



**Tato prezentace je určena pouze pro
studijní účely studentům Fakulty
elektrotechnické Západočeské
univerzity v Plzni předmětu KEE/JE a
její jakékoliv jiné použití a šíření je
nepřípustné!!!**



PRIMÁRNÍ ČÁST JE VVER 1000

VÁCLAV RŮŽIČKA

ČEZ, a.s.

JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN

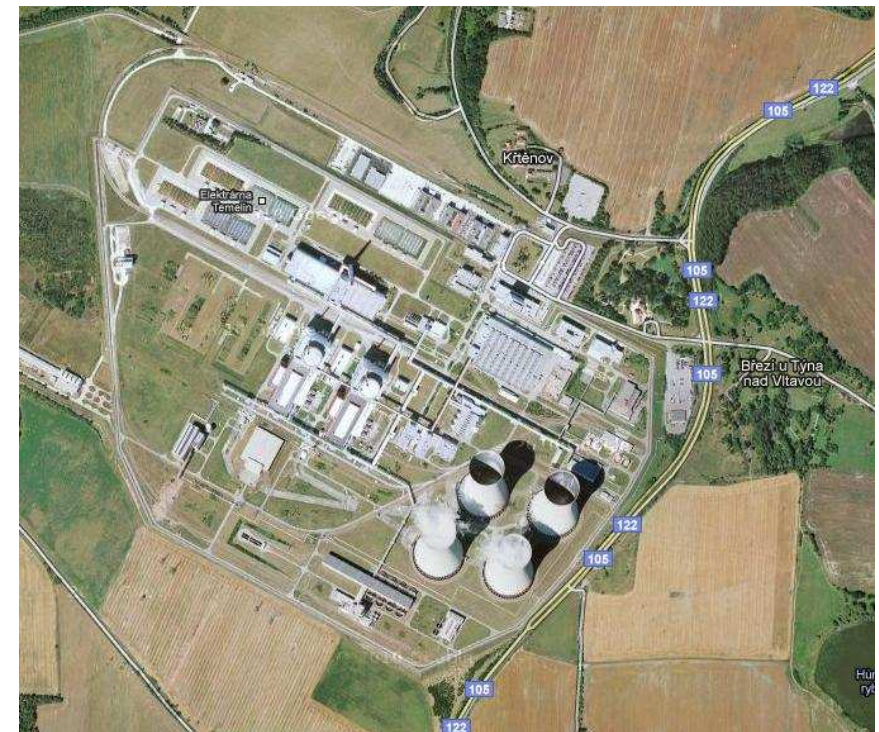
FEL ZČU v PLZNI 6. 10. 2011



- 6.10.2011 - Primární část JE VVER 1000 (V. Růžička)
- 13.10.2011 - Sekundární část JE VVER 1000 (O. Trubka)
- 20.10.2011 - Elektrická část JE VVER 1000 (O. Trubka)
- 27.10.2011 - Provoz JE VVER 1000 (V. Růžička)



- 2 HVB
- Tlakovodní reaktory VVER 1000 v320
- Investiční záměr vydán v roce 1979 – 4 HVB
- Po roce 1989 projekt zredukován na 2 HVB
- Stavba provozních objektů 1987 – 2000
- 1. palivo zavezeno v červenci 2000
- Spuštění HVB 1 20.12.2000



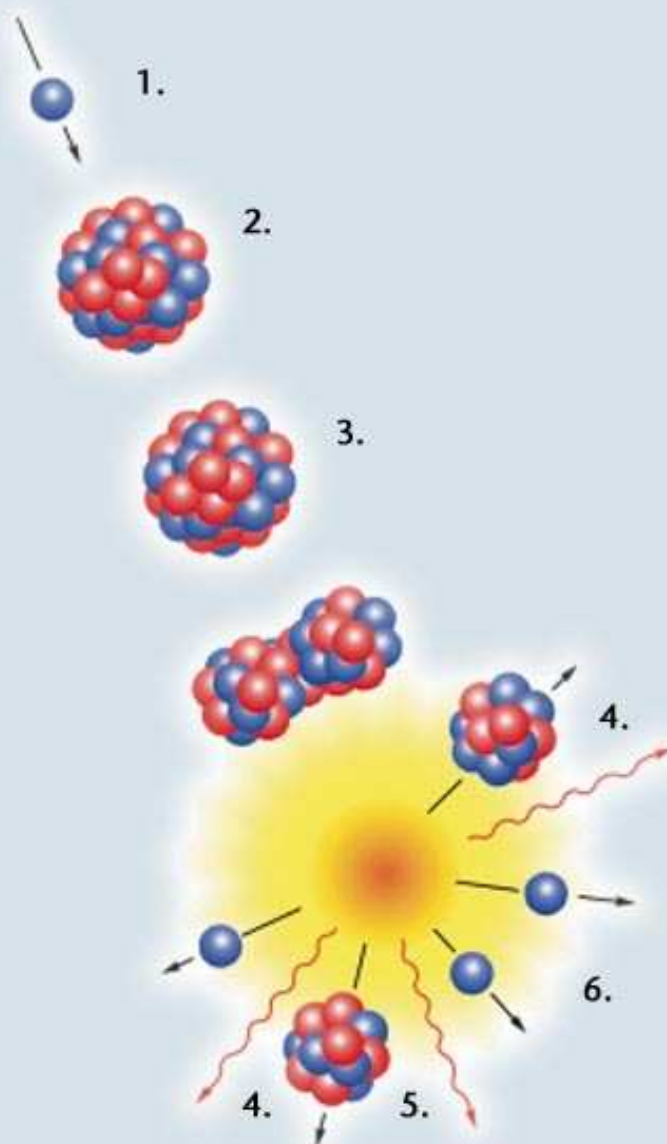


Základní části primárního okruhu



ZÁKLADY JADERNÉ FYZIKY

Štěpení uranu



1. Pomalý neutron

2. Mateřské jádro



3. Vybuzené jádro

vysoce nestabilní



4. Dva dceřiné produkty

5. Elektromagnetické záření

6. 2-3 rychlé neutrony

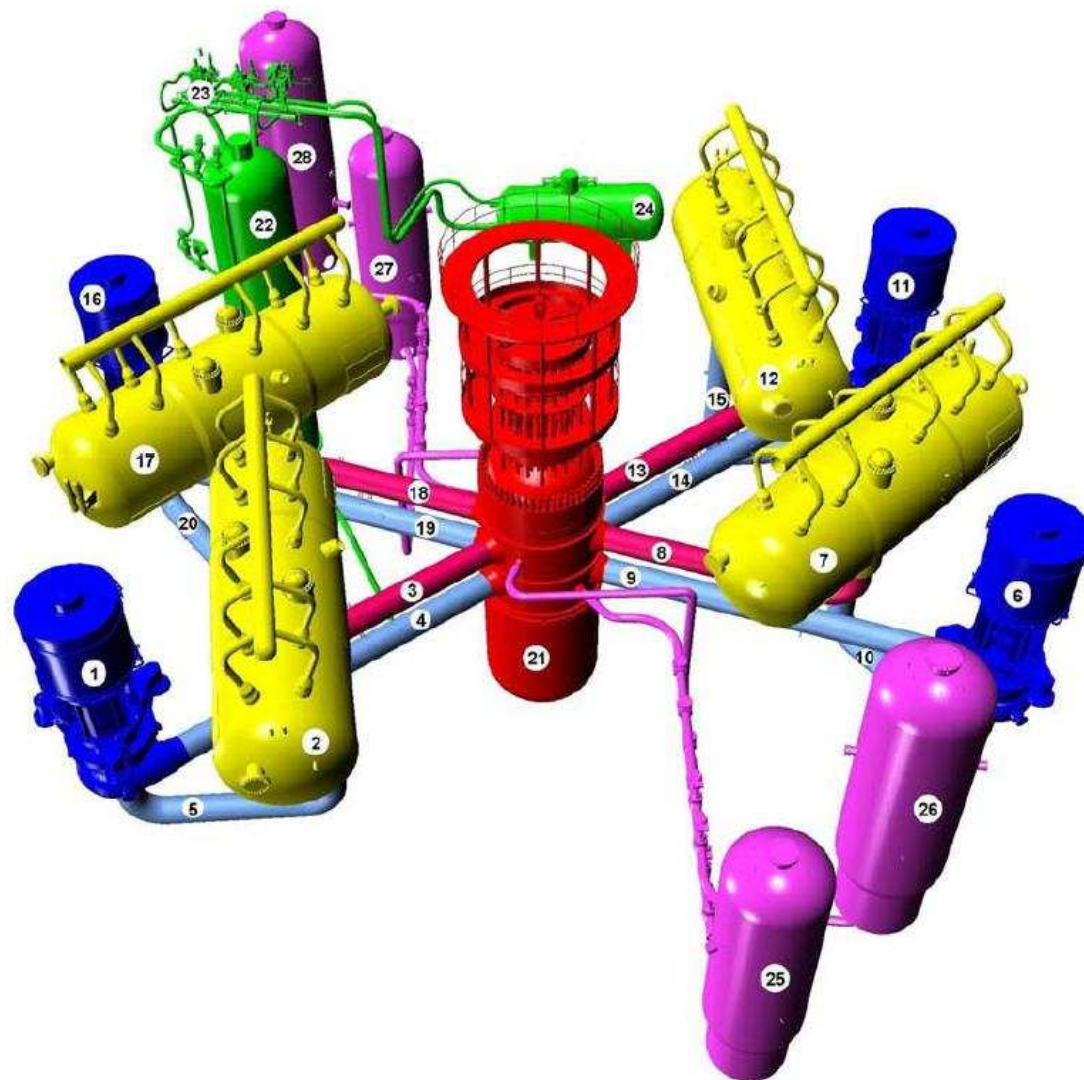


Základní části primárního okruhu

- Jaderný reaktor
- Jaderné palivo
- Hlavní cirkulační potrubí
- Hlavní cirkulační čerpadla
- Parogenerátory
- Systém kompenzace objemu

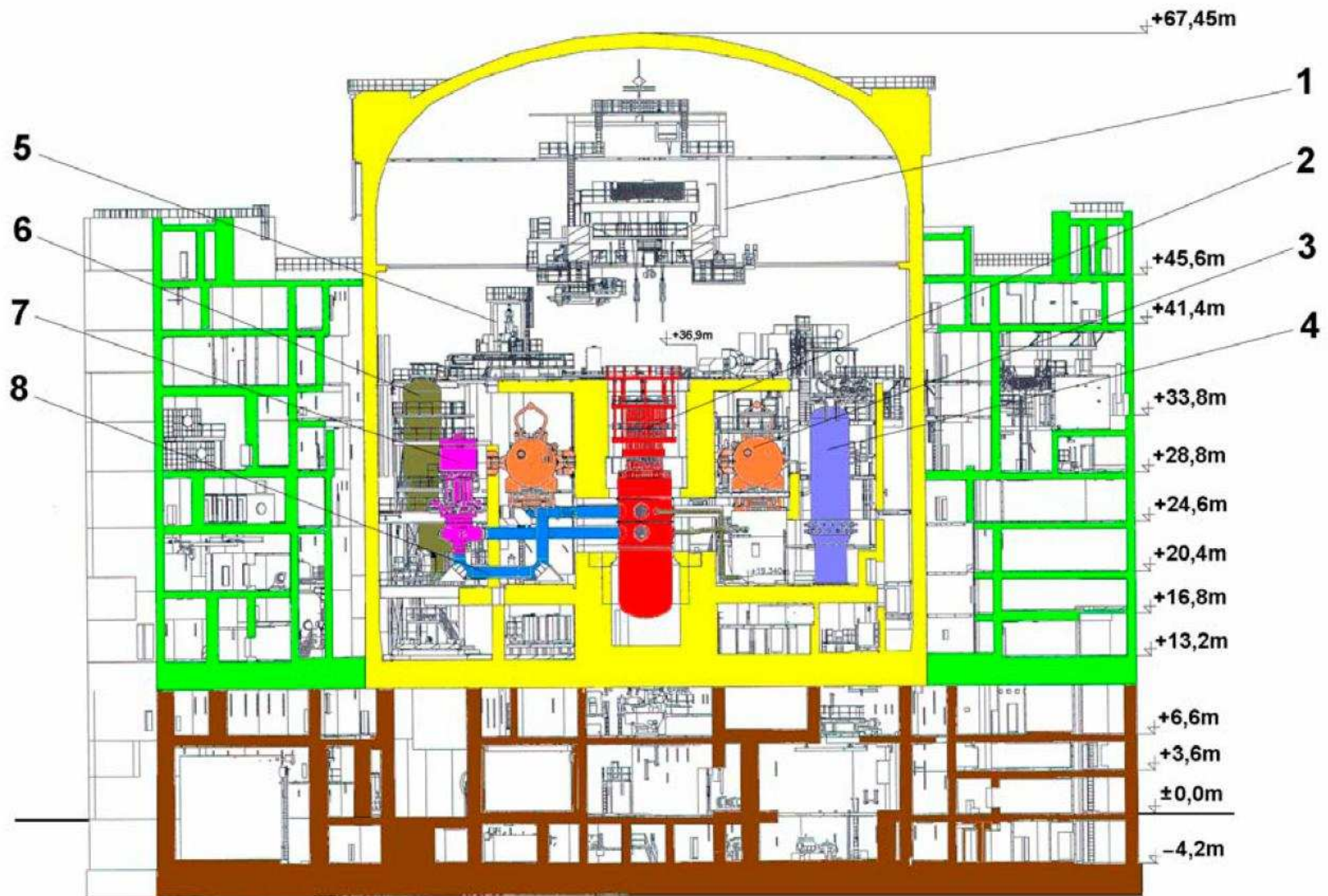


Základní části primárního okruhu





Základní části primárního okruhu





Reaktor VVER 1000 typ V320

- Tlakovodní energetický reaktor
- 4 paralelní chladicí smyčky
- Palivo – mírně obohacený uran ^{235}U
- Moderátor demi-voda
- Kampaňovitá výměna paliva



Hlavní části reaktoru:

- Tlaková nádoba reaktoru
- Horní blok
- Vnitřní vestavby
- Aktivní zóna



Tlaková nádoba reaktoru

- Zabezpečuje bezpečný provoz při vysokých parametrech chladiwa I.O.
- Třetí bariéra proti úniků RA látek
- Části TNR – těleso a víko TNR, uzel těsnění, uzel schránek pro svědečné vzorky

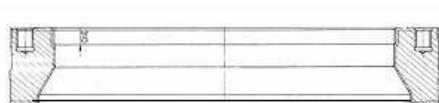
Parametry

- | | |
|-----------------|-------------------|
| • Výška | 10897mm |
| • Vnější průměr | 4500mm |
| • Tloušťka | 192,5mm |
| • Vnitřní objem | 133m ³ |
| • Hmotnost | 321t |
| • Materiál | 15CH2NMFA |

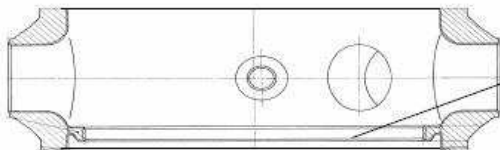


Tlaková nádoba reaktoru

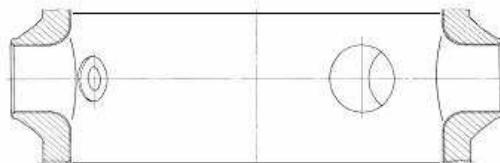
Přírubový prstenec



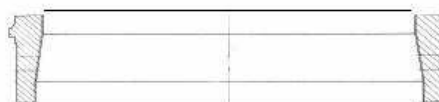
Horní hrdlový prstenec



Dolní hrdlový prstenec



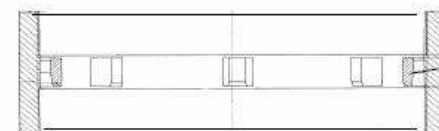
Opěrný prstenec



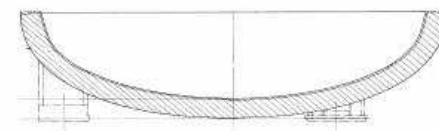
Dlouhý hladký prstenec



Krátký hladký prstenec



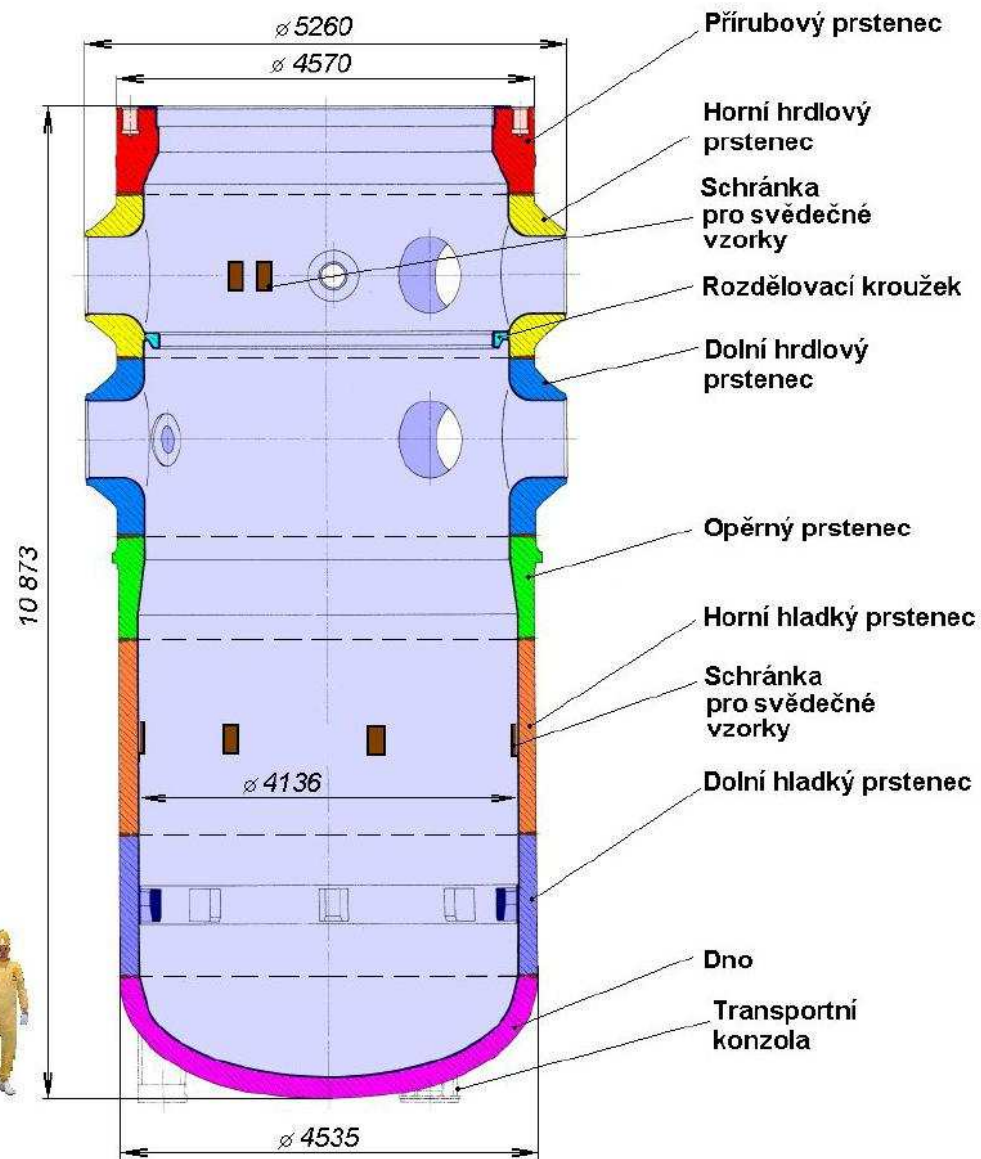
Eliptické dno



Rozdělovací kroužek

Schránky
Pro svědečné
Vzorky

Konzoly
Pro vedení
šachty





Tlaková nádoba reaktoru





Horní blok reaktoru

- Uzavření a utěsnění reaktoru
- Zachycení vztlakových sil vnitřních částí
- Tepelné a biologické stínění
- Omezení úniku chladiva v případě havárie přírubových spojů nátrubků víka
- Uložení LKP
- Uložení tras VRK
- Ocelová konstrukce zabezpečuje chlazení LKP



Horní blok reaktoru

Části HB:

- Víko reaktoru
- Ocelová konstrukce HB
- Tlaková pouzdra s bloky elektromagnetů LKP
- Přírubové spoje a trasy vývodů VRK a odvodušnění

Parametry:

Výška	8285mm
Vnější průměr příruby HB	4580mm
Hmotnost	152t



- Těsné uzavření tělesa TNR
- Svařeno z eliptického vrchlíku a přírubového prstence
- Na vrchlíku navařeno 91 nátrubků – 61 LKP, 14 měření teplot, 16 MNT
- V přírubě je vyvrtáno 54 otvorů pro svorníky

Parametry:

- Průměr 4580mm
- Výška 2170mm
- Objem 14m³
- Hmotnost 89t

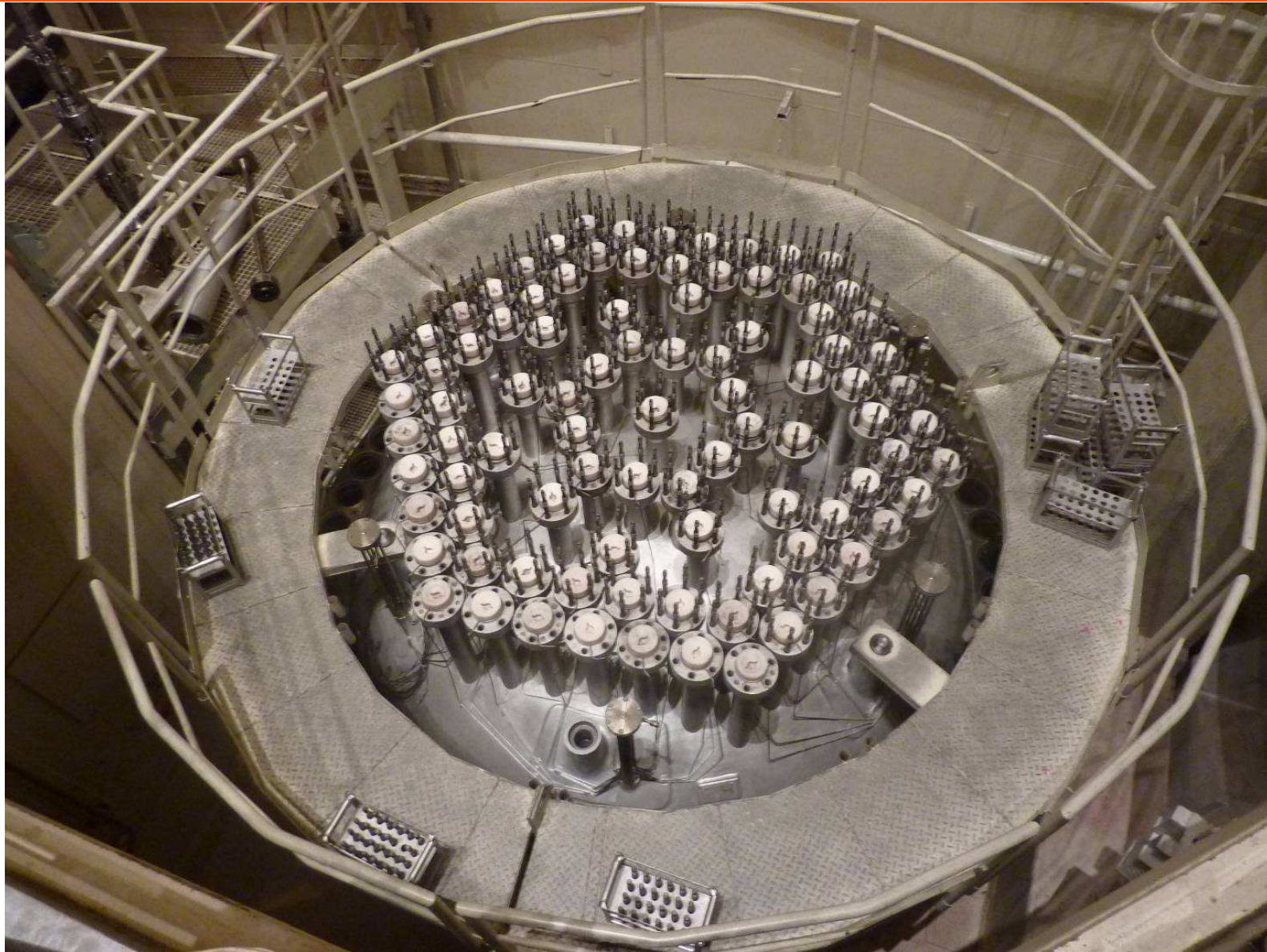


Reaktor – horní blok





Reaktor – horní blok





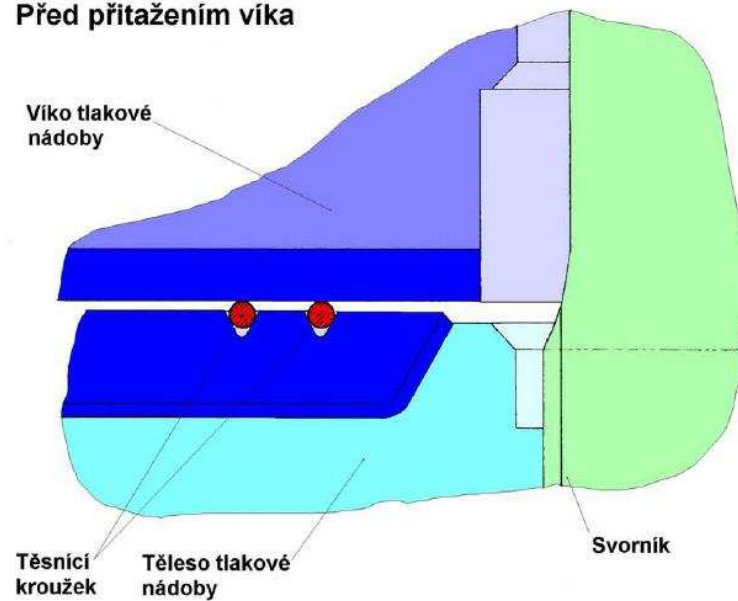
Reaktor – horní blok



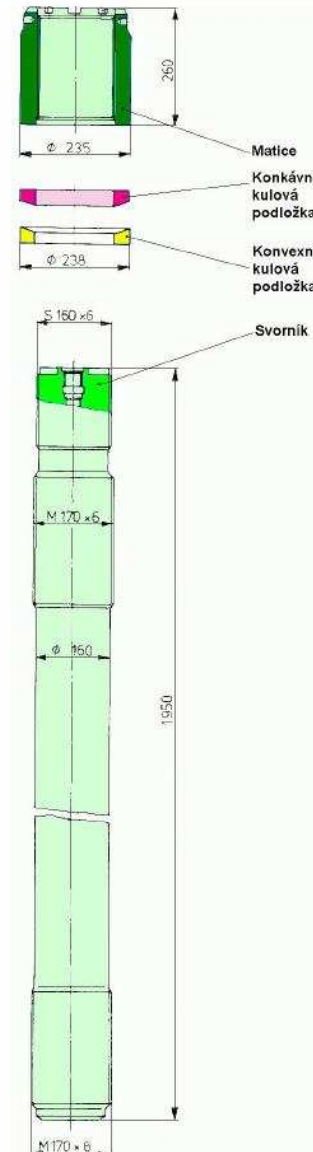
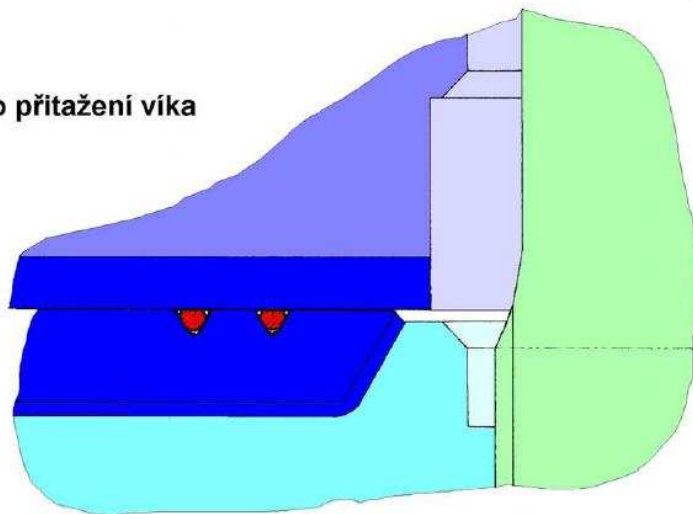


Reaktor – uzel těsnění, svorníky

Před přitažením víka



Po přitažení víka



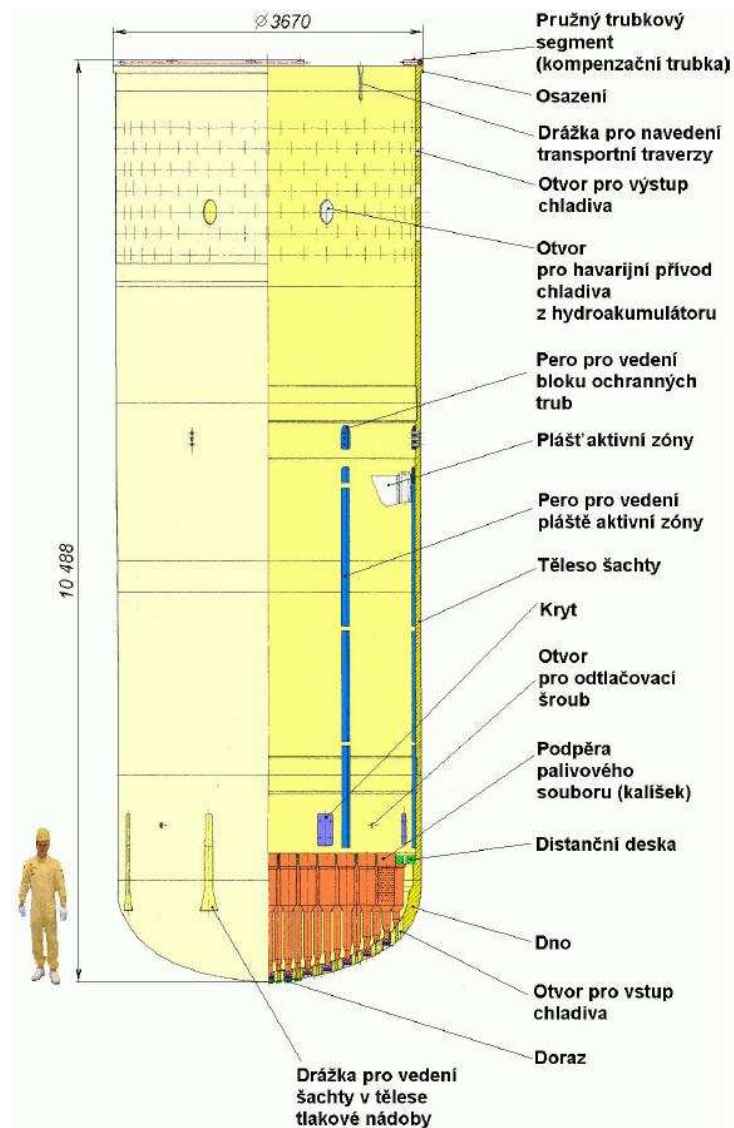


Vnitřní vestavby – šachta reaktoru

- Nosná konstrukce pro uložení a zajištění polohy palivových kazet, pláště AZ a BOT
- Odděluje vstup a výstup chladiva
- Stínění tělesa TNR před N-tokem a γ -zářením
- Usměrnění a uklidnění proudu chladiva před vstupem do AZ
- Zrovnoměrnění proudu chladiva
- Válcové těleso svařené z 6 válcových kroužků a eliptického děrovaného dna
- 278 otvorů 180mm pro výstup chladiva

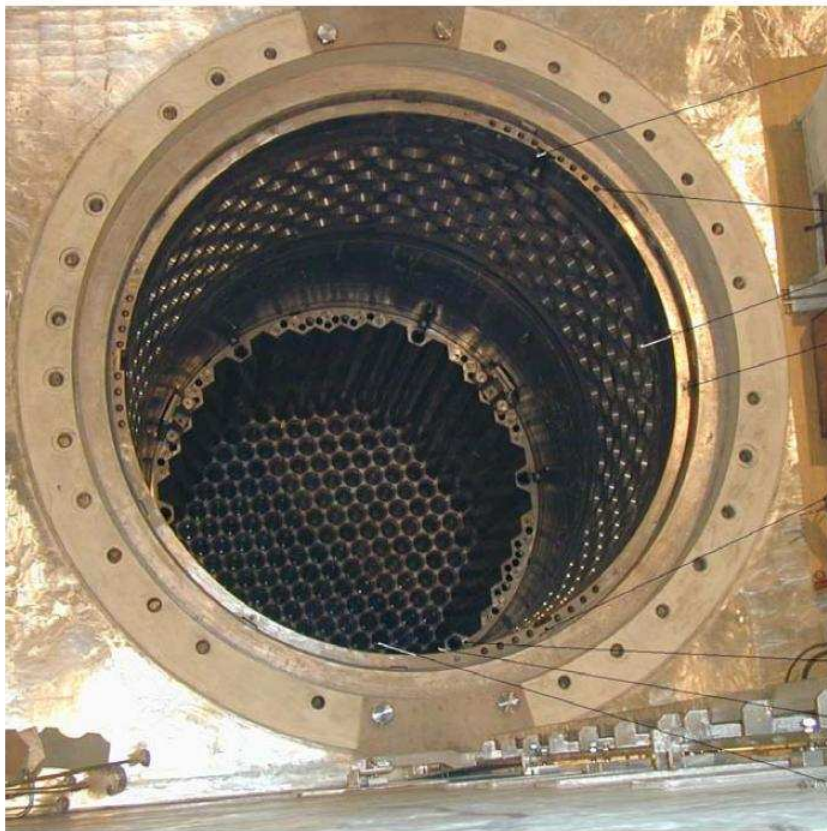


Vnitřní vestavby – šachta reaktoru

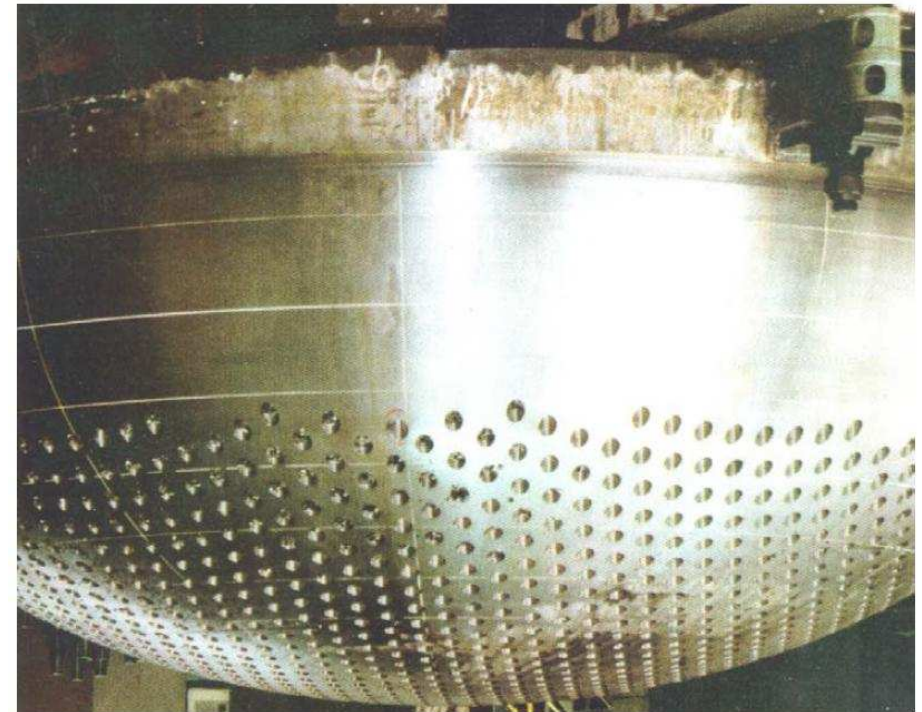




Vnitřní vestavby – šachta reaktoru



- Drážka pro ustavení závěsu transportní traverzy
- Závitový otvor pro upevnění závěsu transportní traverzy
- Otvor pro výstup chladiva
- Závitový otvor pro upevnění pružného trubkového segmentu
- Drážka pro uložení šachty do přírubového prstence tlakové nádoby
- Plášť aktivní zóny
- Distanční deska šachty
- Opěra palivového souboru





Vnitřní vestavby – plášť aktivní zóny

- Tlustostěnný válec z 6 kovaných prstenců
- V PAZ uloženo 163 palivových souborů
- Vyplňuje mezeru mezi TNR a palivovými soubory
- Snižuje tok neutronů a fotonů na těleso TNR

Parametry

- | | |
|-----------------|--------|
| • Výška | 4070mm |
| • Vnější průměr | 3485mm |
| • Hmotnost | 31t |



Vnitřní vestavby – blok ochranných trub

- Svařená konstrukce 3 desek
- Zajištění polohy PS v AZ na předepsané rozteči
- Zajištění vedení klastrů a jejich ochrany proti působení chladiva I.O.
- Vyvedení vnitroreaktorového měření pomocí kanálů
- Zrovnoměrnění toku chladiva před výstupem z reaktoru
- Brání „plavání“ PS
- Umožňuje tepelné dilatace vzhledem k ŠR a víku TNR



Vnitřní vestavby – blok ochranných trub



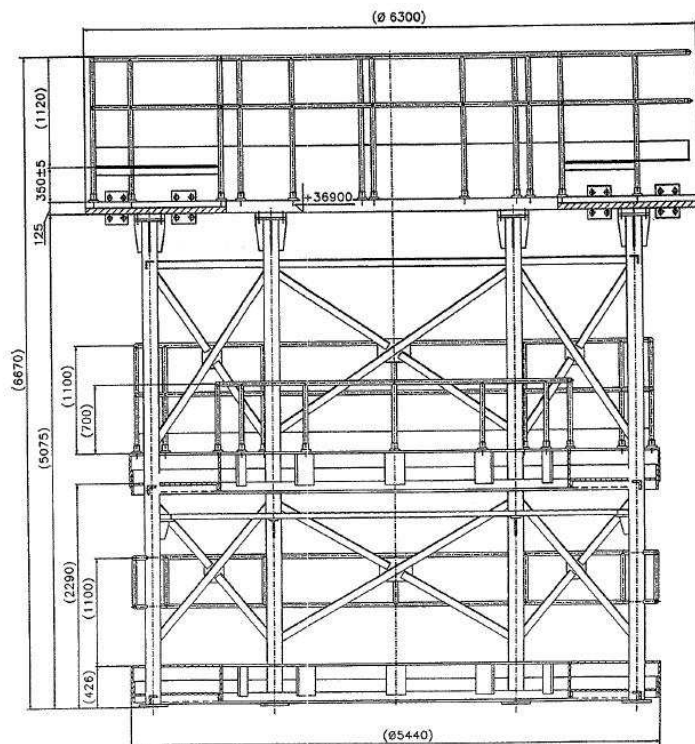


Blok elektrorozvodů

- Obsluha HB při revizích a opravách
- Rozmístění kabelů LKP
- Rozmístění kabelů vnitroreaktorového měření
- Rozmístění a vedení kabelů dalších diagnostických systémů
- Při provozu slouží jako biologické stínění a upevnění HB po případ zemetřesení

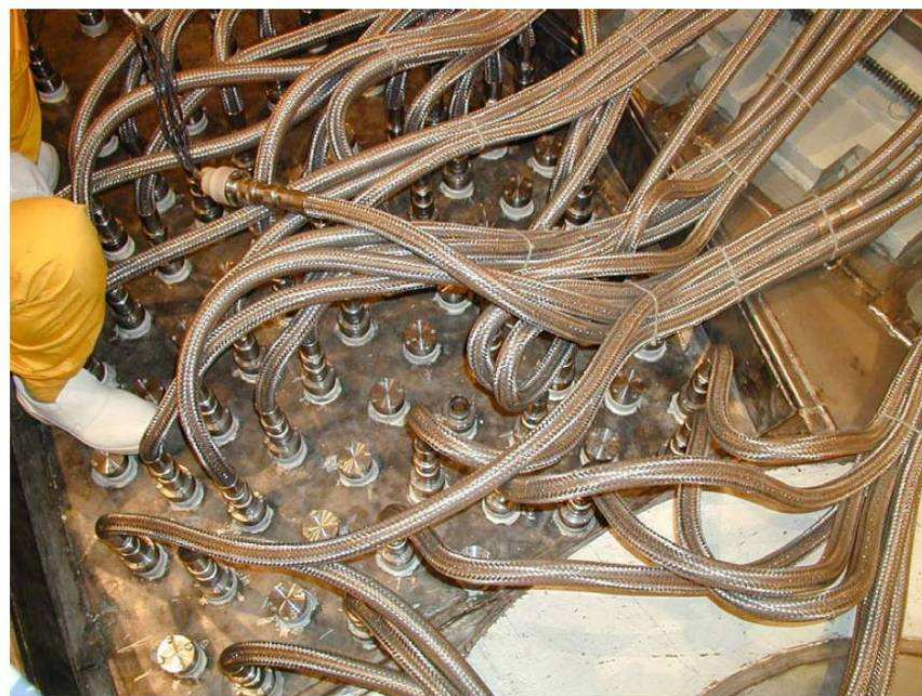


Blok elektrorozvodů





Blok elektrorozvodů





Lineární krokový pohon

- Součást HB
- Pohyb klastrů v AZ ve svislém směru
- Výkonný člen systému řízení a ochrany reaktoru
- Přemísťování regulačních orgánů
- Indikace polohy regulačních orgánů
- Pád klastru v režimu havarijního odstavení
- Blokáda vysunutí klastru z AZ v případě poruchy hermetičnosti

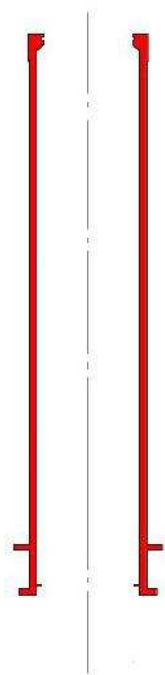


Hlavní části LKP

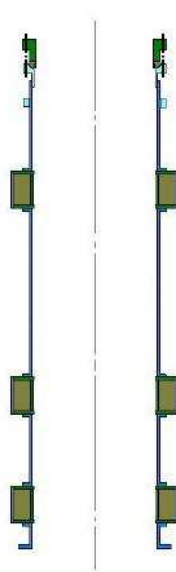
- Hermetické pouzdro pohonu
- Blok zdvínání
- Blok elektromagnetů
- Závěsná tyč



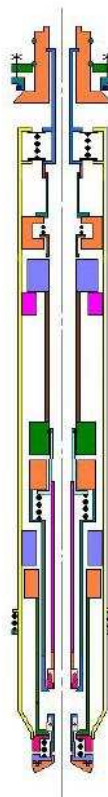
Lineární krokový pohon



Pouzdro pohonu



Blok
elektromagnetů



Blok
zdvínání



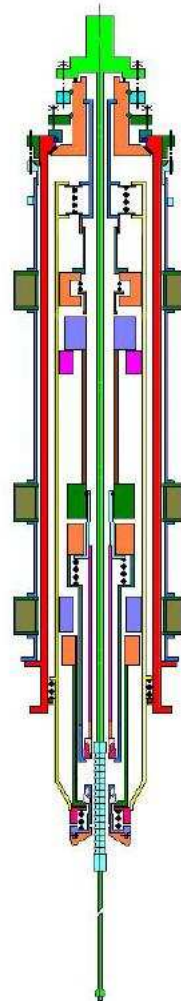
Čidlo
ukazatele
polohy



Závěsná tyč



Lineární krokový pohon



Lineární krokový
pohon



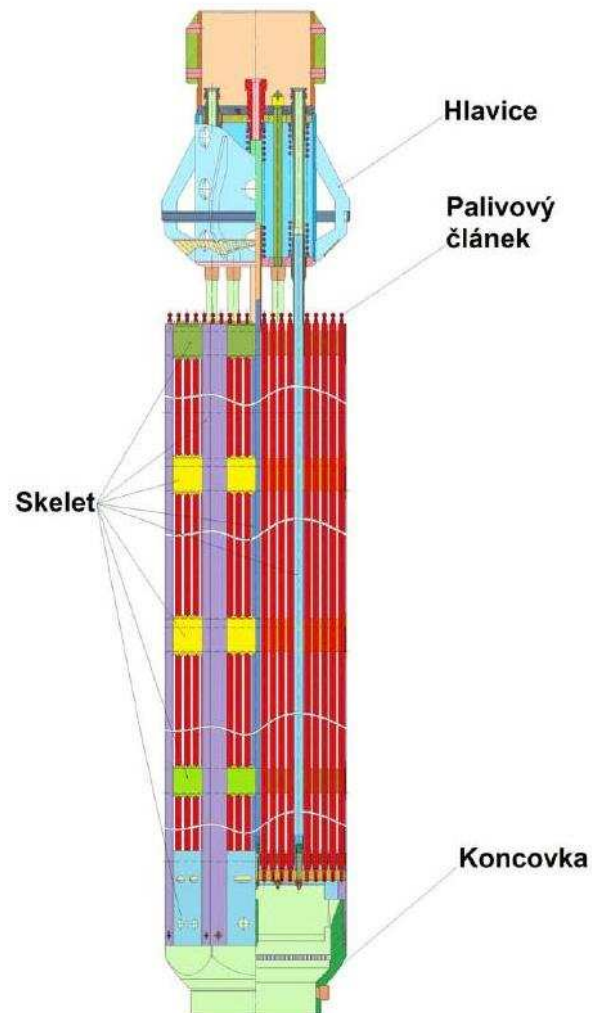
Jaderné palivo

- PS tvoří AZ
- 1 AZ je složena ze 163 PS
- 1 PS je složen z 312 palivových proutků
- Palivový proutek poskládán z palivových tablet
- Palivová tableta – UO_2 s obohacením ^{235}U do 5%
- Kampaňovitá výměna paliva (1/4 paliva ročně)
- V PS rovnoměrně rozmístěno 61 regulačních orgánů
- Regulační orgány – klastry rozděleny do 10 skupin – 6 odstavných, 4 regulační
- 1 palivová vsázka = 92t uranu

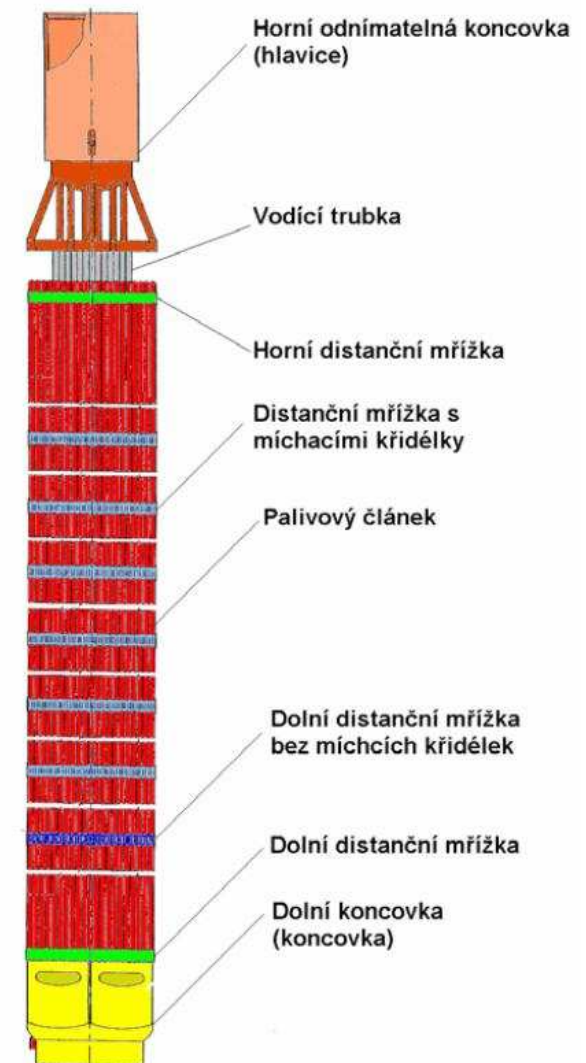


Jaderné palivo

Palivo
TVSA-T

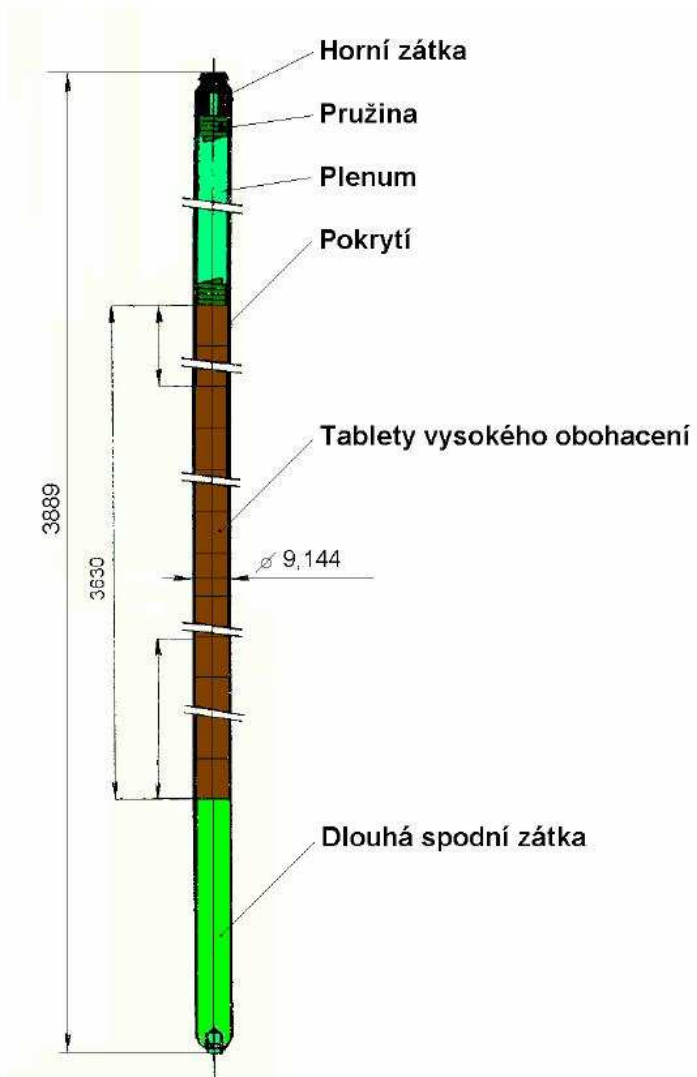


Palivo
VVANTAGE-6



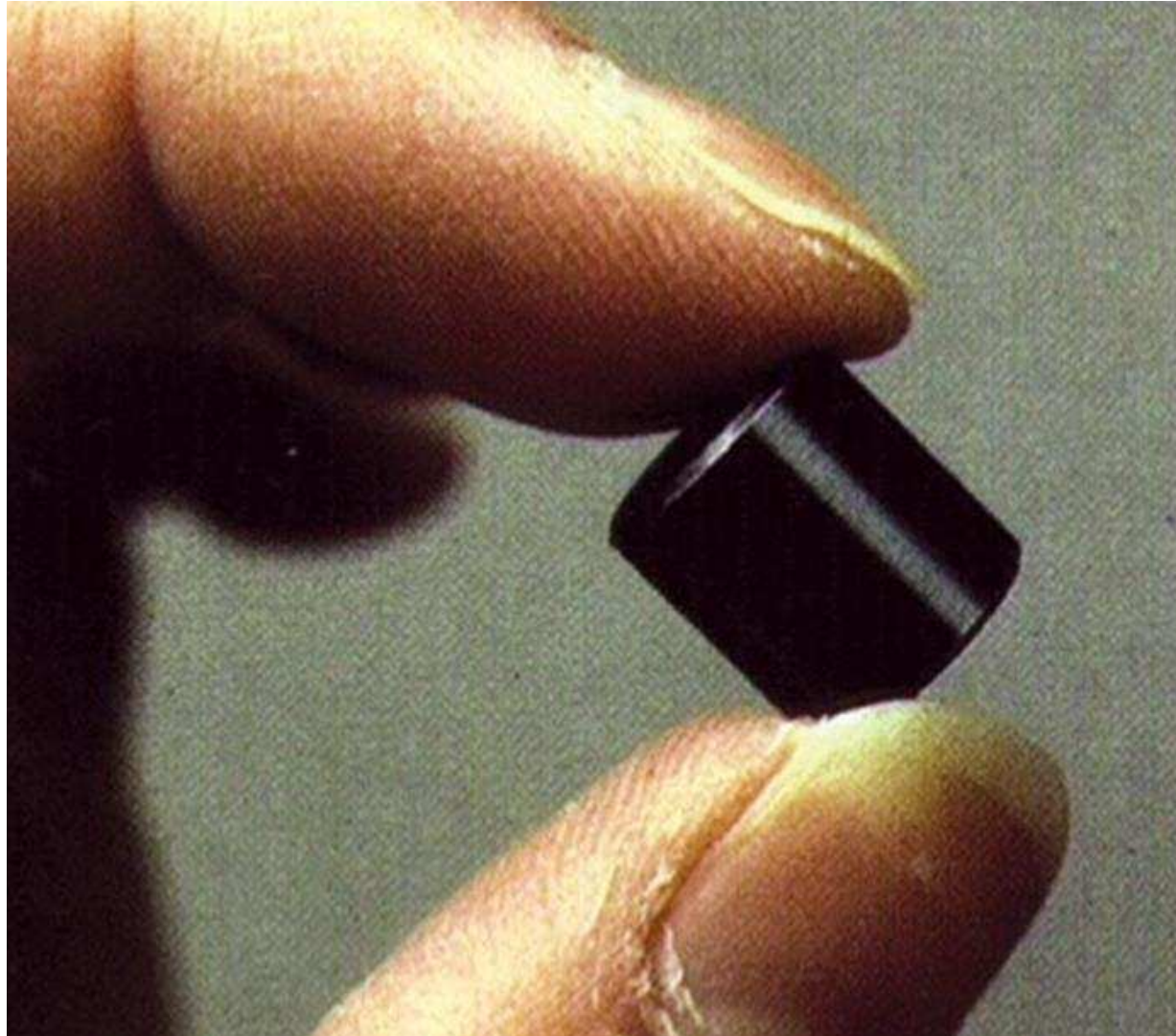


Jaderné palivo – palivový proutek



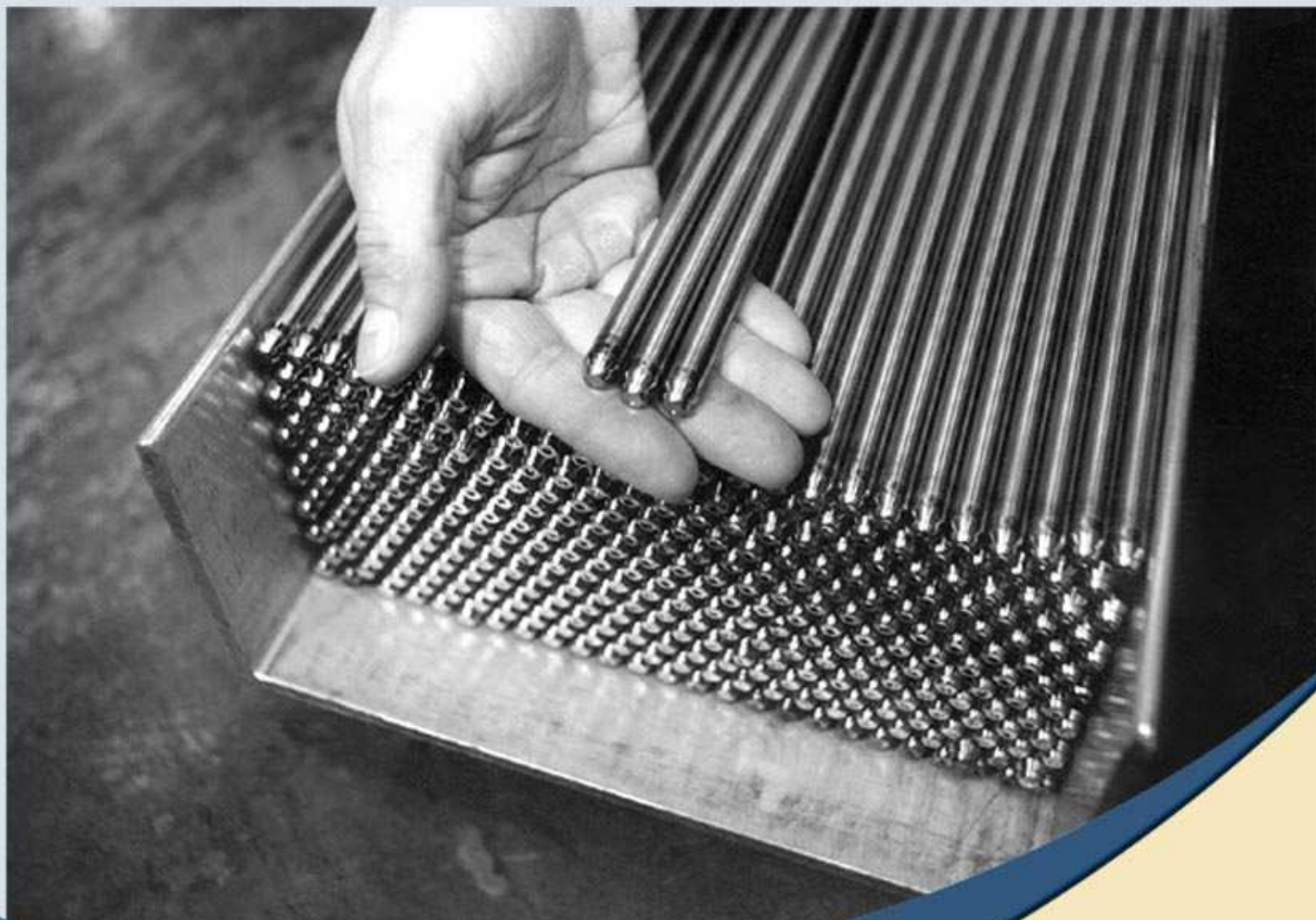


Jaderné palivo – palivová tableta



JADERNÁ ELEKTRÁRNA

Palivové proutky



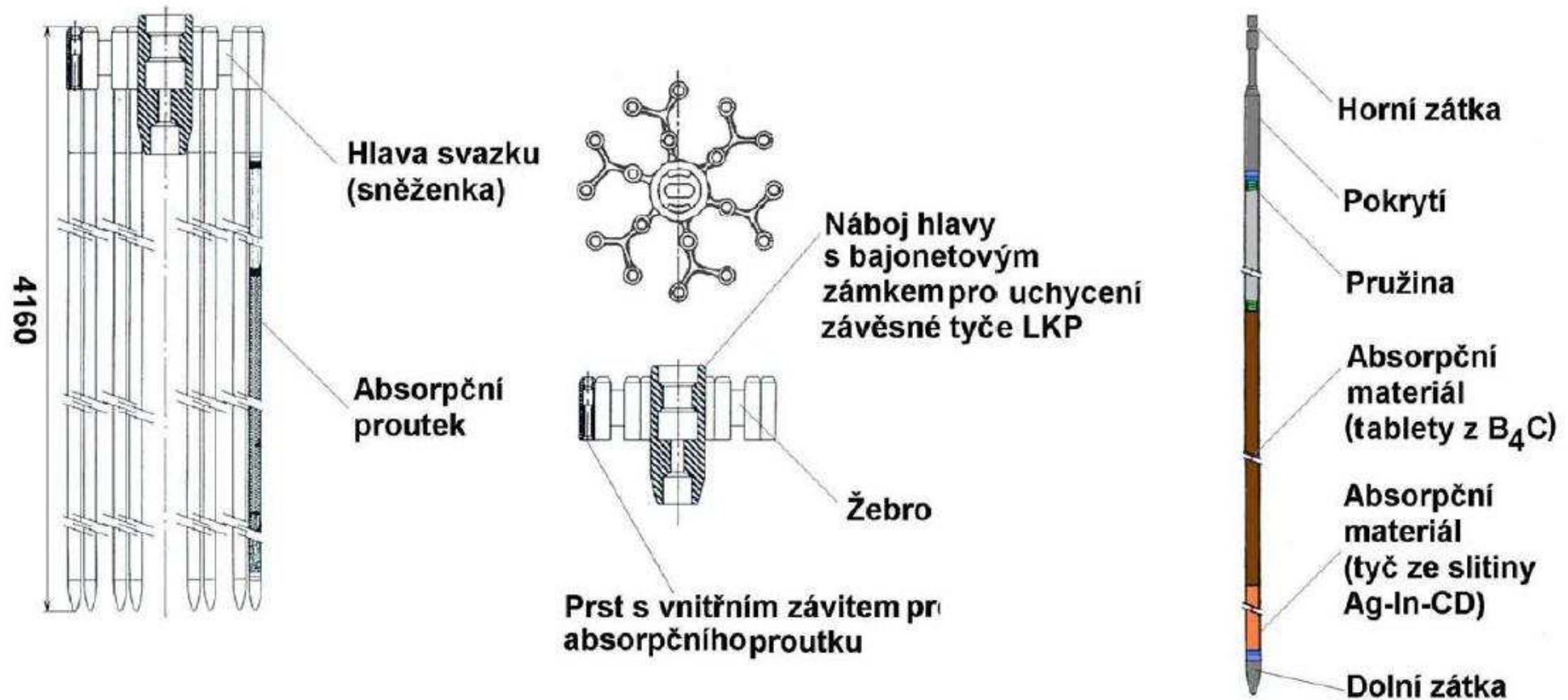
JADERNÁ ELEKTRÁRNA

Palivové kazety Temelín





Jaderné palivo – regulační orgány



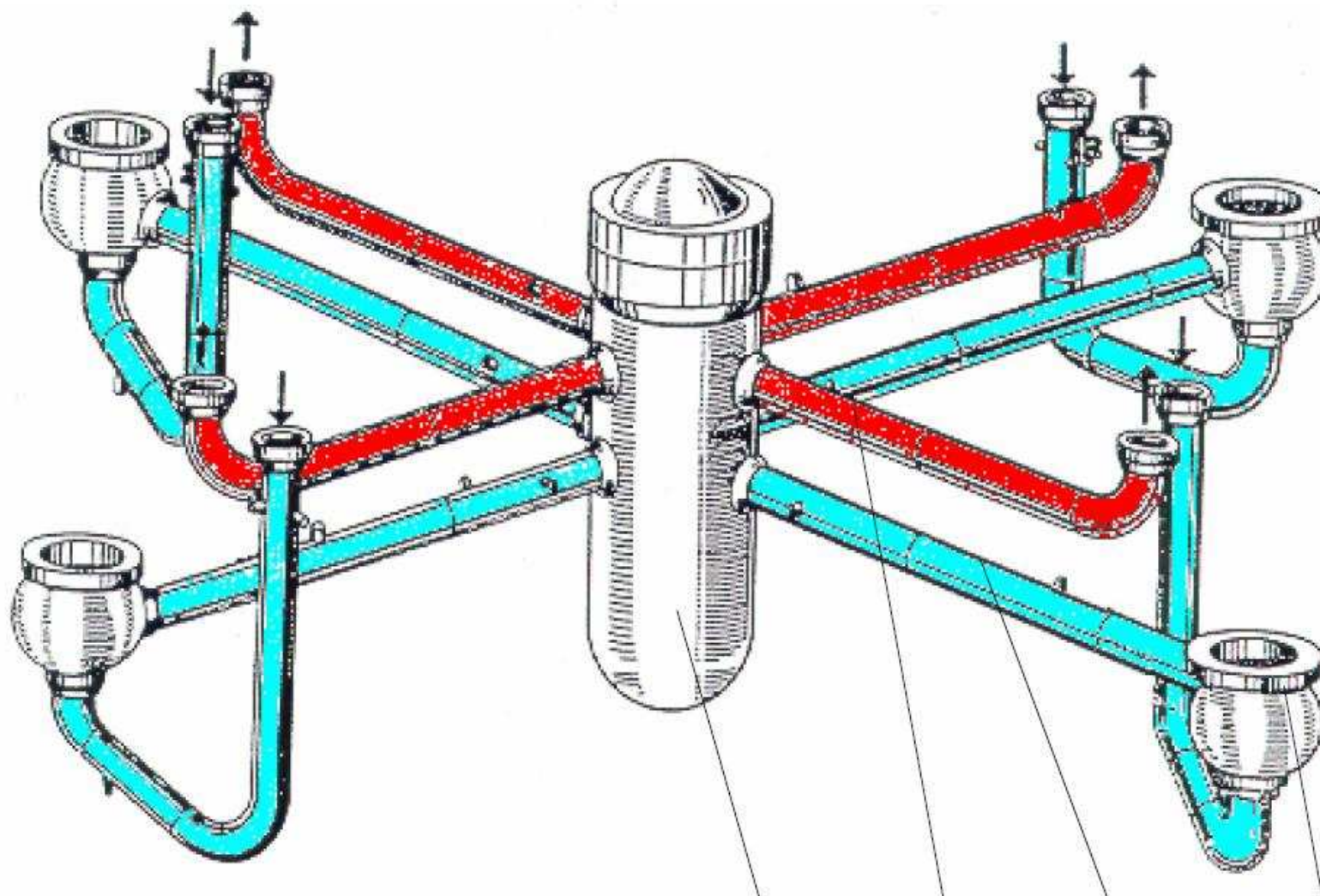


Hlavní cirkulační potrubí

- 4 cirkulační smyčky
- Na každé smyčce navařeny nátrubky havarijních a pomocných systémů I.O., systému KO, nátrubky pro měření T, P, Q
- Přenos tepla z AZ pomocí chladiva I.O. do PG
- Světlost: DN 850
- Materiál: nízkolegovaná ocel s dvojitým nerezovým návarem tl. 5 - 7 mm
- Průtok 1 smyčkou: 21.200m³/hod při provozu 4 HCČ
- Teplota horké větve: 320°C
- Teplota studené větve: 290°C



Hlavní cirkulační potrubí





Hlavní cirkulační čerpadlo

- zajišťuje cirkulaci chladiva I.O. přes AZ a odvod tepla směrem do PG
- na 1 HVB jsou 4 HCČ na studené větvi za PG
- funkci HCČ zabezpečují jeho pomocné systémy – autonomní okruh chlazení, okruh těsnící vody, systém oplachu koncového stupně ucpávek, systém olejového hospodářství
- vertikální jednostupňové odstředivé s axiálním příívodem kapaliny
- pro zajištění doběhu je HCČ vybaveno setrvačником
- napojení na systém YA je provedeno svařováním, na potrubí pomocných systémů přírubami



Hlavní cirkulační čerpadlo

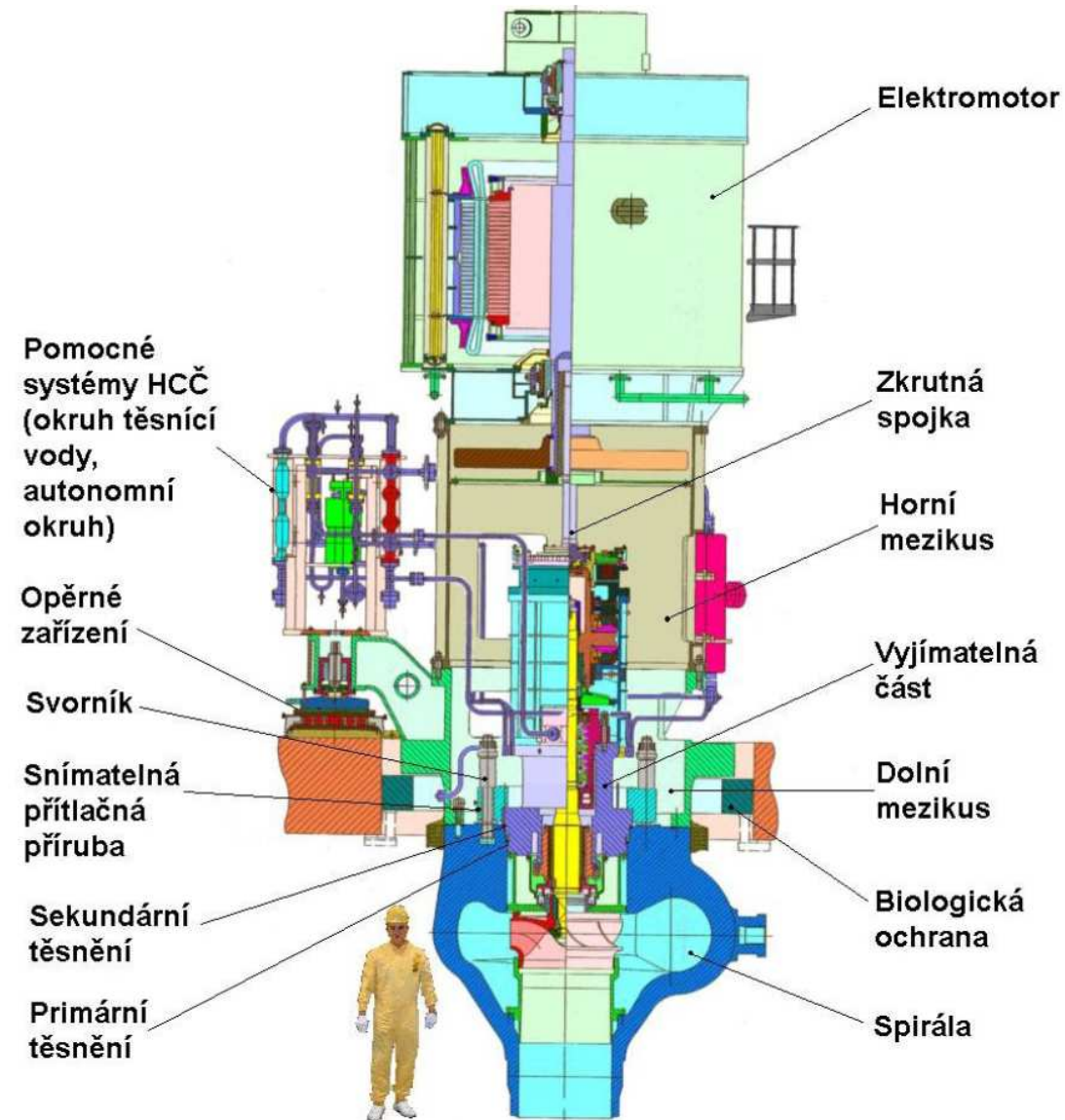
- Konstrukce motoru – stroj s klecovou kotvou, napájecí napětí 6kV
- Rotor motoru spojen s hřídelí čerpadla pomocí zkrutné spojky

Parametry

- Nominální průtok: 21.200m³/hod
- Teplota média: 290 - 320°C
- Tlak na sání: 15,3MPa
- Výtlačná výška: 93m
- Počet otáček: 1000ot/min
- Příkon: 5.100 – 6.800 kW



Hlavní cirkulační čerpadlo





Parogenerátory

- Horizontální umístění
- Odvod tepelného výkonu – přeměna vody na páru
- Celosvařovaná tlaková nádoba
- Zabudované paroseparační zařízení
- Rozvod provozního a havarijního napájení
- Odvod páry přes parní kolektor
- 2 základní části – primární, sekundární



Parogenerátory – primární část

- **2 primární kolektory** – pokračování potrubí DN 850 – napojení svarem

- svislé válcové nádoby z nízkolegované oceli s dvouvrstvými nerezovými návarky tl. 9mm
- v každém kolektoru vyvrtáno 11.000 otvorů pro napojení TS trubek

- **11.000 TS trubek** Ø16x1,5 z nerezové oceli

- trubky ohnuty do tvaru U
- do primárních kolektorů upevněny hydraulickým zaválcováním



Parogenerátory – sekundární část

- Plášť z nízkolegované oceli – válcová nádoba Ø4.000x13.840
- Na horní střední část přivařen nátrubek DN 400 pro přívod NV
- Na horní části navařeno 10 nátrubků DN 350 pro odvod páry
- Na plášti a dnes přivařeny nátrubky pro hladinoměry
- Nad TS trubkami připevněn děrovaný plech pro zrovnoměnění parního zatížení
- Pod děrovaným plechem je zavedeno nerezové potrubí havarijního přívodu a ostříku NV
- Potrubí NV připevněno přírubou



Parogenerátory – parametry

Tepelný výkon:	750 MWt
•Množství chladiva I.O.:	21.200 m ³ /hod
•Výroba páry:	1.470 t/hod
•Tlak na straně I.O.:	15,7 MPa
•Tlak na straně II.O.:	6,28 MPa
•Teplota NV:	220°C (min. 160°C)
•Vlhkost páry:	0,2 %
•Počet TS trubek:	11.000
•TS plocha:	6.112 m ²



Parogenerátory



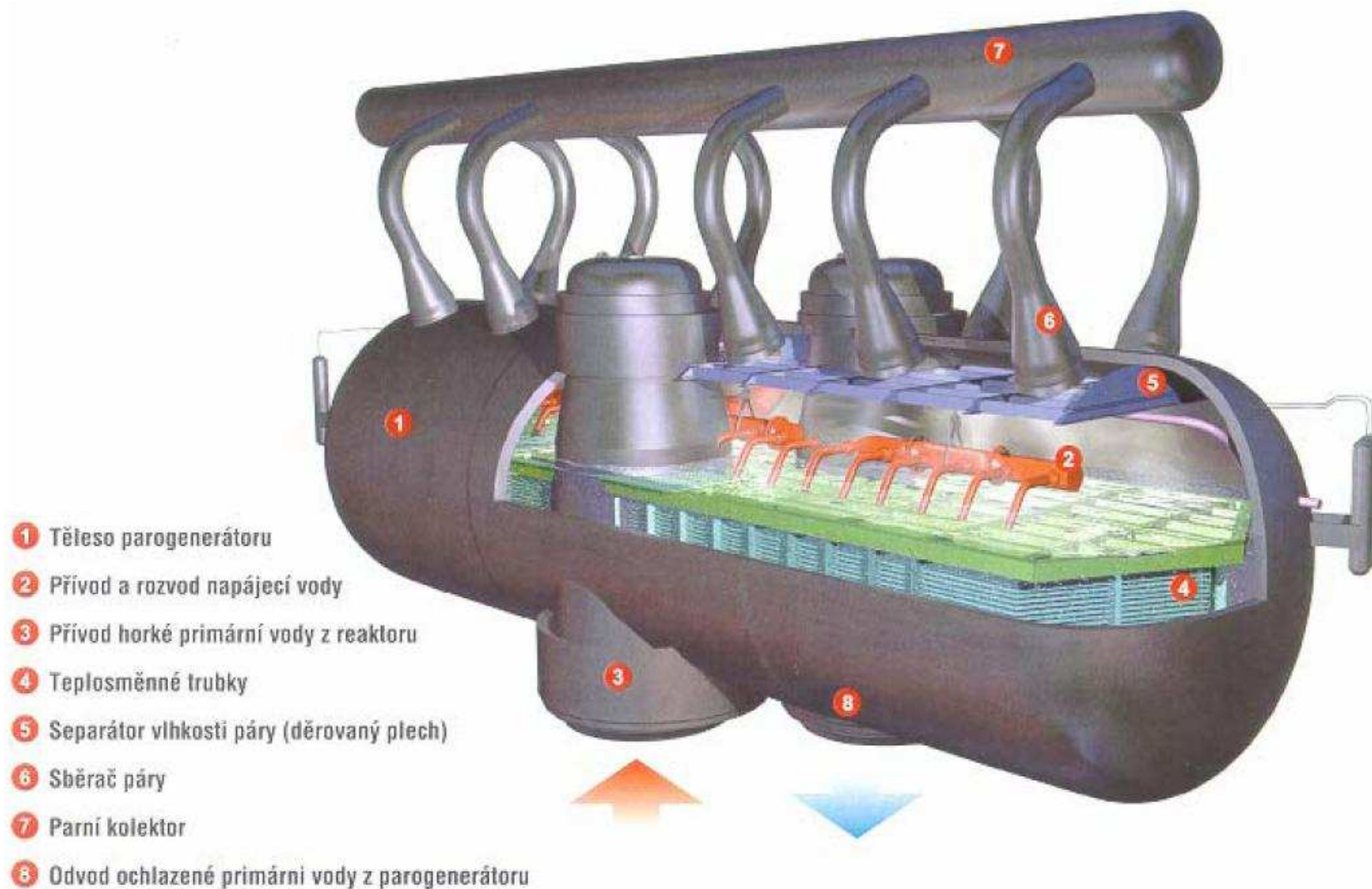


Parogenerátory





Parogenerátory





Systém kompenzace objemu

- Samokompensace objemu při malých změnách teploty chladiva I.O.
- Udržení tlaku v I.O. při větších výkyvech ze strany I.O. nebo II.O.
- Ohřev a vychlazování KO
- Plynulé zvyšování/snižování tlaku při ohřevu/vychlazování
- Ochrana I.O. v havarijních režimech při prudkém nárůstu tlaku
- Složení: KO, BN, 2 pojistné ventily, pojišťovací ventil, spojovací potrubí a armatury



Kompenzátor objemu

- Svislá tlaková nádoba z nízkolegované oceli s vnitřním dvouvrstvým nerezovým návarem tl. 9 mm
- Spodní část KO tvoří elektroohřívací blok – 28 bloků EOKO rozdělených do 4 skupin
- 1 blok EOKO tvoří 9 nerezových trubek tvaru U
- KO neoddělitelně spojen potrubím Ø426x40 se 4. horkou větví cirkulační smyčky
- Uvnitř KO umístěn sprchový systém
- Na horní části KO umístěn uzel pojistných a odlehčovacích ventilů
- KO je jediné místo I.O. kde dochází k varu vody



Kompenzátor objemu - parametry

•Nominální tlak:	15,6 MPa
•Pracovní teplota:	346°C
•Objem páry:	24 m ³
•Objem vody:	55 m ³
•Výška:	cca 16m
•Průměr:	cca 3,5m
•Výkon jednoho bloku EOKO (9ks):	2,52 MW
•Napájecí napětí EOKO:	380V



Barbotážní nádrž

- Nerezová vodorovná tlaková nádoba
- V horní části přivařeno hrdlo s vlezem, na jehož bocích jsou přivařeny 2 nátrubky s pojistnými membránami
- BN je zaplněna čistým kondenzátem a chlazena vodou vloženého okruhu chlazení přes „hady“ z trubek tvaru U
- Trubka přívodu páry od PVKO je zavedena pod hladinu a rozdělena do dvou děrovaných částí

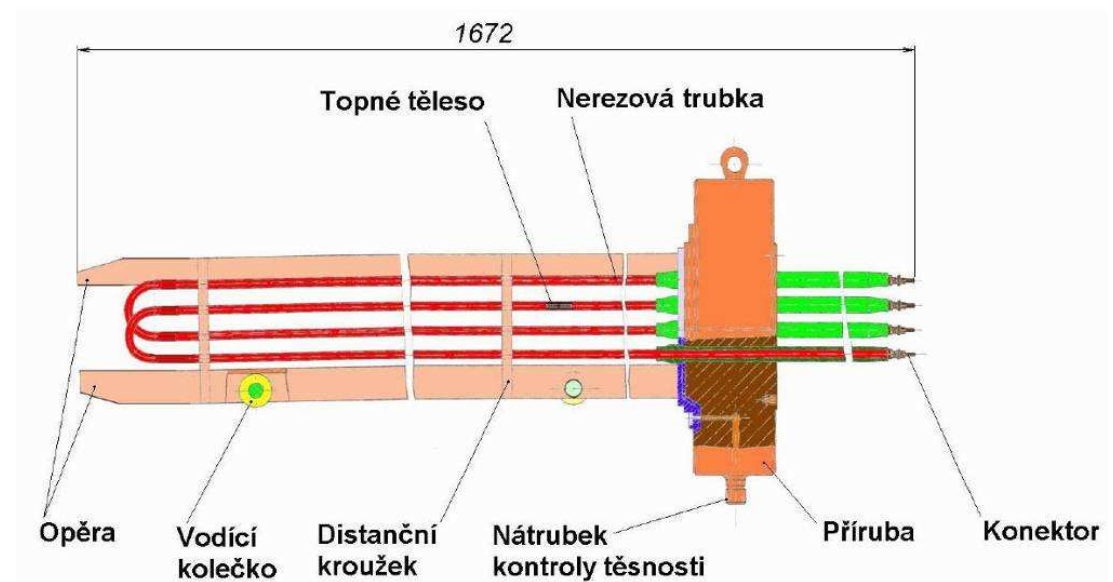
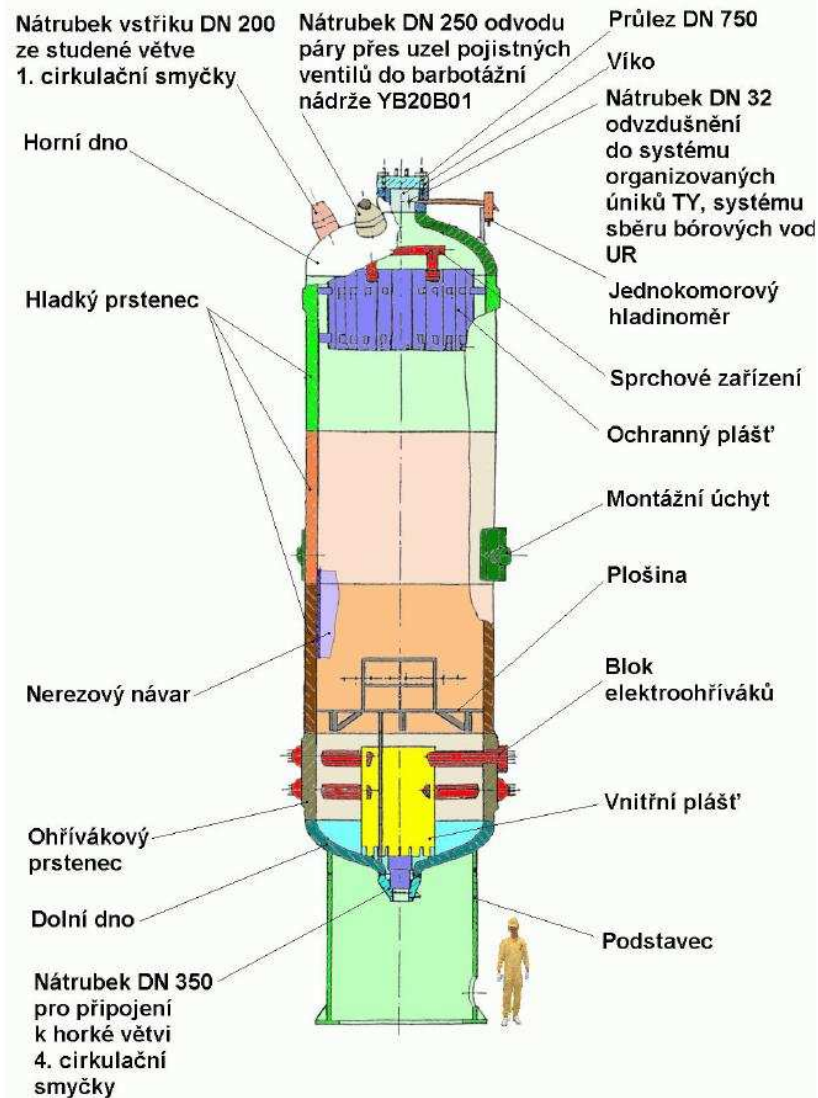


Barbotážní nádrž - parametry

- Celkový objem: 30 m³
- Objem ČK: 23 m³
- Pracovní tlak: 0,12 MPa
- Tlak protržení membrány: 0,858 MPa



Kompenzátor objemu, EOKO







Děkuji za pozornost!

Zdroje:

Učební texty pro přípravu personálu JE

Ing. F. Cencinger – Primární část JE VVER 1000 – základní zařízení I.O., Brno 2008