

Projekt MIR.1200 a aktuální požadavky na bezpečnost jaderných elektráren

Seminář
„Temelínský den“

10. ledna 2012, ČVUT Praha

Prezentuje Ing. Jan Zdebor, CSc. - technický ředitel ŠKODA JS a.s.

KONSORCIUM MIR.1200



- Mezinárodní česko-ruské sdružení - Konsorcium MIR.1200 bylo založeno dne 14.10.2009
- Posláním Konsorcia je příprava a předložení konkurenceschopné nabídky dostavby 3. a 4. bloku jaderné elektrárny Temelín s reaktory generace III+

PROJEKT MIR.1200



ENERGOBLOKY VVER-1000 V-320

ZEMĚ	POČET BLOKŮ
Ruská federace	7 x VVER-1000/V-320 + 3 x VVER-1000/malá série
Česká republika	2 x VVER-1000/V-320
Bulharsko	2 x VVER-1000/V-320
Ukrajina	11 x VVER-1000/V-320 + 2 x VVER-1000/malá série
Čína	2 x VVER-1000/V-428

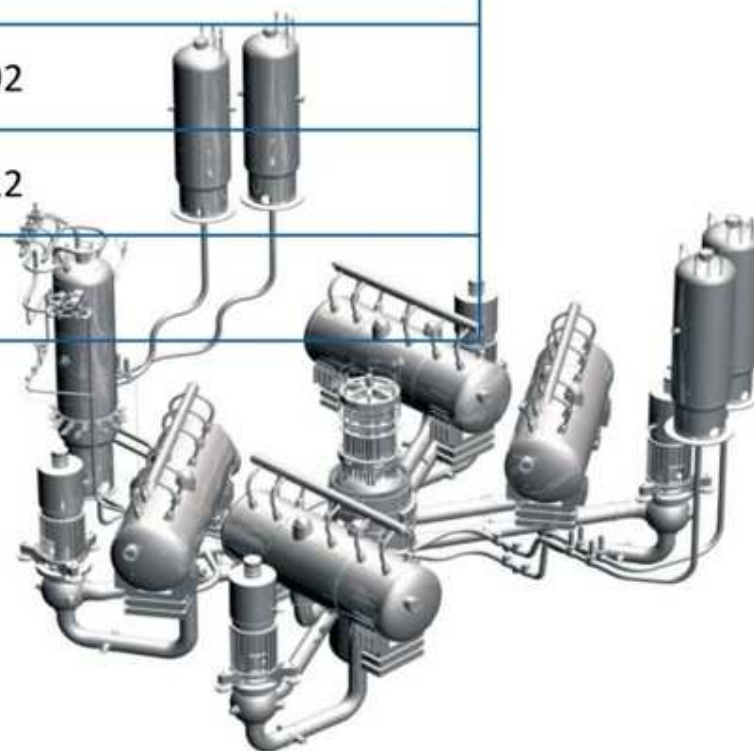


POROVNÁNÍ PARAMETRŮ JE S VVER

Parametr	VVER 1000/V320	AЭC-2006	Změna %
Tepelný výkon MWt	3000	3200	+ 6,7
Elektrický výkon, MWe	1070	1200	+ 18,7
Roční výroba, TWh	7,5	9	+ 20,0
Projektová životnost JE, roků	30	50	+ 66,7
Průměrná doba odstávky, dní	40	25	-37,5
Koeficient využití instalovaného výkonu	0,8	0,92	+ 15,0
Specifická zastavěná plocha, m ² /kW	13,1	11,9	-9,1
Specifický obestavěný objem, m ³ /MW	620	512	-17,4
Objem VJP (v podobě PK), t/TWh	5,5	3,5	-36,4

BLOKY AES-2006 (MIR.1200) VE VÝSTAVBĚ

ZEMĚ	NÁZEV JE	POČET BLOKŮ
Ruská federace	Novovoronež-2	2 x VVER 1000/V-392
Ruská federace	Leningrad-2	2 x VVER-1000/V-491
Ruská federace	Baltická	2 x VVER-1000/V-491
Bulharsko	Belene	2 x VVER-1000/V-392
Indie	Kudankulam	2 x VVER-1000/V-412
Írán	Búšér	2 x VVER/V-466

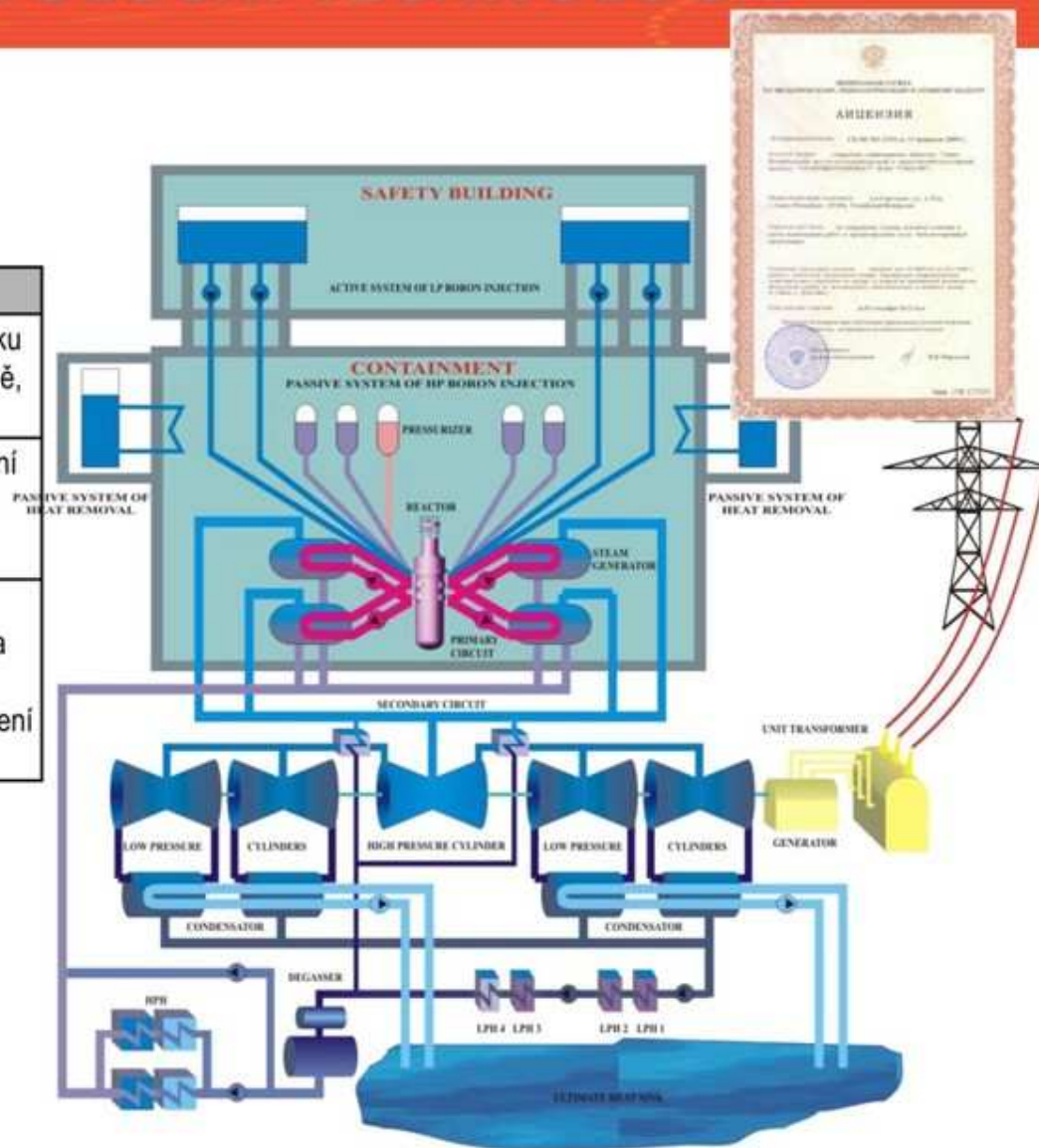


PROJEKT MIR.1200 – EVOLUČNÍ TECHNOLOGIE

- Reaktor projektu MIR.1200 je evoluční vývoj designu VVER s přímou vazbou na referenční JE, které jsou aktuálně ve výstavbě v Ruské federaci

Projekt	Lokalita	Aktuální stav
VVER-1000/428	Tianwan	Komerční provoz 1. bloku od 17.05.2007, 2. bloku 16.08.2007 (další dva bloky AES-91 ve výstavbě, 4 další plánovány)
VVER-1200/491 (AES 2006)	Leningradská JE-2	Výstavba 1. bloku zahájena 24.6.2008, komerční provoz plánován od 31.12.2013; plánovány 3 další bloky téhož projektu
VVER-1200/491 (AES 2006)	Baltská (Kaliningradská) JE	Plánována výstavba 2 bloků; dne 25.9.2009 podepsáno rozhodnutí vlády Ruské federace na zahájení výstavby 1. bloku (zahájení výstavby 2011, komerční provoz 2016); plánované zahájení výstavby 2. bloku 2014, komerční provoz 2018

- Projekt MIR.1200 vychází z osvědčených řešení se zvýšenou bezpečností
- Projekt MIR.1200 je aktuálně nabízen k realizaci v ČR, Maďarsku, Turecku, Vietnamu, Jordánsku
- Projekt MIR.1200 odpovídá doporučením EUR, mezinárodním standardům a doporučením MAAE (IAEA)



ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY ENERGOBLOKU

Název charakteristiky	Hodnota
1. Životnost, let: <ul style="list-style-type: none"> jaderné zařízení na výrobu páry 	60
3. Výkon energobloku, MW: <ul style="list-style-type: none"> elektrický (hrubý), MWe elektrický (čistý), MWe tepelný, MWt 	1198*) 1113*) 3200
4. Teplofikační výkon bloku, MWt	<300 ^{*)}
5. Koeficient využití instalovaného výkonu	> 90%
6. Spotřeba elektrické energie na vlastní spotřebu (včetně spotřeby na recirkulační zásobování vodou a potřeb stavby), %	7,0 ^{*)}
7. Měrná spotřeba tepla (hrubá), kJ/kWh	9932,8 ^{*)}
8. Účinnost energobloku při provozu turbíny v kondenzačním provozním režimu,: <ul style="list-style-type: none"> hrubá čistá 	37,4*) 34,8*)
9. Neplánované automatické odstavení reaktoru, 1/rok	<0,5

*) Parametry mohou být upřesněny podle technologie turbínového ostrova vybrané Zákazníkem.

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY ENERGOBLOKU

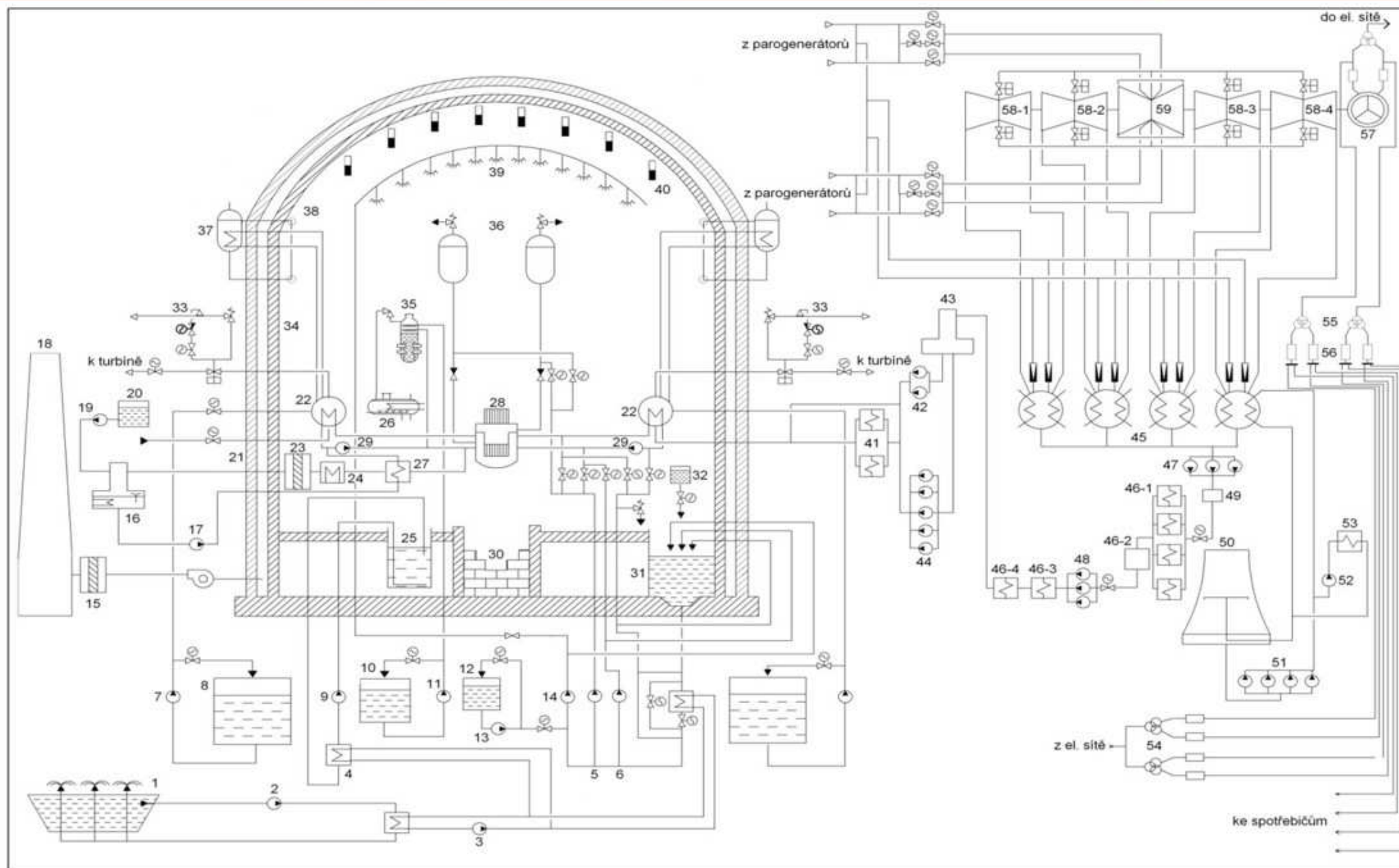
Název charakteristiky	Hodnota
10. Doba trvání plánovaných odstávek (výměna paliva reaktoru, plánované práce, plánované opravy) během sedmi let provozu (doba mezi dvěma velkými opravami s demontáží turbínového zařízení, činí 8 let) maximálně,	4 x po 16 dnech 2 x po 24 dnech, 1 x 30 dní
11. Doba trvání plánovaných odstávek na údržbu každý osmý rok s demontáží turbínového zařízení maximálně, dny	40
12. Počet provozního personálu (měrný), pracovníků/MW	0,35
13. Maximální výpočtová hloubka vyhoření paliva, průměrná dle palivového souboru, pro režim stacionárních překládek paliva, MWd/kgU	60
14. Doba trvání kampaně paliva, roky	4
15. Perioda výměny paliva, měsíců	12
16. Hlavní parametry chladiva: <u>Primární okruh:</u> <ul style="list-style-type: none"> • teplota na vstupu do aktivní zóny, ° C • teplota na výstupu z aktivní zóny, ° C • průtok chladiva reaktorem, m³/hod • tlak na výstupu z reaktoru, MPa <u>sekundární okruh:</u> <ul style="list-style-type: none"> • tlak páry na výstupu z PG, MPa • parní výkon PG, t/hod • teplota napájecí vody, ° C • vlhkost páry na výstupu z PG, % 	298,2 328,9 86000 16,2 7,0 1602 225 < 0,2

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY ENERGOBLOKU

Název charakteristiky	Hodnota
17. Celková pravděpodobnost: <ul style="list-style-type: none"> poškození aktivní zóny převýšení kritérií mezního ovlivnění okolí při těžkých haváriích celková četnost stavů s těžkým poškozením paliva a narušením hermetičnosti kontejnmentu 	$<5,8 \cdot 10^{-7}$ $<2,0 \cdot 10^{-8}$ $<3,7 \cdot 10^{-9}$
18. Dvojitá ochranná obálka reaktorovny <u>Vnější ochranná železobetonová (odolná proti pádu letadla - podle požadavků vojenského, nebo velkého civilního)</u> <ul style="list-style-type: none"> průměr vnitřní, m výšková kóta kupole, m tloušťka (cylindrické části / kupole), m <u>Vnitřní hermetická železobetonová s regulovatelným předpínáním</u> <ul style="list-style-type: none"> průměr vnitřní, m výšková kóta kupole, m tloušťka (cylindrické části / kupole), m výpočtový přetlak, MPa výpočtová teplota, °C 	50,0 70,2 0,8/0,6 44,0 67,6 1,2/1,0 0,4 150
19. Havarijní systém čištění vzduchu meziobálkového prostoru od radioaktivních úniků zajišťuje čištění minimálně: <ul style="list-style-type: none"> elementární jód, % organický jód, % aerosoly, % 	99,9 99 99,99

*) Parametry mohou být upřesněny podle technologie turbínového ostrova vybrané Zákazníkem.

PRINCIPIÁLNÍ TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA ENERGOBLOKU

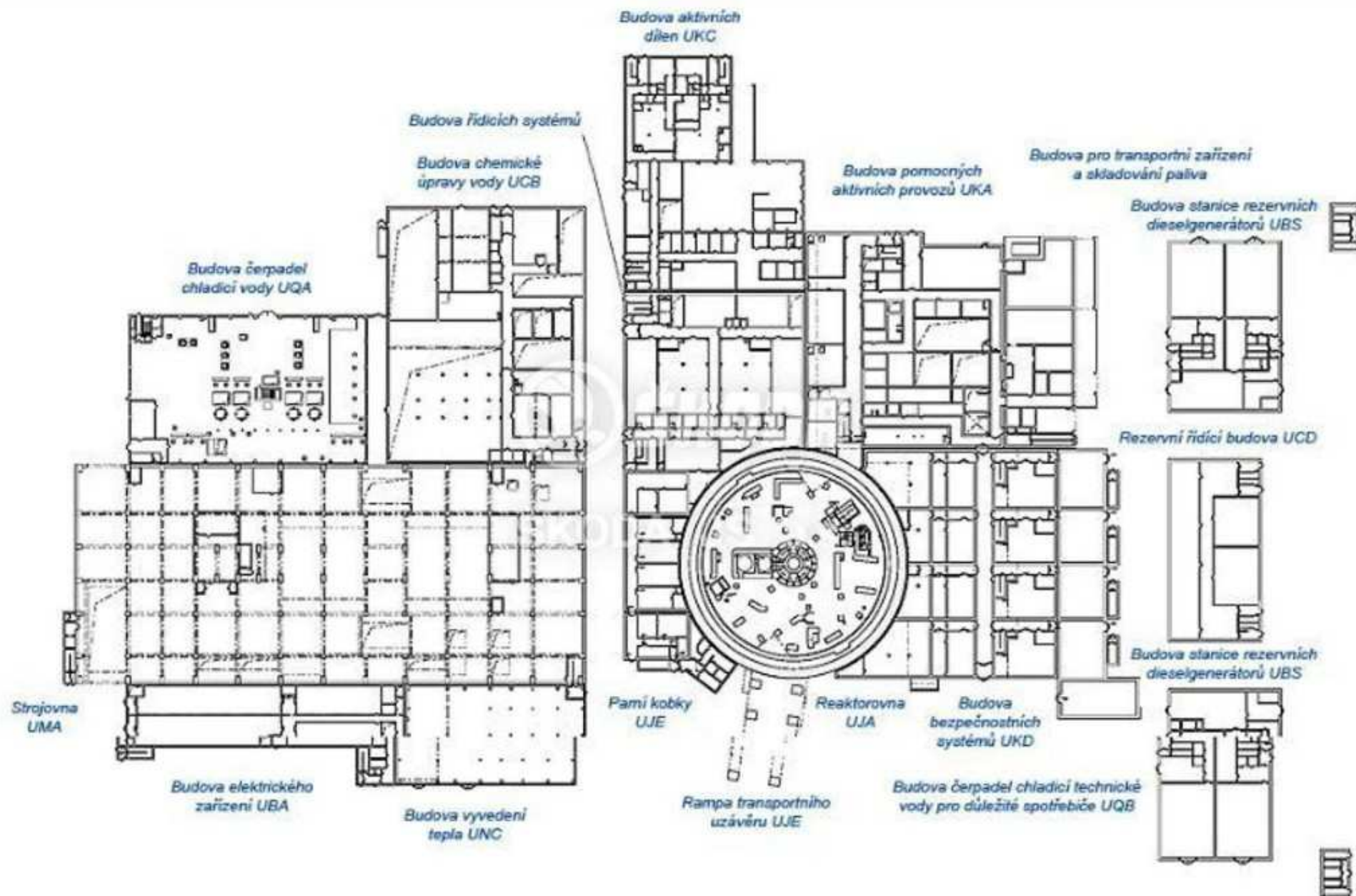


PRINCIPIÁLNÍ TECHNOLIGICKÉ SCHÉMA ENERGOBLOKU

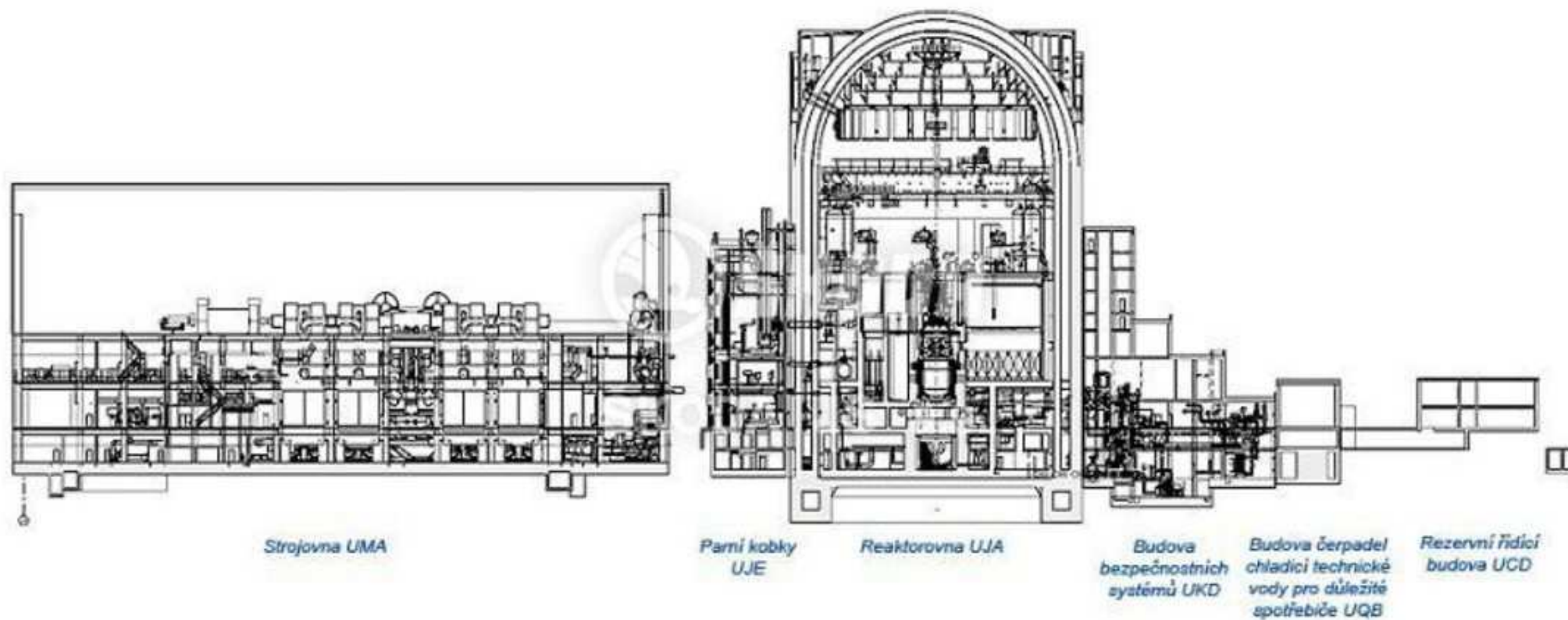
Legenda k předchozímu obrázku

- 1 – Bazén s rozstříkem
- 2 – Čerpadlo technické vody důležité
- 3 – Čerpadlo mezikruhu
- 4 – Výměník chlazení bazénu vyhořelého paliva
- 5 – Nízkotlaké čerpadlo havarijního doplňování
- 6 – Vysokotlaké čerpadlo havarijního doplňování
- 7 – Havarijní napájecí čerpadlo
- 8 – Nádrže zásoby kyseliny borité vysoké koncentrace
- 9 – Čerpadlo havarijního přívodu bóru
- 10 – Nádrž zásoby s roztokem kyseliny borité
- 11 – Čerpadlo havarijního přívodu bóru
- 12 – Nádrž zásoby chemických reagentů
- 13 – Čerpadlo přívodu chemických reagentů
- 14 – Čerpadlo sprchovacího systému
- 15 – Filtr
- 16 – Odplyňovák systému doplňování primárního okruhu
- 17 – Čerpadlo systému doplňování primárního okruhu
- 18 – Ventilační komín
- 19 – Čerpadlo organizovaných úniků
- 20 – Nádrž organizovaných úniků
- 21 – Vnější ochranná obálka
- 22 – Parogenerátor
- 23 – Speciální úprava (očistka) vody
- 24 – Dochlazovač
- 25 – Bazén skladování vyhořelého paliva
- 26 – Barbotážní nádrž
- 27 – Regenační vměník proplachu systému doplňování
- 28 – Reaktor
- 29 – Hlavní cirkulační čerpadlo
- 30 – Lapač taveniny
- 31 – Jímka
- 32 – Nádrž havarijní zásoby alkálií
- 33 – Hlavní blok parních armatur
- 34 – Ochranná obálka
- 35 – Kompenzátor objemu
- 36 – Hydroakumulátory systému zalití zóny
- 37 – Nádrž systému pasivního chlazení
- 38 – Kondenzátor systému pasivního chlazení kontejnmentu
- 39 – Kolektor sprchových systémů
- 40 – Pasivní rekombinátor vodíku
- 41 – VTO (Vysokotlaký okruh)
- 42 – Pomocné napájecí elektrické čerpadlo
- 43 – Odplyňovák
- 44 – Elektrické napájecí čerpadlo
- 45 – Kondenzátory
- 46 – NTO (Nízkotlaký okruh)
- 47 – Kondenzátní čerpadla 1. stupně
- 48 – Kondenzátní čerpadla 2. stupně
- 49 – Blokovaná úprava vody (BÚK)
- 50 – Chladicí věž
- 51 – Čerpadla cirkulační vody (chladičky)
- 52 – Čerpadlo technické vody
- 53 – Spotřebiče strojovny
- 54 – Rezervní transformátor vlastní spotřeby
- 55 – Transformátor vlastní spotřeby
- 56 – Rozvodny vlastní spotřeby
- 57 – Generátor
- 58 – Nízkotlaký díl turbíny
- 59 – Vysokotlaký díl turbíny

PŮDORYS BUDOV ERGOBLOKU



PODÉLNÝ ŘEZ ENERGOBLOKEM



ŘEŠENÍ PROJEKTOVÝCH A NADPROJEKTOVÝCH HAVÁRIÍ

Bezpečnostní systémy

Pro předcházení poškození reaktoru nebo omezení následků poruch a pro lokalizaci radioaktivních produktů štěpení při haváriích jaderné elektrárny jsou navrženy následující bezpečnostní systémy:

Ochranné systémy

- systém havarijního odstavení reaktoru;
- systém havarijního chlazení aktivní zóny;
- systém vysokotlakého havarijního vstřikování;
- systém nízkotlakého havarijního vstřikování;
- systém havarijní napájecí vody;
- systém odvodu zbytkového tepla;
- systém bórové regulace;

Lokalizační systémy:

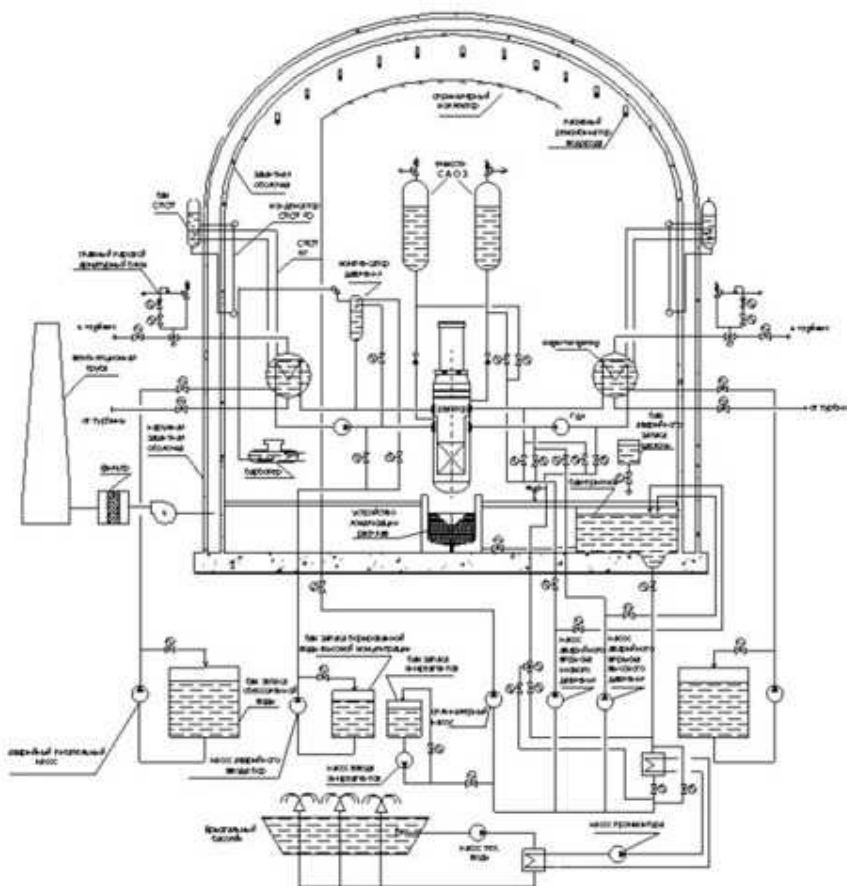
- dvojitý kontejnment;
- sprchový systém;
- systém spalování vodíku ve vnitřním kontejnmentu;
- systém čištění havarijního odvodu paroplynové směsi z kontejnmentu;

Zabezpečovací systémy:

- systém spolehlivého zásobování elektrickou energií;
- systém vloženého okruhu chlazení;
- systém zajištění technické vody pro důležité spotřebiče;

Řídicí systémy

- systém pro start bezpečnostních systémů;
- systém havarijní ochrany reaktoru.



BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

Bezpečnostní systémy, které jsou realizovány v projektu MIR 1200 (AES-2006), jsou postaveny na aktivním a pasivním principu .

Součástmi bezpečnostních systémů jsou:

- havarijní ochrana reaktoru,
- NT havarijní doplňování,
- VT havarijní doplňování,
- havarijní přívod bóru,
- sprchový systém,
- havarijního chlazení aktivní zóny, pasivní část,
- odvod zbytkového tepla,
- havarijní odvod plynů,
- havarijní napájecí voda,
- ochrany primárního a sekundárního okruhu proti nepovolenému přetlaku,
- skladování bórové vody,
- meziokruh chlazení důležitých spotřebičů,
- technická chladicí voda pro důležité spotřebiče (TVD),
- hermetické prvky,
- vzduchotechnika,
- zajištění (havarijní) elektrického napájení,
- bezpečnostní řídicí systém.

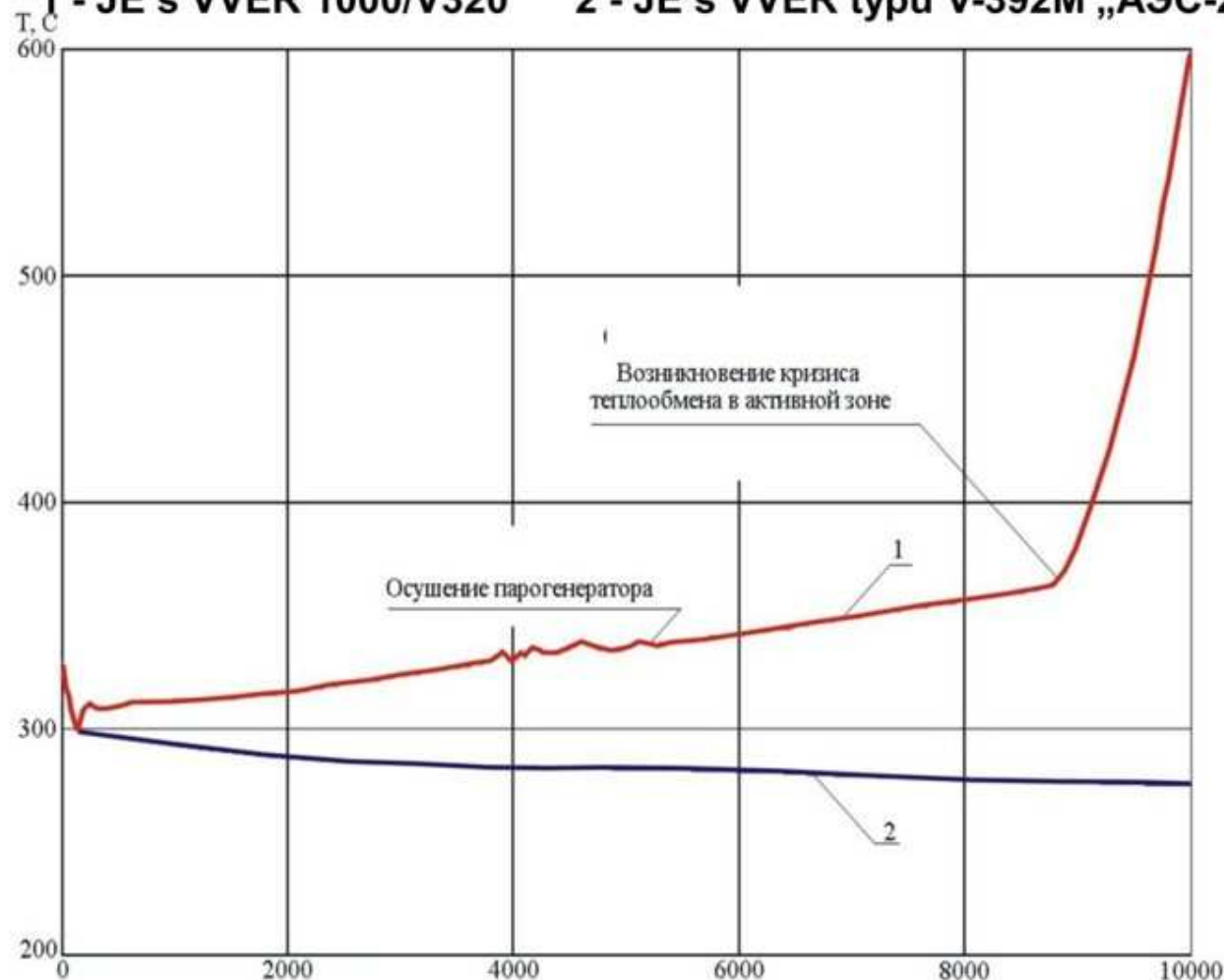
Část vyjmenovaných systémů plní současně funkce normálního provozu i bezpečnostní funkce.

BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

Vliv změny parametrů paliva na průběh havarijních stavů



1 - JE s VVER 1000/V320 2 - JE s VVER typu V-392M „АЭС-2006“



BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

PASIVNÍ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY A SYSTÉMY ŘÍZENÍ NADPROJEKTOVÝCH HAVÁRIÍ

- Systém ochrany primárního okruhu před přetlakem
- Systém odstraňování vodíku s pasivními rekombinátory
- SPOT
 - Pasivní systém odvodu tepla parogenerátory
 - Pasivní systém odvodu tepla z ochranné obálky
- Systém nezávislého napájení systémů pro likvidaci nadprojektových havárií
 - Lapač coria a jeho chlazení

BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

SYSTÉM ODSTRAŇOVÁNÍ VODÍKU

- Množství a výkonnost rekombinátorů byly zvoleny jak s ohledem na projektové, tak i nadprojektové havárie.



BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

SYSTÉMY PASIVNÍHO ODVODU TEPLA - SPOT



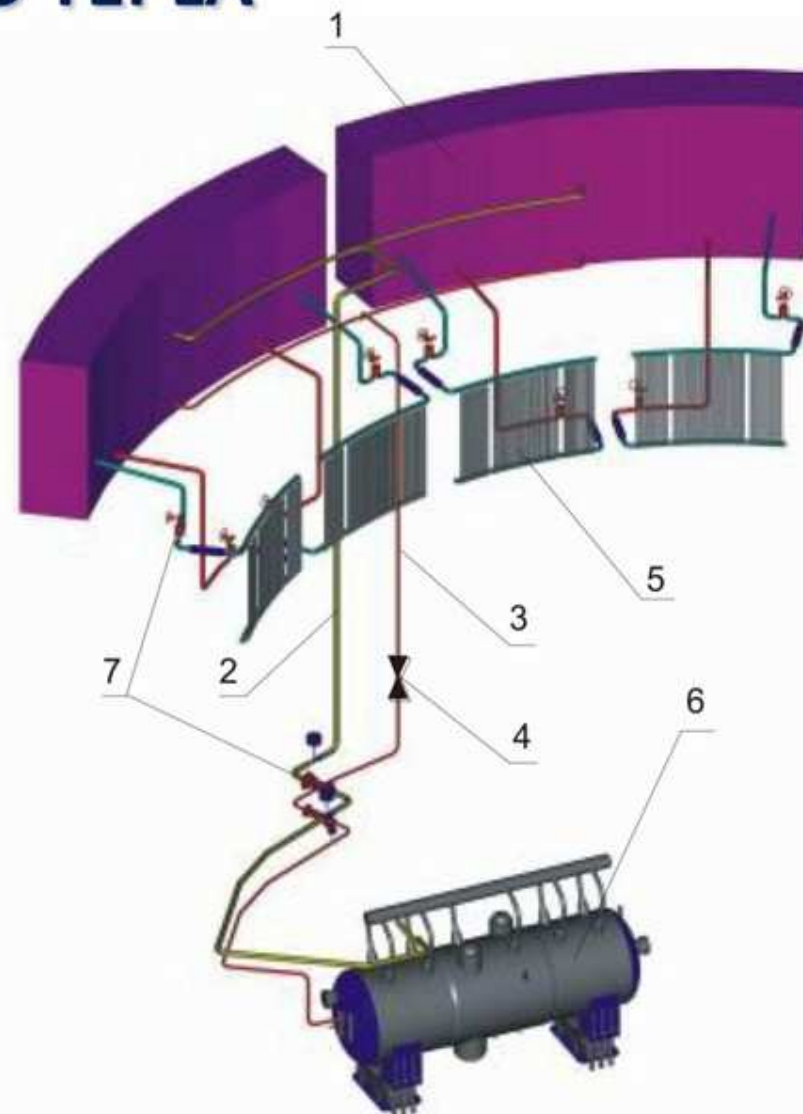
- Systém pasivního odvodu tepla parogenerátory - SPOT PG
 - odvod tepla z reaktoru v případě úplné ztráty el. napájení vlastní spotřeby, tzv. black-out, tzn. že se velmi konzervativně předpokládá, že nejsou k dispozici žádné DGS
 - SPOT brání přechodu do nadprojektové havárie
- Systém pasivního odvodu tepla z ochranné obálky - SPOT ZO
 - dlouhodobé odvádění tepla z ochranné obálky (kontejmentu) při jakýchkoliv haváriích s únikem chladiva včetně režimu black-out, kdy není k dispozici aktivní sprchový systém

Originální patentované řešení

BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

SYSTÉMY PASIVNÍHO ODVODU TEPLA - SPOT

- 1 – nádrže havarijního odvodu tepla
- 2 – parní potrubí
- 3 – potrubí pro kondenzát
- 4 – ventily SPOT PG
- 5 – tepelné výměníky-kondenzátory SPOT ZO
- 6 – parogenerátory
- 7 – uzavírací armatury pro SPOT ZO



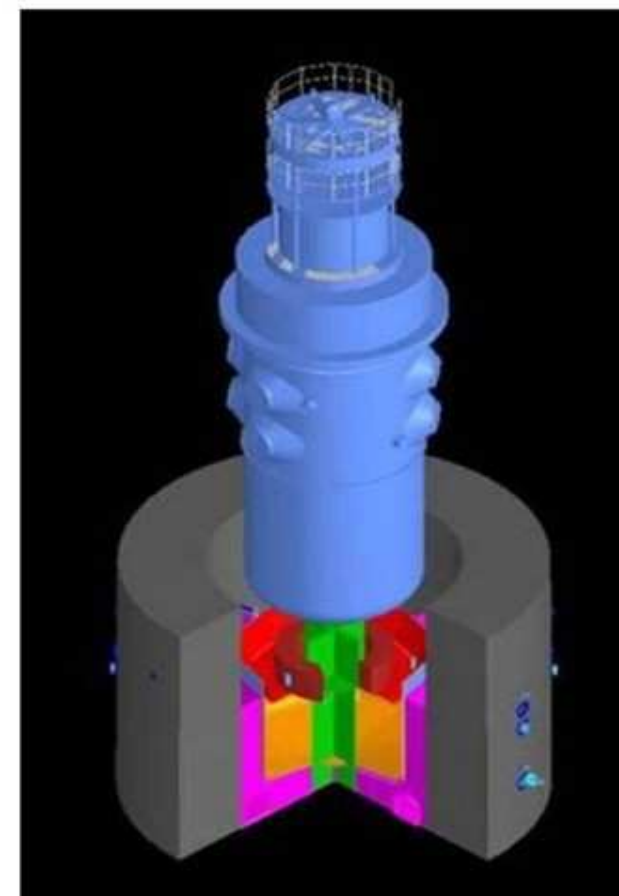
BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

- Při řízení havárií nemusí v prvních 30 minutách operátor zasahovat
- Veškeré systémy, které jsou součástí řízení vážné projektové havárie, jsou vyprojektovány takovým způsobem, aby umožňovaly udržet bezpečný stav primárního okruhu bez zásahu operátora po dobu prvních 24 hodin

BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

LAPAČ CORIA – „Lovuška“

- Umístění v šachtě reaktoru pod TNR
- Ochrana šachty reaktoru před tepelnými a mechanickými vlivy taveniny AZ (coria)
- Rozředění taveniny obětovaným materiálem → snížení specifického vývinu tepla z jednotky objemu
- Zajištění odvodu tepla z taveniny do chladicí vody
- Zajištění podkritičnosti taveniny
- Snížení pronikání vodíku a radionuklidů pod ochrannou obálku



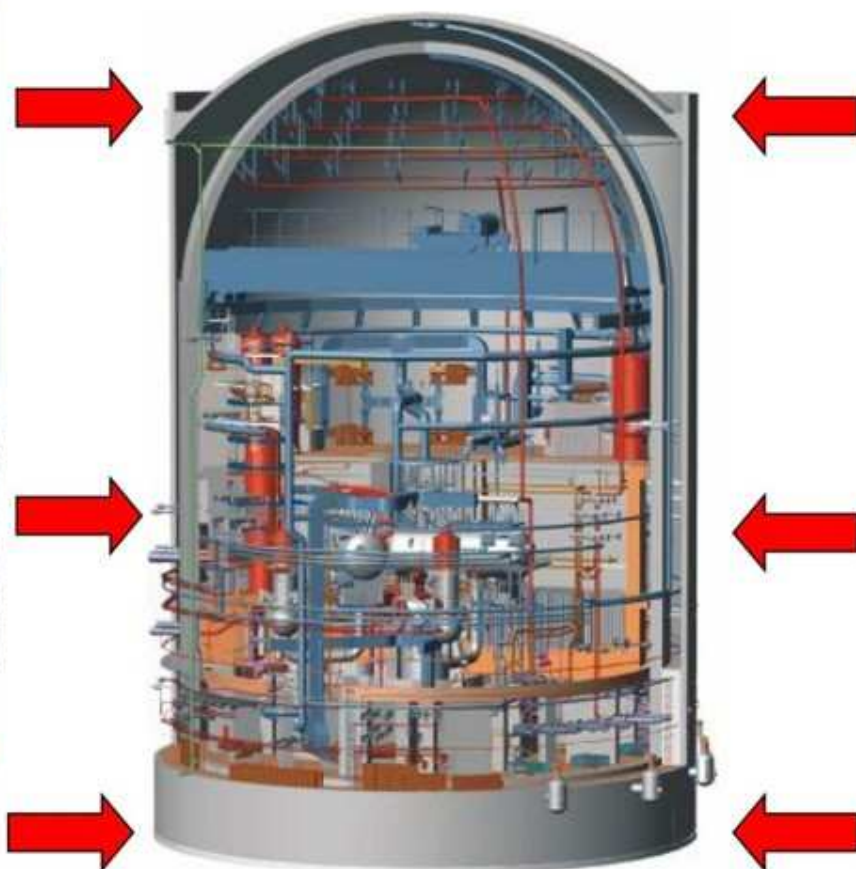
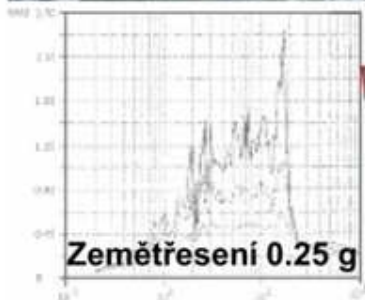
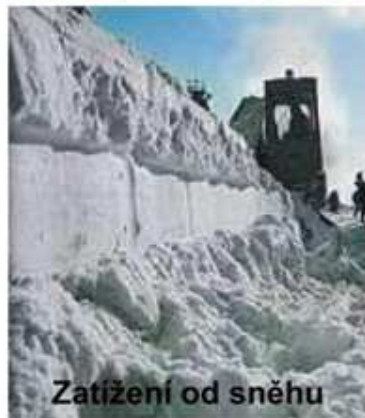
- | | |
|---|--------------------------|
|  | ⇒ šachta reaktoru |
|  | ⇒ těleso lapače taveniny |
|  | ⇒ kazety s náplní |
|  | ⇒ konzolový nosník |
|  | ⇒ nádoba reaktoru |

DVOJITÁ OCHRANNÁ OBÁLKA

- Vnitřní hermetický plášť – válcová konstrukce z předpjatého železobetonu (lana) s polokulovitou kupolí a základovou deskou ze železobetonu
– **chrání proti vnitřním vlivům.**
- Vnitřní povrch hermetického pláště je pokrytý ocelovou vystýlkou
- Vnější ochranný plášť – válcová konstrukce ze železobetonu
– **chrání proti vnějším vlivům.**
- Veškeré potrubí a kabeláž, které prochází pláští, je vybaveno speciálními hermetickými průchodkami a oddělovacími armaturami.

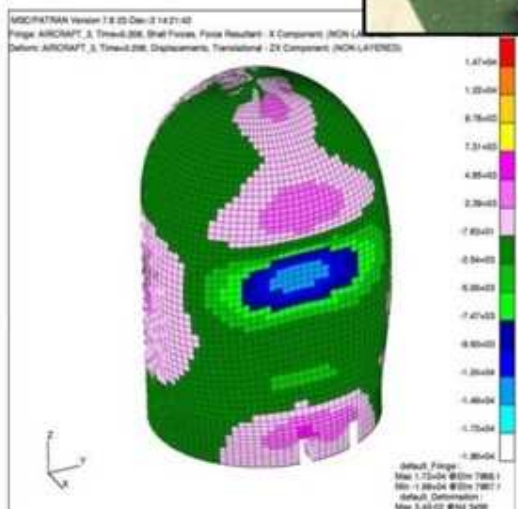
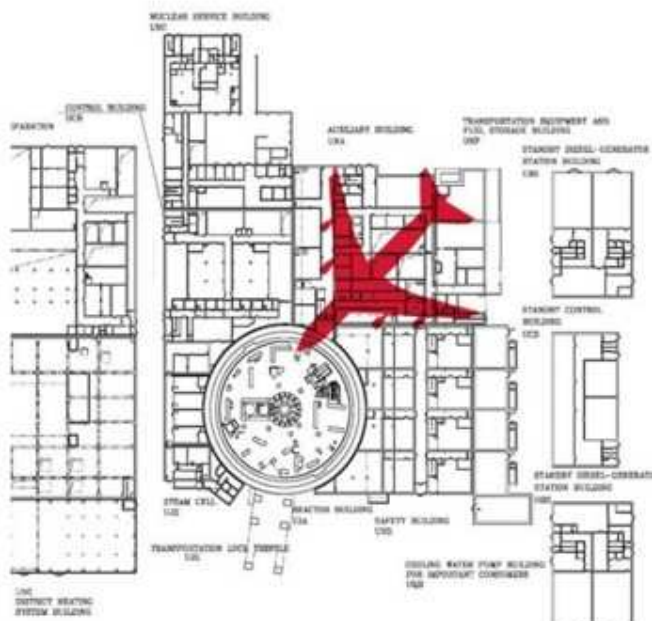


OCHRANA PŘED VNĚJŠÍMI VLIVY



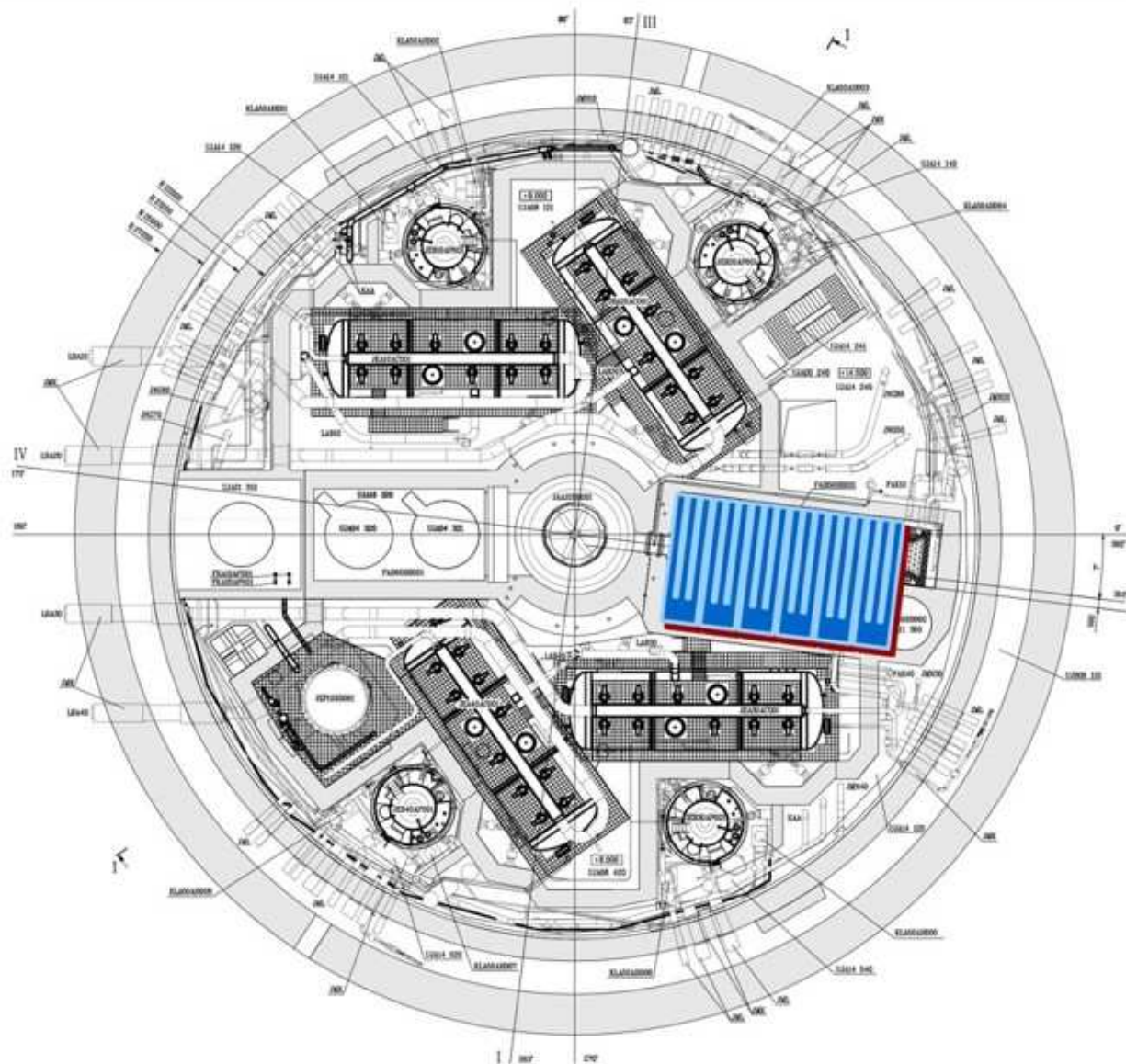
OCHRANA PŘED PÁDEM TĚŽKÉHO LETADLA

- “BOEING 747-440”
 - Rychlost nárazu 150 m/s,
 - Hmotnost motoru 4300 kg,
 - Úhel dopadu 0 – 100 vzhledem k horizontu



SKLADOVACÍ BAZÉN POUŽITÉHO (VYHOŘELÉHO) PALIVA

- Je umístěn pod ochrannou obálkou
- Chlazení bazénu je zajištěno při všech projektových podmínkách, včetně projektových a nadprojektových havárií



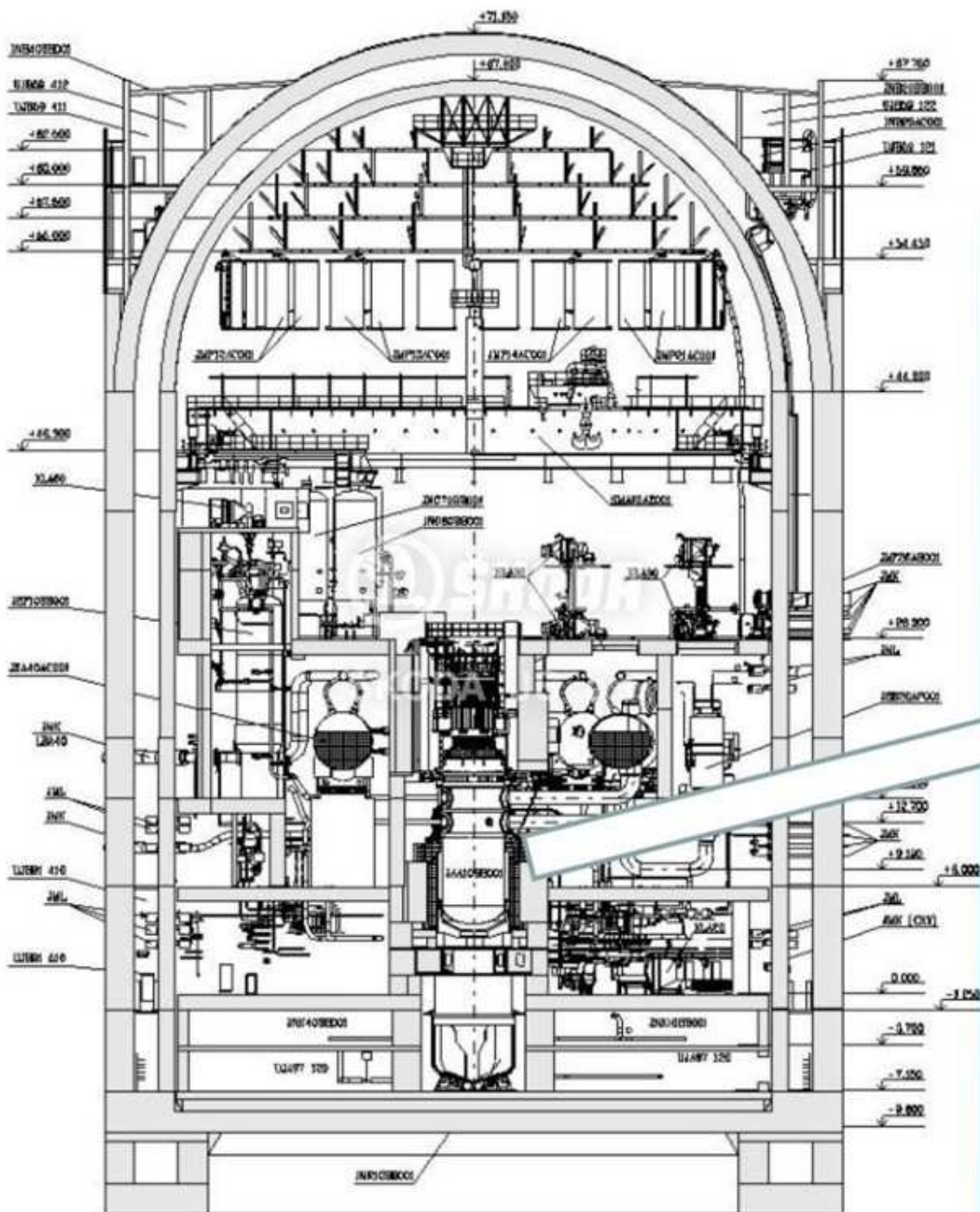
AUTONOMNOST JE

Další bezpečnostní podmínky založené do projektu

- **Odvod tepla**
 - počáteční rezerva havarijní napájecí vody je vypočítána na 24 hodin. Rezervy vody, které se nacházejí v areálu, umožňují dostatečný přívod vody do parogenerátorů minimálně po dobu 72 hodin
- **Systemy napájení elektrickou energií**
 - doba nezávislosti elektrárny na vnějších zdrojích elektrického napájení je minimálně 72 hodin (pro všechny pracovní režimy JE)
 - akumulátory, které plní důležité bezpečnostní funkce, jsou schopné pracovat bez dobíjení po dobu dvou hodin za jakýchkoliv projektových podmínek

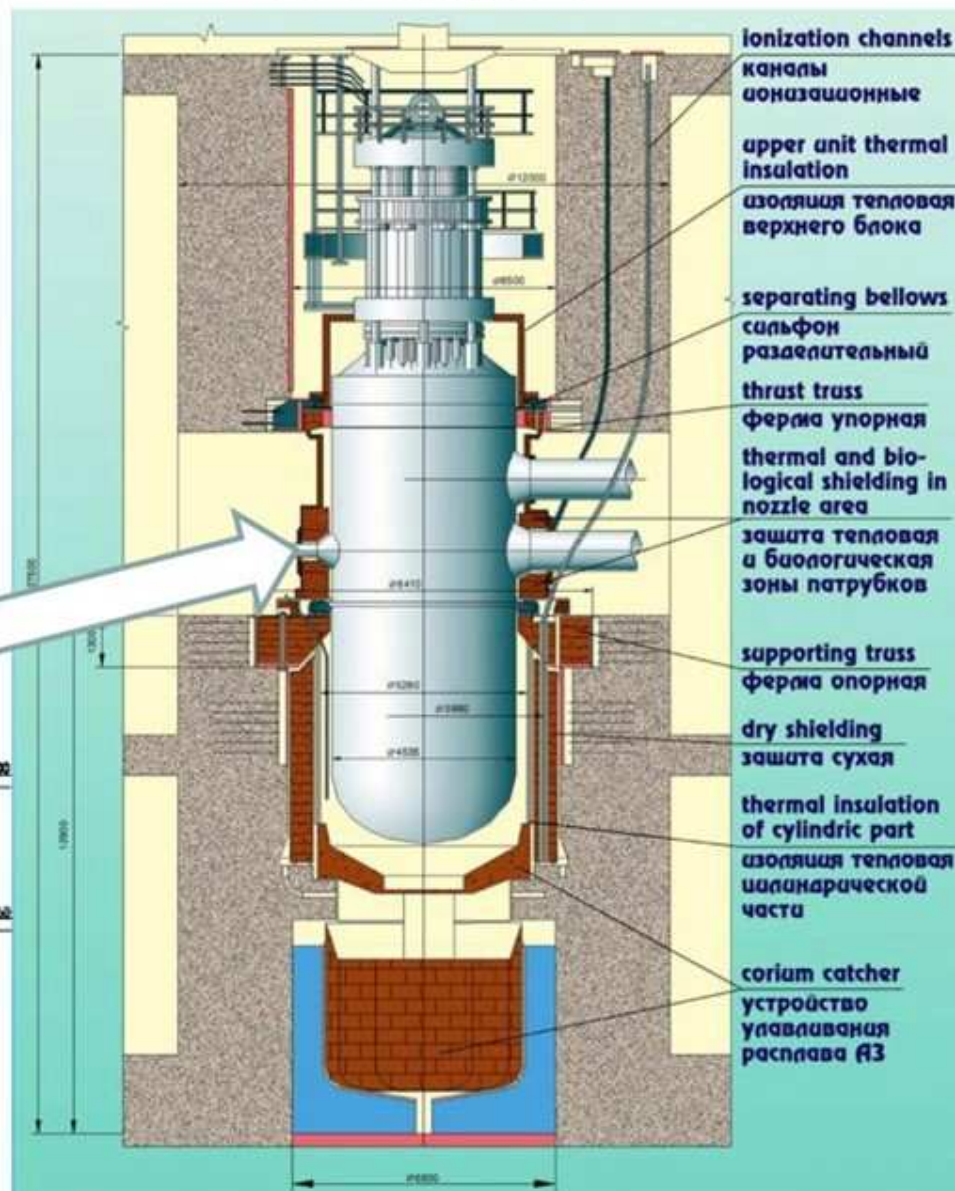
RADIAČNÍ BEZPEČNOST OBYVATEL PŘI HAVÁRIÍCH

- V případě projektové havárie
 - Radiační následky pro obyvatelstvo nepřevyší meze stanovené pro normální provoz
 - Poloměr hygienického ochranného pásma nepřekročí 0,8 km.
- V případě těžké havárie
 - Není nutná evakuace obyvatel, kteří bydlí v bezprostřední blízkosti JE
 - Poloměr pásma plánovaných ochranných opatření pro obyvatelstvo je zvětšen na max. 3 km.

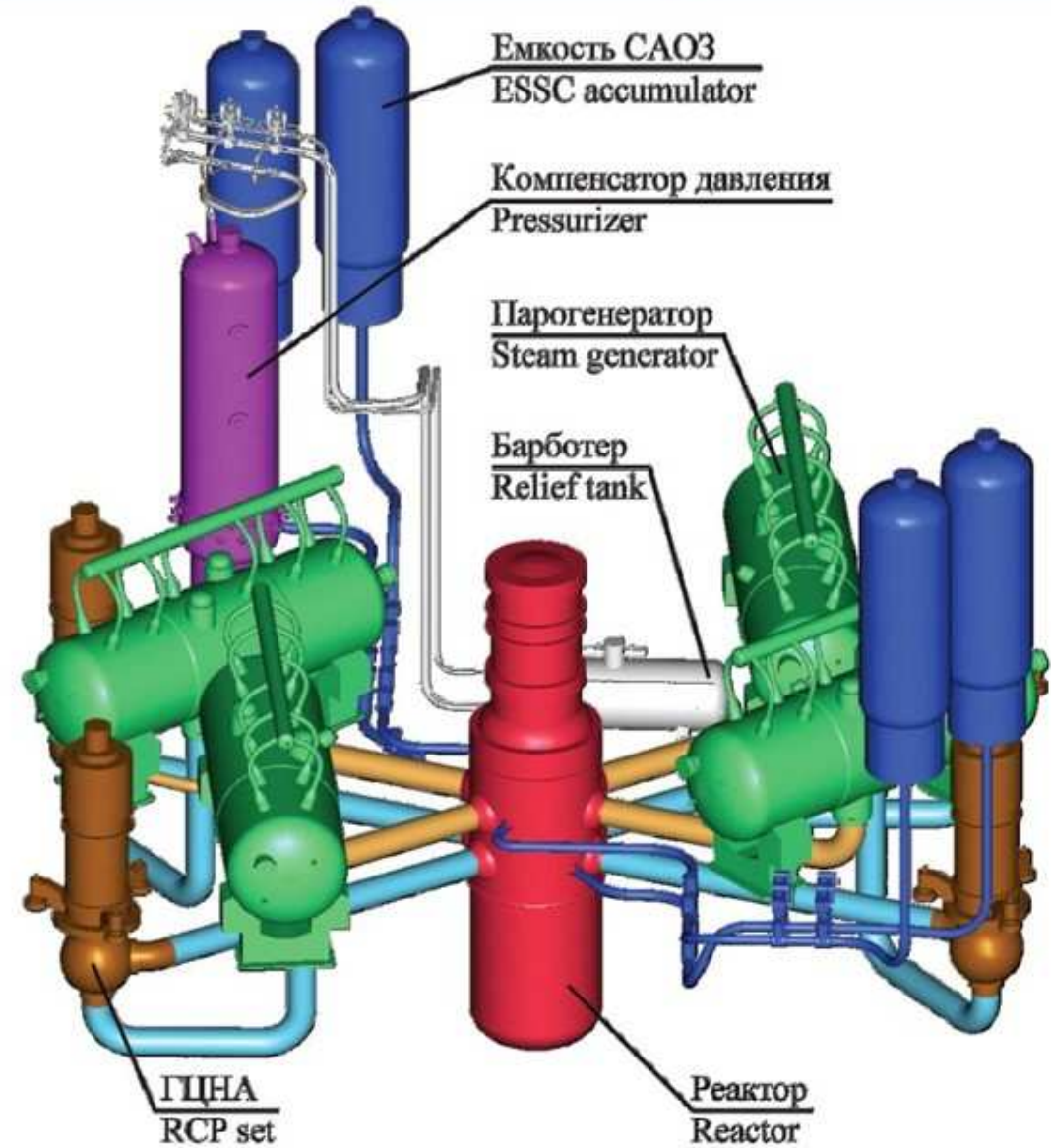
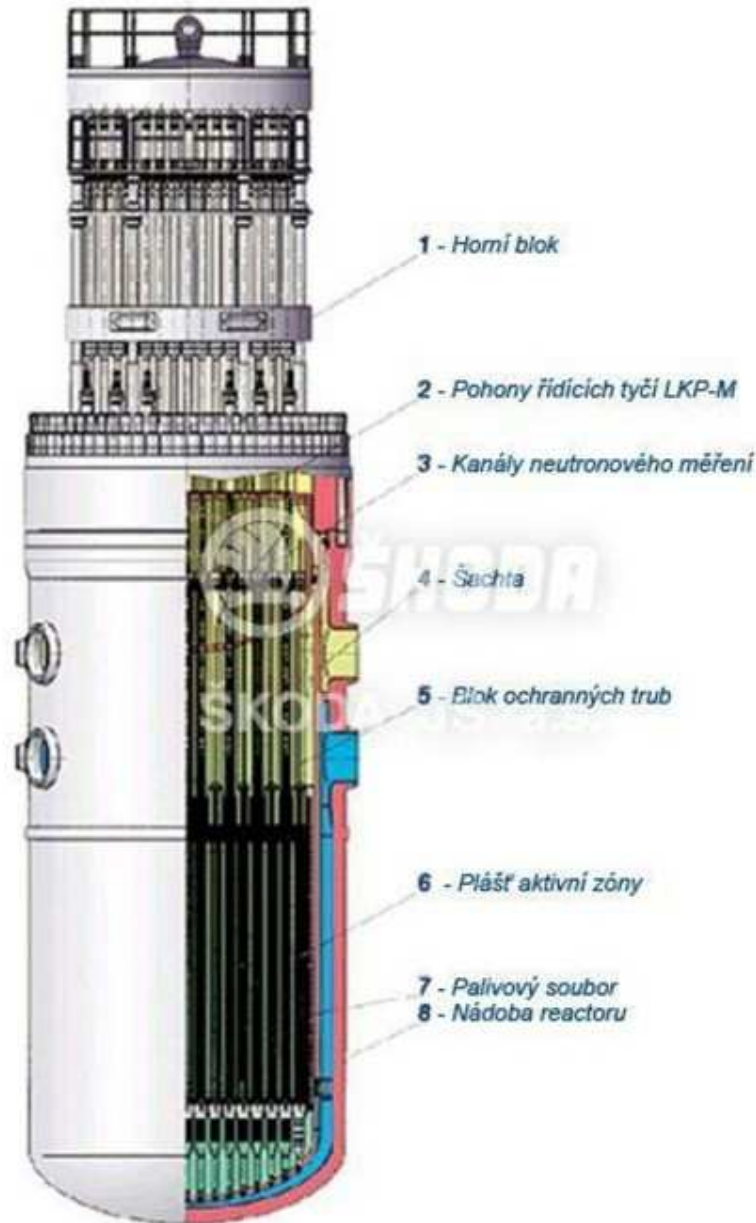


ŘEZ REAKTOROVNOU

JR V ŠACHTĚ



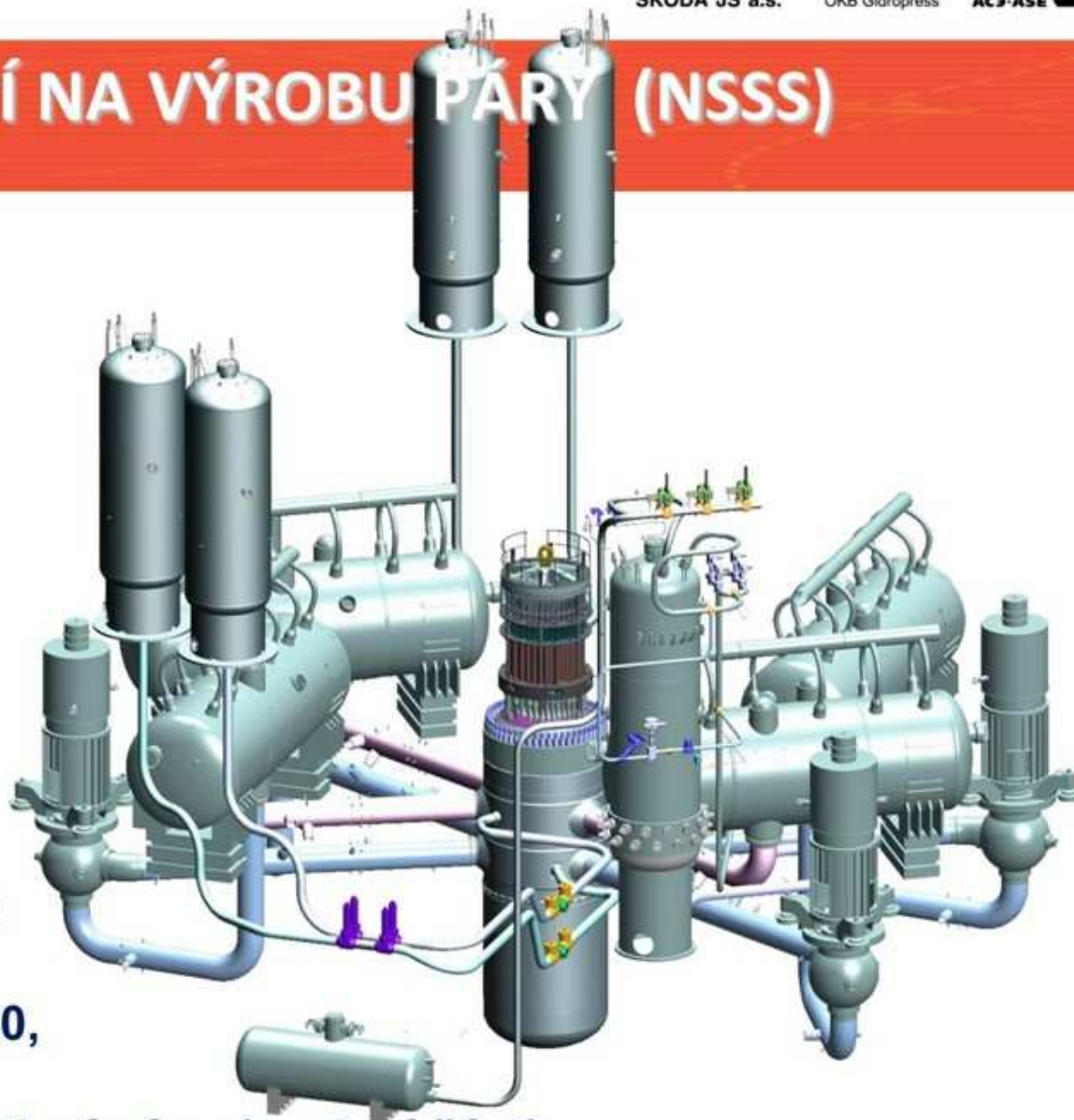
JADERNÉ ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU PÁRY (NSSS)



JADERNÉ ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU PÁRY (NSSS)

Technologické schéma primárního okruhu (reaktorového zařízení) zahrnuje následující komponenty:

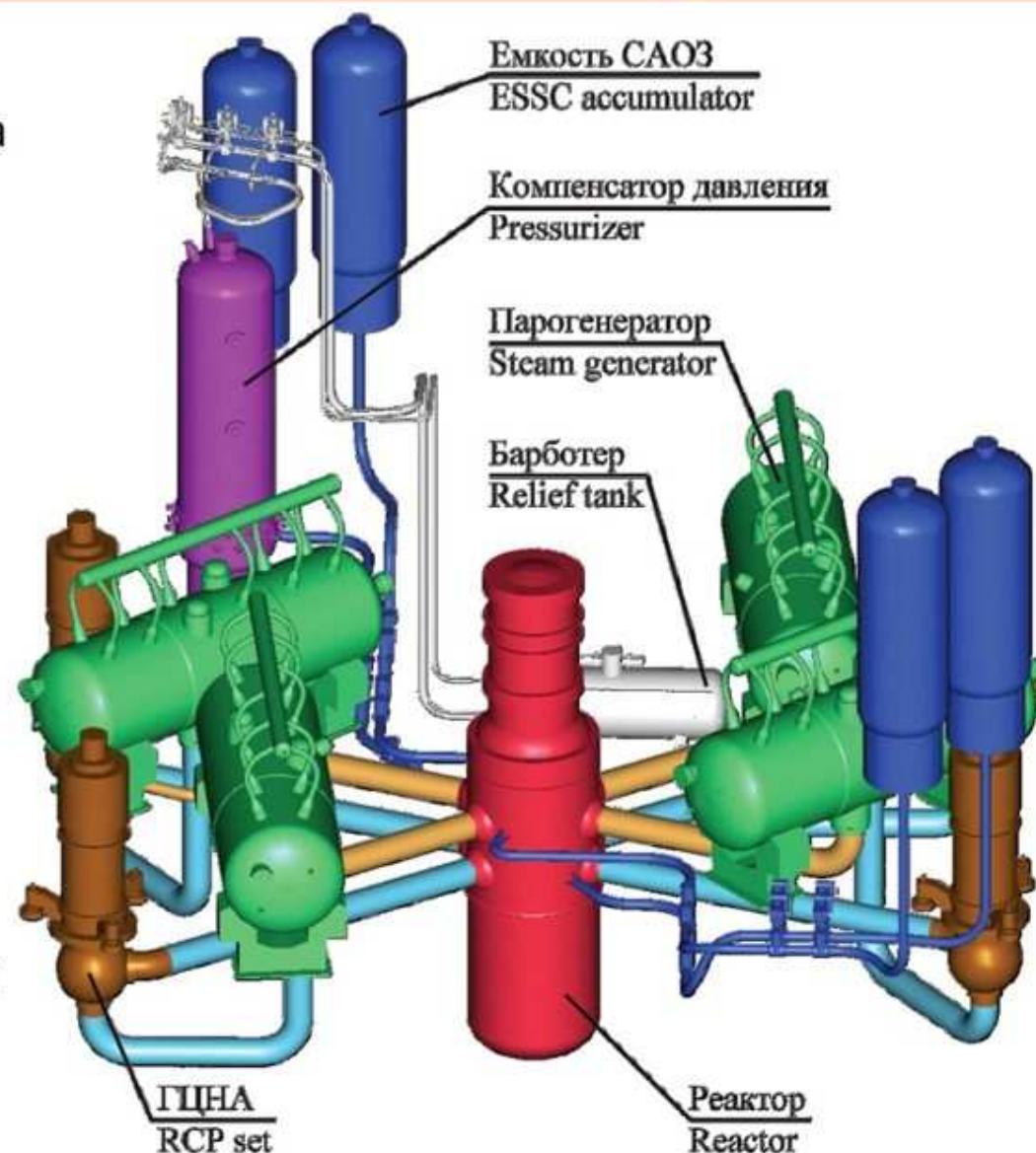
- reaktor,
- horizontální parogenerátory typu PVG-1000MKP,
- čtyři hlavní cirkulační čerpadla typu GCNA-1391,
- hlavní cirkulační potrubí DU 850,
- systém kompenzace objemu,
- systém havarijního chlazení aktivní zóny (pasivní část),
- systém havarijního odvodu plynů.



Reaktorové zařízení je napájeno ze systému napájení normálního provozu a systému havarijního napájení (dieselgenerátorová stanice a akumulátorová stanice).

JADERNÉ ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU PÁRY (NSSS)

- Evoluční konstrukční řešení, založené na vyzkoušených komponentách VVER-1000
- Zachována vnitřní bezpečnost předchozích odzkoušených konstrukčních řešení
- Horní připojení provozních prvků řízení a ochrany, tj. žádný nátrubek v dolní části TNR
- Horizontální parogenerátory s velkým objemem kotlové vody
- Velký objem chladiva v primárním okruhu - čtyři smyčky
- Oba objemy poskytují operátorovi delší čas pro řešení následků nehod s únikem chladiva (řádově hodiny)
- Bezolejové mazání HCČ (RCP)



Horní blok

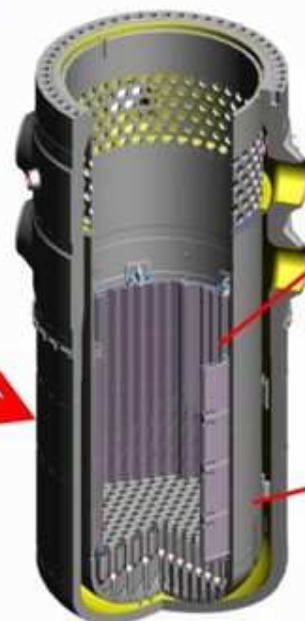
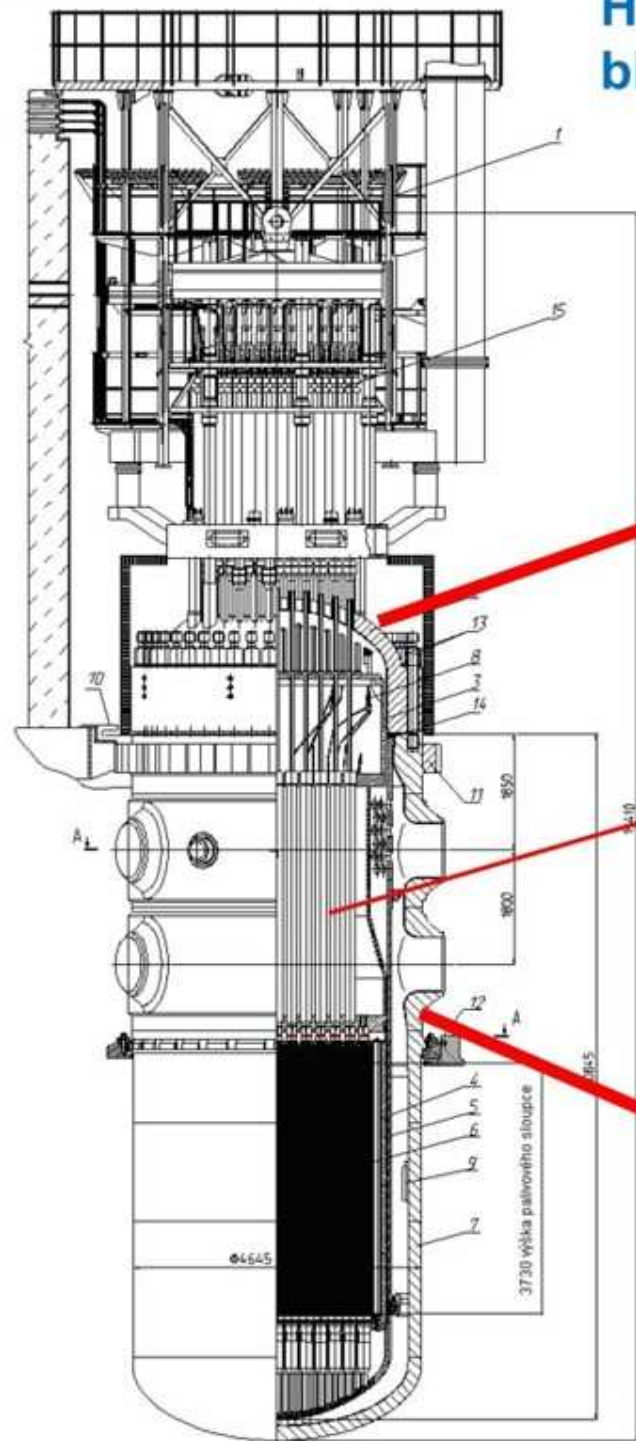


Reaktor V- 491

Blok ochranných trub



Plášť AZ



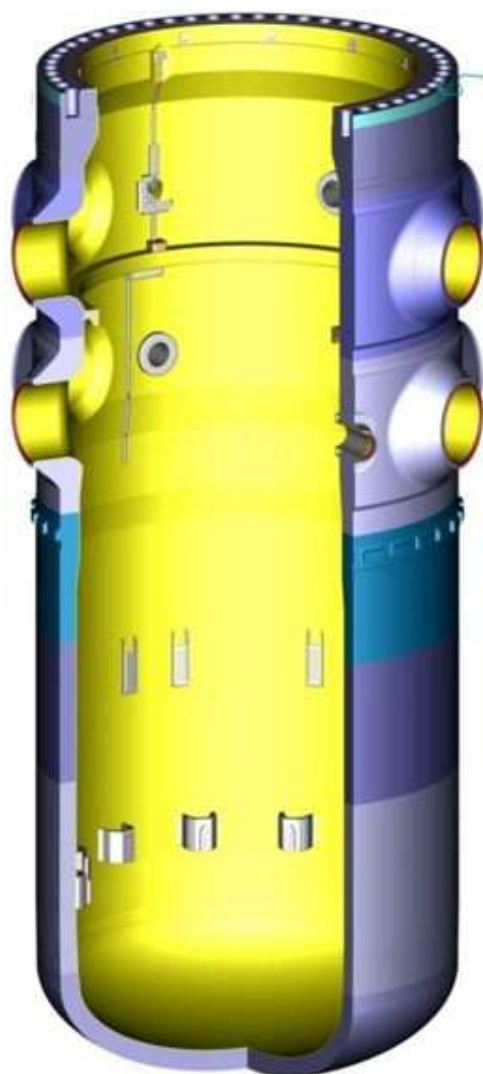
TNR s šachtou a pláštěm AZ

Šachta reaktoru



Hlavní komponenty primárního okruhu

Tlaková nádoba reaktoru



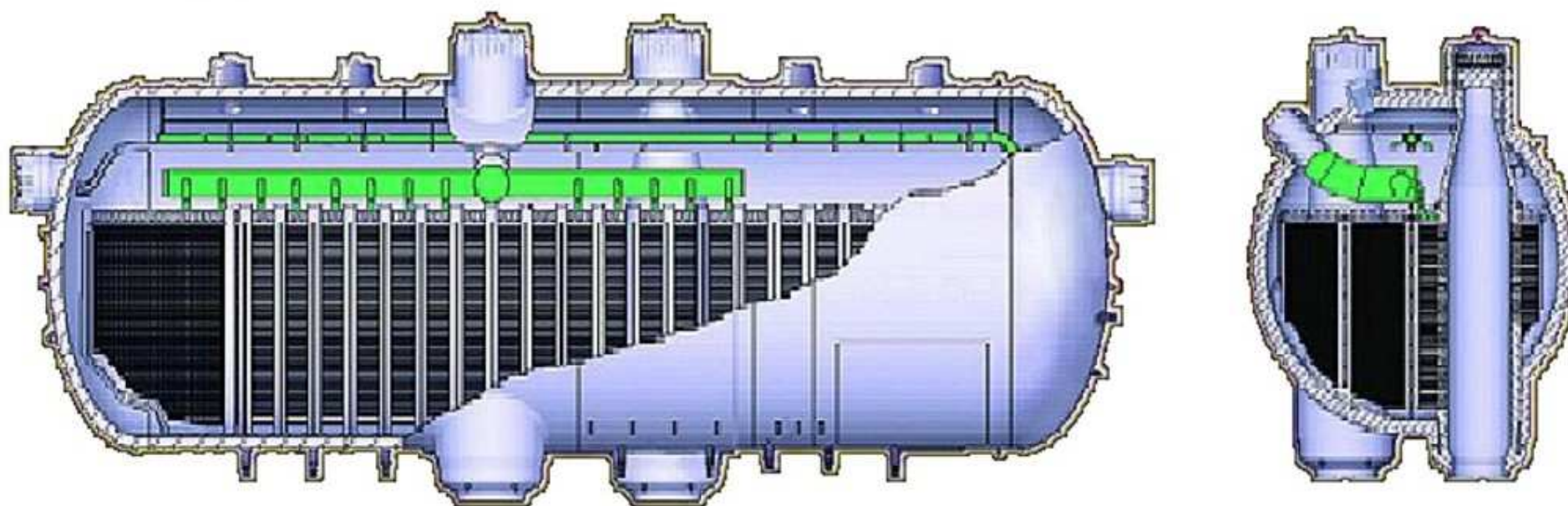
Porovnání parametrů

Parametr	Typ TNR	
	V-1200	V-320
Délka , mm	11185	10897
Vnitřní průměr, mm	4250	4150
Tloušťka stěny v místě AZ, mm	197,5	192,5
Hmotnost, t	330	320

- nový svědečný program (schránky umístěny přímo na stěně TNR v místě největšího neutronového toku);
- omezený obsah Ni v základním materiálu i ve svarech;
- omezený obsah škodlivých příměsí v základním materiálu i ve svarech;
- snížení T_{K0} v zóně nátrubků do minus 35 °C;

Hlavní komponenty primárního okruhu

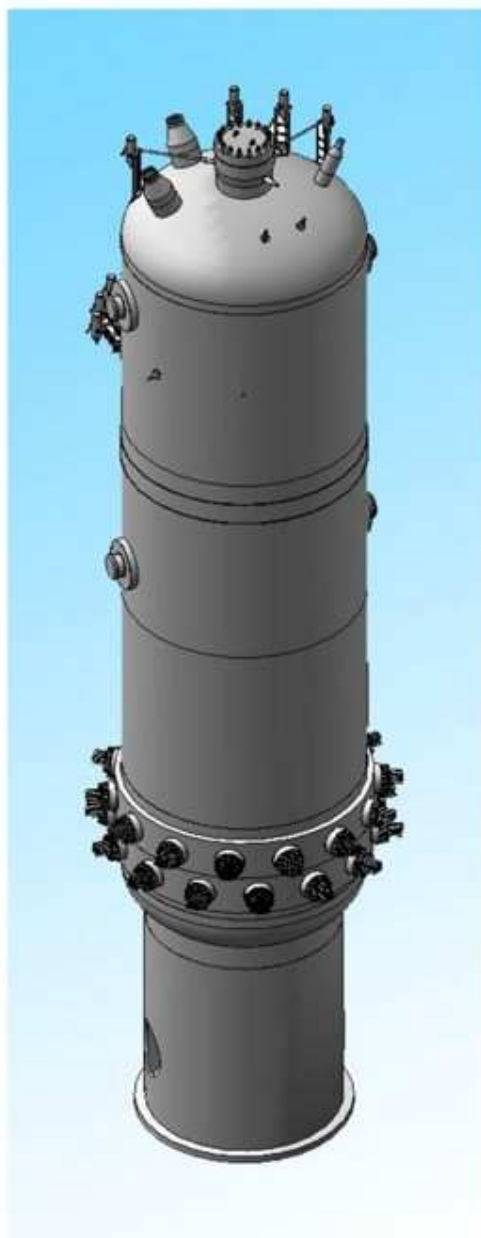
Parogenerátor PGV-MKP



Parametr	A3C-2006	A3C-91/99
Typ parogenerátoru	PGV-1000MKP	PGV-1000M
Vnitřní průměr tělesa parogenerátoru, m	4,2	4,0

- Zvýšená rezerva vody v sekundární části z 52 na 63 m³;
- Nově použito koridorové rozmístění teplosměnných trubek ve svazcích

Hlavní komponenty primárního okruhu



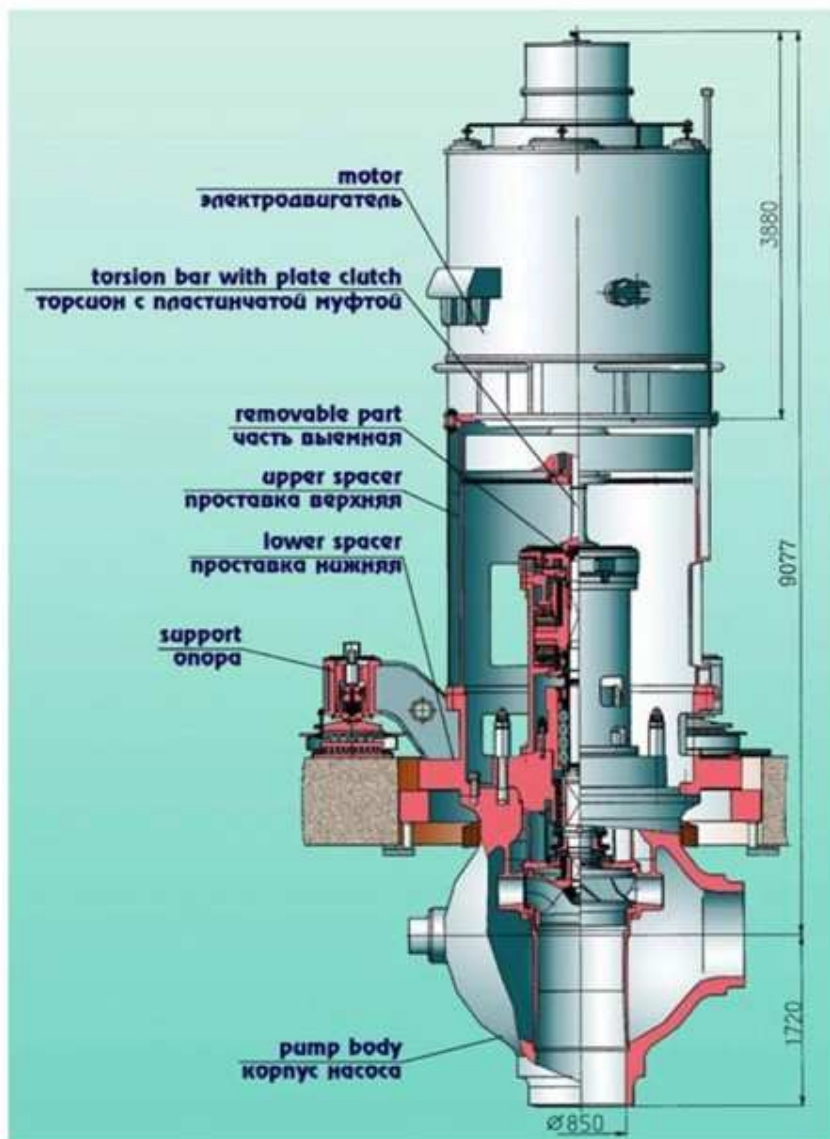
Kompenzátor objemu

Porovnání parametrů

Parametr	Hodnota A3C-2006/A3C91
Objem, m³	79/79
Objem vody, m³	55/55
Tlak, MPa	16,1/15,6
Teplota, °C	347,9/345,2

Hlavní komponenty primárního okruhu

Hlavní cirkulační čerpadlo



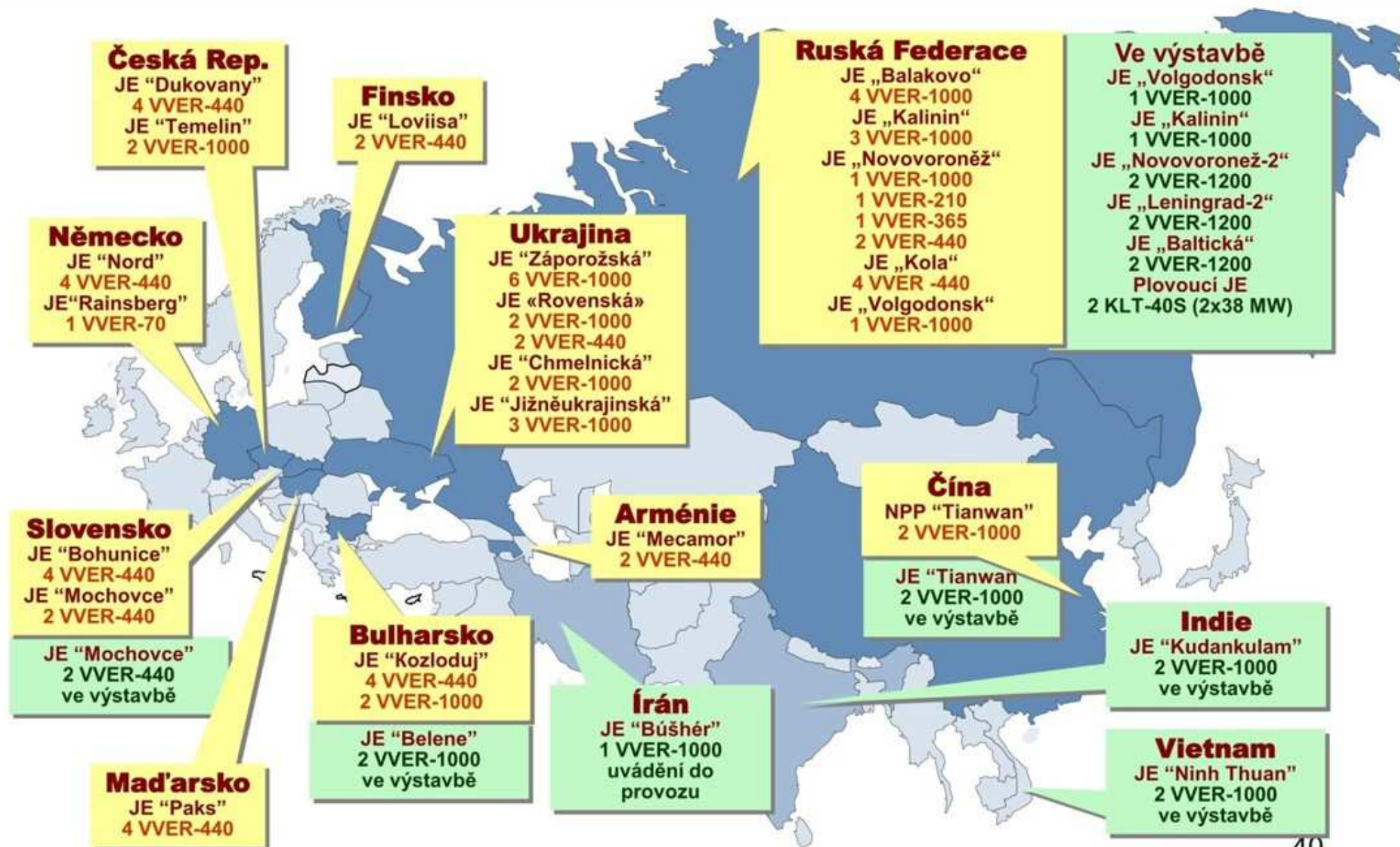
Použití nového typu hlavního cirkulačního čerpadla s radiálně-axiálním ložiskem s vodním mazáním odstranilo přítomnost oleje v zařízení primárního okruhu

Hlavní komponenty primárního okruhu

Transportovatelnost těžkých a rozměrných komponent byla prověřena jak po železnici, tak po silnicích



JADERNÉ ELEKTRÁRNY S TECHNOLOGIÍ VVER



Závěrem

Projekt MIR.1200

- Splňuje veškeré platné mezinárodní bezpečnostní normy.
- Předností evolučního přístupu je ověřenost a typovost projektového řešení a zvýšení ekonomické přitažlivosti.
- Technická projektová řešení umožňují zajistit bezpečnostní ukazatele pro rozličné projektové podmínky, včetně vnitřních výchozích událostí a vnějších vlivů
- Projekt využívá originální kombinace aktivních bezpečnostních systémů třídy BT1, BT2 využívajících SPOT



Závěrem

- MIR.1200 vychází z inovovaných technologií osvojených v minulosti řadou firem v České a Slovenské republice
- Dukovany a Temelín byly postaveny podle ruského projektu českými a slovenskými firmami podle stejných principů, jaké dnes nabízí projekt MIR.1200
- České firmy dnes zajišťují kompletní servis, údržbu a modernizaci všech jaderných bloků v České republice
- S všemi významnými dodavateli probíhá spolupráce kontinuálně přes čtyřicet let
- Design umožňuje lokalizaci projektu větší než **70 %**

