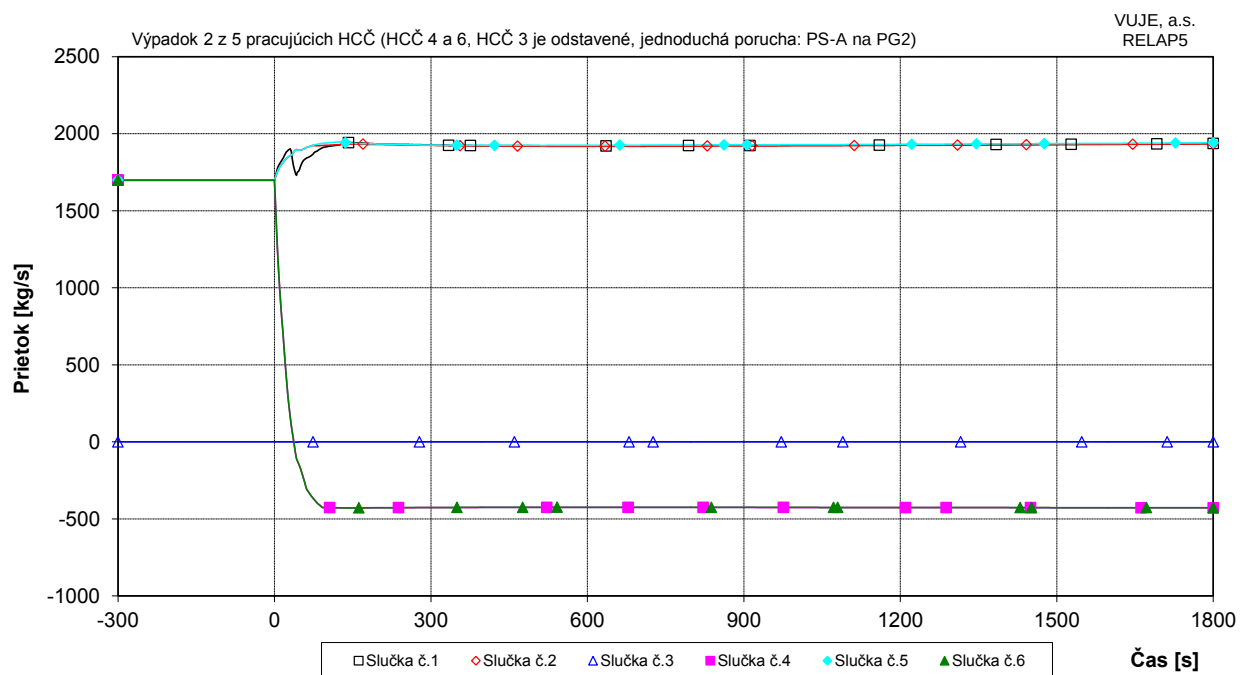
Obr. 7.2.1.3.4-C-5: Celková hladina v KO



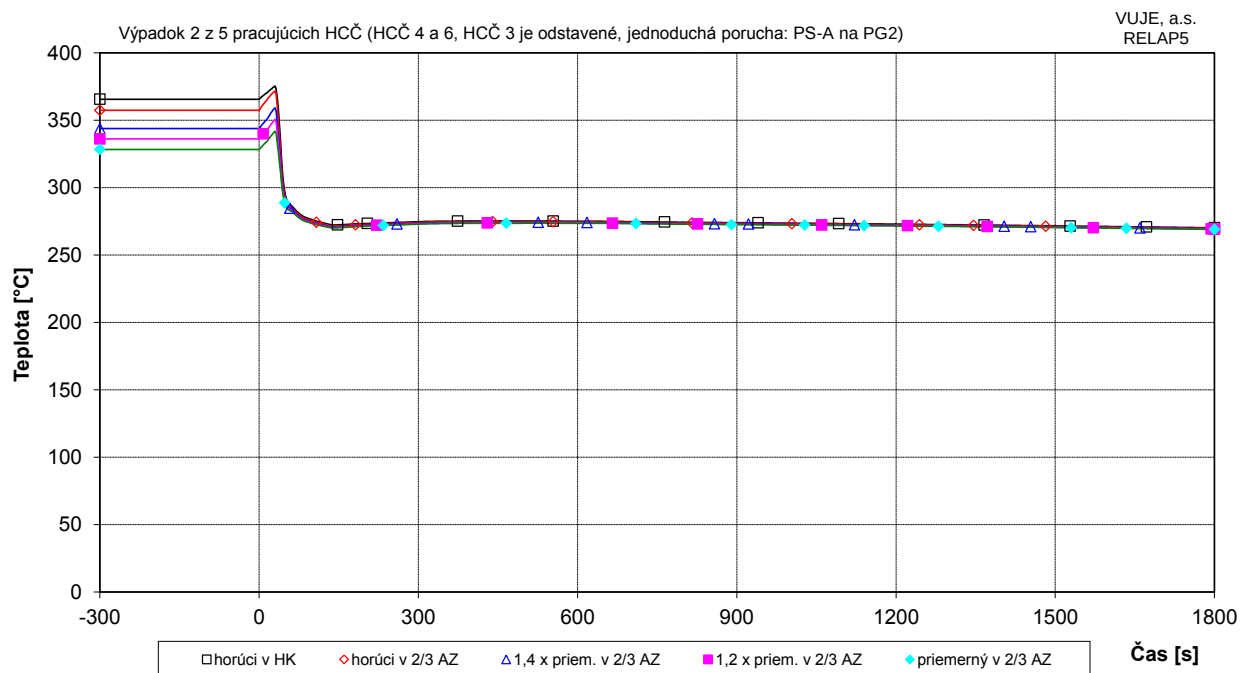
Obr. 7.2.1.3.4-C-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ



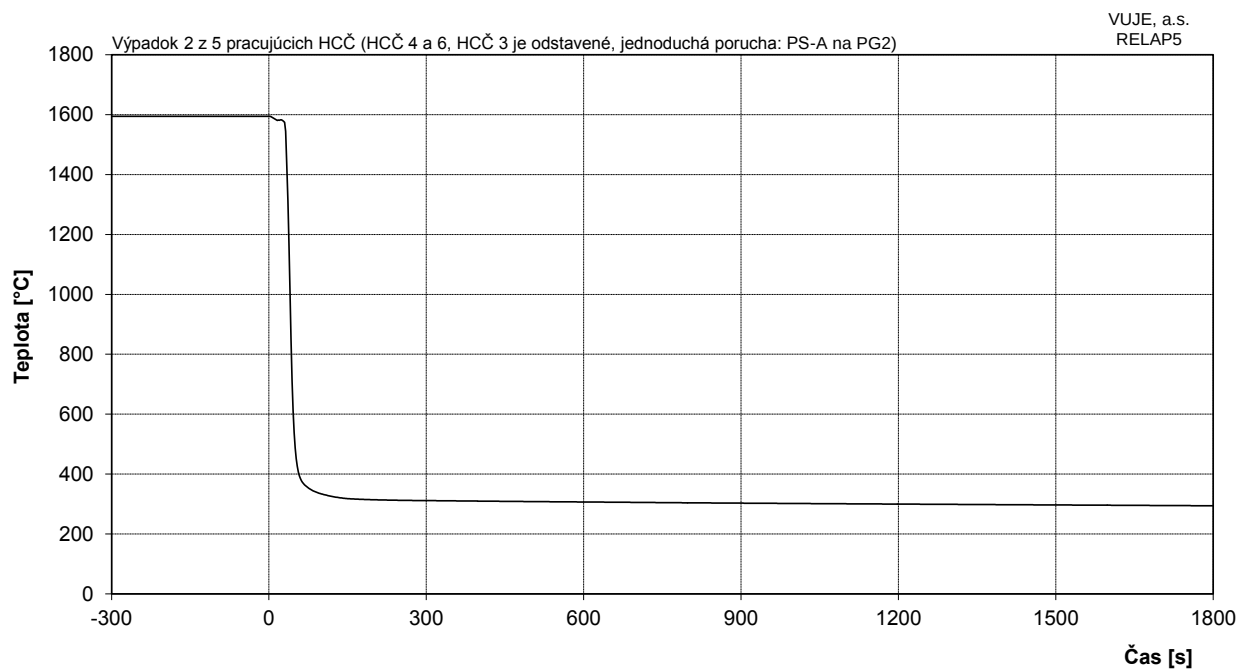
Obr. 7.2.1.3.4-C-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



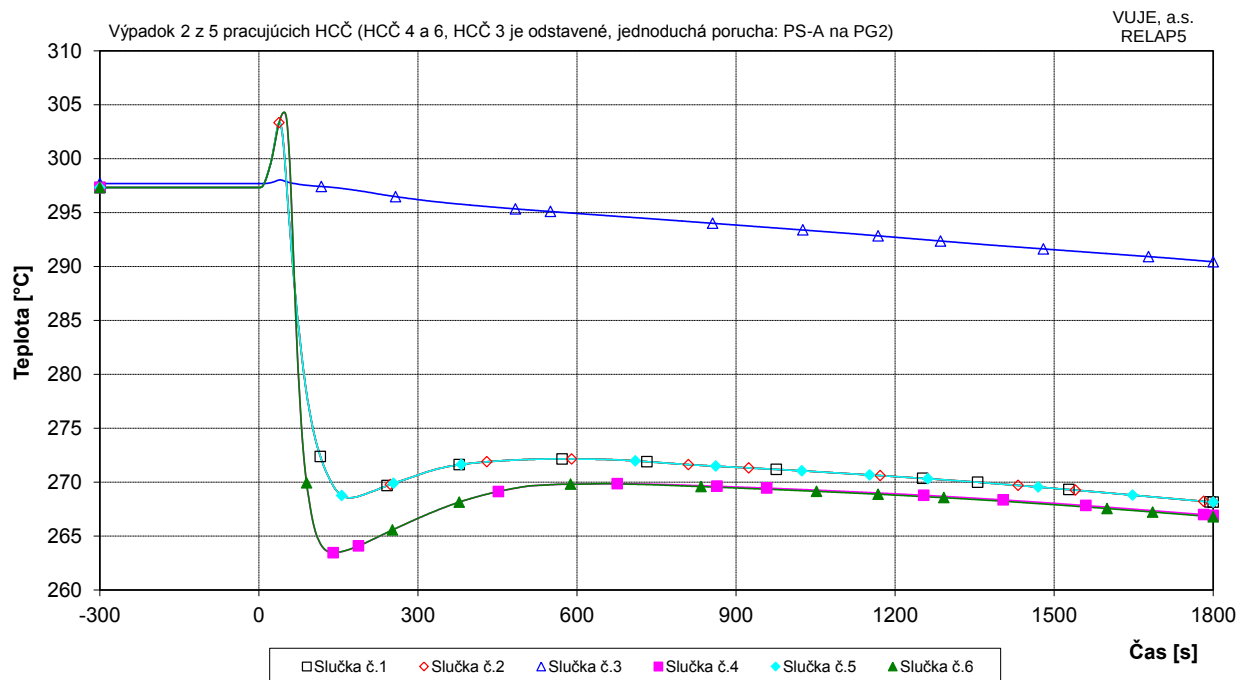
Obr. 7.2.1.3.4-C-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



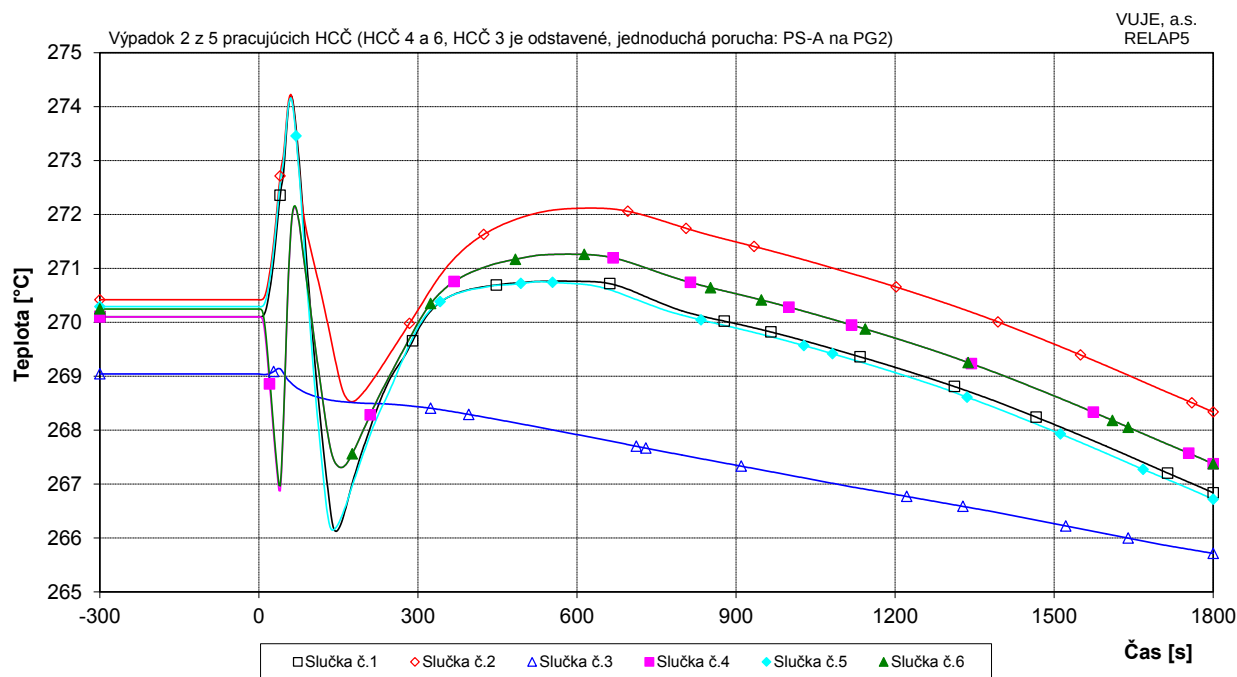
Obr. 7.2.1.3.4-C-9: Teplota pokrytia



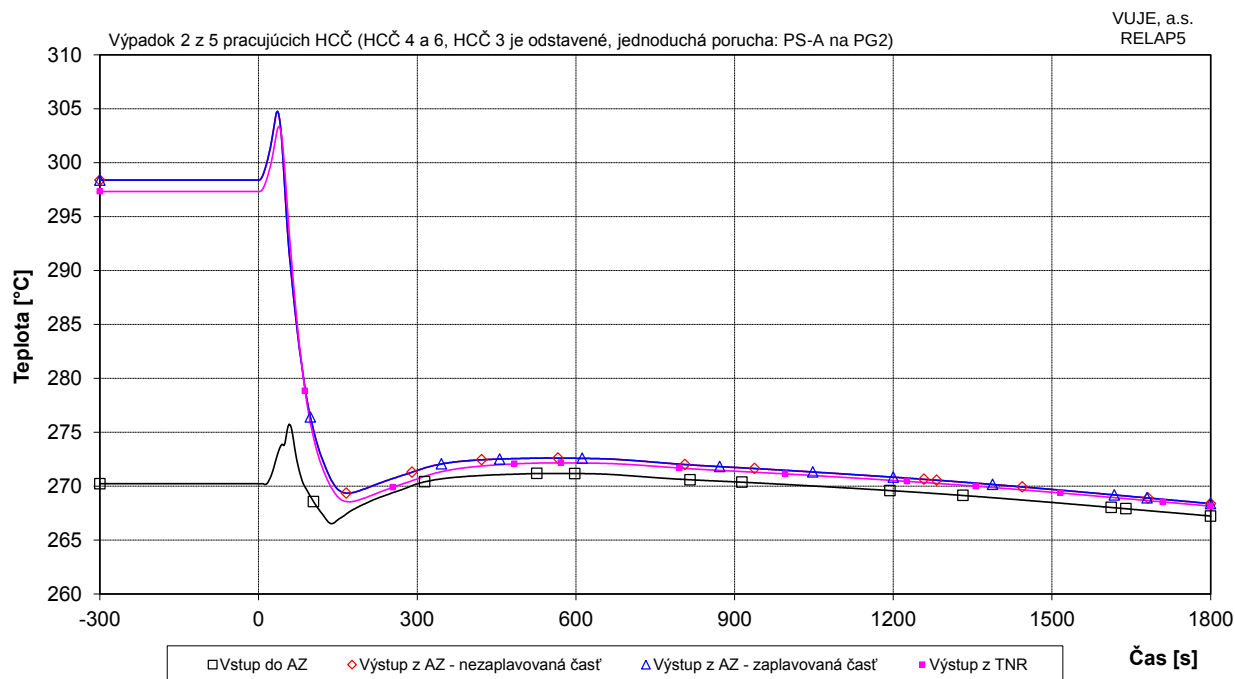
Obr. 7.2.1.3.4-C-10: Maximálna teplota paliva



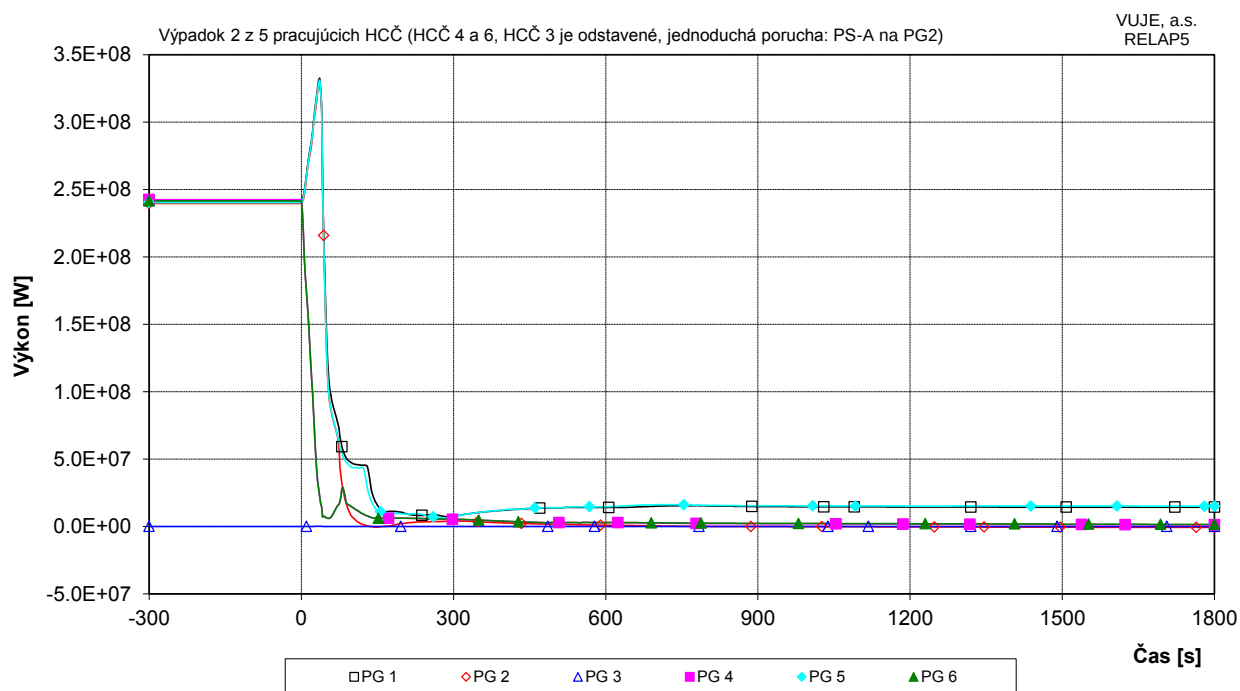
Obr. 7.2.1.3.4-C-11: Teplota chladiwa na výstupe z TNR



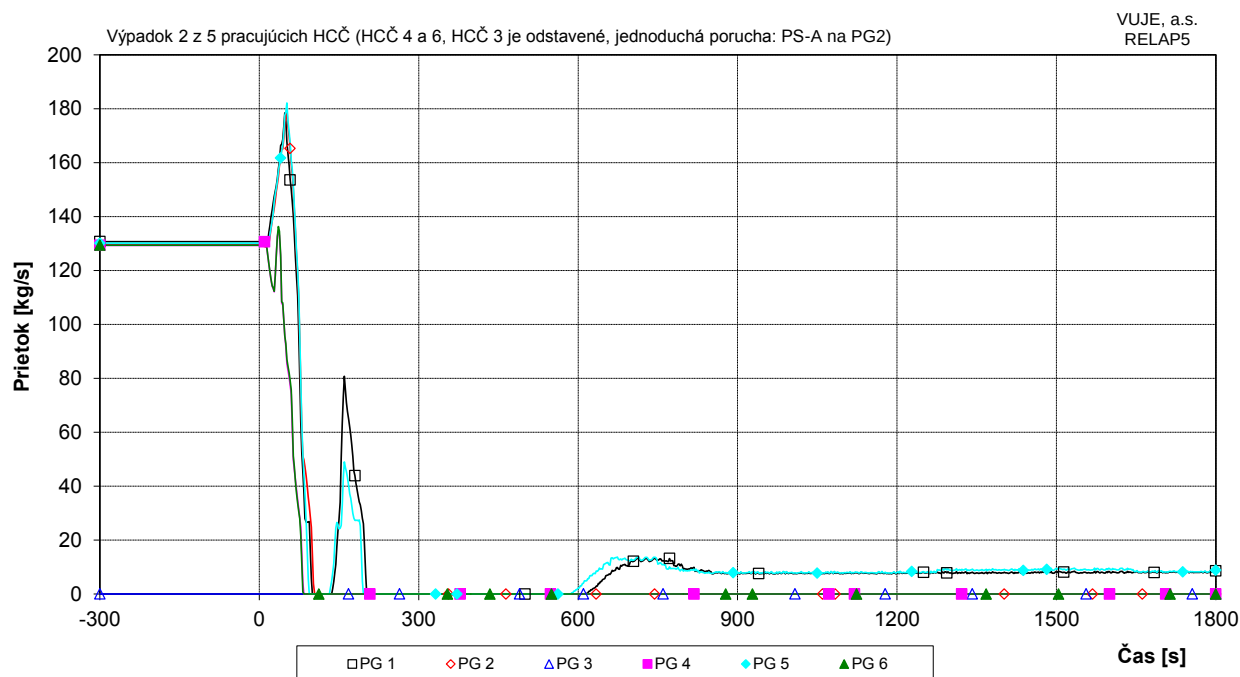
Obr. 7.2.1.3.4-C-12: Teplota chladiwa na vstupe do TNR



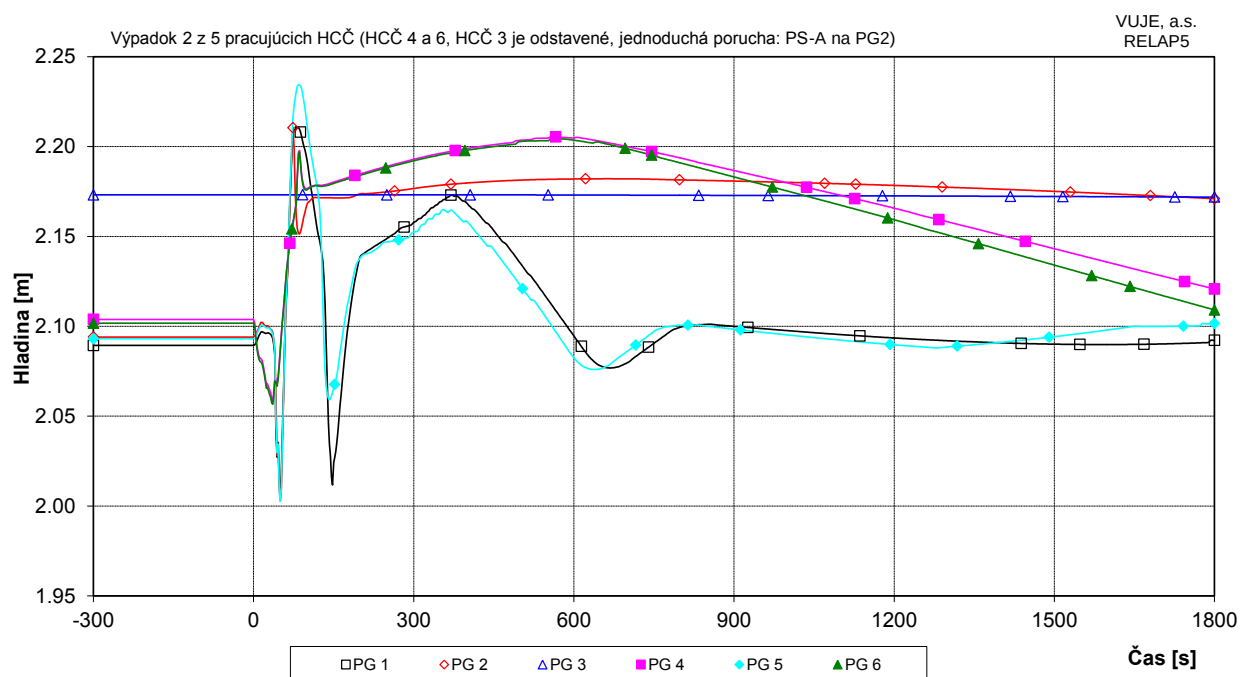
Obr. 7.2.1.3.4-C-13: Teplota chladiva v TNR



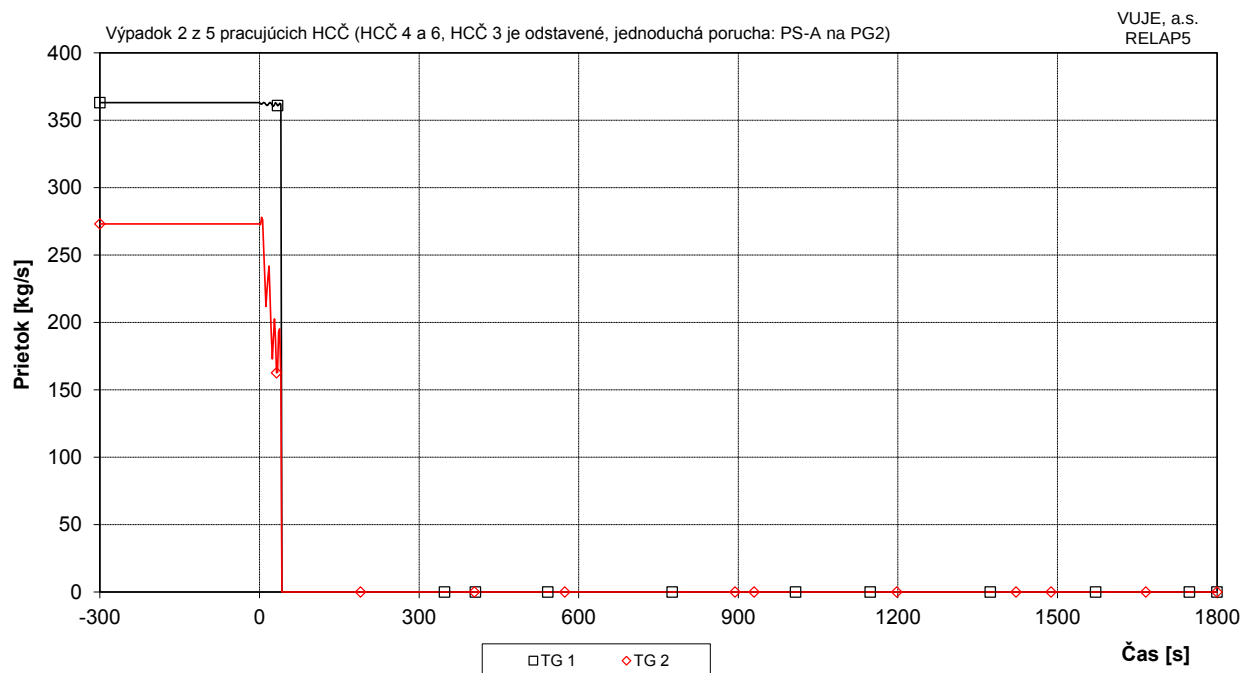
Obr. 7.2.1.3.4-C-14: Výkon PG



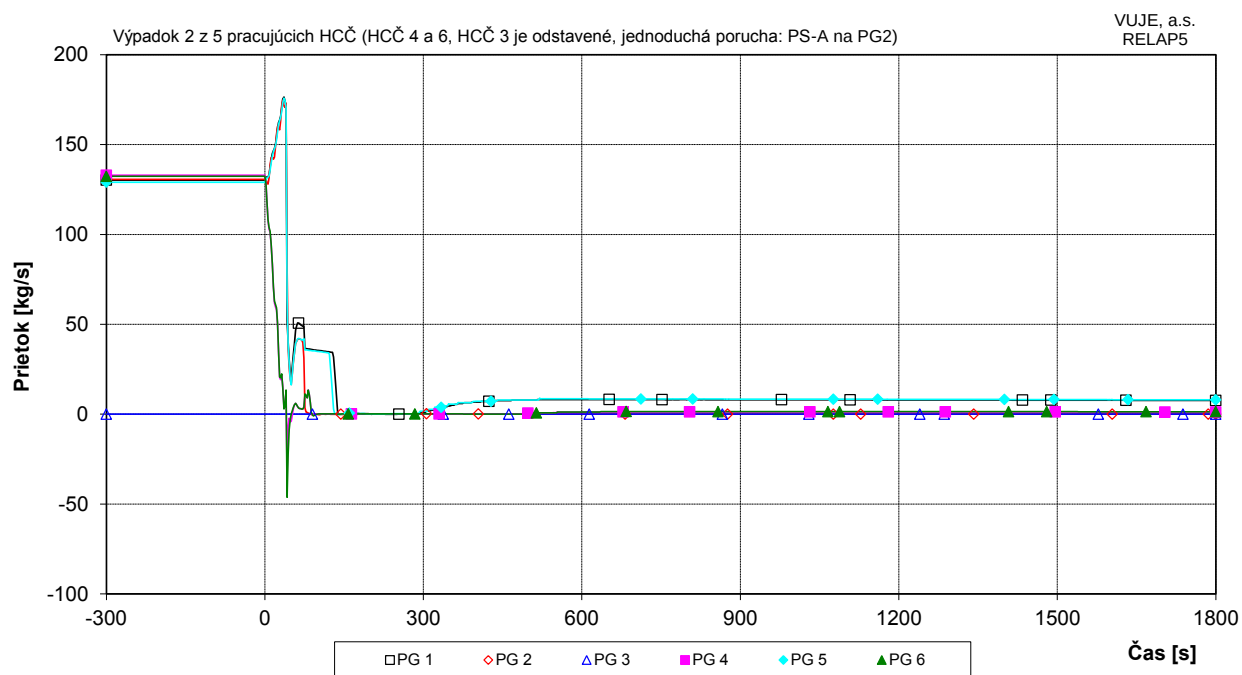
Obr. 7.2.1.3.4-C-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



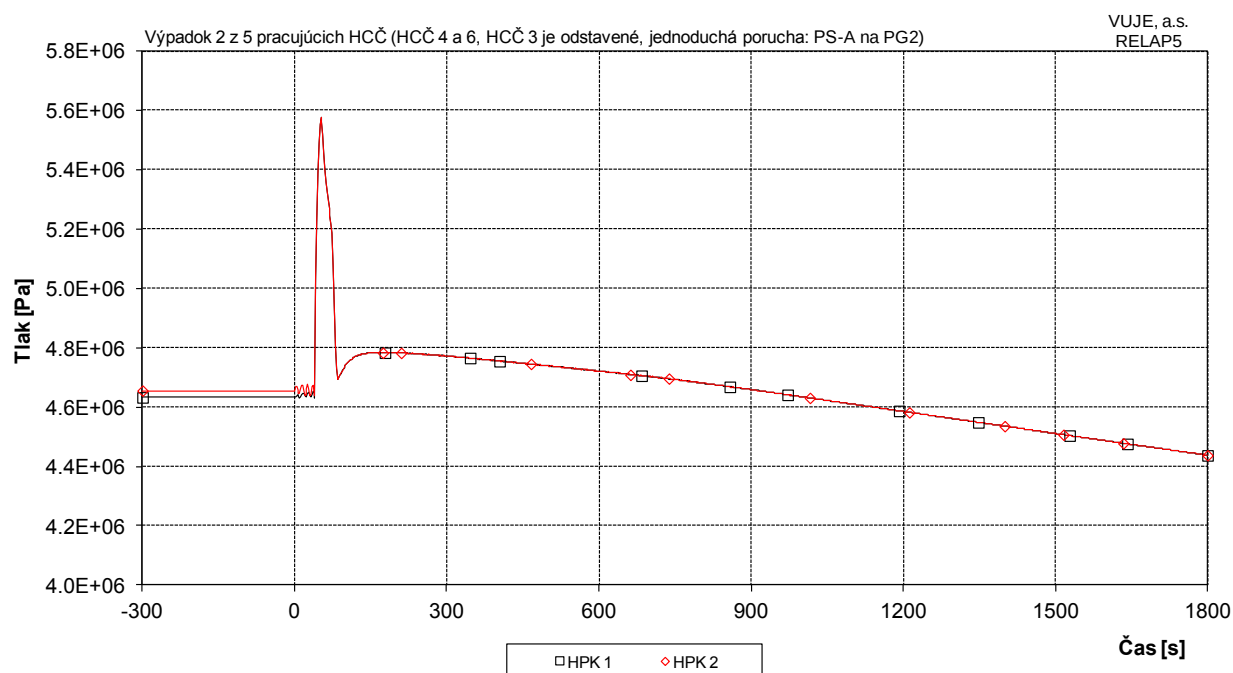
Obr. 7.2.1.3.4-C-16: Celková hladina v PG



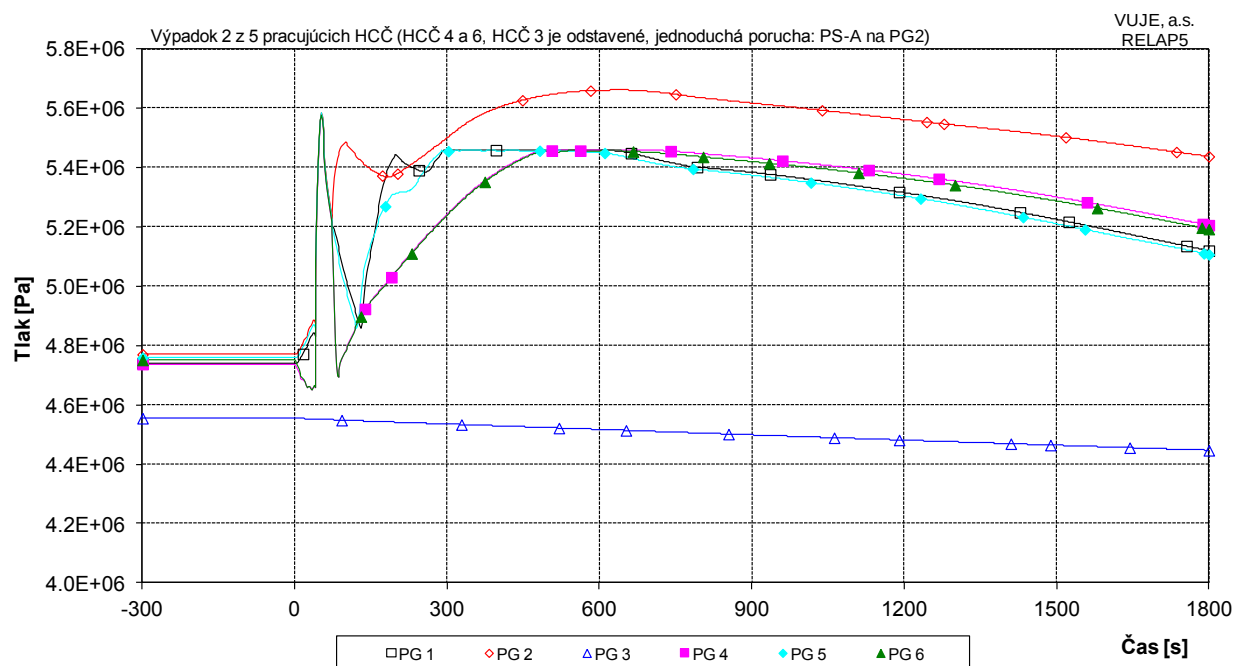
Obr. 7.2.1.3.4-C-17: Prietok pary do TG



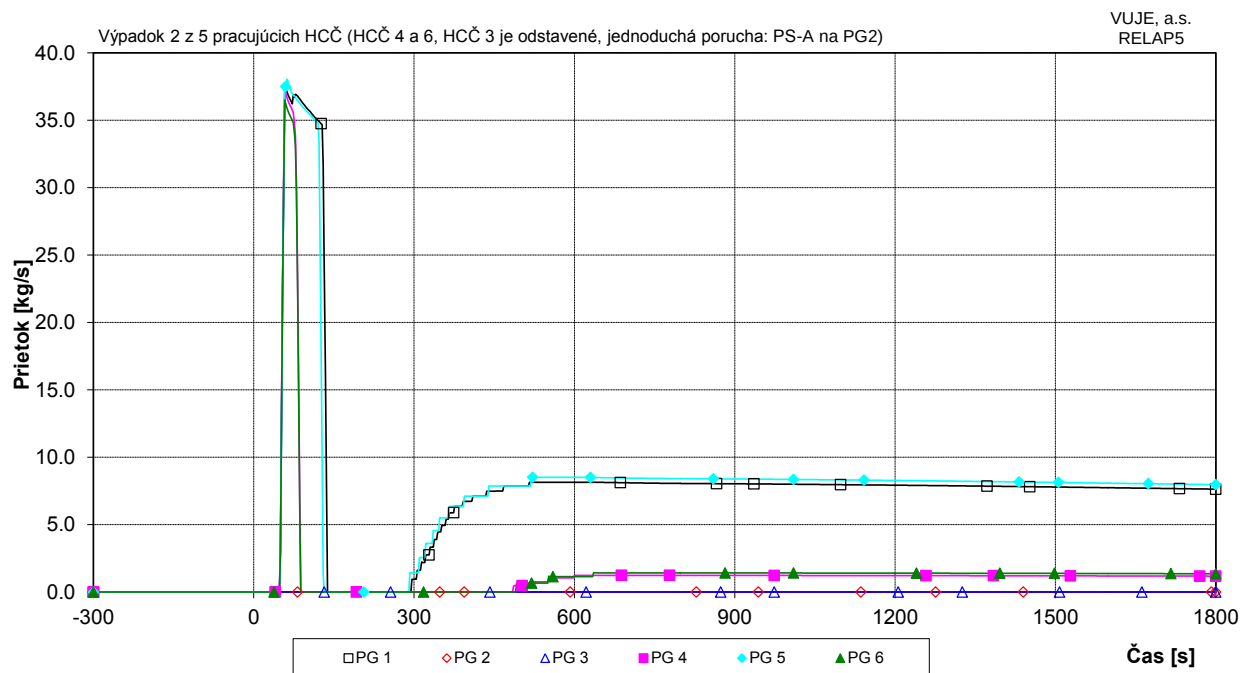
Obr. 7.2.1.3.4-C-18: Prietok pary z PG



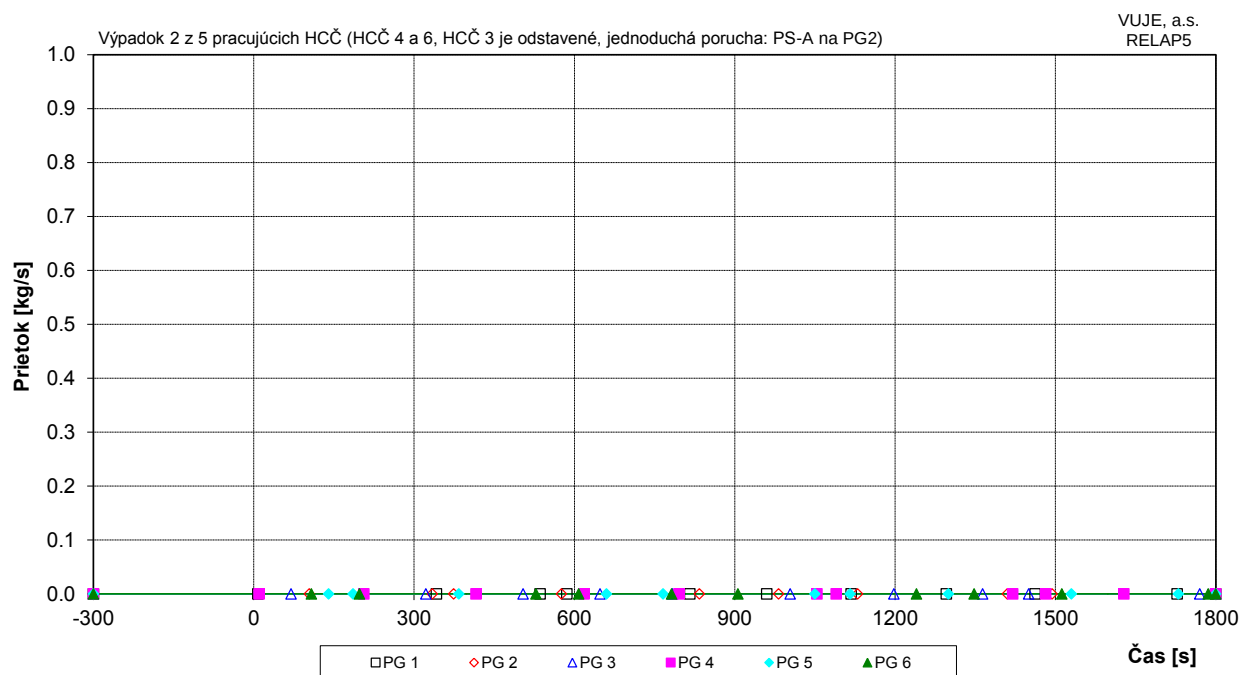
Obr. 7.2.1.3.4-C-19: Tlak v HPK



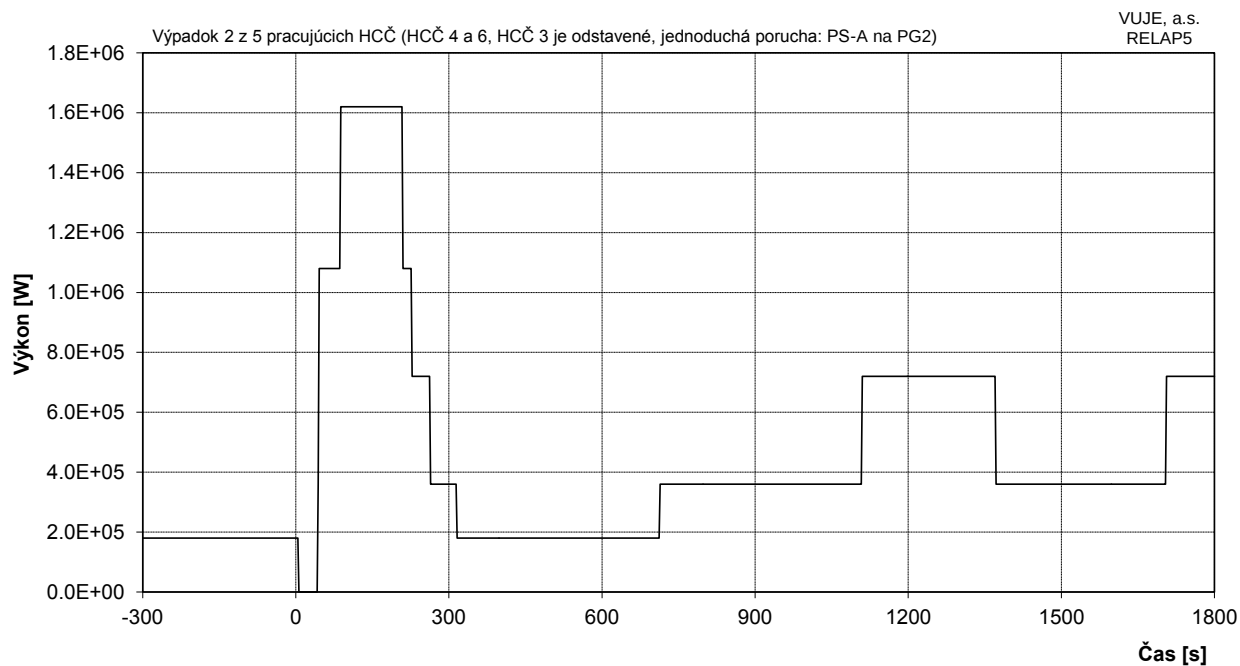
Obr. 7.2.1.3.4-C-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.4-C-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.3.4-C-22: Prietok pary cez PV1 PG

**Obr. 7.2.1.3.4-C-23: Celkový výkon EOKO**

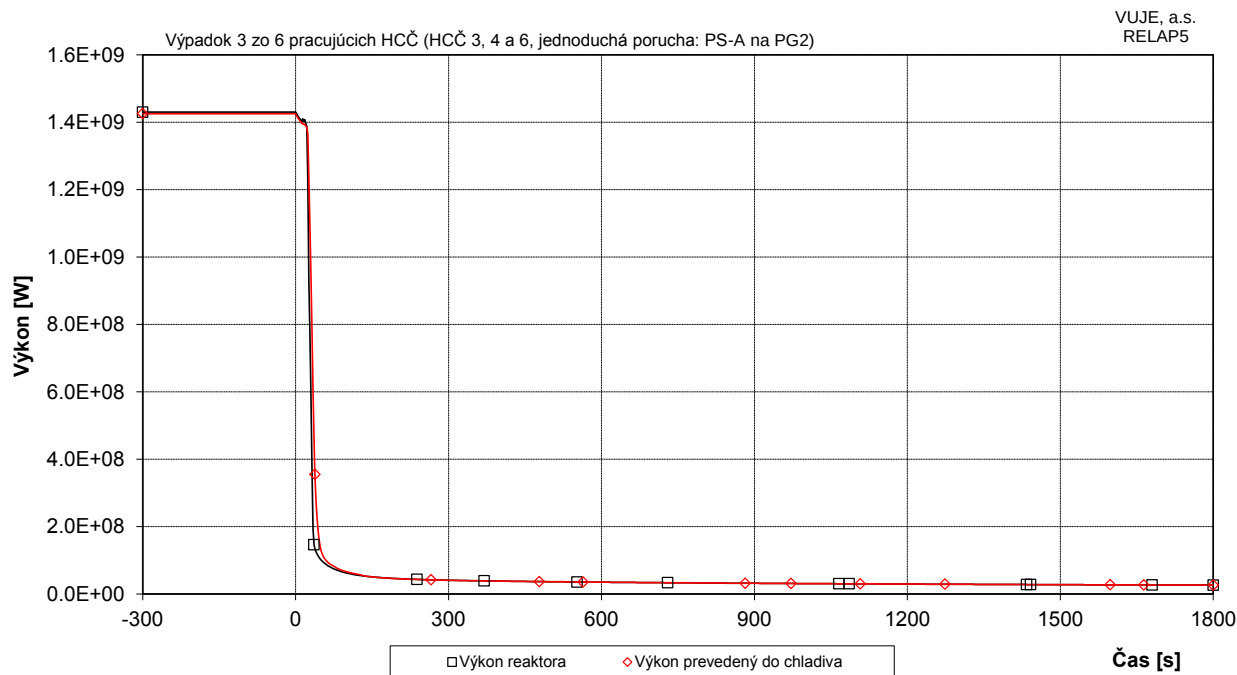
Príloha č. 08

7.2.1.3.4 Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel

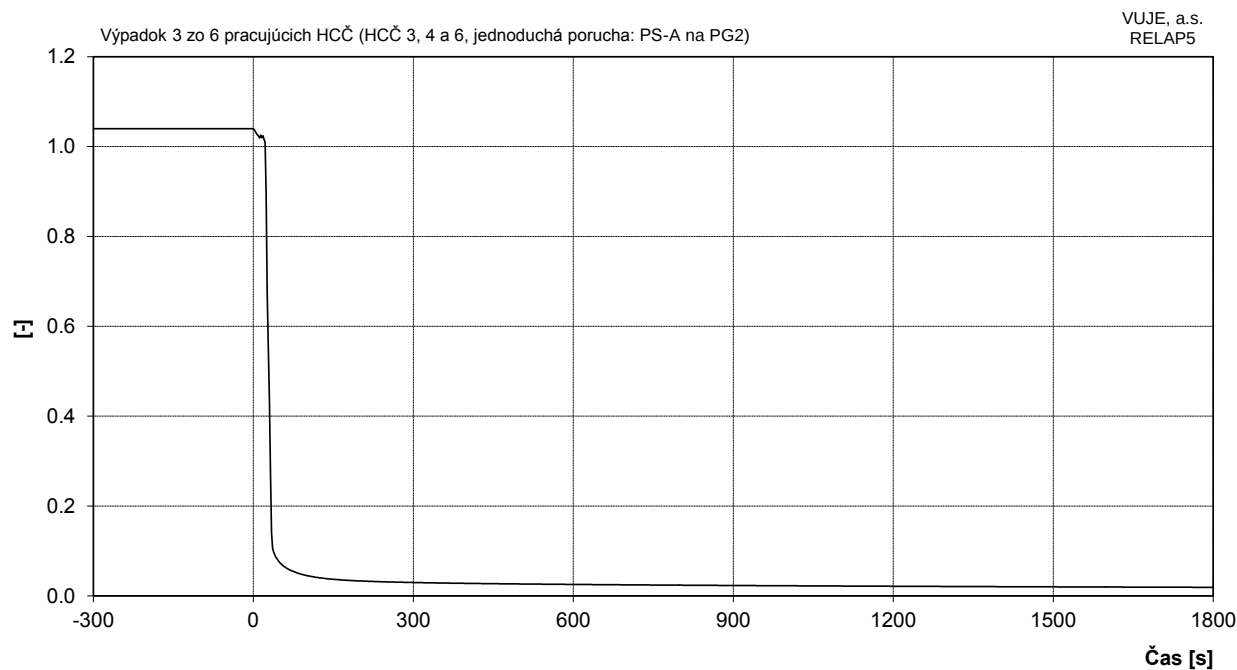
Scenár D Výpadok 3 zo 6 pracujúcich HCČ (HCČ 3, 4 a 6)

ZOZNAM OBRÁZKOV

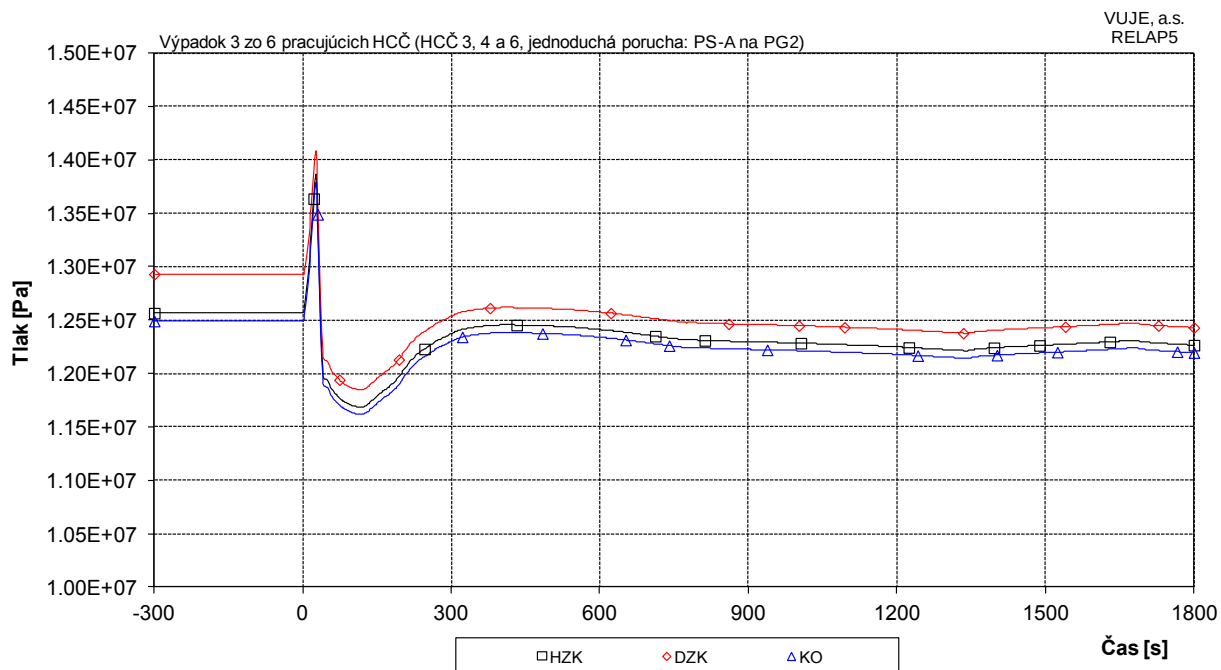
Obr. 7.2.1.3.4-D-1:	Výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-D-2:	Pomerný výkon reaktora	2
Obr. 7.2.1.3.4-D-3:	Tlak v I.O.	3
Obr. 7.2.1.3.4-D-4:	Tlak na výtlaku HCČ	3
Obr. 7.2.1.3.4-D-5:	Celková hladina v KO	4
Obr. 7.2.1.3.4-D-6:	Minimálna hodnota DNBR v AZ	4
Obr. 7.2.1.3.4-D-7:	Hmotnostný prietok cez reaktor	5
Obr. 7.2.1.3.4-D-8:	Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR	5
Obr. 7.2.1.3.4-D-9:	Teplota pokrytia	6
Obr. 7.2.1.3.4-D-10:	Maximálna teplota paliva	6
Obr. 7.2.1.3.4-D-11:	Teplota chladiva na výstupe z TNR.....	7
Obr. 7.2.1.3.4-D-12:	Teplota chladiva na vstupe do TNR	7
Obr. 7.2.1.3.4-D-13:	Teplota chladiva v TNR.....	8
Obr. 7.2.1.3.4-D-14:	Výkon PG	8
Obr. 7.2.1.3.4-D-15:	Celkový prietok napájacej vody do PG.....	9
Obr. 7.2.1.3.4-D-16:	Celková hladina v PG	9
Obr. 7.2.1.3.4-D-17:	Prietok pary do TG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-D-18:	Prietok pary z PG.....	10
Obr. 7.2.1.3.4-D-19:	Tlak v HPK.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-D-20:	Tlak na výstupe z PG.....	11
Obr. 7.2.1.3.4-D-21:	Prietok pary cez PS-A na parovodoch	12
Obr. 7.2.1.3.4-D-22:	Prietok pary cez PV1 PG	12
Obr. 7.2.1.3.4-D-23:	Celkový výkon EOKO	13



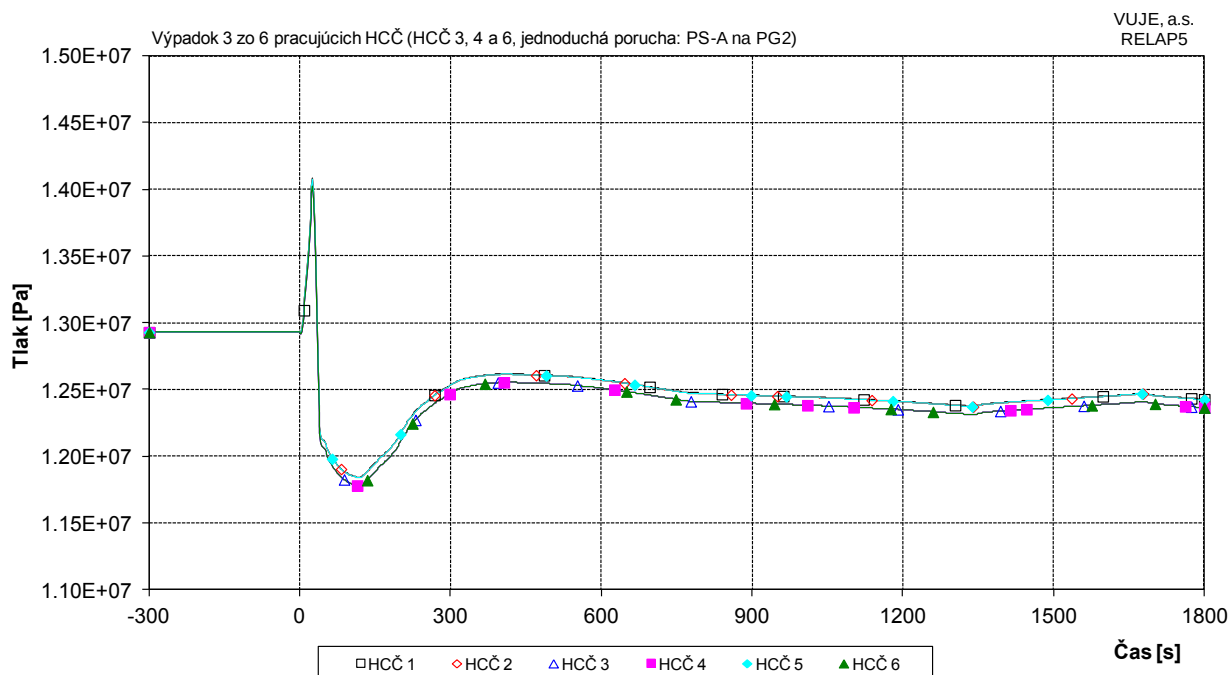
Obr. 7.2.1.3.4-D-1: Výkon reaktora



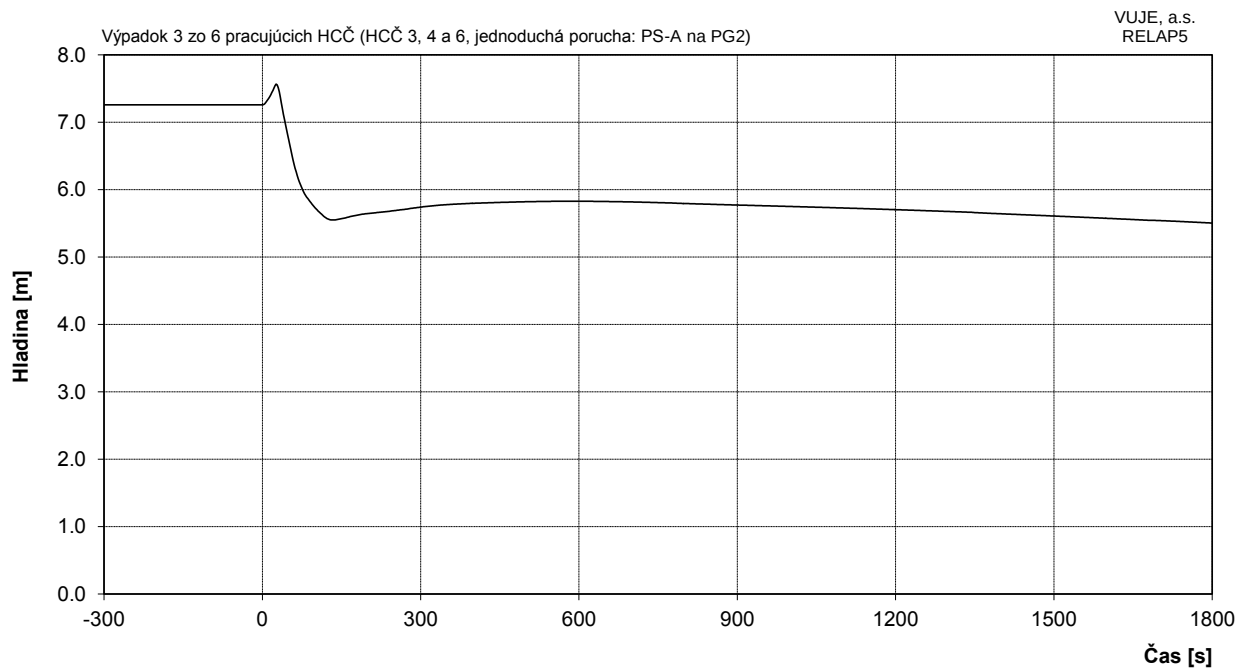
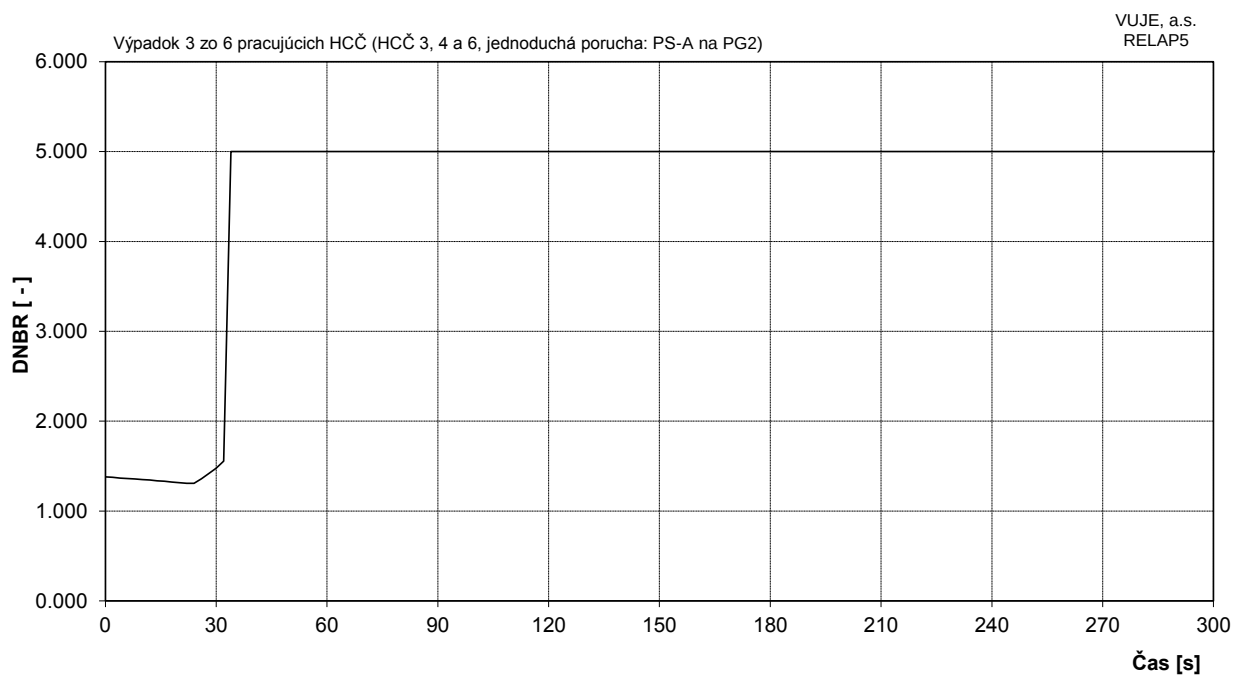
Obr. 7.2.1.3.4-D-2: Pomerný výkon reaktora

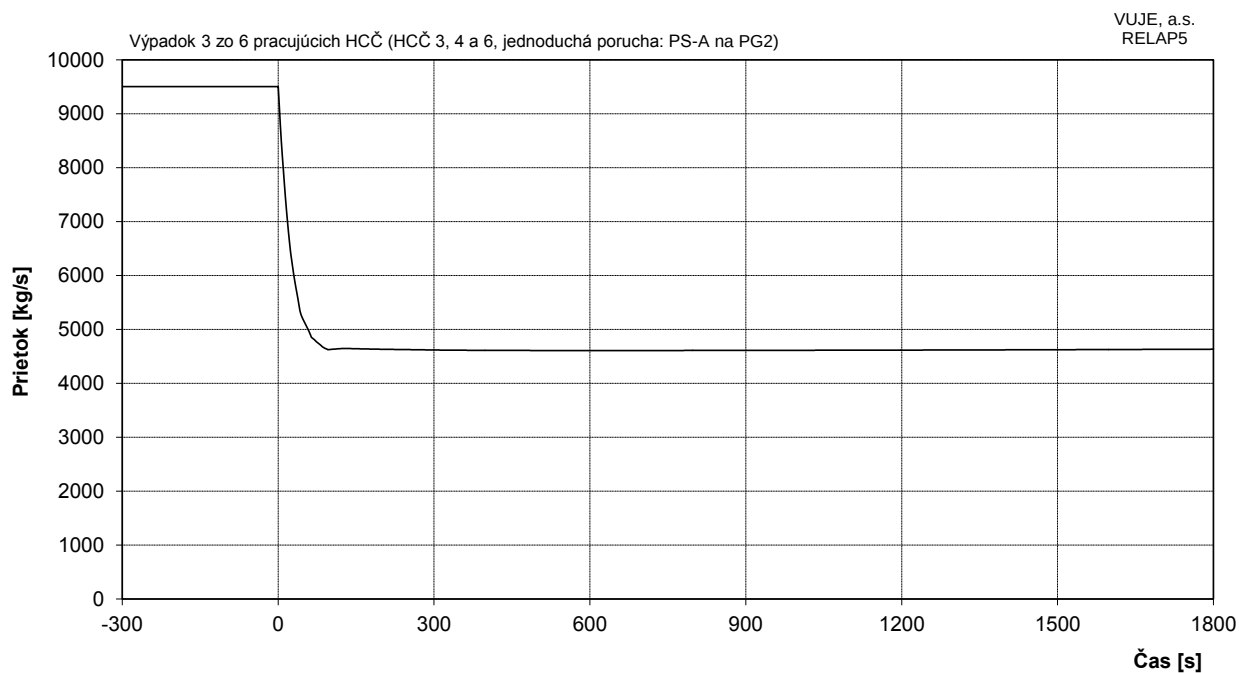


Obr. 7.2.1.3.4-D-3: Tlak v I.O.

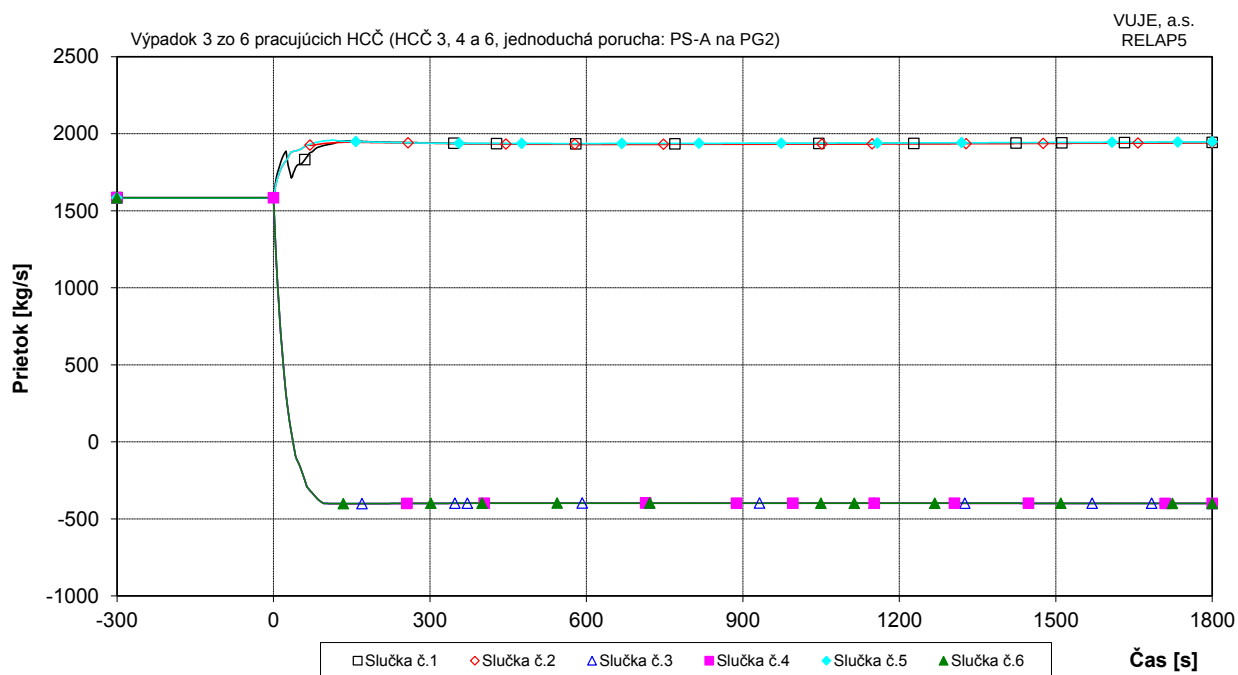


Obr. 7.2.1.3.4-D-4: Tlak na výtlaku HCČ

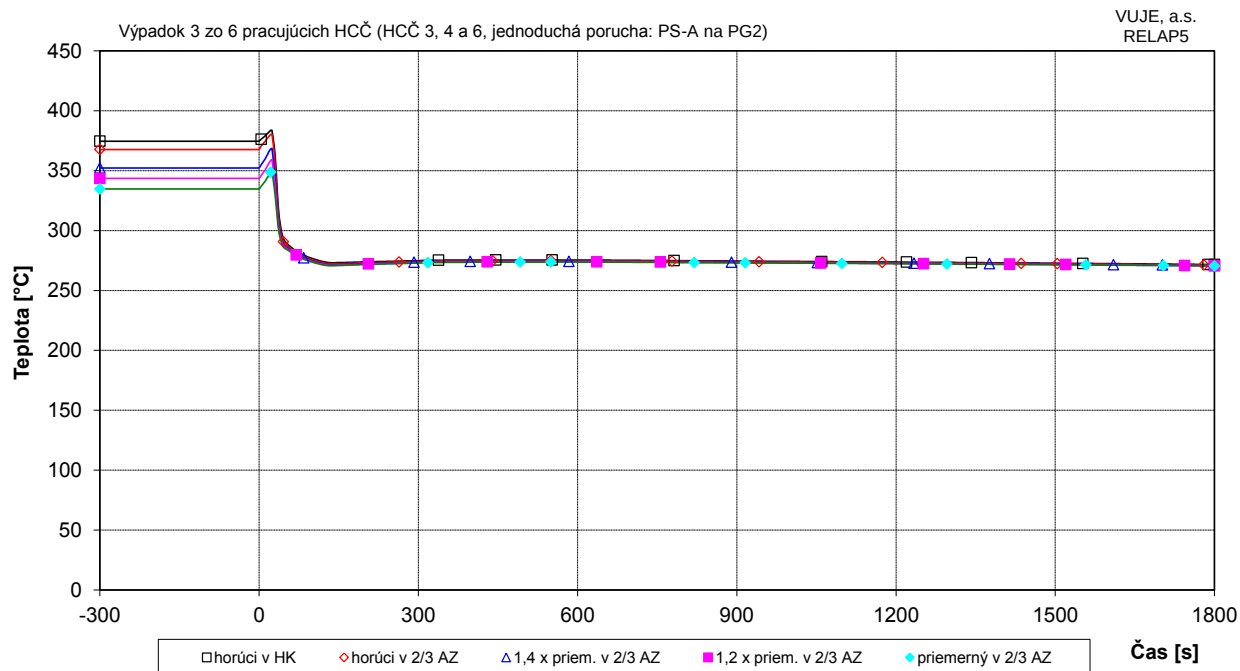
**Obr. 7.2.1.3.4-D-5: Celková hladina v KO****Obr. 7.2.1.3.4-D-6: Minimálna hodnota DNBR v AZ**



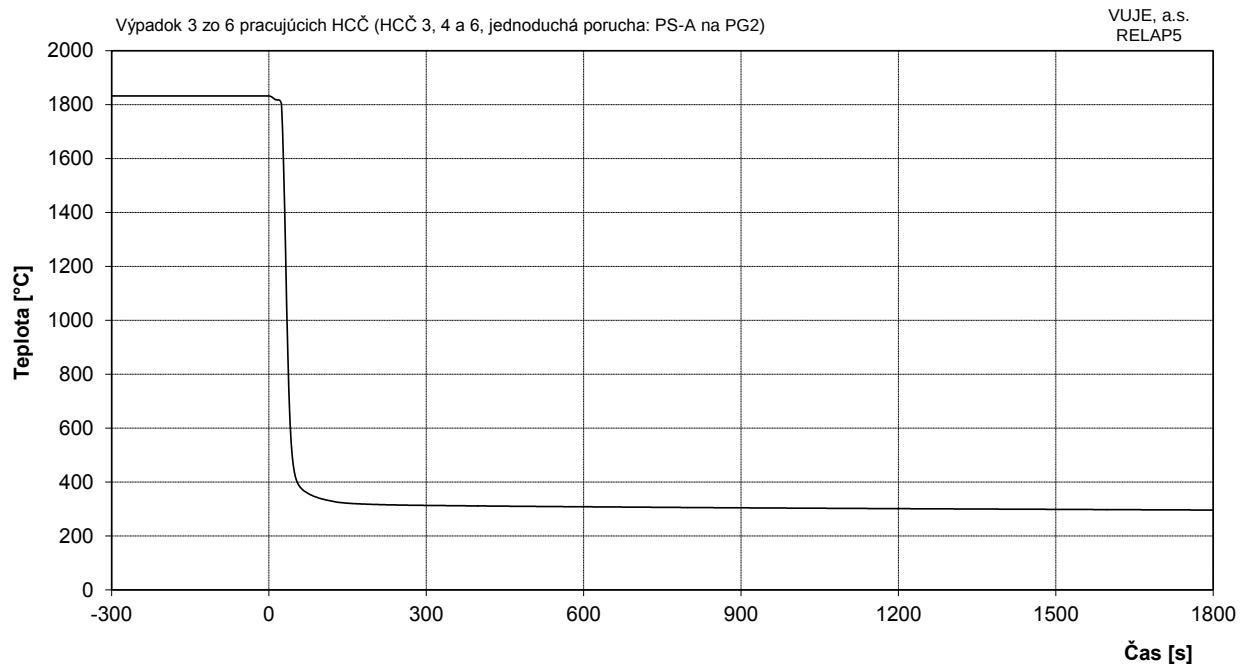
Obr. 7.2.1.3.4-D-7: Hmotnostný prietok cez reaktor



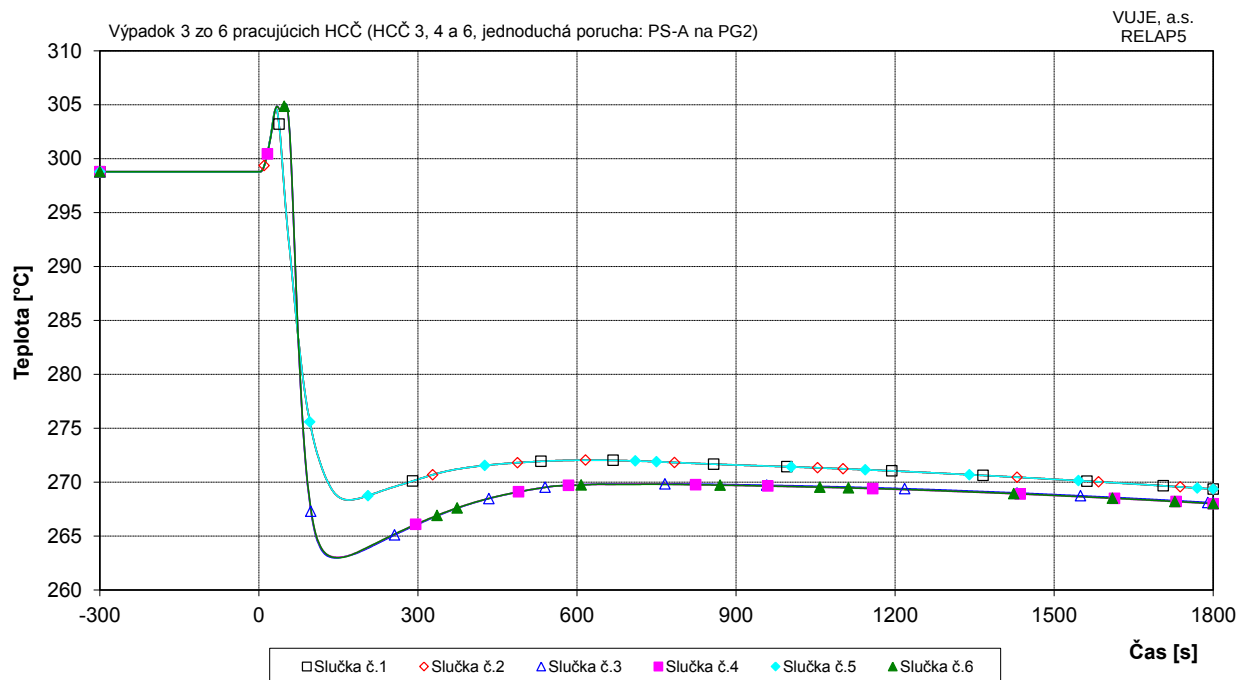
Obr. 7.2.1.3.4-D-8: Hmotnostný prietok chladiva na výstupe z TNR



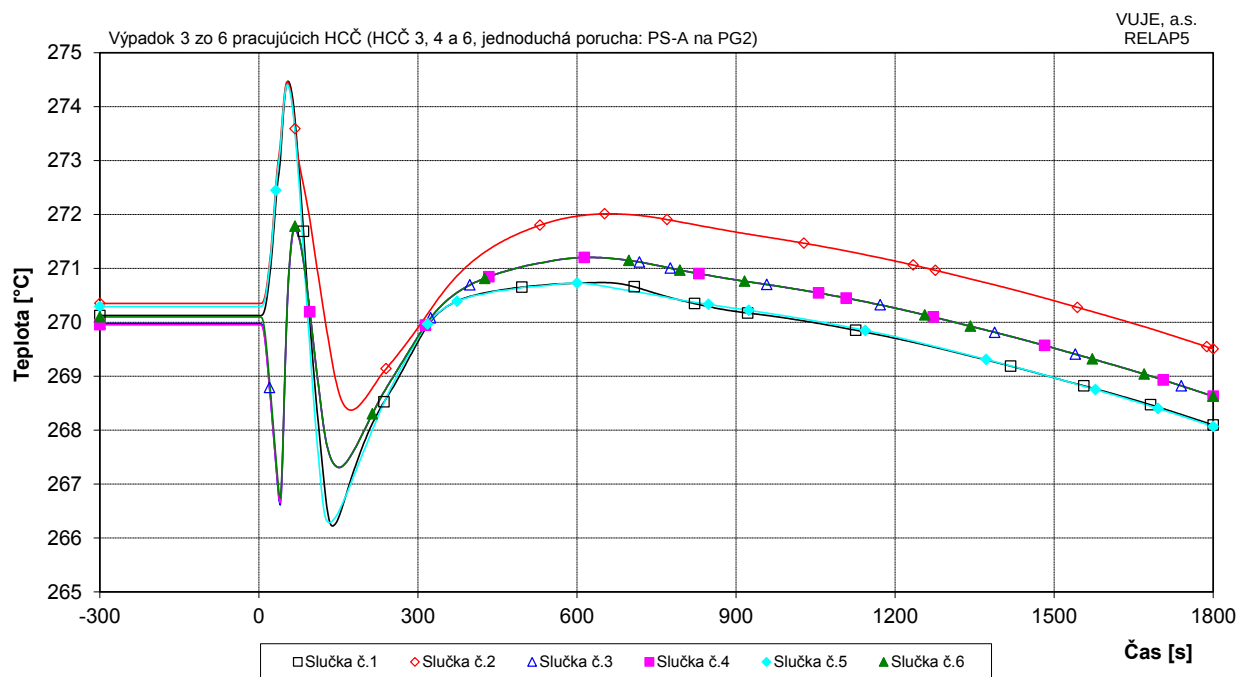
Obr. 7.2.1.3.4-D-9: Teplota pokrytia



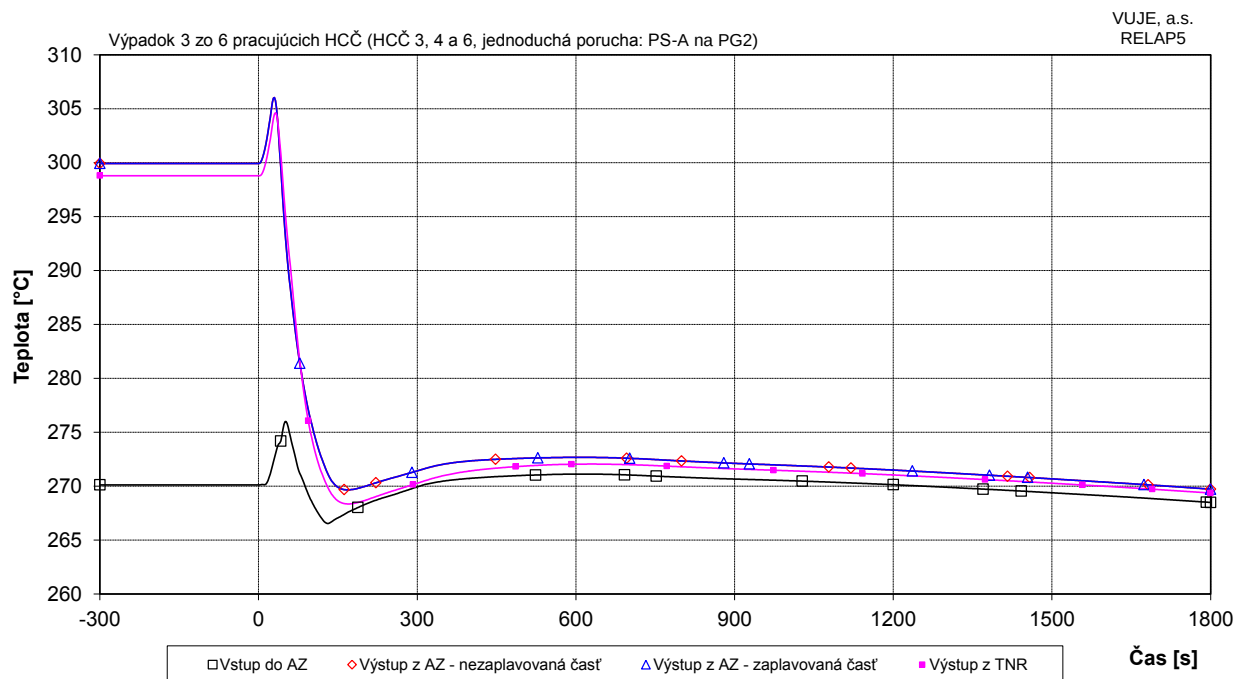
Obr. 7.2.1.3.4-D-10: Maximálna teplota paliva



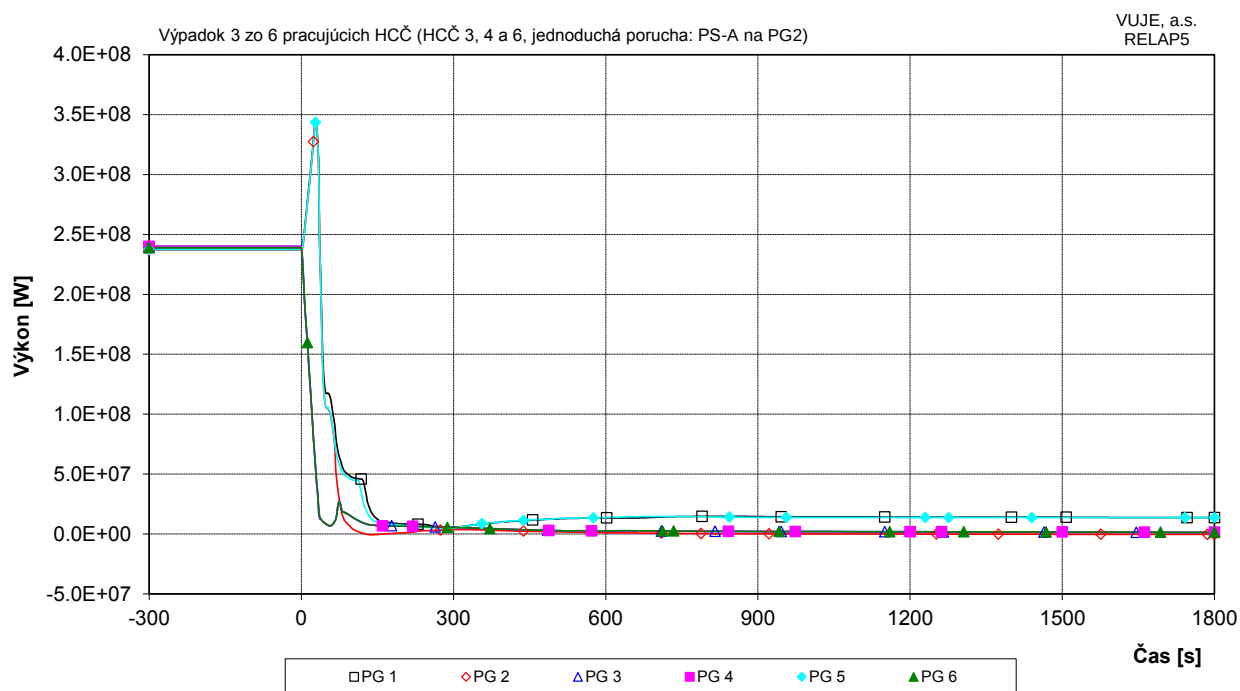
Obr. 7.2.1.3.4-D-11: Teplota chladiwa na výstupe z TNR



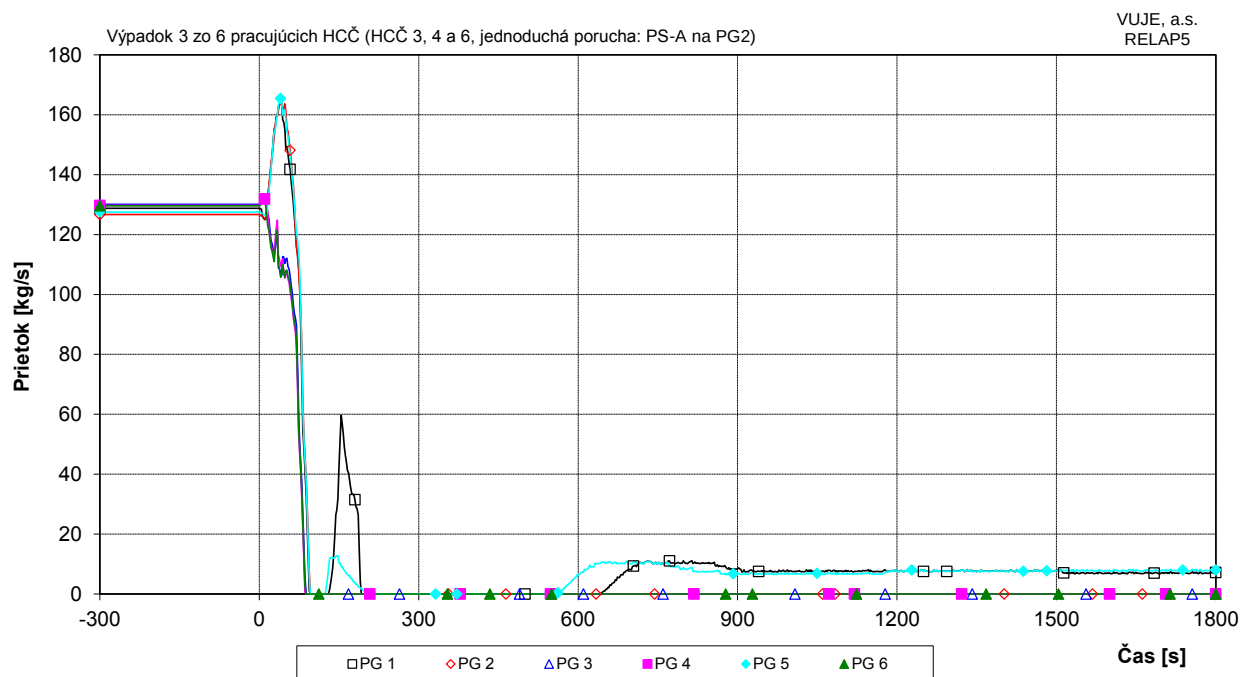
Obr. 7.2.1.3.4-D-12: Teplota chladiwa na vstupe do TNR



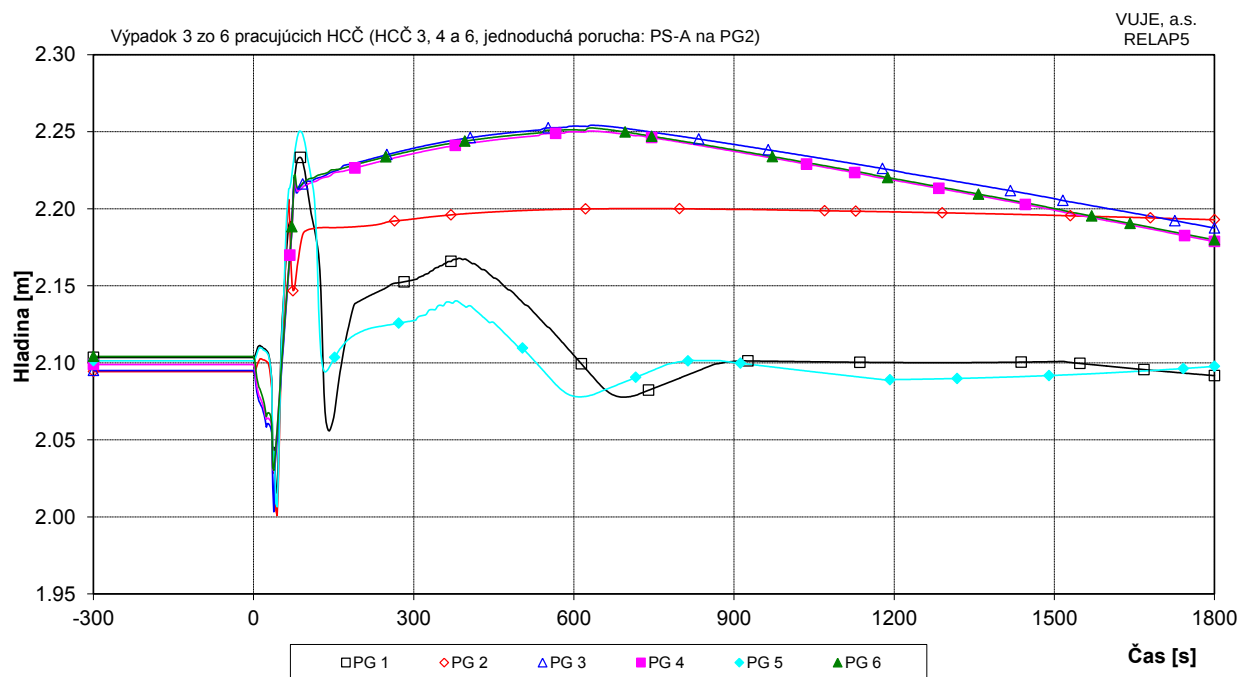
Obr. 7.2.1.3.4-D-13: Teplota chladiva v TNR



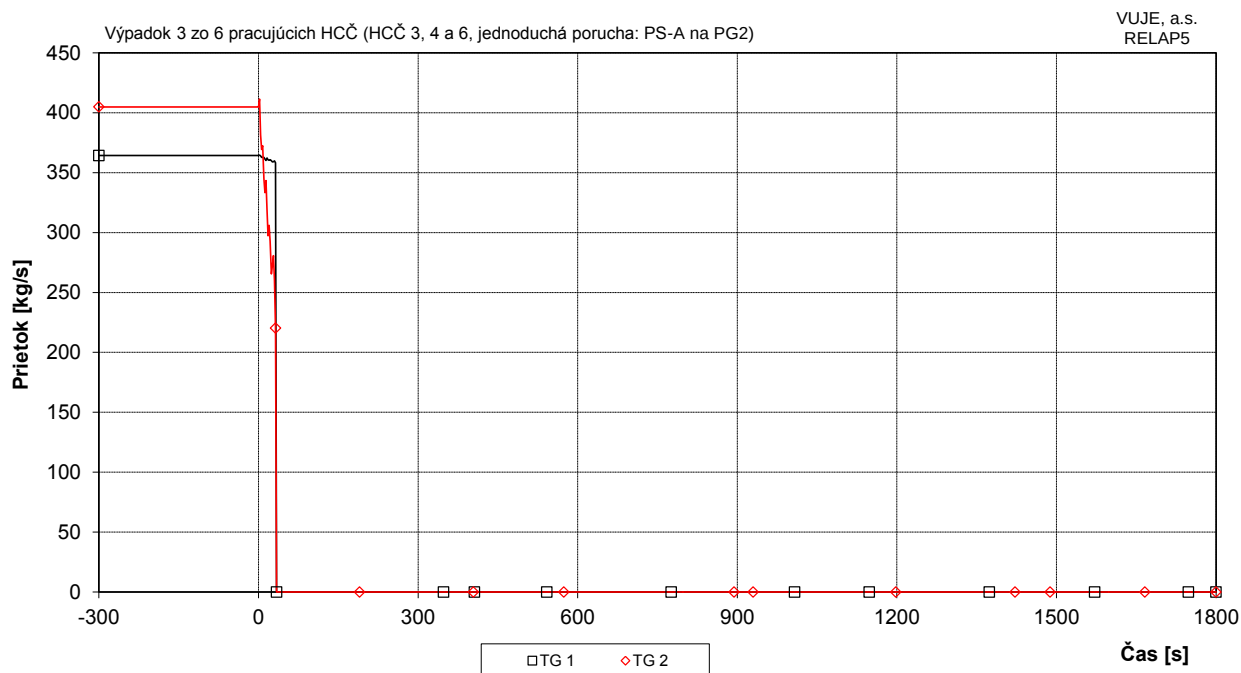
Obr. 7.2.1.3.4-D-14: Výkon PG



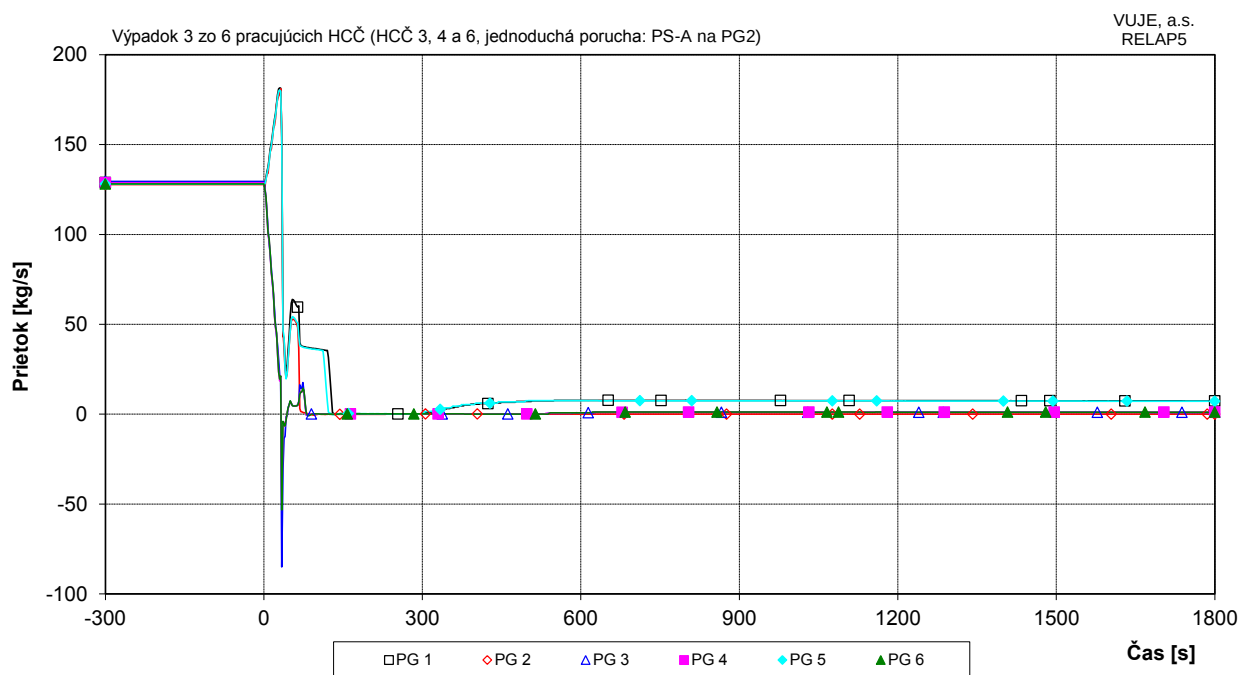
Obr. 7.2.1.3.4-D-15: Celkový prietok napájacej vody do PG



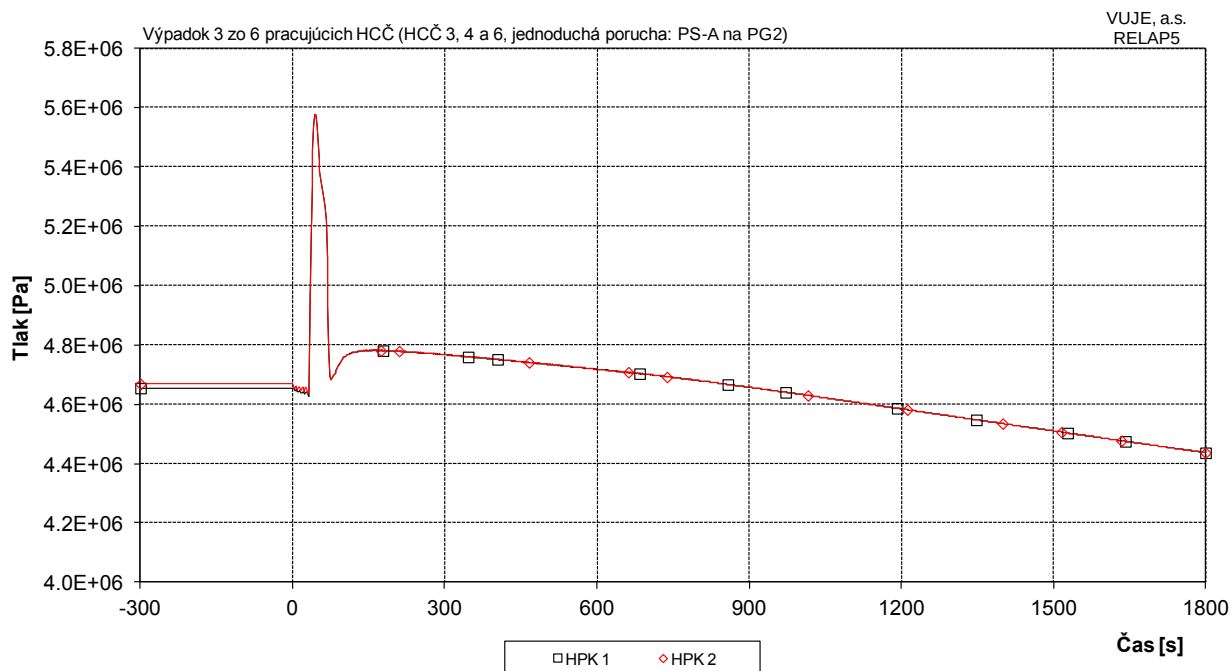
Obr. 7.2.1.3.4-D-16: Celková hladina v PG



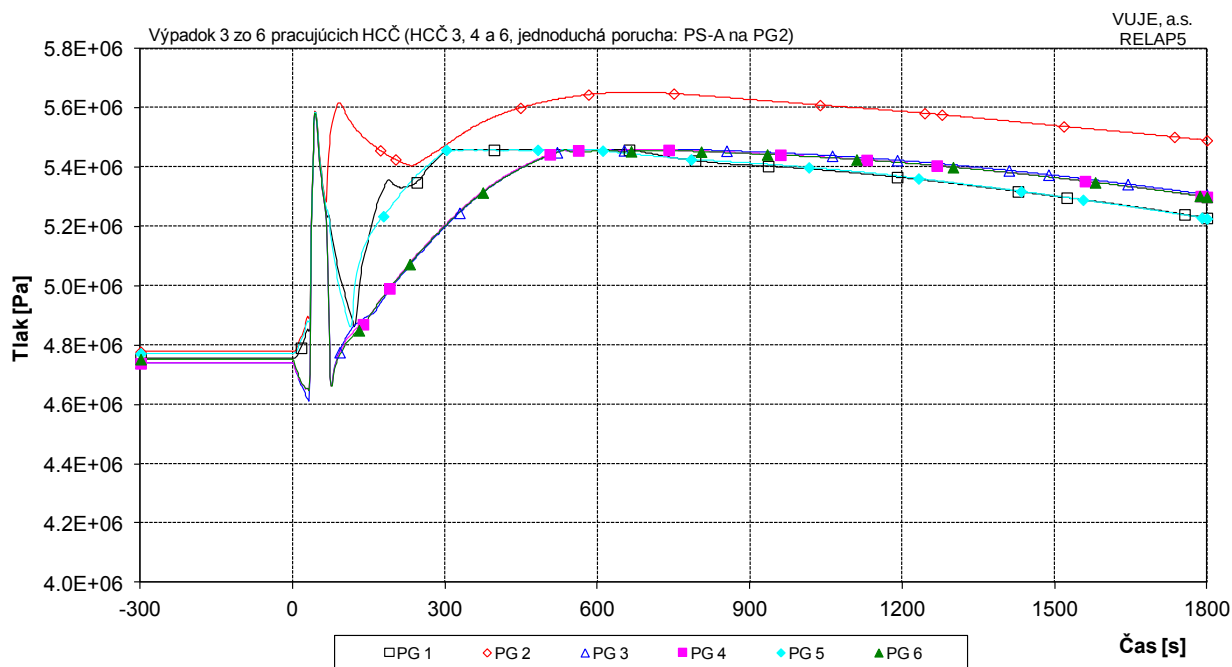
Obr. 7.2.1.3.4-D-17: Prietok pary do TG



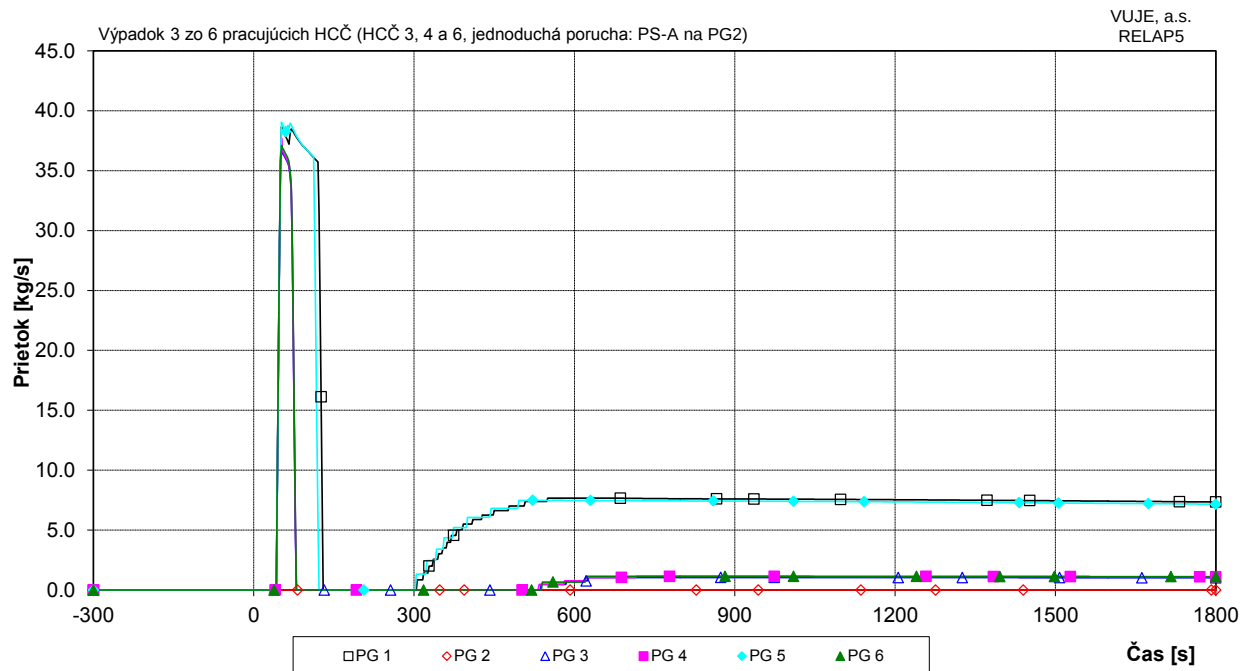
Obr. 7.2.1.3.4-D-18: Prietok pary z PG



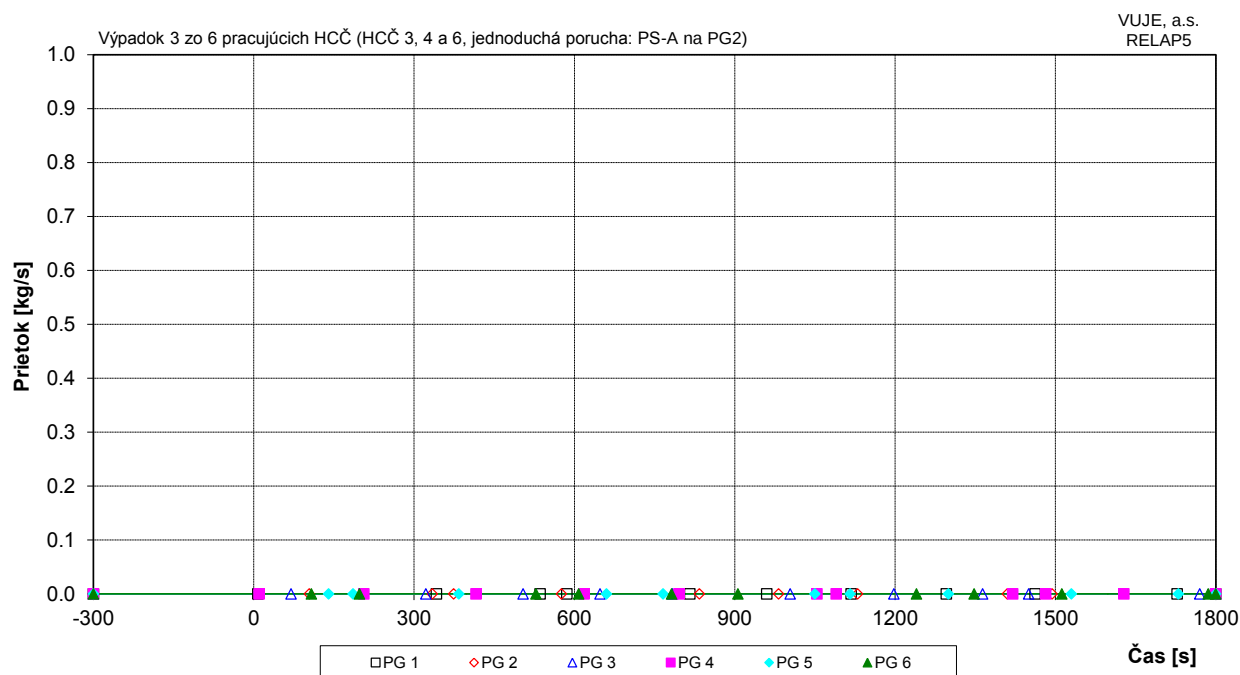
Obr. 7.2.1.3.4-D-19: Tlak v HPK



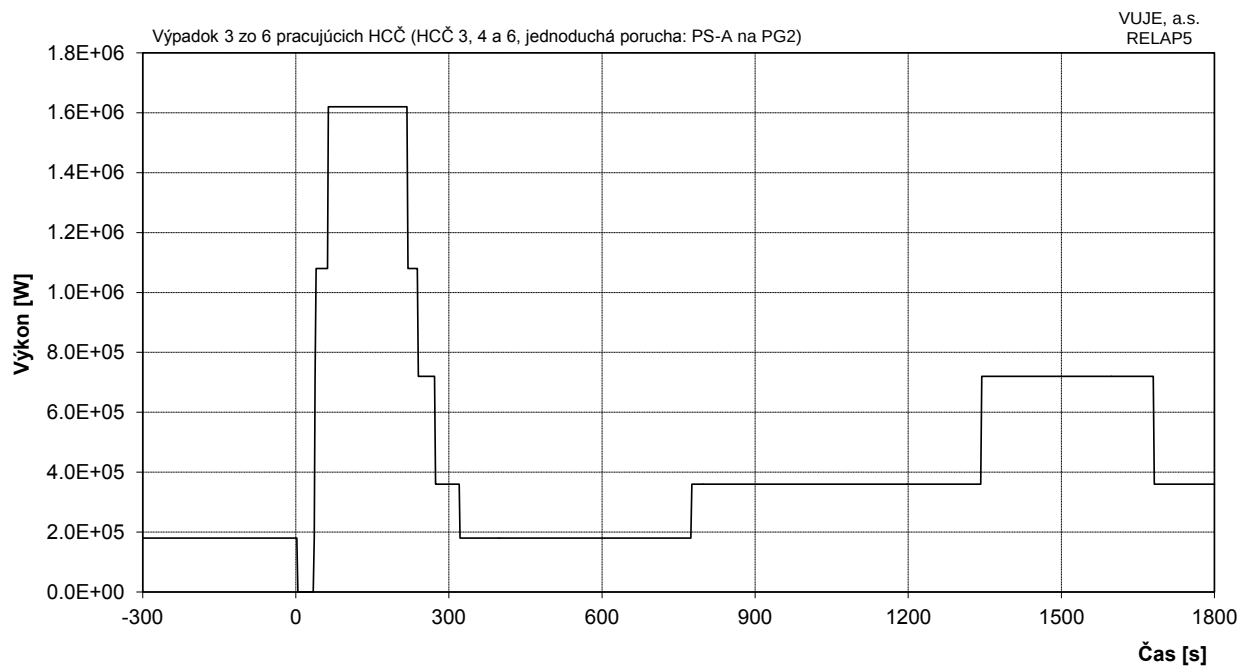
Obr. 7.2.1.3.4-D-20: Tlak na výstupe z PG



Obr. 7.2.1.3.4-D-21: Prietok pary cez PS-A na parovodoch



Obr. 7.2.1.3.4-D-22: Prietok pary cez PV1 PG

**Obr. 7.2.1.3.4-D-23: Celkový výkon EOKO**