



Centrum výzkumu Řež s.r.o.  
Projekt SUSEN

# SUSEN – Integrita AK2 SCWL a AK HTHL2

## Příloha č. 1 - Technické podmínky



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

## Obsah

1	Definice zkratk a pojmů .....	1
1.1	Definice zkratk .....	1
1.2	Definice pojmů .....	1
2	Úvod .....	1
3	Účel .....	1
4	Vlastnosti zařízení .....	2
4.1	Základní vlastnosti reaktoru LVR-15.....	2
4.2	Základní vlastnosti smyčky SCWL.....	2
4.2.1	Parametry AK2 SCWL .....	2
4.2.2	Parametry smyčky SCWL .....	2
4.3	Základní vlastnosti smyčky HTHL2.....	3
4.3.1	Parametry AK HTHL2 .....	3
4.3.2	Parametry smyčky HTHL2 .....	3
5	Předmět plnění .....	3
5.1	Kontrolní výpočet integrity AK2 SCWL a AK HTHL2 .....	3
5.2	Způsob provedení kontrolních výpočtů integrity AK .....	4
6	Podklady Zadavatele k předmětu plnění .....	4
7	Podrobnosti k prvozím režimům a zatěžovacím blokům smyčky SCWL a schémata AK smyček .....	4
8	Přílohy technických podmínek .....	10

# 1 DEFINICE ZKRATEK A POJMŮ

## 1.1 DEFINICE ZKRATEK

Zkratka	Význam
AK	Aktivní kanál
SCWL	Super Critical Water Loop (experimentální superkritická vodní smyčka)
HTHL	High Temperature Helium Loop (experimentální heliová smyčka)
LVR-15	Lehkovodní výzkumný reaktor, beztlaký, tankové typu
VZSN	Vybrané zařízení speciálně navrhované pro jaderná zařízení podle vyhl.309/2005Sb.
I.O.	Primární okruh

## 1.2 DEFINICE POJMŮ

Pojem	Význam
smyčka	Pro účely tohoto dokumentu je smyčkou nazýván uzavřený tlakový okruh pracující s určeným médiem a sloužící pro výzkumné účely.
vytěsňitel	Pro účely tohoto dokumentu se vytěsňitelem rozumí otevřená nádoba ze slitiny hliníku oddělující reaktorovou chladící vodu od povrchu AK vzduchovou mezerou

## 2 ÚVOD

Pro aktivní kanály experimentální smyčky SCWL a HTHL2 je nezbytné zpracovat kontrolní výpočty prokazující integritu těchto kanálů pro normální provozní stav i stav podstatně narušených normálních provozních podmínek. Aktivní kanály obou těchto smyček budou součástí aktivní zóny výzkumného jaderného reaktoru LVR-15. Integrita těchto aktivních kanálů, tedy souvisí s jadernou bezpečností a radiační ochranou jaderného zařízení (reaktor LVR-15). Z tohoto důvodu je nezbytné, aby kontrolní výpočty prokazující integritu AK byly provedeny odborníkem/skupinou odborníků s potřebnými zkušenostmi a znalostmi v oboru.

## 3 ÚČEL

Účelem kontrolních výpočtů, jejichž rozsah je stanoven v kapitole 5 je průkaz integrity aktivních kanálů smyčky SCWL a HTHL2 pro normální provozní stav a stav podstatně narušených normálních provozních podmínek těchto kanálů. Aktivní kanály smyčky SCWL a HTHL2 jsou zařízením ovlivňujícím jadernou bezpečnost jaderného zařízení, kterým je Výzkumný reaktor LVR-15. Aktivní kanály smyčky SCWL a HTHL2 jsou klasifikovány jako vybraná zařízení speciálně navrhovaná podle vyhlášky 309/2005Sb. ve znění pozdějších předpisů a zařazeny do bezpečnostní třídy 2 podle vyhlášky 132/2008Sb.

## 4 VLASTNOSTI ZAŘÍZENÍ

### 4.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI REAKTORU LVR-15

Výzkumný reaktor LVR-15 je heterogenní reaktor tankového typu s jaderným palivem IRT-4M, obohaceným na 19,7 % izotopem  $^{235}\text{U}$ . Štěpná řetězová reakce se realizuje prostřednictvím tepelných neutronů. Moderátorem i chladivem je demineralizovaná voda.

- Tepelný výkon reaktoru: 10 MWt
- Hustota toku tepelných neutronů:  
maximální v aktivní zóně:  $2.1018 \text{ n}/(\text{m}^2\text{s})$   
průměrná v aktivní zóně:  $1.1018 \text{ n}/(\text{m}^2\text{s})$
- Hustoty toku rychlých neutronů ( $E > 0,625 \text{ MeV}$ ):  
v palivu: max.  $3,2 \cdot 10^{18} \text{ n}/(\text{m}^2\text{s})$   
na periferii aktivní zóny: max.  $1,2 \cdot 10^{18} \text{ n}/(\text{m}^2\text{s})$
- Vstupní / výstupní teplota chladiva:  $45^\circ\text{C} / 51^\circ\text{C}$

### 4.2 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SMYČKY SCWL

#### 4.2.1 PARAMETRY AK2 SCWL

##### 4.2.1.1 NORMÁLNÍ PROVOZNÍ PODMÍNKY

- |   |  |
|---|--|
| - Pracovní přetlak  | 25 MPa   |
| - Výpočtový tlak = nejvyšší pracovní přetlak  | 32 MPa   |
| - Zkušební tlak   | 50 MPa   |
| - Jmenovitý průtok vody kolem vnitřní stěny části tlakové obálky AK umístěné v aktivní zóně reaktoru LVR-15 | 200 kg/h   |
| - Výpočtová teplota tlakové obálky AK za normálních prov. podm.   | $450^\circ\text{C}$                              |
| - Životnost AK  | 10 000 hodin                                     |
| - Tok rychlých neutronů s energií $> 0,5 \text{ MeV}$ v pozici AK2 SCWL                                     | $3 \cdot 10^{17} \text{ n}/(\text{m}^2\text{s})$ |

##### 4.2.1.2 PODSTATNÉ NARUŠENÍ NORMÁLNÍCH PROVOZNÍCH PODMÍNEK

- |   |                     |
|---|---------------------|
| - Výpočtový tlak při podstatném narušení norm. prov. podm.  | 32 MPa              |
| - Výpočtová teplota tlakové obálky AK při podstatném narušení normálních provozních podmínek      | $600^\circ\text{C}$ |
| - průtok vody kolem vnitřní stěny části tlakové obálky AK umístěné v aktivní zóně reaktoru LVR-15 | 0 kg/h              |

#### 4.2.2 PARAMETRY SMYČKY SCWL

- |  |          |
|--|----------|
| - Pracovní přetlak v I.O.                                  | 25 MPa   |
| - Výpočtový tlak v I.O. = nejvyšší pracovní přetlak v I.O. | 32 MPa   |
| - Zkušební tlak I.O.                                       | 59,5 MPa |
| - Jmenovitý průtok vody v I.O.                             | 200 kg/h |

- Výpočtová teplota I.O. za normálních prov. podm.  
a při podstatném narušení normálních provozních podmínek 450°C

## 4.3 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SMYČKY HTHL2

### 4.3.1 PARAMETRY AK HTHL2

#### 4.3.1.1 NORMÁLNÍ PROVOZNÍ PODMÍNKY

- Pracovní přetlak 9 MPa
- Výpočtový tlak = nejvyšší pracovní přetlak 10 MPa
- Zkušební tlak 16,7 MPa
- Jmenovitý průtok He kolem vnitřní stěny části tlakové obálky AK umístěné v aktivní zóně reaktoru LVR-15 0,0105 kg/s
- Výpočtová teplota tlakové obálky AK za normálních prov. podm. 433°C
- Životnost AK 10 000 hodin
- Tok rychlých neutronů s energií > 0,5 MeV v poz. AK2 HTHL2  $3 \cdot 10^{17}$  n/(m<sup>2</sup>s)

#### 4.3.1.2 PODSTATNÉ NARUŠENÍ NORMÁLNÍCH PROVOZNÍCH PODMÍNEK

- Výpočtový tlak při podstatném narušení norm. prov. podm. 10 MPa
- Výpočtová teplota tlakové obálky AK při podstatném narušení normálních provozních podmínek 500°C
- průtok He kolem vnitřní stěny části tlakové obálky AK umístěné v aktivní zóně reaktoru LVR-15 0 kg/h

### 4.3.2 PARAMETRY SMYČKY HTHL2

Primární okruh smyčky HTHL2 je tvořen aktivním kanálem smyčky

## 5 PŘEDMĚT PLNĚNÍ

Předmětem plnění je provedení kontrolních výpočtů integrity kanálů AK2 SCWL a AK HTHL2.

### 5.1 KONTROLNÍ VÝPOČET INTEGRITY AK2 SCWL A AK HTHL2

Kontrolní výpočty integrity aktivních kanálů obou smyček se budou skládat z těchto bodů:

- 1) Kontrolní výpočet pevnosti při cyklickém zatížení
- 2) Kontrolní výpočet pevnosti proti náhlému (nestabilnímu) porušení
- 3) Kontrolní výpočet při vibracích
- 4) Kontrolní výpočet na stabilitu – posouzení opisem
- 5) Kontrolní výpočet pevnosti při seismických účincích – posouzení opisem
- 6) Posouzení stability postulované obvodové průchozí trhliny o průřezu 5 mm<sup>2</sup> a vyhodnocení pravděpodobnosti iniciace a růstu postulované obvodové průchozí trhliny.

- 7) Posouzení tranzientní dynamické odezvy vytěsnitele na výtok média postulovanou obvodovou průchozí trhlinou (zhodnocení napjatosti vytěsnitele od vnitřního přetlaku a dynamického zatížení při zvýšené teplotě)

## **5.2 ZPŮSOB PROVEDENÍ KONTROLNÍCH VÝPOČTŮ INTEGRITY AK**

Vzhledem k oblasti použitelnosti NTD A.S.I., může Dodavatel při zpracování kontrolních výpočtů integrity aktivních kanálů podle bodů 1),2),3),4),5) použít kromě NTD A.S.I. i ostatní české, nebo zahraniční technické normy, nebo ostatní postupy a informace založené na současném stavu vědy a techniky.

Body 4) a 5) lze navíc posoudit kromě výpočetních metod pouze opisem vylučujícím ztrátu stability aktivních kanálů a nahrazujícím kontrolu na pevnost aktivních kanálů při seismicitě 5,0° MSK-64.

Způsob provedení posouzení bodu 6) je metoda KWU/MPA a zároveň metoda R6. Vzhledem k rozsahu použitelnosti zmíněných metod (poměr  $R/t$  je u obou posuzovaných aktivních kanálů menší než 10) je navíc nutné vyhodnotit pravděpodobnost iniciace a růstu postulované průchozí obvodové trhliny pro obě metody.

Způsob provedení posouzení bodu 7) je analýza tranzientního děje s vyhodnocením namáhání vibracemi a vnitřním přetlakem s uvažováním zvýšené teploty vytěsnitele. Pro tuto analýzu Zadavatel poskytne výtok média postulovanou obvodovou průchozí trhlinou ve formě časového průběhu tlaku uvnitř vytěsnitele a to minimálně ve třech řezech po výšce vytěsnitele.

Všechny body kontrolních výpočtů integrity aktivních kanálů budou zpracovány pro normální provozní podmínky uvedené v kapitole 4, kromě bodu 6), který bude zpracován pro podstatné narušení normálních provozních podmínek.

## **6 PODKLADY ZADAVATELE K PŘEDMĚTU PLNĚNÍ**

Podklady pro provedení kontrolních výpočtů integrity kanálů AK2 SCWL a AK HTHL2 jsou uvedeny v příloze tohoto dokumentu. Ty podklady, které nejsou v příloze uvedeny a budou nezbytné pro plnění Dodavatele, předá Zadavatel Dodavateli na vyžádání.

## **7 PODROBNOSTI K PRVOZÍM ŘEŽIMŮM A ZATĚŽOVACÍM BLOKŮM SMYČKY SCWL A SCHÉMATA AK SMYČEK**

## Provozní režimy smyčky SCWL

Prov. podm.	Režim	popis
Normální provozní podmínky	N1	Příprava smyčky
	N2	Zapnutí HCČ (v I.O. 200kg/h)
	N3	Ohřev primárního média (gradient 50°C/h do 300°C, dále 20°C/h)
	N4	Jmenovité provozní parametry v I.O. (390°C, 25 Mpa, 200 kg/h)
	N5	Ohřev primárního média v AK (gradient 50°C/h)
	N6	Jmenovité provozní parametry v prostoru pro vzorky uvnitř AK (600°C, 25MPa, 100kg/h)
	N7	Pokles teploty primárního média v AK (gradient 50°C/h)
	N8	Pokles teploty primárního média v I.O. (gradient 20°C/h do 300°C, dále 50°C/h)
	N9	Vypnutí HCČ
	N10	Snížení tlaku v I.O. (na přetlak 0 Mpa)
	N11	Najíždění reaktoru na jmenovitý výkon (nominální výkon dosažen za 10 minut)
	N12	Odstavování reaktoru z nominálního výkonu (odstaveno za 10 minut)
Tlakové zkoušky	Z1	Zvyšování tlaku v I.O. při těsnostní zkoušce (zvyšování z 0 MPa na tlak 25 MPa, gradient 2 MPa/min)
	Z2	Snížování tlaku v I.O. při těsnostní zkoušce (snížení na 12 MPa, gradient 2 MPa/min)
	Z3	Snížování tlaku v I.O. při těsnostní zkoušce (netěsnost, snížení na 0 MPa, gradient 2 MPa/min)
	Z4	Zvyšování tlaku v I.O. při tlakové zkoušce (zvýšení na 50 MPa, gradient 2 MPa/min)
	Z5	Snížování tlaku v I.O. při tlakové zkoušce (snížení na 0 MPa, gradient 2 MPa/min)
Abnormální provozní podmínky	A1	Krátkodobý výpadek napájení smyčky (SKŘ, HCČ a ostatní čerpadla běží, výpadek topení v I.O. a AK)
	A2	Krátkodobý výpadek napájení smyčky a reaktoru (reaktor odstaven, HCČ a ostatní čerpadla běží po 1 min vypnuty operátorem, smyčka chladne svévolně)
	A3	Dlouhodobý výpadek napájení smyčky (reaktor odstaven, HCČ a ostatní čerpadla běží po 1 min vypnuty operátorem, smyčka chladne svévolně)

<b>Podstatné porušení norm. prov. podm.</b>	A4	Porucha EO-AK (náhlý výpadek EO-AK)
	A5	Porucha EO-1 (náhlý výpadek EO-1)
	P1	Únik primárního média (tlaková obálka AK dosáhne 600°C, odstavení smyčky a reaktoru, smyčka chladne bez média svévolně)
	P2	Výpadek HCČ (tlaková obálka AK dosáhne 600°C, odstavení smyčky a reaktoru, smyčka chladne svévolně)
	P3	Závažná porucha těsnosti vestavby AK (tlaková obálka AK dosáhne 600°C, odstavení smyčky a reaktoru, smyčka chladne svévolně)

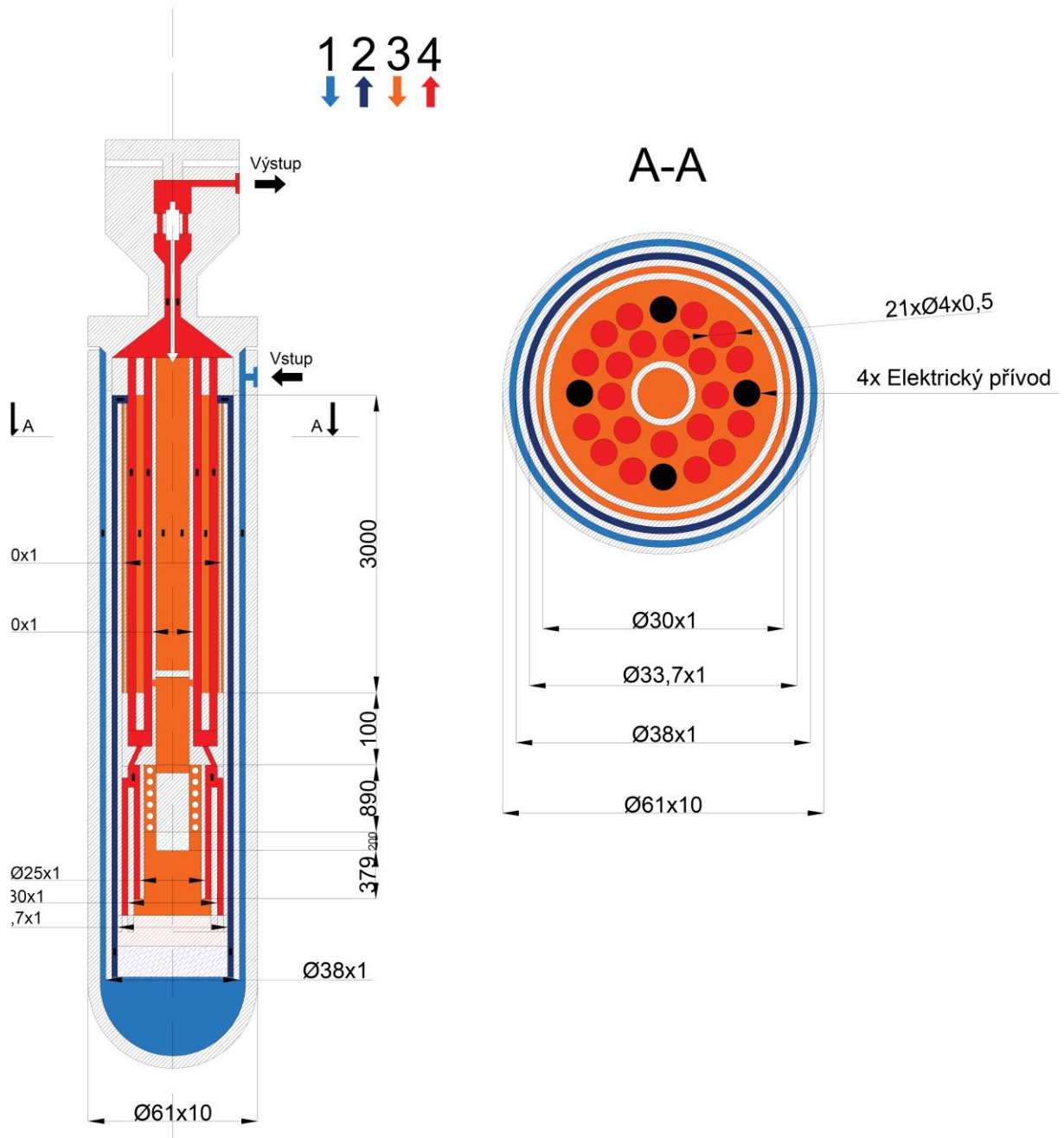
## Zatěžovací bloky smyčky SCWL

číslo bloku	popis	počet opakování (za 10 000 hod)	sled pracovních režimů
1	Normální provoz (1000 hod na jmenovitých parametrech)	5	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,{N11,N12}x16, N7,N8,N9,N10
2	Provoz bez dosažení jmenovitých parametrů v AK	5	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N12,N8,N9,N10
3	Tlaková zkouška	1	Z4, Z5
4	Provoz na jmenovitých parametrech + krátkodobý výpadek napájení smyčky	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,{N11,N12}x10,A1, N3,N4,N5,N6,{N11,N12}x6,N7,N8,N9,N10
5	Provoz na jmenovitých parametrech + krátkodobý výpadek napájení reaktoru	2	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,{N11,N12}x17, N7,N8,N9,N10
6	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen dlouhodobým výpadkem napájení reaktoru	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,{N11,N12}x5, N7,N8,N9,N10
7	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen krátkodobým výpadkem napájení smyčky a reaktoru	2	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,{N11,N12}x5, A2,N10

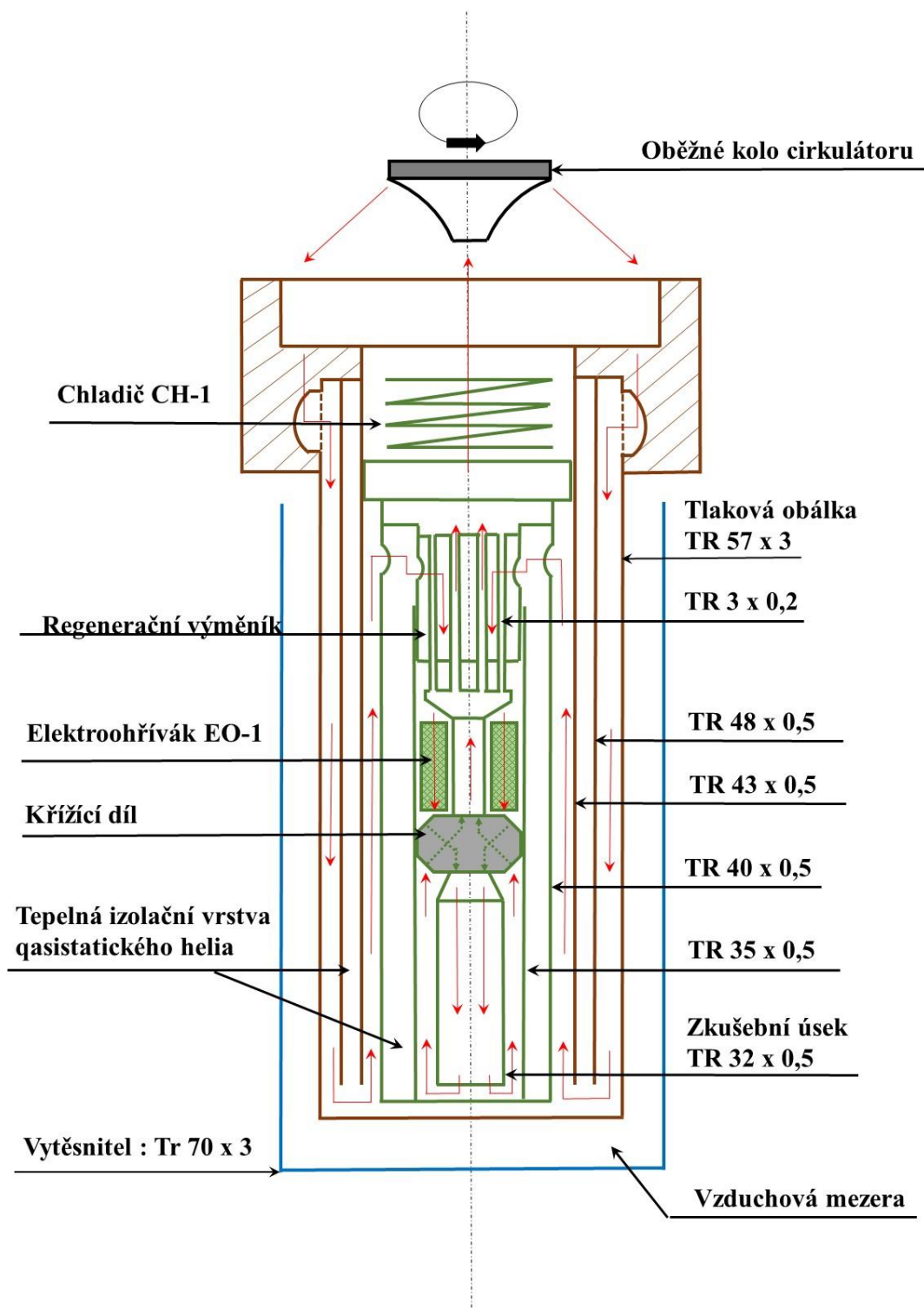


8	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen dlouhodobý výpadkem napájení smyčky	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,{N11,N12}x5,A3,N10
9	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen poruchou EO-AK	2	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,A4,N7,N8,N9,N10
10	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen poruchou EO-1	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,A5,N7,N8,N9,N10
12	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen malým únikem primárního média	3	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,N12,N7,N8,N9,N10
13	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen únikem primárního média	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,P1,N10
14	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen výpadkem HCČ	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,P2,N10
15	Provoz na jmenovitých parametrech ukončen závažnou poruchou těsnosti vestavby AK	1	N1,Z1,Z3,Z1,Z2,N2,N3,N4,N5,N11,N6,P3,N10

## Schéma AK2 SCWL



## Schéma AK HTHL2



## 8 PŘÍLOHY TECHNICKÝCH PODMÍNEK

- Příloha č. 1 – Náčrty aktivního kanálu s hlavou HTHL 3
- Příloha č. 2 – Sestava kanálu SCWL2
- Příloha č. 3 – Výpočtová zpráva aktivního kanálu smyčky HTHL
- Příloha č. 4 – Zpráva o výpočtech pevnosti tlakové obálky aktivního kanálu 2 smyčky SCWL

Tyto přílohy nejsou součástí tištěné dokumentace. Pro potřeby přípravy nabídky do výběrového řízení jsou k dispozici na profilu zadavatele dohromady zabaleny v ZIP souboru:

<https://www.vhodne-uverejneni.cz/profil/26722445>.

Ke smlouvě mezi Zadavatelem a vybraným dodavatelem z řád účastníků výběrového řízení budou přílohy technických podmínek přiloženy na CD/DVD/flashdisku ve formátu PDF.